

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

Gabrijela Ivanjko, Ivana Vuk, Marin Žunac

**ISPITIVANJE I VALORIZACIJA USPORENJA OSOBNIH
VOZILA NA SUVREMENIM PROTUKLIZNIM CESTOVNIM
ZASTORIMA**

Zagreb, 2024.

Ovaj rad izrađen je na Fakultetu prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu na Zavodu za prometno-tehnička vještačenja pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. tech. Željka Šarić i predan je na Natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2023./2024.

POPIS KRATICA

CNN – kondolacijska neuronska mreža

LSTM – dugotrajno pamćenje

RMSE – korijen srednje kvadratne pogreške

MAE – srednja apsolutna pogreška

ABS – Anti blokirajući sustav (*eng. Anti-lock Breaking System*)

CTV – kumulativni prometni volumen

ESC – sustav elektroničke stabilnosti

ZUK Borongaj – Znanstveno-učilišni kampus Borongaj

km/h – kilometar na sat

m/s^2 – metara po sekundi na kvadrat

s – sekunda

mm – milimetar

m – metar

TG podloga – Tyregrip podloga

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA.....	3
3.	METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA.....	8
3.1.	Istraživačka oprema	8
3.1.1.	Testno vozilo korišteno u istraživanju	8
3.1.2.	Podloge korištene u istraživanju	11
3.1.3.	Uređaj za ispitivanje usporenja i puta kočenja	14
3.1.4.	Uređaj za ispitivanje otpornosti površine na klizanje	16
3.2.	Način provedbe ispitivanja	19
4.	REZULTATI PROVEDENOG ISTRAŽIVANJA	21
4.1.	Rezultati ispitivanje usporenja pomoću XL Meter™ Pro uređaja.....	21
4.1.1.	Rezultati ispitivanje na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pomoću XL Meter™ Pro uređaja	22
4.1.2.	Rezultati ispitivanje na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi pomoću XL Meter™ Pro uređaja	29
4.2.	Rezultati ispitivanje otpornosti površine na klizanje pomoću Matest A113 uređaja	36
4.3.	Usporedba rezultata istraživanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi.....	38
4.3.1.	Usporedba rezultata istraživanja tijekom suhih vremenskih uvjeta.....	39
4.3.2.	Usporedba rezultata istraživanja tijekom kišnih vremenskih uvjeta.....	41
5.	RASPRAVA.....	44
6.	ZAKLJUČAK	48
	ZAHVALE.....	50
	POPIS LITERATURE	51
	SAŽETAK	54
	SUMMARY	55
	POPIS GRAFIKONA, SLIKA, TABLICA	56
	POPIS PRILOGA	60
	ŽIVOTOPISI AUTORA	62

1. UVOD

Prianjanje pneumatika na podlogu, odnosno njihov odnos utječe na kretanje vozila prilikom usporenja te je važan element sigurnosti. Jedna od mjera za unaprjeđenje cestovne infrastrukture je povećanje hrapavosti kolnika, što se postiže raznim tehnikama. Primjena suvremenih protukliznih podloga u Republici Hrvatskoj podržana je *Nacionalnim planom sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske za razdoblje od 2021. do 2030.* Provodi se na lokacijama s većim brojem zabilježenih prometnih nesreća i na mjestima gdje je sigurnost sudionika u prometu ugrožena, kao što je to slučaj kod oštih zavoja, pješačkih prijelaza, biciklističkih staza i ostalih cestovnih objekata. Primjenom suvremenih podloga omogućava se poboljšavanje trenja između vozila i kolnika te iste vozačima pružaju vizualno upozorenje i omogućuju održavanje optimalnog kontakta između pneumatika vozila i površine ceste tijekom kočenja. Primjena suvremenih protukliznih cestovnih podloga sve je zastupljeniji način intervencije u prometnu infrastrukturu s ciljem naglašavanja potencijalno opasnih mjesta kako bi se u konačnici djelovalo na smanjenje smrtnosti u cestovnom prometu.

Cilj provedenog istraživanja bio je ispitati i valorizirati usporenja osobnih vozila na različitim cestovnim podlogama u različitim vremenskim uvjetima. Metodologija istraživanja uključivala je eksperimentalna testiranja pri čemu su se uspoređivale vrijednosti usporenja vozila na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi pomoću testnog vozila. Oprema koja je korištena prilikom provedbe istraživanja sastojala se od testnog vozila s ljetnim pneumaticima, suvremenog kolničkog asfaltnog zastora, suvremene protuklizne Tyregrip podloge, XL MeterTM Pro uređaja za mjerenje usporenja i Matest A113 uređaja za ispitivanje otpornosti površine na klizanje. Svrha istraživanja bila je proširenje dosadašnjih znanstvenih saznanja i spoznaja o suvremenim protukliznim podlogama na primjeru Tyregrip podloge. Prema navedenome, glavna hipoteza rada je: „*Usporenje osobnih vozila na suvremenim protukliznim cestovnim podlogama je znatno veće od usporenja osobnih vozila na standardnim kolničkim zastorima*“. Sukladno postavljenoj glavnoj hipotezi, definirane su i pomoćne hipoteze koje pridonose boljem razumijevanju glavne hipoteze. Pomoćne hipoteze istraživanja su:

- suvremene protuklizne podloge znatno utječu na povećanje sigurnosti cestovnog prometa i
- suvremene protuklizne podloge efikasnije smanjuju zaustavni put na mokrom kolniku.

Primjenom suvremenih protukliznih podloga utječe se na smanjenje zaustavnog puta, zbog boljeg prijanjanje pneumatika vozila na podlogu, zbog veće makroteksture materijala protuklizne podloge. Primjenom protuklizne podloge povećava se sigurnost cestovnog prometa zbog psihološkog utjecaja na vozače, a ista ima bolje rezultate na mokrom kolniku u odnosu na suhi kolnik, pri čemu je usporenje veće, a vrijeme i put kočenja su manji.

U skladu s definiranim predmetom istraživanja, hipotezama i ciljevima istraživanja, primijenjene su znanstvene metode. Metoda ispitivanja usporenja osobnih vozila na suvremenom cestovnom asfaltnom zastoru i na suvremenoj protukliznoj podlozi temeljila se na naglom kočenju vozila. Metodom mjerenja prikupljeni su podaci poput brzine, usporenja, vremena kočenja i puta kočenja. Ispitivanja pomoću XL MeterTM Pro uređaja provodila su se na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi gdje su se provodila mjerenja za brzine u rasponu od 30 do 80 km/h u različitim atmosferskim uvjetima. Također, primjenom Matest A133 uređaja provodilo se ispitivanje površine na klizanje na navedenim podlogama nasumičnim odabirom mjernih mjesta.

Na temelju provedenog istraživanja, izrađen je rad koji se sastoji od šest poglavlja, uključujući uvod i zaključak, a to su:

1. Uvod,
2. Pregled dosadašnjih istraživanja,
3. Metodologija istraživanja,
4. Rezultati provedenog istraživanja,
5. Rasprava,
6. Zaključak.

Drugo poglavlje rada sadrži pregled dosadašnjih istraživanja koja predstavljaju detaljniji uvid u provedena istraživanja sličnih tematika. U trećem poglavlju opisana je metodologija istraživanja, navedena je i opisana istraživačka oprema koja je korištena tijekom provedbe istraživanja i sam način provedbe istog. Četvrto poglavlje obuhvaća rezultate istraživanja koji su prikazani tablično i grafički te usporedbu dobivenih rezultata prema vremenskim prilikama i specificiranim parametrima. Peto i šesto poglavlje obuhvaća detaljan osvrt na provedeno istraživanje te analizu postavljene glavne i pomoćnih hipoteza kao i zaključna razmatranja rada.

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Svake godine u svijetu na cestama život izgubi oko 1,3 milijuna ljudi, dok između 20 i 50 milijuna ljudi pretrpi neki oblik tjelesne ozljede. Ovi tragični događaji rezultat su kombinacije različitih čimbenika, uključujući ljudski faktor, stanje vozila, infrastrukturu cesta i uvjete okoline. U Republici Hrvatskoj oko 57 % prometnih nesreća uzrokovano je ljudskim pogreškama, dok kombinacija ljudske pogreške i stanja ceste doprinosi 35 % nesreća [1].

Suvremeni pristup sigurnosti cestovnog prometa prepoznaje neizbježnost ljudske pogreške, ali i ističe važnost prevencije i ublažavanja posljedica nesreća. Jedna od mjera je unaprjeđenje cestovne infrastrukture, konkretno povećanje hrapavosti kolnika, što se postiže raznim tehnikama. Suvremeni pristupi uključuju primjenu protukliznih podloga, koje ne samo da poboljšavaju trenje između vozila i kolnika, već pružaju vozačima vizualna upozorenja [2]. S obzirom na važnost unaprjeđenja cestovne infrastrukture, u svijetu se provode razna istraživanja o mogućnostima unaprjeđenja infrastrukture te posljedično i sigurnosti cestovnog prometa, a sve s ciljem smanjenja broja poginulih i nastradalih u prometu.

Kada se govori o poboljšanju trenja između podloga i pneumatika potrebno je razmatrati i raditi na povećanju koeficijenta trenja između ta dva segmenta. Općenito, koeficijenti trenja za suvremene kolničke asfaltne i betonske cestovne zastore variraju ovisno o uvjetima površine. U suhom stanju, ovi koeficijenti obično iznose od 0,7 do 0,8, dok se s mokrom površinom smanjuju na vrijednosti od 0,4 do 0,5. Na snijegu, koeficijent trenja opada na raspon od 0,2 do 0,3, dok na ledu doseže vrijednosti od 0,1 do 0,2. Svjetska cestovna asocijacija naglašava da smanjenje koeficijenta trenja na cesti ispod 0,45 značajno povećava rizik od nastanka prometnih nesreća za 20 puta, dok pad navedenog koeficijenta ispod 0,30 povećava rizik od nastanka prometnih nesreća za čak 300 puta [3]. Istraživanje [4] je pokazalo kako na smanjenje površinskog trenja značajno utječe gustoća i količina prometa, odnosno s povećanjem broja vozila hrapavost površine kolnika opada zbog intenzivnog trošenja habajućeg sloja što je potencijalno riskantna situacija, posebice kod horizontalnih zavoja.

Procjena stanja kolnika ima ključnu ulogu kod definiranja razine sigurnosti i udobnosti korisnika. Hrapavost se smatra najvažnijom karakteristikom stanja kolnika jer značajno utječe na sigurnost na cesti i troškove rada vozila. Naime, nadležne vlasti troše značajna sredstva na korištenje konvencionalnih metoda za mjerenje hrapavosti, a u radu [5] korišteni su podaci prikupljeni pomoću pametnih telefona. Rezultati eksperimenta procjene hrapavosti kolnika pokazali su visoku korelaciju od 0,73 i dokazali točnost metode.

Nastavno na prethodna razmatranja vezana uz koeficijent trenja, važno je naglasiti brojčane vrijednosti koeficijenta trenja za pojedine podloge i uvjete kako bi se rezultirati provedenog istraživanja bolje razumjeli [3]. Istraživanja potvrđuju kako su ceste s nezadovoljavajućim površinskim trenjem znatno opasnije od onih sa zadovoljavajućim [6]. Posebice velik utjecaj koeficijenta trenja je na skupinu motornih vozila s dva kotača (odnosno jednim tragom) zbog manje kontaktne površine s cestom [7].

Postoje različite metode za mjerenje trenja na cestovnim površinama, međutim potrebno je konstantno razvijati nove i poboljšane pristupe kako bi se učinkovito procijenila otpornost tih površina na klizanje. U ovom kontekstu, korištenje tehnika kamere i lidara (3D skeniranje) postaje sve značajnije, s time da se već primjenjuju u malom opsegu u nekoliko zemalja. Suvremeni laserski profilirnici mogu pružiti mjerenja s izuzetno visokom razlučivošću, često manjom od 0,1 mm [3]. Koeficijent trenja uglavnom ovisi o teksturi površine ceste, koja se definira na dvije razine, kao mikrotekstura i makrotekstura [8]. Ove dvije teksture variraju pod utjecajem poliranja kumulativnog prometnog volumena (CTV) [9], što dovodi do smanjenja koeficijenta trenja tijekom vijeka trajanja ceste [10] [11].

Osim unaprjeđenja cestovne infrastrukture, važan faktor sigurnosti cestovnog prometa je i vozilo. Koeficijent prianjanja između automobilskih pneumatika i cestovnih površina analizira se kao kritični element sigurnosti vozača i prevencije prometnih nesreća [12]. Ovaj koeficijent ovisi o različitim čimbenicima, uključujući atmosferski tlak u pneumaticima, opterećenje vozila i makroteksturu površine ceste. Nedovoljno prianjanje može rezultirati proklizavanjem vozila, a posljedično i prometnim nesrećama, posebno na mokrim cestovnim površinama, ali i pod optimalnim uvjetima vožnje. Koeficijent prianjanja varira ovisno o vrsti pneumatika, opterećenju vozila i uvjetima na cesti, što naglašava potrebu za pažljivim praćenjem i kontrolom kako bi se osigurala maksimalna sigurnost u vožnji.

Procjena koeficijenta prianjanja važan je segment prilagođavanja vozila promjenjivim uvjetima na cesti, čime se smanjuje vjerojatnost nastanka prometnih nesreća. Prethodno navedena važnost razmatra se u radu [13] gdje se objašnjava način rada softvera *CarSim* te istraživanje provedeno pomoću navedenog alata. Korištenjem alata *CarSim* obuhvaća se veći broj različitih scenarija, pri čemu je koeficijent prianjanja podijeljen na fiksni koeficijent prianjanja s tri kategorije i varijabilni s dvije kategorije. Izražavanje karakteristika pneumatika temelji se na Dugoffovom modelu, koji uključuje uzdužni omjer klizanja, kut bočnog klizanja, radijus pneumatika i druge relevantne parametre. Dinamička analiza vozila pokazuje da je koeficijent prianjanja povezan s uzdužnom brzinom klizanja pneumatika, kutom bočnog

klizanja pneumatika, kutom prednjeg kotača vozila te uzdužnim i bočnim ubrzanjem. Dodatno, konstruiran je kombinirani model procjene koji koristi samoopažanje, konvolucijsku neuronsku mrežu (CNN) i dugotrajno pamćenje (LSTM) za predviđanje koeficijenta prianjanja. Validacija ovih modela provedena je kroz simulacije i stvarne podatke različitih vozila, a rezultati pokazuju njihovu učinkovitost i superiornost u smanjenju korijena srednje kvadratne pogreške (RMSE) i srednje apsolutne pogreške (MAE) u različitim scenarijima predviđanja koeficijenta trenja [13].

U području povećanja koeficijenta prianjanja kao jedna od mjera u znanstveno-stručnim radovima istražuje se i postavljanje Tyregrip podloge kao jednog od mogućih rješenja za povećanje koeficijenta prianjanja. Povećanje koeficijenta prianjanja, neovisno o vremenskim uvjetima, postiže se upotrebom sustava suvremene protuklizne Tyregrip podloge. Ovaj inovativni sustav prvi je put osmišljen i implementiran u Ujedinjenom Kraljevstvu. Suvremena protuklizna Tyregrip podloga je podloga sastavljena od dvokomponentne epoksidne smole u kombinaciji s kalcificiranim boksitnim agregatom i različitim pigmentima. Postavlja se na potpuno suh i čist asfaltni ili betonski cestovni zastor kako bi se osigurala optimalna učinkovitost i dugotrajnost [14]. Epoksidna smola djeluje kao vezivni materijal koji osigurava čvrstoću i otpornost podloge, dok kalcificirani boksitni agregat pruža izuzetnu hrapavost i otpornost na trošenje. Pigmenti se koriste kako bi se poboljšala vidljivost površine i dodatno upozorilo vozače na potencijalno opasne dionice ceste [14].

Kao jedna od metoda za smanjenje zaustavnog puta i povećanje usporenja koristi se Tyregrip podloga na čijoj se podlozi i odvija dio testiranja ovog rada. Također u radu [14] se govori o istraživanjima na takvoj vrsti podloge. Nakon trogodišnjeg korištenja suvremene protuklizne Tyregrip podloge, zabilježeno je značajno smanjenje broja prometnih nesreća, što potvrđuje njegovu učinkovitost u povećanju koeficijenta prianjanja i poboljšanju sigurnosti na cestama [14]. Ovaj sustav predstavlja inovaciju u cestovnoj infrastrukturi, jer omogućuje sigurno prianjanje pneumatika vozila na cestu bez obzira na vremenske uvjete, smanjujući rizik od nesreća uzrokovanih klizanjem i gubitkom kontrole nad vozilom. Istraživanje naglašava i važnost pažljivog planiranja i održavanja cestovnih površina kako bi se osigurala adekvatna protuklizna otpornost i time smanjio rizik od prometnih nesreća, a povećala sigurnost u prometu.

Korištenje inovativnih metoda i materijala, poput recikliranih ili industrijskih nusproizvoda, može doprinijeti održivom pristupu održavanju cesta. Ključni faktori protuklizne otpornosti uključuju svojstva kolnika, teksturu površine, učinak vode, brzinu

kretanja vozila i karakteristike guma. Poboljšanje protuklizne otpornosti može se postići ograničavanjem sadržaja veziva, izborom odgovarajućih agregata i korištenjem specifičnih materijala za površinske premaze. Metode mjerenja protuklizne otpornosti uključuju mjerenje dubine teksture, test protuklizne otpornosti, test zaključanog kotača i test ubrzanja okretanja [14].

Istraživanje [15] također govori o raznim tehnikama kao što su primjena kontrastnih protukliznih površina te pjeskarenje, koje povećavaju koeficijent prijanjanja između pneumatika i podloge te u konačnici smanjuju broj prometnih nesreća. Zaključeno je da je došlo do značajnog poboljšanja korisnih svojstava kolnika (koeficijent trenja i dubina teksture) u usporedbi s postojećim hidrokarbonskim betonom. Ovo se može pripisati činjenici da suprotstavljanje klizanja površine i pjeskarenje predstavljaju učinkovita rješenja za poboljšanje uvjeta prijanjanja pneumatika na kolnik, čime se kolnik čini sigurnijim.

Rad [16] prikazuje istraživanje vezano uz korištenje mjernog uređaja XL Meter™ Pro, a u istraživanju su sudjelovala dva vozača od kojih jedan s bogatim vozačkim iskustvom te jedan s ograničenim iskustvom i jedan motocikl. U procesu istraživanja provedena su ukupno 32 mjerenja usporavanja. Istraživanje se fokusiralo na put kočenja i usporavanje, uz različite konfiguracije ABS sustava. Rezultati pokazuju da ABS sustav ne skraćuje uvijek put kočenja. Potvrđeno je da se pravilno izvedenim kočenjem u zavoju može postići veća vrijednost usporavanja, što rezultira kraćim putem kočenja u usporedbi s kočenjem pri aktiviranom ABS sustavu. Ova tehnika je posebno izražena kod iskusnijeg motociklista [16]. ABS (*eng. Anti-lock Breaking System*) je sustav koji je dizajniran da poboljša sigurnost vozila tijekom kočenja putem kontroliranog otpuštanja i ponovnog stezanja kočnica u brzom slijedu [17].

U kontekstu modernih sustava upravljanja vozilima koji koriste strukturu povratne veze, stvarna procjena parametara kontakta između pneumatika i ceste u stvarnom vremenu je od ključne važnosti za poboljšanje performansi sustava upravljanja šasijom, kao što su sustavi protiv blokiranja kočnica (ABS) i sustavi elektroničke stabilnosti (ESC). Međutim, trenutačno dostupni komercijalni sustavi za nadzor pneumatika nisu opremljeni za osjećanje i prijenos dinamičkih varijabli visoke brzine koje se koriste za sustave aktivne sigurnosti u stvarnom vremenu. Stoga, u slučaju iznenadnih promjena uvjeta na cesti, sposobnost vozača da zadrži kontrolu nad vozilom može biti ugrožena, što može zahtijevati intervenciju sustava upravljanja šasijom na vozilu. Iako postojeći sustavi dobro funkcioniraju u različitim situacijama, njihove performanse mogu biti poboljšane ako je dostupna stvarna procjena koeficijenta trenja između pneumatika i ceste. Međutim, postojeći pristupi procjeni trenja između gume i ceste često

zahtijevaju određene razine kretanja vozila kako bi se zadovoljili uvjeti trajne ekscitacije za pouzdane procjene, što može ometati kontrolu kretanja vozila [13]. Dizajneri pneumatika i vozila trebaju posjedovati temeljno znanje o deformacijama pneumatika, razvoju sila na području kontakta te razumijevati hidrodinamiku pneumatika kako bi razvili sustave pneumatika i vozila s optimalnom izvedbom na mokrim i skliskim cestama. Rad [18] raspravlja o nizu tehnika ispitivanja koje se koriste u ovom kontekstu. Jedna od tehnika je sustav cesta – pneumatik – vozilo, koji se koristi za procjenu protuklizne otpornosti. Čimbenici koji određuju silu trenja (adhezije) u kontaktu automobilskih pneumatika s kolnikom razmatrani su u radu [19]. Osim toga, istraživanja se provode na ispitivanju prikolica za klizanje u usporedbi s ispitivanjem cjelokupnog vozila. Također se proučavaju učinci radijalne krutosti na protukliznu otpornost. Podaci dobiveni iz ovih testova omogućuju procjenu prianjanja pneumatika uz cestu kao funkciju vrste pneumatika, dizajna gazećeg sloja i sastava gazećeg sloja.

U radu [13] predstavlja se nova metodologija procjene parametara kontakta između pneumatika i ceste u stvarnom vremenu koristeći signale ubrzanja s pametnog/inteligentnog pneumatika. Predložena metoda karakterizira teren koristeći izmjerenu frekvencijsku reakciju vibracija pneumatika i omogućuje procjenu koeficijenta trenja između pneumatika i ceste pri ekstremno nižim razinama korištenja sile. Za visoke uvjete klizanja, kada su povećane razine vibracija zbog fenomena prianjanja/klizanja, predložena metoda vibracija pneumatika postaje neprikladna, pa je stoga predložen pristup procjeni parametara temeljen na modelu trenja između pneumatika i ceste [13]. Integrirani pristup korištenjem procjene trenja temeljene na pametnom/inteligentnom pneumatiku i procjene parametara temeljene na modelu pruža mogućnost pouzdane procjene trenja za širi raspon artikulacija. Očekuje se da će ova stvarna procjena koeficijenta trenja između gume i ceste imati ključnu ulogu u poboljšanju performansi niza sustava upravljanja vozilom, posebno u poboljšanju performansi sustava za sprječavanje sudara s kočenjem. [13]

Primjena protukliznih podloga u Republici Hrvatskoj podržana je *Nacionalnim planom sigurnosti cestovnog prometa* i provodi se na lokacijama s većim brojem zabilježenih prometnih nesreća te na mjestima gdje je sigurnost sudionika u prometu posebno ugrožena, kao što su to oštri zavoji, pješački prijelazi, biciklističke staze te cestovni objekti. Osim što poboljšavaju trenje kolnika i smanjuju zaustavni put, protuklizne podloge imaju i psihološki učinak na vozače, a već su se pokazale učinkovitima u smanjenju broja prometnih nesreća [2].

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Metodologija je nauka o metodi, odnosno posebna disciplina koja proučava logičke operacije i tehničko-istraživačke postupke neke znanosti. Metodologija kritički ispituje znanstveni postupak, razna tehnička sredstva i instrumente kojima se služi znanost, način logičke obrade podataka do kojih znanost dolazi te nastoji odrediti optimalne uvjete pod kojima treba provoditi istraživanje na nekom području određene znanosti [20]. Metodologija ovog istraživanja temelji se na primijenjenoj eksperimentalnoj istraživačkoj opremi i načinu provedbe ispitivanja.

3.1. Istraživačka oprema

Oprema koja je korištena prilikom provedbe istraživanja sastojala se od testnog osobnog vozila s ljetnim pneumaticima, suvremenog kolničkog asfaltnog zastora, suvremene protuklizne Tyregrip podloge, XL Meter™ Pro i Matest A113 uređaja.

3.1.1. Testno vozilo korišteno u istraživanju

Osobno vozilo koje se koristilo za potrebe istraživanja usporenja je Citroen C6 2.7 V6 Dizel koje je prikazano na sljedećoj slici (Slika 1).



Slika 1. Testno vozilo Citroen C6 2.7 V6 Dizel

Tablica 1 prikazuje opće podatke o osobnom vozilu Citroen C6 2.7 V6 Dizel koje je korišteno za potrebe ispitivanja usporenja [21].

Tablica 1. Osnovni podaci o testnom vozilu

Naziv	Podatak
Godina proizvodnje	2004. godine
Vrsta motora	Dizel
Kapacitet motora	2.721 cm ³
Nabava sustava	Dizel Common rail
Raspored cilindara	V
Broj cilindara	6
Broj ventila po cilindru	4
Gorivo	Dizel gorivo
Broj vrata na automobilu	4
Broj mjesta u automobilu	5
Širina automobila	1.860 mm
Dužina automobila	4.908 mm
Visina automobila	1.464 mm
Međuosovinski razmak kotača	2.900 mm
Minimalni obujam prtljažnika	421 l
Sustav kočenja - prednja kočnica	Disk
Sustav kočenja - stražnja kočnica	Disk
Prednji ovjes	Hidro-pneumatski element
Stražnji ovjes	Hidro-pneumatski element
Vrsta mjenjač	Automatski
Broj zupčanika	6
Prijenos pogonskim kotačima	Prednji
Maksimalna brzina	214 km/h
Ubrzanje (0-100 [km/h])	11,2 s
Masa praznog vozila	1.871 kg
Najveća dopuštena masa vozila	2.335 kg
Kapacitet spremnika za gorivo	72 l
Veličina pneumatika	225/55/R17
Ekološkog standarda	Euro 4

Izvor: [21]

Tijekom provedbe ispitivanja testno vozilo bilo je opremljeno ljetnim pneumaticima dimenzija 245/45 R 18 (Slika 2). Oznaka 245 označava širinu pneumatika u milimetrima, oznaka 45 označava visinu pneumatika, odnosno postotak od širine. Oznaka R označava vrstu konstrukcije pneumatika, odnosno korišteni pneumatici radijalne su konstrukcije s veličinom naplatka od 18 inča.



Slika 2. Prikaz prednjeg desnog pneumatika testnog vozila

Dubina gaznog sloja pneumatika nakon završenih ispitivanja prikazana je tablicom u nastavku (Tablica 2). Navedene vrijednosti u tablici izraženi su u milimetrima.

Tablica 2. Dubina gaznog sloja pneumatika

	Vanjski dio	Središnji dio	Unutarnji dio
Prednji lijevi pneumatik	5	4	3
Prednji desni pneumatik	4	5	4
Stražnji lijevi pneumatik	7	7	7
Stražnji desni pneumatik	5	4	5

Vanjski dio označava vanjski rub pneumatika, središnji dio podrazumijeva sredinu pneumatika, a unutarnji dio označava unutarnji rub pneumatika. Slika 3 prikazuje način izmjere dubine gaznog sloja u tri točke.



Slika 3. Dubina gaznog sloja prednjeg lijevog pneumatika

Ispitivanje usporenja osobnog vozila temeljilo se na naglom kočenju vozila pri brzinama od 30 do 80 km/h dok je vozilo imalo uključen ABS sustav. U trenutku dostignute brzine, naglo se kočilo s vozilom. Navedene brzine za ispitivanje su: 30 km/h, 40 km/h, 50 km/h, 60 km/h, 70 km/h i 80 km/h. Za pojedinu brzinu, provodilo se naglo kočenje po tri puta, a dobivena aritmetička sredina koristila se u daljnjoj analizi.

3.1.2. Podloge korištene u istraživanju

Podloge koje su bile korištene za potrebne istraživanja su suvremeni kolnički asfaltni zastor (Slika 4) i suvremena protuklizna Tyregrip podloga. Prema navodima proizvođača, Tyregrip podloga je površina s visokim koeficijentom trenja u odnosu na suvremeni kolnički asfaltni zastor pri čemu se poboljšava prianjanje vozila i smanjuje zaustavni put. Podloga se najčešće koristi na mjestima gdje je potrebno povećati sigurnost prometa i izbjeći mogućnost nastanka prometnih nesreća [22].



Slika 4. Suvremeni kolnički asfaltni zastor korišten prilikom ispitivanja

Tvrtka Euro-Galant d.o.o. omogućila je postavljanje suvremene protuklizne Tyregrip podloge za potrebe ovog istraživanja. Prema navodima proizvođača, protuklizna Tyregrip podloga sastoji se od dvokomponentnog modificiranog epoksidnog veziva s dodatkom pigmenta i separiranog kalciniranog boksitnog agregata. Navedeni elementi omogućuju veće trenje između pneumatika i kolika, poboljšavaju prijanjanje i kontrolu vozila i skraćuje zaustavni put. Zbog boje i činjenice da se nalaze u vozačevom centralnom vidnom polju, uočljive su na većim udaljenostima, dugotrajne su, otpornije na poliranje i habanje od standardnog suvremenog kolničkog asfaltnog zastora i omogućuju produljenje vijeka trajanja površine kolnika na kojoj se izvodi [23].

Postupak izvođenja Tyregrip podloge na postojećem suvremenom kolničkim asfaltnom zastorom sastoji se od četiri osnovna koraka. Najbitniji korak je priprema površine, koja se morala temeljito očistiti i homogenizirati. Nakon toga se vršila aplikacija penetracije i nasljednih veziva, odnosno smjese dvokomponentnog modificiranog epoksidnog veziva u koji se je dodatno umiješao pigment crvene boje. Na vezivo se odmah aplicirao boksitni agregat kojim se oblikovala nova i oštra makrotekstura kolničke površine. Površina podloge može biti dopunjena sa znakom upozorena, koji je izrađen od predformatirane plastike. [23]. Tablica 3 prikazuje postupak izvođenja suvremene protuklizne Tyregrip podloge za potrebe istraživanja.

Tablica 3. Postupak izvođenja suvremene protuklizne Tyregrip podloge

Redni broj postupka	Opis postupka	Slika postupka
1.	čišćenje i označavanje područja nanosa	
2.	miješanje komponenata epoksidne smole s dodavanjem odgovarajućeg pigmenta	
3.	izlijevanje pripremljene smjese i nanos boksitnog agregata	
4.	uklanjanje oznaka i viška boksitnog agregata	

Prema specifikaciji proizvođača, suvremena protuklizna Tyregrip podloga osigurava veću hvatljivost kolničke površine te time smanjuje rizik od proklizavanja vozila. Makrotekstura od 0,3 mm do 4 mm omogućuje smanjenje rizika proklizavanja vozila kod mokrog kolnika i kod smrzavanja kolnika pri niskim temperaturama, gdje dolazi do efikasne površinske odvodnje. Najčešća primjena suvremene protuklizne Tyregrip podloge je ispred pješačkih prijelaza, oštih zavoja i nizbrdica, nepreglednih dionica, gdje se postavljaju u bojama (najčešće crvena boja) koja ima djelotvoran učinak na vozača s psihološkog aspekta [23].

Suvremena protuklizna Tyregrip podloga u Republici Hrvatskoj do sada je postavljena na nekoliko lokacija, odnosno u Opatiji, Rijeci, Karlovcu, Kutini, Lovranu, Dobreću i na pojedinim lokacijama Županijske uprave za ceste Krapinsko-zagorske, Varaždinske i Karlovačke županije. Osim na županijskim, lokalnim i gradskim prometnicama, suvremena protuklizna Tyregrip podloga postavljena je i na državnoj cesti DC45 (Veliki Zdenci – Garešnica – Kutina) [2].

3.1.3. Uređaj za ispitivanje usporenja i puta kočenja

Ispitivanje usporenja na nekoj određenoj udaljenosti odnosi se na proces zaustavljanja ispitnog vozila pri određenoj brzini pri čemu se mjere specifični parametri, kao što je put kočenja. Put kočenja je put koje vozilo prođe od trenutka kada vozač djeluje silom na papučicu radne kočnice pa sve do potpunog zaustavljanja vozila. Ispitivanje je moguće provoditi na dva načina, kao ispitivanje površinskog trenja i kao ispitivanje zaustavnog puta. Ispitivanje zaustavnog puta, odnosno puta kočenja moguće je dobiti na temelju duljine tragova klizanja koje je vozilo ostavilo ili metodom „*pištolj na kredu*“ gdje su kočnice povezane s malim pištoljem ispunjenim kredom u prahu koja označava točku početka kočenja. Prednost kod ovakvog načina mjerenja je u tome što je omogućeno mjerenje punog zaustavnog puta u odnosu na jednostavnije metode mjerenja gdje se mjeri samo udaljenost od točke gdje su kotači počeli proklizavati, odnosno blokirati [24].

Među najpoznatijim uređajima za ispitivanje usporenja i puta kočenja je XL Meter™ Pro, a osim njega struka primjenjuje i M5-2-COF uređaj, GMG-200 uređaj, GripTester uređaj, ViaFriction i ASFT T2G0 mjerni uređaj.

Uređaj koji se koristio za potrebe istraživanja bio je XL Meter™ Pro uređaj koji služi za mjerenje usporenja i ubrzanja vozila te je prikazan sljedećom slikom (Slika 5). XL Meter™ Pro je univerzalni baterijski mjerač ubrzanja i usporenja koji sadrži ugrađeni program za procjenu učinka kočenja radne kočnice ili učinka ubrzanja. Mjerač se sastoji od [25]:

- kućišta upravljačke jedinice,
- zglobne ruke i
- vakuumske posude.

Kućište upravljačke jedinice se sastoji od alfanumeričkog LCD zaslona i tri tipke za upravljanje uređajem. Zglobna ruka omogućuje kalibraciju tek nakon što se uređaj postavi na vjetrobransko staklo. Uređaj se na vjetrobransko staklo postavlja pomoću vakuumske posude te je poželjno pozicionirati ga na sredinu vjetrobranskog stakla. Upravljanje uređaja temelji se na tri tipke na uređaju [25]:

- crna tipka – tipka za uključivanje/isključivanje,
- zelena tipka – tipka prikaza i
- crvena tipka – tipka za pokretanje mjerenja.



Slika 5. XL Meter™ Pro uređaj

Tipka za uključivanje/isključivanje ima dvije funkcije: uključivanje/isključivanje uređaja i upravljanje svjetlinom zaslona. Držanjem tipke dulje od dvije sekunde, uređaj se uključuje ili isključuje. Dok je uređaj uključen, pritiskom na tipku kraće od dvije sekunde, svjetlost uređaja se tada povećava, odnosno smanjuje. Tipka prikaza služi za prikaz podataka

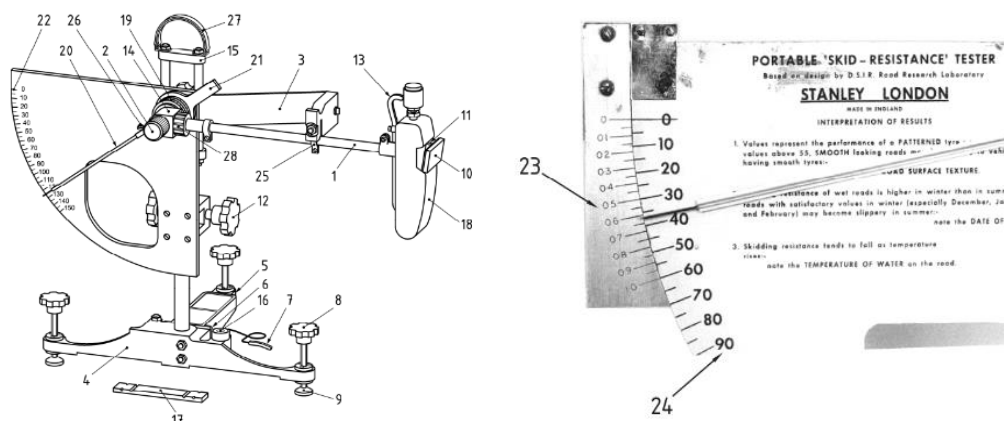
na ekranu te za prelazak uređaja iz načina kalibracije u način prikaza. Pritiskom na navedenu tipku moguće je prebaciti iz jednog mjerenja u drugo te se mjerenje na taj način i zaustavlja. Tipka za pokretanje mjerenja može se koristiti za pokretanje načina prikaza iz načina kalibracije. Uređaj omogućava mjerenje brzine vozila u kilometru po satu, usporenje u metrima po sekundi na kvadrat, trajanje kočenja u sekundama i put kočenja u metrima. Kalibracija uređaja započinje automatski prilikom uključivanja uređaja, odnosno nakon provjere sustava [25].

XL Meter™ Pro ima kapacitet pohrane od osam mjerenja. Mjerenja se pomoću kabla prebacuju na računalo gdje se obrađuju i grafički prikazuju uz korištenje aplikacije XL Vision™, koja je dio Microsoft Windows operativnog sustava. XL Vision™, uz grafički prikaz podataka, omogućuje i izvoz podataka u ASCII formatu koji se lako može otvoriti u drugim aplikacijama, kao što je Microsoft Excel [25].

3.1.4. Uređaj za ispitivanje otpornosti površine na klizanje

Otpornost na klizanje je svojstvo prometne površine koje ograničava relativno kretanje između dodirne površine pneumatika vozila i same površine. Gubitak otpora klizanja dovodi do gubitka kontrole od strane pješaka/vozača s posljedičnim povećanjem rizika od pada ili sudara. Brojni su čimbenici koji doprinose otporu klizanja, uključujući tlak u pneumaticima, kontaktna površina gaznog sloja i gumeni sastav pneumatika ili potplata, poravnanje, tekstura i karakteristike površine, brzina vozila, vremenski uvjeti i prisutnost površinske kontaminacije [26].

Europska norma HRN EN 13036-4 opisuje metodu za određivanje otpornosti na klizanje površine pomoću uređaja koji ostaje nepomičan na mjestu ispitivanja. Otpor na klizanje mjeri se pomoću klizača koji je montiran na kraju kraka klatna. Metoda omogućuje mjerenje svojstava otpornosti na klizanje površine bilo na terenu ili u laboratoriju. Ova metoda mjeri otpornost na klizanje male površine (približno $0,01 \text{ m}^2$) [26]. Slika 6 prikazuje shemu uređaja za ispitivanje otpornosti površine na klizanje.



Slika 6. Shema Matest A113 uređaja

Izvor: [26]

Uređaj se sastoji od 28 dijelova, a osnovni dijelovi Matest A113 uređaja su: krak, skala u SRT jedinicama, igla koja prikazuje vrijednosti na mjernoj skali, gumica koja se nalazi na klatnu i tri uporišta koja omogućavaju da uređaj bude stabilan. Ostali dijelovi su: oznake (nalazi se u središtu rotacije), mehanizma za otpuštanje (gumb), vijak za niveliranje, sklop klizača, libela, kalibar, protuteža pokazivača, mjerilo, otpuštanje hvataljke, brijeg pokazivača (svrha kalibracije: pokazivač vijak za podešavanje) i tako dalje [26].

Za mjerenje na terenu pomoću Matest A113 uređaja za ispitivanje otpornosti površine na klizanje, potrebno je ispitnu površinu očistiti i isprati vodom. U slučaju da je za ispitivanje potrebna onečišćena površina, čišćenje se ne obavlja. Uređaj s klatnom postavlja se na čvrstu površinu s njihanjem u smjeru prometa. Ispitna površina ne smije imati nagib veći od 10%, u slučaju da to nije moguće izvesti, ispitivanje se može provesti pod bilo kojim kutom u odnosu na smjer prometa kako bi se omogućilo zadovoljenje kriterija nagiba [26].

Ispitivanje se ne može provesti ako je temperatura mokre površine i/ili temperatura klizača izvan raspona od 5 °C do 40 °C. Također, ispitivanje se ne može provesti ako se temperatura vode razlikuje od temperature zraka za više od 15 °C [26].

Otpornost na klizanje nekih materijala znatno varira cijelim područjem površine. Ispitivanja se mogu provoditi u području koje se najviše koristi. Mjerni odsječci biraju se opcionalno, odnosno slučajnim odabirom mjeritelja. Mjesto i učestalost ispitivanja moraju biti odabrani tako da budu reprezentativni za relevantni dio površine ili površinski materijal koji se ispituje. Za ispitivanje odabiru se najmanje tri ispitna mjesta te oni ne bi trebali biti udaljeni

više od 400 mm, osim za dobivanje srednje vrijednosti za lokaciju. Vrijednost područja ovisi o varijabilnosti površine [26].

Postupak mjerenja pomoću uređaja sastoji se od toga da je potrebno postaviti duljinu klizanja klizača (udaljenost između dviju točaka u kojima je klizni rub klizača guma i dodiruje ispitnu površinu) laganim spuštanjem kraka klatna, uz korištenje okomitog vijka, otpuštanjem glave klatna sve dok klizač sam ne dodirne površinu. Prvo s jedne strane okomito, a zatim s druge strane. Duljina klizanja mora biti u rasponu između 126 ± 1 mm za široki klizač i između 76 ± 1 mm za uski klizač. Potrebno je pomaknuti nogu klatna udesno i spustiti glavu tako da klizač počne dodirivati ispitnu površinu sa svojim stražnjim kutom u ravnini s desnom (najudaljenijom) oznakom na mjeracu. U slučaju da nije tako napravljeno, potrebno je podići ili spustiti glavu klatna tako da se klizač pomakne oko 50 % udaljenosti prema ispravnim postavkama. Nakon toga, ponovno se stegne glava, namjesti mjerač tako da kut klizača bude u ravnini s lijevom oznakom ručnog mjerača, zatim se pomakne nožica klatna na desnu stranu i provjeri je li poravnata s desnom mjernom oznakom. Ako nije, potrebno je ponoviti postupak unatrag i naprijed dok se glava klatna ne postavi na ispravnu visinu kako bi se dobila potrebna duljina klizanja [26].

Pri mjerenju cestovnih površina, potrebno je nanijeti najmanje 100 mililitara vode na površinu za mjerenje i na sam klizač prije svakog zamaha kako bi se osiguralo da mokar klizač prolazi preko mokre ispitne površine. Za bilježenje rezultata potrebno je otpustiti polugu klatna i kazaljku iz vodoravnog položaja pomoću mehanizma za otpuštanje (gumba), uhvatiti krak klatna na ravnom dijelu povratnog zamaha i zabilježiti položaj pokazivača na ljestvici do najbližeg cijelog broja. Polugu je potrebno vratiti podizanjem klizača uz pomoć ručke i pokazivača za položaj otpuštanja [26].

Ispitivanje je potrebno provesti pet puta, gdje je potrebno svaki put namočiti ispitnu površinu i klizač prije otpuštanja klatna. Svaki rezultat potrebno je zabilježiti i u slučaju da se kod prvih pet očitavanja rezultati razlikuju za više od tri jedinice, potrebno je ponoviti postupak dok ta tri uzastopna očitavanja ne budu ista. Važno je da prilikom očitavanja položaj kazaljke na ljestvici bude postavljen u liniji s oznaka (u središtu rotacije), a kraj pokazivača na ljestvici kako bi se izbjeglo pogrešno očitavanje rezultata [26]. Slika 7 prikazuje Matest A113 uređaj za ispitivanje otpornosti površine na klizanje koji je korišten za potrebe ispitivanja.



Slika 7. Matest A113 uređaj

3.2. Način provedbe ispitivanja

Metodologija ovog istraživanja temelji se na ispitivanju usporenja testnog vozila s ljetnim pneumaticima pri različitim vremenskim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi pomoću XL Meter™ Pro uređaja i Matest A113 uređaja.

Sukladno uputama proizvođača, XL Meter™ Pro uređaj postavlja se na vjetrobransko staklo pomoću vakuumske posude, gdje je poželjno pozicionirati ga na sredinu vjetrobranskog stakla. Slika 8 prikazuje način pozicioniranja uređaja u testnom vozilu.



Slika 8. XL Meter™ Pro na vjetrobranskom staklu testnog vozila korištenog u istraživanju

Ispitivanja pomoću XL Meter™ Pro uređaja provodilo se na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri različitim vremenskim uvjetima, gdje su se uzimala mjerenja za brzine u rasponu od 30 do 80 km/h. Uz brzinu vozila, uređaj je u svakom provedenom mjerenju bilježio usporenje, vrijeme kočenja i put kočenja. Dobiveni podaci bilježili su se na ispitnom obrascu koji je prikazan kao prilog 1.

Ispitivanje pomoću Matest A113 uređaja za ispitivanje otpornosti površine na klizanje ispitivalo se devet puta u vremenskom razmaku od osam minuta. Uzimalo se po pet zamaha klatnom, gdje se na kraju dobila prosječna vrijednost otpornosti na klizanje na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi. Slika 9 prikazuje mjerenje pomoću Matest A113 uređajem na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru (lijevo) i na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi (desno).



Slika 9. Mjerenje pomoću Matest A113 uređajem na podlogama za ispitivanje

4. REZULTATI PROVEDENOG ISTRAŽIVANJA

Provedeno istraživanje temeljilo se na usporedbi usporenja testnog osobnog vozila marke i tipa Citroen C6 2.7 V6 Dizel na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na suvremenoj protukliznoj cestovnoj podlozi, odnosno Tyregrip podlozi. Istraživanje se provodilo pod utjecajem različitih vremenskih uvjeta.

Ispitivanje usporenja, puta kočenja, brzine i vremena zaustavljanja bilježeno je s XL Meter™ Pro uređajem. Uz navedene parametre, za samo usporenje kod vozila posebice je značajna i klizavost podloge, stoga se ista u sklopu ovog istraživanja ispitivala pomoću Matest A113 uređaja.

4.1. Rezultati ispitivanje usporenja pomoću XL Meter™ Pro uređaja

XL Meter™ Pro je uređaj kojim se provodilo predmetno ispitivanje na kolničkom asfaltnom zastoru te na Tyregrip podlozi. Uz usporenje, navedenim uređajem se bilježilo vrijeme i put od početka kočenja pa do potpunog zaustavljanja i brzina pri kojoj je započelo naglo kočenje.

Ispitivanje se provodilo etapno, na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi te pod različitim vremenskim uvjetima u rasponu brzina kretanja od 30 do 80 km/h. Shodno navedenom, na isti način su i obrađeni podaci koji su prikazani u nastavku. Ispitivanja su se temeljila na ubrzanju testnim vozilom do određene brzine te naglom kočenju do potpunog zaustavljanja.

XL Meter™ Pro uređaj započinje bilježiti podatke pritiskom na tipku prilikom početka kretanja, njegovo bilježenje se zaustavlja u trenutku potpunog zaustavljanja vozila, također pritiskom na tipku te se na zaslonu uređaja tada prikazuju zabilježeni podaci koji su redom:

- brzina vožnje [km/h],
- usporenje [m/s^2],
- trajanje zaustavljanja (od početka kočenja do potpunog zaustavljanja) [s] i
- put kočenja [m].

Opisani postupak se ponavljao po tri puta za svaku brzinu te se za potrebe ovog istraživanja uzimala prosječna vrijednost. Ukupno je provedeno šest testiranja na temelju šest odabranih brzina kretanja u rasponu od 30 do 80 km/h. Grafički prikazi ispitivanja dobiveni XL Meter™ Pro uređajem očitani su pomoću aplikacije XL Vision™.

4.1.1. Rezultati ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pomoću XL Meter™ Pro uređaja

Ispitivanje na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru provedeno je unutar Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj u suhim i u kišnim vremenskim uvjetima. Slika 10 prikazuje stanje podloge na kojoj se vršilo ispitivanje tijekom suhih (lijevo) i kišnih uvjeta (desno).



Slika 10. Suvremeni kolnički asfaltni zastor u suhim (lijevo) i kišnim uvjetima (desno)

4.1.1.1. Rezultati ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pomoću XL Meter™ Pro uređaja u suhim uvjetima

Suhim uvjetima smatraju se vremenske prilike u kojima nema oborina i podloga je suha. Ispitivanje je provedeno u lipnju 2023. godine, a provodilo se testnim vozilom marke i tip Citroen C6 2.7 V6 Dizel s postavljenim XL Meter™ Pro uređajem sukladno uputama proizvođača.

Tablica 4 sadrži prikazane rezultate ispitivanja provedenog na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru s pomoću XL Meter™ Pro uređaja u suhim uvjetima te su nakon svakog testiranja posebno istaknute prosječne vrijednosti koje su korištene u daljnjoj analizi. Iz navedenih rezultata zaključilo se kako je odnos između prosječne brzine te prosječnog usporenja, trajanja kočenja i puta kočenja proporcionalan, odnosno porastom brzine raste i usporenje, ali se i produljuje trajanje kočenja, kao i put kočenja. Grafički prikazi akceleracija očitani su aplikacijom XL Vision™ te su sastavni dio ovog istraživanja i prikazani su kao prilozi (Prilog 2 – Prilog 7).

Tablica 4. Rezultati ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pomoću XL Meter™ Pro uređaja u suhim uvjetima

Brzine [km/h]	Testiranje br.	Brzina kretanja vozila (V) [km/h]	Usporenje (a) [m/s ²]	Trajanje kočenja (t) [s]	Put kočenja (s) [m]
30	1.	30,42	8,01	1,11	4,80
		30,22	8,46	1,05	4,60
		30,27	8,38	1,06	4,60
	Prosjek	30,30	8,28	1,07	4,67
40	2.	40,19	8,50	1,41	7,78
		41,00	9,27	1,32	7,62
		41,29	7,72	1,50	8,77
	Prosjek	40,83	8,50	1,41	8,06
50	3.	50,62	8,34	1,70	11,97
		50,17	9,23	1,62	11,24
		50,55	9,12	1,64	11,58
	Prosjek	50,45	8,90	1,65	11,60
60	4.	61,21	9,51	1,95	16,37
		61,25	9,40	1,91	16,33
		61,48	9,20	1,97	16,51
	Prosjek	61,31	9,37	1,94	16,40
70	5.	70,64	9,03	2,29	22,95
		70,61	9,40	2,22	21,64
		71,67	8,96	2,32	22,76
	Prosjek	70,97	9,13	2,28	22,45
80	6.	80,05	8,98	2,54	27,90
		79,39	7,93	2,62	29,47
		80,04	9,45	2,45	27,48
	Prosjek	79,83	8,79	2,54	28,28

4.1.1.2. Rezultati ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pomoću XL Meter™ Pro uređaja u kišnim uvjetima

Kišnim uvjetima smatraju se vremenske prilike u kojima ima oborina te pritom oborine ispiru podlogu na kojoj se vrši testiranje i na njoj stvaraju mokar sloj. Ispitivanje je provedeno u listopadu 2023. godine, a provodilo se testnim vozilom marke Citroen C6 2.7 V6 Dizel s instaliranim XL Meter™ Pro uređajem unutar vozila sukladno uputama proizvođača. Naime, zbog manjka oborina, za potrebe istraživanja bilo je nužno stvoriti potrebne uvjete te se ispitivanje provelo u suradnji s Javnom vatrogasnom postrojbom Grada Zagreba, koji su pomoću vatrogasnih mlaznica stvorili mokar kolnik koji je bio potreban za provedbu ispitivanja. Slika 11 prikazuje način stvaranja potrebnih uvjeta za provedbu ispitivanja od strane Javne vatrogasne postrojbe Grada Zagreba.



Slika 11. Stvaranje kišnih uvjeta za provedbu ispitivanja od strane Javne vatrogasne postrojbe Grada Zagreba

Tablica 5 prikazuje rezultate ispitivanja provedenog na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru s pomoću XL Meter™ Pro uređaja u kišnim uvjetima te su nakon svakog testiranja posebno istaknute prosječne vrijednosti koje su se koristile u daljnjoj analizi. Iz navedenih rezultata zaključilo se kako je odnos između prosječne brzine te prosječnog usporenja, trajanja kočenja i puta kočenja proporcionalan, odnosno porastom brzine raste i usporenje, ali se i produljuje trajanje kočenja kao i put kočenja. Grafički prikazi akceleracija očitani su aplikacijom XL Vision™, sastavni su dio ovog istraživanja i prikazani su kao prilozi (Prilog 8 – Prilog 13).

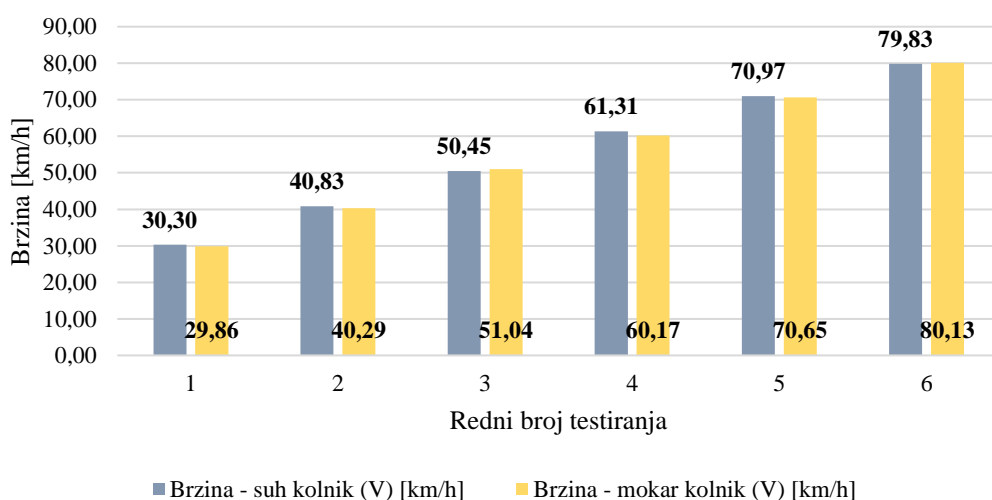
Tablica 5. Rezultati ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pomoću XL Meter™ Pro uređaja u kišnim uvjetima

Brzine [km/h]	Testiranje br.	Brzina kretanja vozila (V) [km/h]	Usporenje (a) [m/s ²]	Trajanje kočenja (t) [s]	Put kočenja (s) [m]
30	1.	29,29	7,11	1,21	5,07
		30,13	7,15	1,24	5,40
		30,17	7,15	1,25	5,53
	Prosjek	29,86	7,14	1,23	5,33
40	2.	40,01	7,61	1,54	9,01
		40,36	7,97	1,48	8,63
		40,51	7,50	1,53	8,94
	Prosjek	40,29	7,69	1,52	8,86
50	3.	51,09	7,85	7,89	14,00
		51,04	7,06	2,06	15,49
		50,99	7,86	1,88	14,00
	Prosjek	51,04	7,59	3,94	14,50
60	4.	60,11	8,01	2,22	18,96
		59,98	7,65	2,25	19,56
		60,42	7,71	2,25	19,18
	Prosjek	60,17	7,79	2,24	19,23
70	5.	69,75	7,48	2,66	26,93
		70,60	7,87	2,66	25,93
		71,60	8,04	2,66	27,28
	Prosjek	70,65	7,80	2,66	26,71
80	6.	79,55	7,54	3,05	35,29
		80,07	7,86	2,98	34,10
		80,76	6,36	3,51	41,54
	Prosjek	80,13	7,25	3,18	36,98

4.1.1.3. Usporedba rezultata ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru

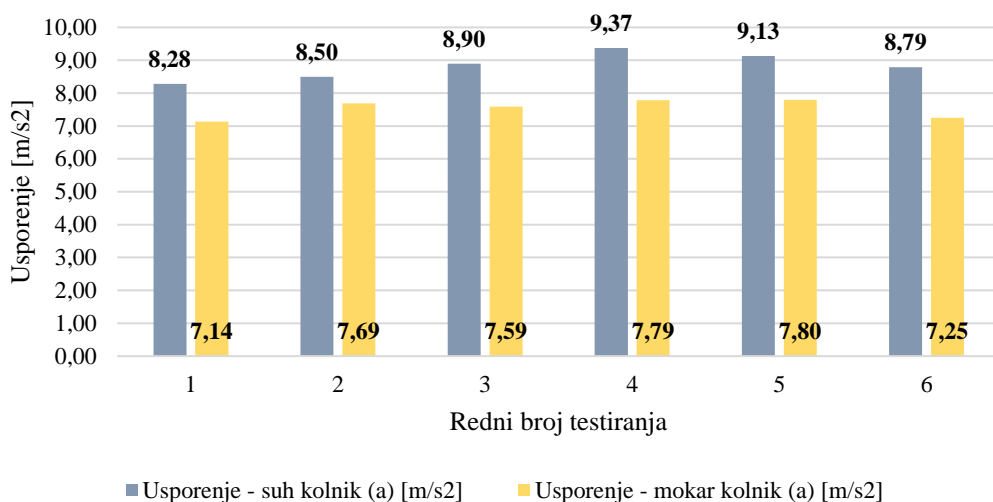
Na temelju podataka dobivenih provedenim ispitivanjima u suhim i kišnim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru (Tablica 4, Tablica 5) izrađena je usporedba dobivenih prosječnih vrijednosti. Cilj usporedbe bio je uočiti razlike u izmjerenim parametrima tijekom različitih vremenskih uvjeta.

Grafikon 1 prikazuje usporednu prosječne vrijednosti brzina u šest provedenih testiranja za šest definiranih brzina (od 30 do 80 km/h) u suhim i kišnim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru. Iz grafikona je vidljivo kako nema značajne razlike između prosječnih brzina u svakom od testiranja. Na temelju prikazanog grafikona isključen je utjecaj brzine na usporeenje što je ujedno osiguralo i relevantnost preostalih dobivenih rezultata.



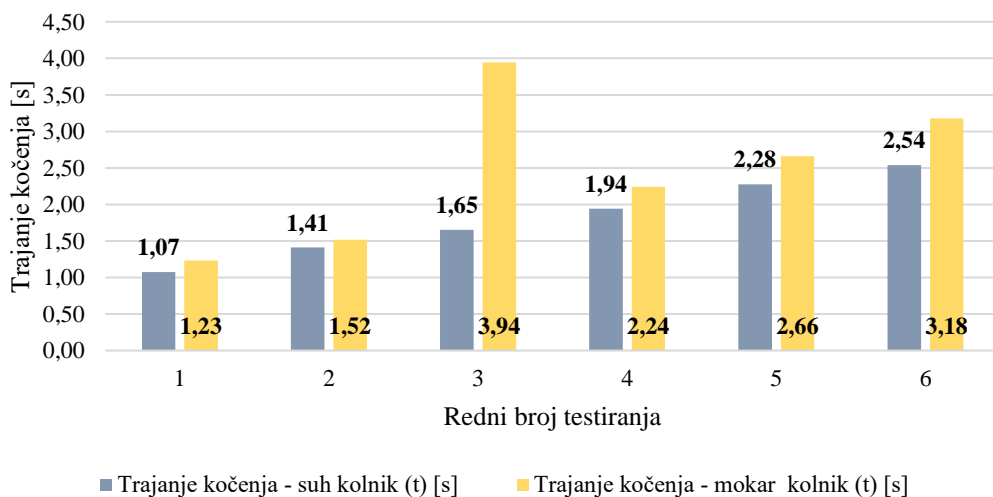
Grafikon 1. Usporedba prosječne izmjerene brzine kretanja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru

Grafikon 2 prikazuje usporednu prosječne vrijednosti usporenja u šest provedenih testiranja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru. Prosječno usporenje vozila na mokroj asfaltnoj podlozi manje je nego što je to u suhim uvjetima i to prosječno za oko $1,3 \text{ m/s}^2$. Naime, tijekom mokrih uvjeta prijanjanje pneumatika uz podlogu je manje nego što je to u uvjetima gdje izostaju padaline, pa je iz tog razloga i usporenje proporcionalno manjeg iznosa.



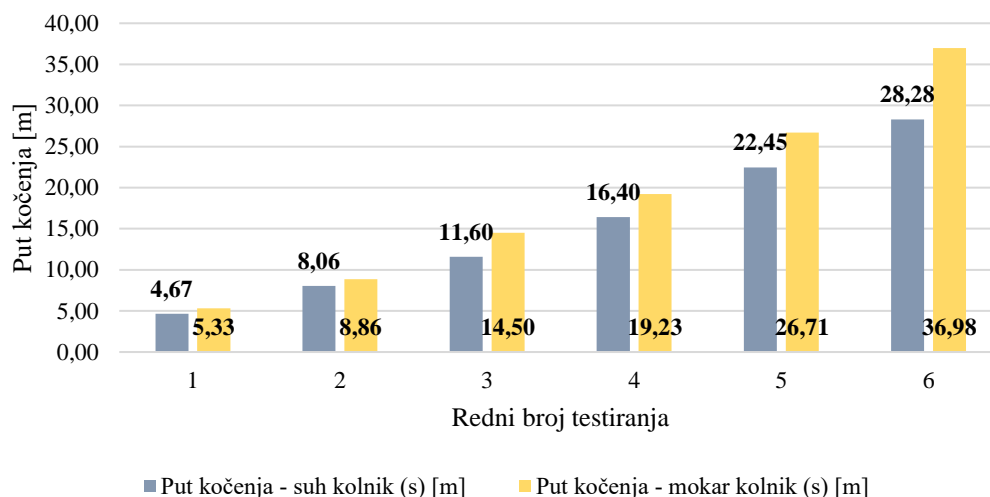
Grafikon 2. Usporedba prosječnog izmjenog usporenja kretanja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru

Grafikon 3 prikazuje usporednu prosječnog vremena trajanja kočenja u šest provedenih testiranja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru. Trajanje kočenja u kišnim uvjetima bilo je dulje nego što je to u suhim uvjetima, što je i očekivano zbog smanjenog prianjanja između pneumatika i podloge. Značajna razlika zabilježena je u trećem testiranju pri brzini od 50 km/h gdje je trajanje kočenja u kišnim uvjetima dulje za 2,3 s u odnosu na suhe uvjete.



Grafikon 3. Usporedba prosječnog izmjenog trajanja kočenja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru

Grafikon 4 prikazuje usporednu prosječne duljine puta kočenja u šest provedenih testiranja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru. Na temelju prosječnih podataka prikazanih grafikonom zaključilo se kako je put kočenja na mokroj asfaltnoj podlozi dulji nego što je to u suhim uvjetima i to prosječno za 3,4 m.



Grafikon 4. Usporedba prosječne duljine puta kočenja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru

S obzirom na prikazane rezultate ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru zaključilo se kako je usporenje, kao ključan parametar provedenog istraživanja, manji u kišnim uvjetima pri istim brzinama kretanja, što je negativna posljedica djelovanja oborina na usporenje osobnih automobila. Uz navedeni parametar potrebno je istaknuti i duljinu puta kočenja. Naime, put kočenja bio je dulji u kišnim uvjetima u odnosu na istu brzinu tijekom suhih uvjeta što je još jedan pokazatelj negativnog utjecaja oborina na podlozi pri kretanju vozila.

4.1.2. Rezultati ispitivanja na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi pomoću XL Meter™ Pro uređaja

Ispitivanje na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi provedeno je unutar Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj u kišnim i suhim vremenskim uvjetima. Slika 12 prikazuje stanje Tyregrip podloge na kojoj se vršilo ispitivanje tijekom kišnih (lijevo) i suhих uvjeta (desno).



Slika 12. Suvremena protuklizna Tyregrip podloga u kišnim (lijevo) i suhim uvjetima (desno)

4.1.2.1. Rezultati ispitivanja na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi pomoću XL Meter™ Pro uređaja u kišnim uvjetima

Ispitivanje je provedeno u listopadu 2023. godine, a provodilo se testnim vozilom marke i tipa Citroen C6 2.7 V6 Dizel u kojemu je bio postavljen XL Meter™ Pro uređaj sukladno uputama proizvođača. Tablica 6 prikazuje rezultate ispitivanja provedenog na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi s pomoću XL Meter™ Pro uređaja u kišnim uvjetima te su nakon svakog testiranja posebno istaknute prosječne vrijednosti koje su bile korištene u daljnjoj analizi. Iz navedenih rezultata zaključilo se kako je odnos između prosječne brzine te prosječnog trajanja kočenja i puta kočenja proporcionalan, odnosno porastom brzine produljuje se trajanje kočenja kao i put kočenja. Značajno je zamijetiti kako proporcionalan odnos ne vrijedi i za usporenje što je vidljivo u drugom i trećem testiranju, odnosno pri brzinama ispitivanja od 40 i 50 km/h, gdje je prosječno usporenje manje od onog zabilježenog u prvom testiranju pri brzini od 30 km/h. Isto je vidljivo i u petom testiranju, odnosno pri brzini od 70 km/h. Grafički prikazi akceleracija očitani su aplikacijom XL Vision™, sastavni su dio ovog istraživanja i prikazani su kao prilozi (Prilog 14 – Prilog 19).

Tablica 6. Rezultati ispitivanja na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi pomoću XL Meter™ Pro uređaja u kišnim uvjetima

Brzine [km/h]	Testiranje br.	Brzina kretanja vozila (V) [km/h]	Usporenje (a) [m/s ²]	Trajanje kočenja (t) [s]	Put kočenja (s) [m]
30	1.	30,71	9,05	1,04	4,50
		30,85	9,12	1,06	4,59
		30,62	9,09	1,02	4,39
	Prosjek	30,73	9,09	1,04	4,49
40	2.	40,24	9,14	1,33	7,51
		40,13	8,94	1,34	7,53
		41,45	8,79	1,38	8,10
	Prosjek	40,61	8,96	1,35	7,71
50	3.	49,67	9,00	1,63	11,50
		50,49	9,01	1,64	11,74
		50,27	8,76	1,66	11,84
	Prosjek	50,14	8,92	1,64	11,69
60	4.	60,26	9,30	1,89	16,08
		59,36	9,31	1,89	15,77
		60,16	9,20	1,92	16,22
	Prosjek	59,93	9,27	1,90	16,02
70	5.	69,24	8,86	2,28	23,16
		69,94	9,43	2,14	21,08
		70,00	9,45	2,26	23,13
	Prosjek	69,73	9,25	2,23	22,46
80	6.	78,92	9,37	2,48	26,67
		77,95	9,43	2,44	25,79
		77,32	9,22	2,47	25,91
	Prosjek	78,06	9,34	2,46	26,12

4.1.2.2. Rezultati ispitivanje na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi pomoću XL Meter™ Pro uređaja u suhim uvjetima

Ispitivanje je provedeno u studenom 2023. godine, a provodilo se testnim vozilom marke i tipa Citroen C6 2.7 V6 Dizel s instaliranim XL Meter™ Pro uređajem prema naputcima proizvođača. Tablica 7 prikazuje rezultate ispitivanja koje je bilo provedeno na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi s pomoću XL Meter™ Pro uređaja u suhim uvjetima te su nakon svakog testiranja posebno istaknute prosječne vrijednosti koje su se koristile u daljnjoj analizi. Odnos između prosječne brzine te prosječnog usporenja, trajanja kočenja i puta kočenja proporcionalan je, odnosno porastom brzine raste i usporenje, ali se i produljuje trajanje kočenja kao i put kočenja. Grafički prikazi akceleracija očitani su aplikacijom XL Vision™, sastavni su dio ovog istraživanja i prikazani su kao prilozi (Prilog 20 – Prilog 25).

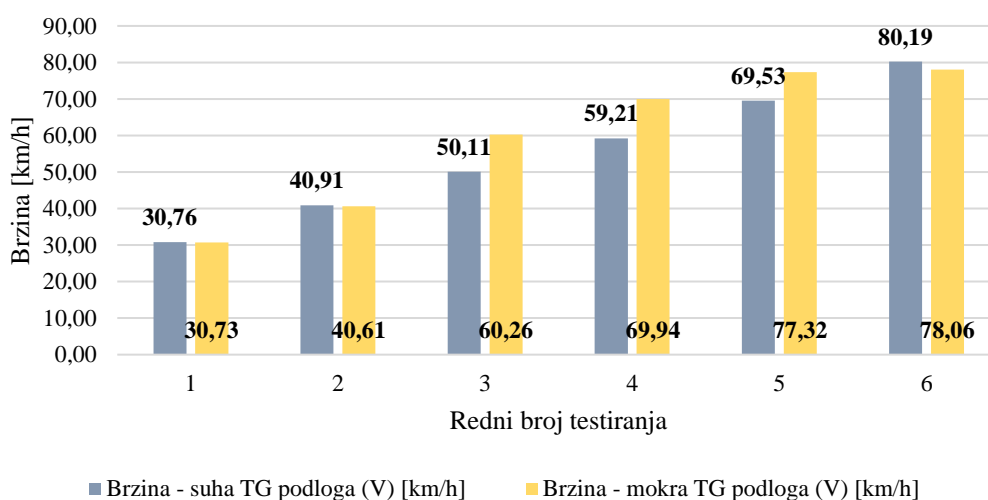
Tablica 7. Rezultati ispitivanja na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi pomoću XL Meter™ Pro uređaja u suhim uvjetima

Brzine [km/h]	Testiranje br.	Brzina kretanja vozila (V) [km/h]	Usporenje (a) [m/s ²]	Trajanje kočenja (t) [s]	Put kočenja (s) [m]
30	1.	30,81	8,95	1,18	4,56
		30,95	8,61	1,10	4,69
		30,52	8,95	1,04	4,53
	Prosjek	30,76	8,84	1,11	4,59
40	2.	39,92	9,18	1,32	7,26
		42,91	9,72	1,78	7,96
		39,91	9,25	1,26	7,25
	Prosjek	40,91	9,38	1,45	7,49
50	3.	49,89	8,96	1,59	11,23
		49,83	9,25	1,55	10,89
		50,62	9,05	1,63	11,49
	Prosjek	50,11	9,09	1,59	11,20
60	4.	59,67	9,50	1,75	15,09
		59,43	9,29	1,83	15,15
		58,54	9,06	1,86	15,23
	Prosjek	59,21	9,28	1,81	15,16
70	5.	68,75	9,75	2,03	19,52
		69,72	9,95	2,05	19,86
		70,12	9,85	2,08	20,45
	Prosjek	69,53	9,85	2,05	19,94
80	6.	80,24	9,84	2,42	26,15
		80,27	9,44	2,48	28,24
		80,06	9,21	2,53	28,28
	Prosjek	80,19	9,50	2,48	27,56

4.1.2.3. Usporedba rezultata ispitivanja na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi

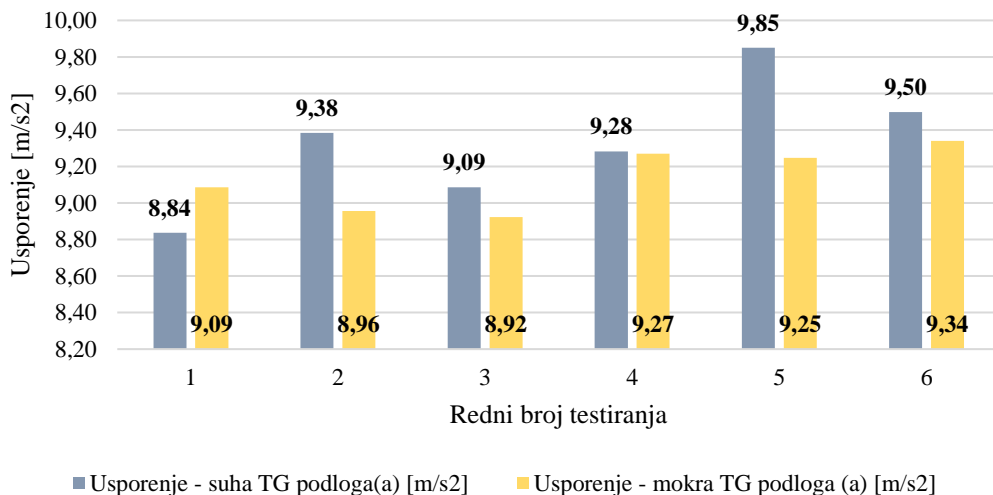
Na temelju podataka dobivenih provedbom testiranja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi (Tablica 6, Tablica 7) izrađena je usporedba dobivenih prosječnih vrijednosti. Cilj usporedbe bio je uočiti razlike pojedinih parametara tijekom različitih vremenskih uvjeta.

Grafikon 5 prikazuje usporednu prosječne vrijednosti brzina u šest provedenih testiranja na temelju šest definiranih brzina (od 30 do 80 km/h) u suhim i kišnim uvjetima na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi. Na temelju prosječnih podataka dobivenih ispitivanjem vidljivo je kako nema značajne razlike između prosječnih brzina u svakom od testiranja. Dobiveni rezultati potkrijepili su činjenicu kako brzina u ovom istraživanju nije imala utjecaja na usporenje te je kao takva pružala relevantnost ostalih rezultata.



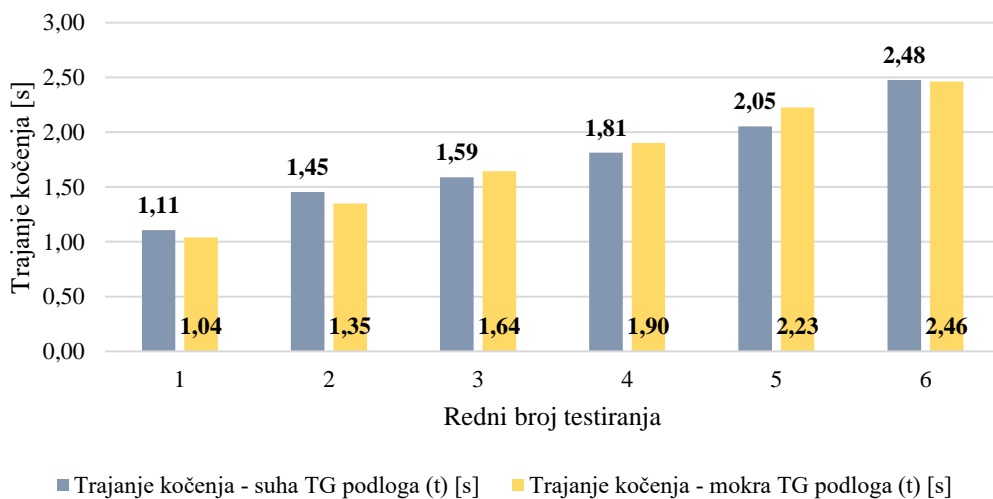
Grafikon 5. Usporedba prosječne izmjerene brzine kretanja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi

Grafikon 6 prikazuje usporedbu prosječne vrijednosti usporenja u šest provedenih testiranja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi. Prosječno usporenje vozila na mokroj Tyregrip podlozi manje je nego što je to u suhim uvjetima, a razlog toga je slabije prljanje pneumatika uz podlogu zbog mokrog sloja nastalog oborinama. Bitno je istaknuti kako je ipak usporenje u kišnim uvjetima na testnoj podlozi, pri brzini od 30 km/h bilo veće od onog u suhim uvjetima i to za $0,25 \text{ m/s}^2$.



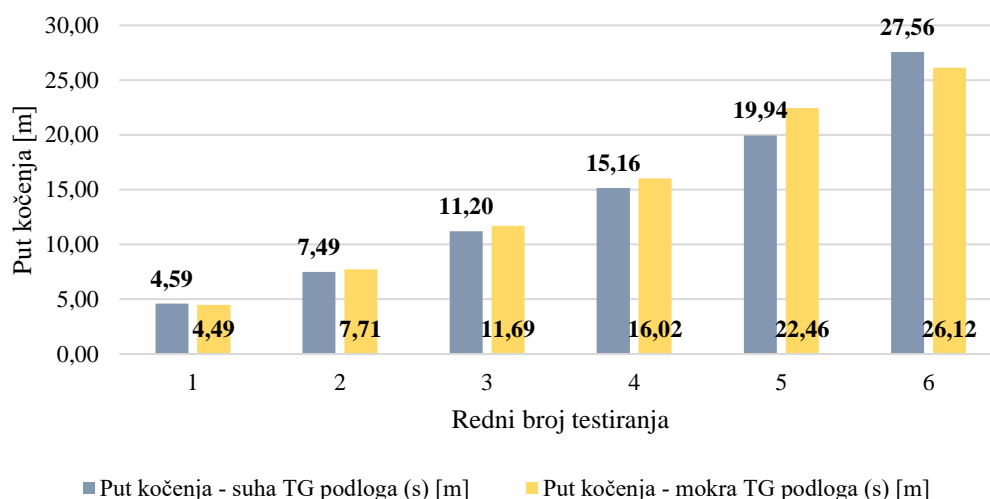
Grafikon 6. Usporedba prosječnog izmjenog usporjenja kretanja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi

Grafikon 7 prikazuje usporednu prosječnog vremena trajanja kočenja u šest provedenih testiranja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi. Iz grafikona je vidljivo kako su razlike između vremena kočenja u suhim i kišnim uvjetima na Tyregrip podlozi minimalne. Shodno tome, zaključilo se kako vremenski uvjeti značajno ne utječu na vrijeme trajanja kočenja na testnoj podlozi.



Grafikon 7. Usporedba prosječnog izmjenog trajanja kočenja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi

Grafikon 8 prikazuje usporednu prosječne duljine puta kočenja u šest provedenih testiranja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi. Na temelju prosječnih podataka prikazanih grafikonom zaključilo se kako na analiziranoj podlozi nema značajnih razlika u putu kočenja tijekom različitih vremenskih uvjeta.



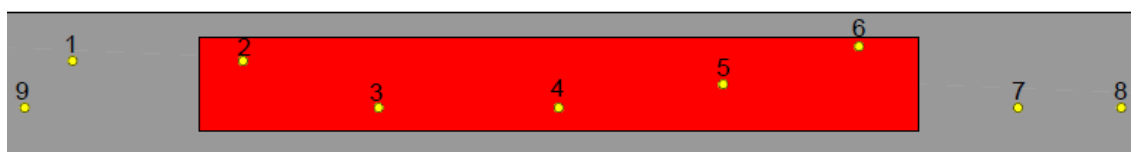
Grafikon 8. Usporedba prosječne duljine puta kočenja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi

Na temelju prikazanih rezultata ispitivanja provedenih na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi zaključilo se kako je usporenje, kao ključni parametar ovog istraživanja, pri istim brzinama kretanja manje u kišnim uvjetima. Navedeno je potkrijepilo negativnu činjenicu kako je usporenje vozila pri utjecaju oborina manje. Naime, uz manje usporenje na testnoj podlozi pokazalo se kako kod puta ali i trajanje kočenja nema značajnijih odstupanja tijekom oborina, u odnosu na suhe vremenske prilike. Na temelju navedene konstatacije istaknuo se pozitivan učinak Tyregrip podloge jer i pri manjem usporenju, u odnosu na uvjete bez oborina, put i vrijeme kočenja tijekom oborina je približno jednako.

4.2. Rezultati ispitivanja otpornosti površine na klizanje pomoću Matest A113 uređaja

Ispitivanje klatnom, odnosno ispitivanje otpornosti površine na klizanje provodilo se s pomoću Matest A113 uređaja unutar Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj u studenom 2023. godine. Otpornost na klizanje izražava se u SRT mjernim jedinicama, a iste se očitavaju s Matest A113 uređaja nakon svakog spuštanja klatna. Bitno je napomenuti kako se mjerenje otpornosti na klizanje provodi u suhim uvjetima ali uz stalno vlaženje mjernog odsječka. Zbog točnosti podataka uzima se prosječna vrijednost pet uzastopnih zamaha klatnom.

Ispitivanje otpornosti na klizanje provodilo se na ukupno devet mjernih odsječaka, od kojih su četiri mjerna odsječka uzeta na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru, a ostalih pet na suvremenoj protukliznoj cestovnoj podlozi, odnosno Tyregrip podlozi. Slika 13 prikazuje okvirnu raspodjelu mjernih odsječaka uzetih za potrebe ispitivanja. Obrazac koji se koristio za bilježenje rezultata ispitivanja prikazan je kao prilog 26.



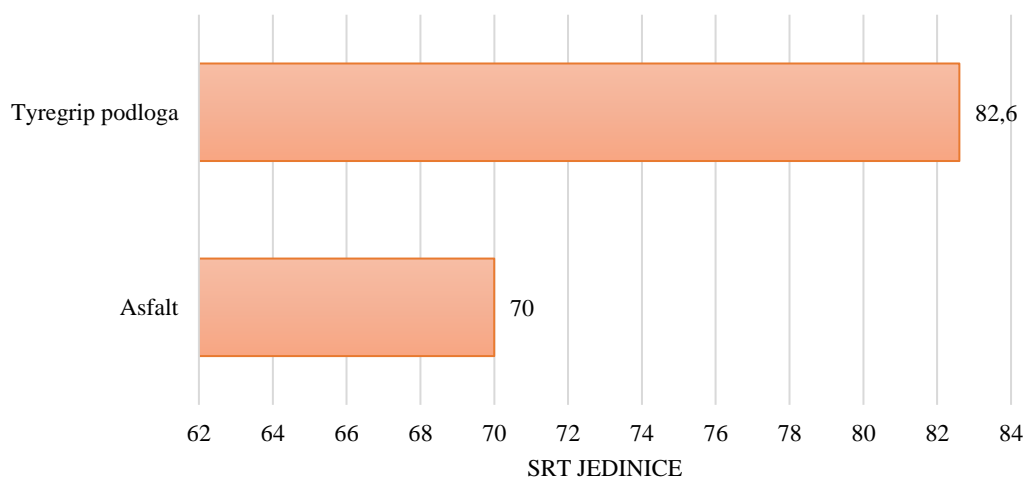
Slika 13. Shematski prikaz mjernih odsječaka kod ispitivanja otpornosti površine na klizanje

Rezultati ispitivanja uvjerljivo su prikazivali bolju otpornost na klizanja na Tyregrip podlozi nego na asfaltnom kolničkom zastoru. Najveća prosječna vrijednost prilikom ispitivanja otpornosti na klizanje na Tyregrip podlozi zabilježena je na drugom mjernom odsječku gdje je iznosila 85 SRT jedinica, dok je najveća prosječna vrijednost na asfaltnom kolničkom zastoru zabilježena na šestom mjernom odsječku i iznosila je 77 SRT jedinica. Rezultati ispitivanja otpornosti na klizanje tablično su prikazani u nastavku (Tablica 8).

Tablica 8. Rezultati mjerenja otpornosti na klizanje

Redni broj mjernog odsječka	Cesta	Datum ispitivanja	Vrijeme ispitivanja	Vrsta površine ispitivanja	Broj zamaha					Prosječna vrijednost
					1	2	3	4	5	
1.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	11:47	Asfalt	70	70	70	69	69	69,6
2.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	11:55	Tyregrip podloga	85	85	85	85	85	85
3.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	12:03	Tyregrip podloga	83	83	82	82	83	82,6
4.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	12:11	Tyregrip podloga	83	84	84	85	84	84
5.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	12:19	Tyregrip podloga	81	82	82	81	80	81,2
6.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	12:27	Tyregrip podloga	77	78	78	77	78	77,6
7.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	12:35	Asfalt	70	71	70	70	71	70,4
8.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	12:43	Asfalt	72	73	72	72	72	72,2
9.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	12:51	Asfalt	66	66	65	66	67	66

Grafikon 9 prikazuje medijalnu vrijednost prosječnih vrijednosti izmjerene otpornosti na klizanje na Tyregrip podlozi i na asfaltnom kolničkom zastoru izraženu u SRT jedinicama. Navedeni grafikon temeljio se na prosječnim podacima iz prethodne tablice (Tablica 8) te je vidljivo kako je otpornost na klizanje značajnija na Tyregrip podlozi nego na asfaltnom kolničkom zastoru, gdje je razlika u korist testne suvremene protuklizne cestovne podloge čak 12,6 SRT jedinica.



Grafikon 9. Usporedba medijalne vrijednosti otpornosti na klizanje na Tyregrip podlozi i asfaltnom kolničkom zastoru

Na temelju dobivenih rezultata ispitivanja otpornosti na klizanje na suvremenom asfaltnom kolničkom zastoru i suvremenoj protukliznoj cestovnoj podlozi, odnosno Tyregrip podlozi zaključilo se kako je otpornost na klizanje veća na Tyregrip podlozi. Navedeni rezultati potvrđuju činjenicu da Tyregrip podloga, zbog svoje veće makrotekture, pruža veću otpornost na klizanje nego što je to slučaj na suvremenim kolničkim zastorima.

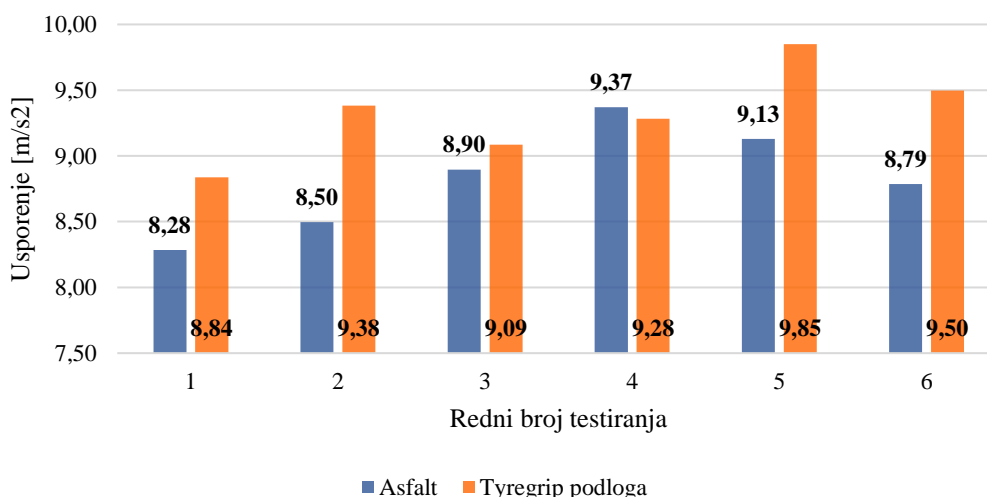
4.3. Usporedba rezultata istraživanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi

Na temelju provedenih ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi izrađena je usporedba parametara izmjerenih s pomoću XL MeterTM Pro uređaja. Podaci u narednim grafikonima predstavljaju prosječne vrijednosti dobivene tijekom provođenja ispitivanja, gdje su se za svaku brzinu u rasponu od 30 do 80 km/h vršila po tri mjerenja svih parametara.

4.3.1. Usporedba rezultata istraživanja tijekom suhih vremenskih uvjeta

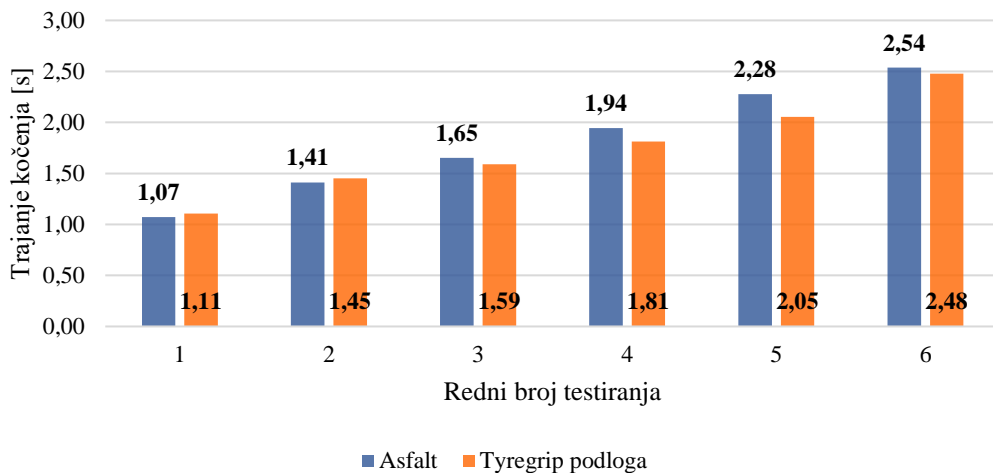
Na temelju rezultata istraživanja provedena je usporedba izmjerenih parametara s pomoću XL Meter™ Pro uređaja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u suhim uvjetima.

Grafikon 10 prikazuje usporedbu prosječne vrijednosti usporenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru s usporenjem na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi. Iz grafikona je vidljivo kako je pri brzinama od 30 do 80 km/h usporenje na Tyregrip podlozi značajno veće nego na asfaltnom kolničkom zastoru za čak 5,62 %. Naime, makrotekstura Tyregrip podloge veća je nego kod asfaltnog zastora zbog boksitnog agregata koji je dio podloge. Povećanje makroteksture podloge doprinosi boljem prianjanju pneumatika, što ima direktan utjecaj na povećanje usporenja vozila.



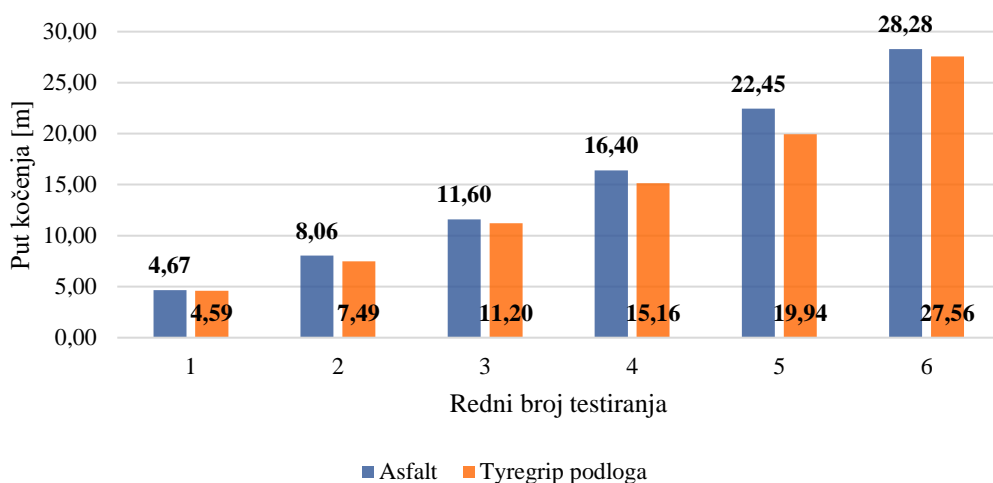
Grafikon 10. Usporedba prosječnog usporenja na kolničkoj asfaltnoj podlozi i Tyregrip podlozi u suhim uvjetima

Uloga makroteksture podloga bila je značajan faktor i kod trajanja i puta kočenja, što je i vidljivo iz sljedećih grafikona. Grafikon 11 prikazuje usporedbu prosječnog trajanja kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru s trajanjem kočenja na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi. Iz spomenutog grafikona vidljivo je prosječno manje vrijeme trajanja kočenja na Tyregrip podlozi i to za 6,42 %, što potkrjepljuje činjenicu kako je utjecaj makroteksture značajan pri smanjenju vremena kočenja vozila na podlozi, u usporedbi s asfaltnim kolničkim zastorom.



Grafikon 11. Usporedba prosječnog trajanja kočenja na kolničkoj asfaltnoj podlozi i Tyregrip podlozi u suhim uvjetima

Naime, vrijeme trajanja kočenja i put kočenja proporcionalne su veličine te se utjecajem na jednu od njih direktno utječe i na drugu što je i vidljivo tijekom provedenih ispitivanja. Grafikon 12 prikazuje usporedbu prosječnog puta kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru s putom kočenja na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi te se na temelju navedenog grafikona mogu potvrditi već konstatirane činjenice o proporcionalnom odnosu između vremena i puta kočenja, gdje je put kočenja na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi manji za 3,81 % u odnosu na asfaltni kolnički zastor. Bitno je naglasiti kako je i kod puta kočenja vidljiv značajan utjecaj povećane makroteksture Tyregrip podloge, upravo u vidu smanjenja duljine puta kočenja osobnog vozila pri istim brzinama kretanja u odnosu na asfaltni kolnički zastor.

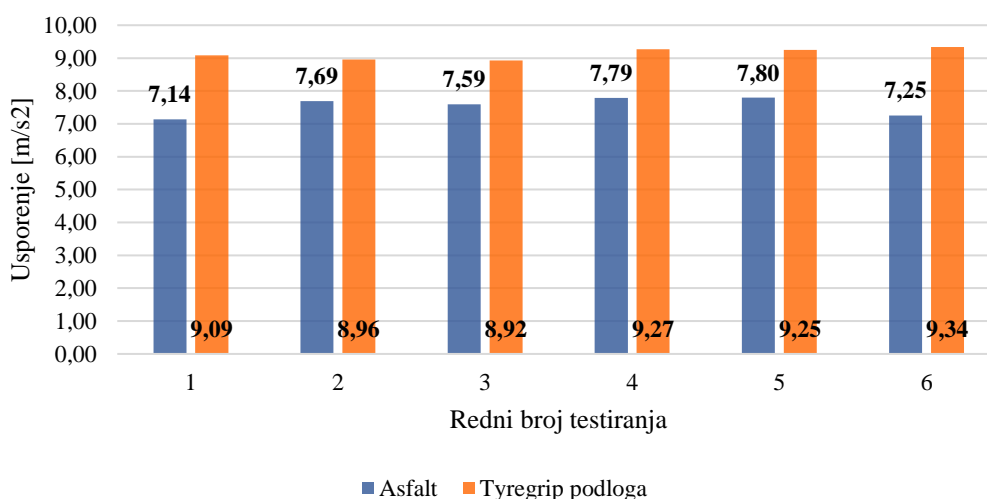


Grafikon 12. Usporedba prosječne duljine puta kočenja na kolničkoj asfaltnoj podlozi i Tyregrip podlozi u suhim uvjetima

4.3.2. Usporedba rezultata istraživanja tijekom kišnih vremenskih uvjeta

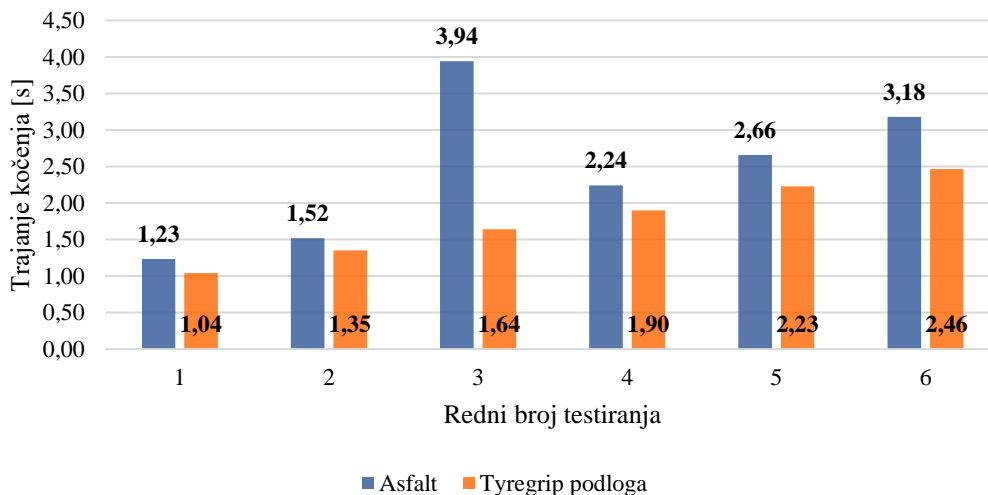
Na temelju rezultata istraživanja provedena je usporedba izmjerenih parametara s pomoću XL Meter™ Pro uređaja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u kišnim vremenskim uvjetima.

Grafikon 13 predstavlja usporedbu prosječnog iznosa usporenja osobnog vozila u kišnim vremenskim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u odnosu na suvremenu protukliznu Tyregrip podlogu. Na temelju prikazanih podataka vidljivo je kako je usporenje na Tyregrip podlozi značajno veće u odnosu na usporenje na asfaltnom kolničkom zastoru i to za 21,13 %. Razlog takvim rezultatima vjerojatno je zbog njegove makrotekture koja je primjetnija na Tyregrip podlozi.



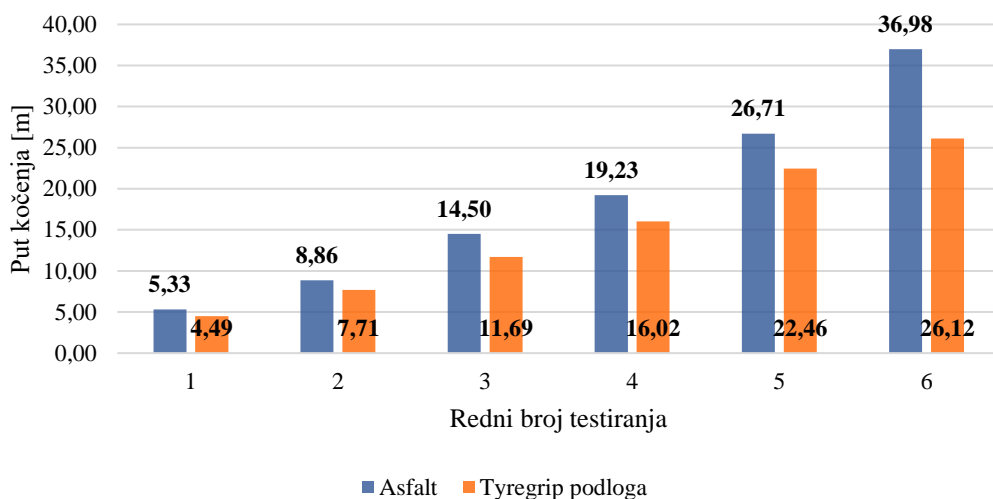
Grafikon 13. Usporedba prosječnog usporenja na kolničkoj asfaltnoj podlozi i Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima

Djelovanje makrotekture vidljivo je i pri vremenu i putu kočenja u kišnim vremenskim uvjetima. Grafikon 14 predstavlja usporedbu vremena kočenja u kišnim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u odnosu na vrijeme kočenja na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi. Iz navedenog grafikona vidljive su značajne oscilacije u vremenu kočenja u kišnim uvjetima na asfaltnom zastoru s obzirom na brzine kretanja vozila, odnosno pri brzinama od 30 do 80 km/h. Pri istim brzinama, u istim vremenskim uvjetima, vrijeme kočenja na Tyregrip podlozi je značajno manje za 39,06 % te je kontinuirano, sukladno porastu brzine.



Grafikon 14. Usporedba prosječnog trajanja kočenja na kolničkoj asfaltnoj podlozi i Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima

Kao što je već konstatirano, vrijeme kočenja i duljina puta kočenja proporcionalne su veličine te porastom ili padom jedne od navedenih raste ili pada druga. Grafikon 15 prikazuje usporedbu prosječne duljine puta kočenja pri kišnim vremenskim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u odnosu na duljinu puta kočenja na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri brzinama od 30 do 80 km/h. Iz grafikona je vidljivo kako je put kočenja na Tyregrip podlozi značajno kraći, za čak 26,11 % u odnosu na duljinu puta kočenja na kolničkom asfaltnom zastoru. Razlog navedenog je bolja odvodnja oborinskih voda zbog značajno veće makroteksture materijala, što je i prethodno objašnjeno.



Grafikon 15. Usporedba prosječnog puta kočenja na kolničkoj asfaltnoj podlozi i Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima

Ovakvi rezultati pokazuju kako bolje prianjanje pneumatika vozila na podloge s povećanom makroteksturom uvjetuje veće usporenje, ali kraće vrijeme trajanja kočenja i kraći put kočenja. Upravo je to primjer pozitivnog djelovanja suvremene protuklizne Tyregrip podloge za primjenu u cestovnom prometu jer direktno utječe na smanjenje zaustavnog puta i skraćivanja vremena zaustavljanja vozila što ima direktan utjecaj na povećanje sigurnosti cestovnog prometa.

5. RASPRAVA

Osobni automobili sveprisutna su prijevozna sredstva te najčešće prvi izbor kod većine stanovništva, bez obzira na razlog putovanja. Osobni automobil još uvijek pruža korisnicima sigurnost i udobnost koju ne mogu ostvariti prijevozna sredstva namijenjena javnom prijevozu putnika. Globalno gledano, uvriježena je činjenica da je korištenje osobnog automobila najbrža alternativa za ostvarivanje svrhe putovanja. Istaknuti benefiti upravo su i razlog povećanja broja osobnih automobila na cestama, ali pritom je bitno naglasiti kako povećanje broja osobnih automobila, ali i ostalih vozila na cestama ima obrnuto proporcionalnu vezu sa sigurnosti prometnog sustava. Ispravnost osobnih automobila, ali i ostalih vozila u prometu značajan je faktor u razini sigurnosti. Ispravnost vozila kontrolira se redovnim i izvanrednim tehničkim pregledima te redovitim održavanjima svih sustava u vozilima. Kao bitan sustav kod vozila ističe se onaj namijenjen zaustavljanju vozila. Sustav za kočenje kod osobnih automobila temelji se na brzini, sigurnosti i djelotvornosti pravodobnog zaustavljanja. Uz sustav kočenja i ABS sustav (*eng. Anti-lock Breaking System*), koji je danas dio osnovnog sigurnosnog sustava svakog vozila, značajnu ulogu imaju moderni aktivni sustavi kočenja poput ADAS sustava koji omogućuju zaustavljanje vozila i kad vozač zakasni sa svojom reakcijom.

Rast broja vozila na cestama nemoguće je u potpunosti zaustaviti, dok je sigurnost potrebno održavati i podizati na viši nivo te se stoga javlja potreba za pretvorbom trenutnog obrnuto proporcionalni odnosa u proporcionalni, što je moguće djelovanjem na temeljne čimbenike prometa: čovjeka (vozača), vozilo i cestu i njezinu okolinu. Prema dostupnim podacima, čovjek je uzrok 57 % teških prometnih nesreća sa smrtno stradalim ili teško ozlijeđenim osobama, dok je čovjek u kombinaciji sa cestom uzrok gotovo 35 % teških prometnih nesreća. Navedeni podaci, naročito udio nesreća koje su nastale zbog zajedničkog djelovanja čovjeka i ceste, pravi su primjer smanjene sigurnosti te je primaran cilj istu povećati, odnosno stradanja u prometu svesti na minimum. Minimizacija stradanja moguća je uz djelovanje na spomenute elemente, odnosno uz dodatnu provedbu edukacije vozača te uz dodatne intervencije usmjerene ponajprije u prometnu infrastrukturu [27].

Prometna infrastruktura ključan je segment prometnog, pa time i gospodarskog sustava zemalja te je bitno da ona bude funkcionalna, jasna, točna i nedvosmislena. Pod prometnom infrastrukturom misli se na ceste i cestovne objekte te na prometne znakove, signalizaciju i opremu na cestama. Ceste i cestovni objekti temeljni su dio prometne infrastrukture po kojima se odvija promet te je nužno da navedeno bude i funkcionalno, dok su prometni znakovi,

signalizacija i oprema ceste nužni za vođenje promete i pravodobno upozoravanje na potencijalne opasnosti. Kao jedan od segmenta djelovanja na povećanje sigurnosti u cestovnom prometu ističe se i upotreba specijalizirane opreme ceste, odnosno suvremenih cestovnih podloga.

Suvremene cestovne podloge, kao element opreme ceste, nanose se na već postojeći suvremeni asfaltni ili betonski cestovni zastor. Mogu biti izvedene od različitih materijala, različitih boja, a svrha im je povećanje prijanjanja između podloge i pneumatika te smanjenje zaustavnog puta kod vozila. Suvremene cestovne podloge najčešće se primjenjuju u zavojima, na mostovima, ispred pješačkih prijelaza te na područjima na kojima je izraženija opasnost od nastanka prometne nesreće. Bitno je napomenuti kako je makrotekstura same suvremene cestovne podloge različita nego što je to kod suvremenih asfaltnih ili betonskih cestovnih zastora, a razlog tome je povećanje hvatljivosti između pneumatika i podloge što izravno utječe na povećanje usporenja i na smanjenje zaustavnog puta vozila.

U cilju utvrđivanja valorizacije i efikasnosti suvremenih protukliznih podloga, provedeno je istraživanje koje se temeljilo na ispitivanju usporenja osobnih automobila na suvremenim protukliznim cestovnim podlogama. Kao testno vozilo ovog istraživanja odabrano je osobno vozilo marke i tipa Citroen C6 2.7 V6 Dizel, a suvremene cestovne podloge koje su bile korištene u istraživanju su suvremeni kolnički asfaltni zastor i protuklizna Tyregrip podloga izvedena od dvokomponentnog epoksidnog materijala s boksitnim agregatom u crvenoj boji.

Valorizacija i analiza usporenja osobnog automobila na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi pod utjecajem različitih vremenskih uvjeta temeljni je cilj ovog istraživanja. Iz navedenog cilja proizlazi i osnovna hipoteza istraživanja pri čemu je usporenje veće, a put kočenja osobnog automobila kraći na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u odnosu na suvremeni kolnički asfaltni zastor, bez obzira na utjecaj vremenskih uvjeta te pomoćna hipoteza da navedena podloga pozitivno utječe na sigurnost cestovnog prometa.

Istraživanje se provodilo na ravnom cestovnom potezu unutar Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj u Zagrebu, a parametri koji su bili ključni za provedeno istraživanje bilježili su se pomoću Matest A113 uređaja, kojim su se bilježile vrijednosti otpornosti na klizanje i XL Meter™ Pro uređaja, kojim su se bilježile vrijednosti kao što su usporenje, put i vrijeme kočenja te brzina, a sve tijekom provedbe ispitivanja. Istraživanje se provodilo tijekom 2023.

godine, u suhim i kišnim vremenskim uvjetima, a uključivalo je raspon ubrzanja testnog vozila od 30 do 80 km/h te njegovo naglo zaustavljanje kako bi se ispitale vrijednosti usporenja.

Tijekom provedbe istraživanja bitno je spomenuti i određena ograničenja koja su bila prisutna. Tijekom provedbe ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru, zbog nedostatka prirodnih oborina, bilo je potrebno stvoriti iste te su prividni kišni uvjeti za potrebe ovog istraživanja provedeni u suradnji s Javnom vatrogasnom postrojbom Grada Zagreba. Nadalje, tijekom ovog istraživanja nisu obuhvaćana ispitivanja naglog zaustavljanja osobnog vozila s različitim vrstama pneumatika, pod ostalim vremenskim uvjetima, kao što je poledica ili isključen ABS sustav.

Analizom dobivenih rezultata zaključeno je kako je vrijednost usporenja značajno veće na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi, u odnosu na suvremeni kolnički asfaltni zastor. Deceleracija ili usporenje veće je za 5,62 % na suhoj suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi, dok je na mokroj Tyregrip podlozi također veće za 21,13 % u odnosu na suvremeni kolnički asfaltni zastor. Put kočenja osobnog automobila je kraći za 3,81 % na suhoj suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi, dok je na mokroj Tyregrip podlozi put kočenja kraći za 26,11 % u odnosu na suvremeni kolnički asfaltni zastor. Vrijeme kočenja na suhoj suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi je kraće za 6,42 %, a na mokroj je također kraće za 39,06 % u odnosu na suvremeni kolnički asfaltni zastor.

Razlog većeg usporenja na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi upravo je veća makrotekstura same podloge zbog boksitnog agregata koji se primjenjuje kod njene izvedbe. Navedeno potkrjepljuje i podatak o otpornosti na klizanje koje je isto tako značajno veće na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi. Sukladno dobivenim rezultatima istraživanja potvrđuje navedenu hipotezu o usporenju.

Na temelju dobivenih rezultata može se konstatirati kako je put kočenja prije svega ovisan o brzini i pri većim brzinama proporcionalno raste. Usporedivši put kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi jasno se može zaključiti kako je on dulji na asfaltnoj podlozi, a razlog tome je što Tyregrip podloga pruža bolje prijanjanje pneumatika uz podlogu te, pod djelovanjem naglog usporenja, dolazi do bržeg potpunog zaustavljanja vozila, odnosno kraćeg puta kočenja.

Rezultatima istraživanja potvrđene su pomoćne, ali i glavna hipoteza postavljena na početku ovog istraživanja. Potvrda hipoteza, odnosno dobiveni rezultati provedenog istraživanja prikaz su benefita koje donosi primjena suvremenih protukliznih cestovnih

podloga za sigurnost cestovnog prometa. Veća otpornost na klizanje, veće usporenje, kraći put kočenja samo su neki od ključnih elemenata koji mogu biti presudni kod potencijalnog nastanka prometnih nesreća. Suvremena protuklizna Tyregrip podloga izvedena je od kvalitetnih elemenata te je primjer dobre prakse, naročito pri kišnim vremenskim uvjetima, gdje uz povećanje prianjanja, povećava i odvodnju oborinskih voda što sprečava nastanak vodenog klina između podloge i pneumatika.

Provedeno istraživanje valoriziralo je koliko su protuklizne Tyregrip podloge bolje u odnosu na ostale podloge što može biti korisno kod planiranja novih prometnih rješenja. Buduća istraživanja ove tematike trebala bi se fokusirati na provedbu pod različitim vremenskim uvjetima, kao što je poledica i provedba s različitim vrstama pneumatika. Istraživanje ovakvog tipa bi se u budućnosti moglo provesti na drugim dijelovima cesta, kao što su horizontalni zavoji ili pak cestovni objekti kako bi se trenutno istaknuti benefiti Tyregrip podloge mogli dodatno ispitati.

6. ZAKLJUČAK

Sve veća potreba za korištenjem osobnih automobila kroz godine je autoindustriju poticala na svakodnevno usavršavanje kako bi se razina zadovoljstva, ali i sigurnosti vozača i putnika maksimizirala u cijelosti. Uz rad na usavršavanju vozila, kroz vrijeme usavršavala se i cestovna infrastruktura. Bitno je spomenuti kako je cilj modernizacije i napretka oba segmenta povećanje sigurnosti svih sudionika u prometu te minimizacija broja prometnih nesreća.

Nastankom prometnih nesreća uzrokovanih neprilagođenom brzinom razvila se potreba za primjenom dodatnih podloga koje bi omogućile skraćivanje puta kočenja, ali i koje bi vozače vizualno ili zvučno upozoravale na potrebu za smanjenjem brzine i povećanjem opreza. Takve podloge izvode se na kritičnim mjestima na cestama, odnosno u područjima zavoja, na cestovnim objektima ili na dionicama cesta gdje je zabilježen značajan broj prometnih nesreća. Zanimljiva je činjenica da se suvremene cestovne podloge mogu izvoditi u različitim bojama i s različitom makroteksturom što je direktno vizualno i zvučno upozorenje vozaču. Kao primjer dobre prakse kod suvremenih cestovnih zastora ističe se Tyregrip podloga koja se sastoji od dvokomponentnog epoksidnog materijala i boksitnog agregata te se nanosi na suvremene kolničke asfaltne ili betonske zastore.

Usporedba suvremenog kolničkog asfaltnog zastora i suvremene protuklizne Tyregrip podloge temeljni je cilj ovog istraživanja. Istraživanje se temeljilo na ispitivanju otpornosti na klizanje te usporenja, trajanja i puta kočenja primjenom adekvatnih uređaja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na Tyregrip podlozi. Za potrebe ispitivanja korišteno je osobno vozilo marke i tip Citroen C6 2.7 V6 Dizel s ljetnim pneumaticima, a temeljilo se na naglom kočenju na navedenim ispitnim podlogama. Istraživanjem su uz različite vrste podloga, obuhvaćeni i različiti vremenski uvjeti, a ispitivanja su provedena u rasponu brzina od 30 do 80 km/h, u cilju prikupljanja što većeg broja potrebnih podataka za provedbu analize.

Rezultati provedenog istraživanja potvrđuju unaprijed postavljene pomoćne i glavnu hipotezu, odnosno potvrđeno je kako je na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi usporenje veće, naročito u kišnim uvjetima gdje je kolnik mokar, a vrijeme i put kočenja kraće u odnosu na suvremeni kolnički asfaltni zastor što zasigurno pozitivno utječe na sigurnost cestovnog prometa. Deceleracija ili usporenje veće je za 5,62 % na suhoj suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi, dok je na mokroj Tyregrip podlozi također veće za 21,13 % u odnosu na suvremeni kolnički asfaltni zastor. Put kočenja osobnog automobila je kraće za 3,81 % na suhoj suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi, dok je na mokroj Tyregrip podlozi put kočenja

kraća za 26,11 % u odnosu na suvremeni kolnički asfaltni zastor. Vrijeme kočenja na suhoj suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi je kraće za 6,42 %, a na mokroj je također kraće za 39,06 % u odnosu na suvremeni kolnički asfaltni zastor.

Rezultati istraživanja potvrđuju činjenicu kako primjena suvremenih protukliznih podloga djeluje na različite aspekte kojima se direktno utječe na razinu sigurnosti u prometu. Veća otpornost na klizanje, bolja uočljivost i bolje prianjanje pneumatika samo su neki od benefita koje za sobom nosi primjena protukliznih podloga. Provedenim istraživanjem dokazana su dva ključna segmenta povećanja razine sigurnosti u prometu: veće usporenje i manji zaustavni put, koji su ključni kod sprečavanja nastanka potencijalnih prometnih nesreća. Provedeno istraživanje valoriziralo je koliko su protuklizne Tyregrip podloge bolje u odnosu na ostale podloge što može biti korisno kod planiranja novih prometnih rješenja. Bitno je naglasiti kako se na temelju provedenih ispitivanja Tyregrip podloga posebno istakla kao dobar primjer pri kišnim vremenskim uvjetima. Razlog tome je veća makrotekstura materijala koja, uz povećanje prianjanja između podloge i pneumatika, utječe i na bolju odvodnju oborinskih voda što smanjuje mogućnost nastanka vodenog klina.

Buduća istraživanja mogla bi se kretati u smjeru dokazivanja djelotvornosti suvremenih protukliznih podloga u ostalim vremenskim uvjetima, kao što je to kod pojave poledice, pri različitim vrstama pneumatika. Naposljetku bitno je istaknuti kako je dobro i korisno pridonositi povećanju sigurnosti u prometu te kako je nužno intervenirati u sve čimbenike sigurnosti prometa kako bi se minimizirao nastanak prometnih nesreća i kako bi se promet učinio sigurnijim za sve sudionike.

ZAHVALE

Zahvaljujemo mentoru izv. prof. dr. sc. tech. Željku Šarić na savjetima, strpljenju i pomoći pri istraživanju.

Također, zahvaljujemo doc. dr. sc. tech. Dariju Babić na pomoći oko provedbe istraživanja.

Zahvaljujemo se Javnoj vatrogasnoj postrojbi grada Zagreba za pruženu pomoć prilikom provedbe ovog istraživanja te svim zaposlenicima Zavoda za prometno-tehnička vještačenja i Zavoda za prometnu signalizaciju Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu na savjetima, pomoći i podršci, a na poseban način Tomislavu Kučinić, univ. mag. ing. traff. na pomoći prilikom izvođenja testiranja i obrade dobivenih podataka.

POPIS LITERATURE

- [1] Republika Hrvatska. *Nacionalni plan sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske za razdoblje od 2021. do 2030.*
- [2] Franković L, Ferko M, Fiolić M. Primjena protukliznih podloga za povećanje sigurnosti cestovnog prometa u Republici Hrvatskoj. *Ceste 2023 Rovinj, Hrvatska, 21. - 24.03.2023.* Rovinj; 2023. pp. 261-272.
- [3] Willigers D, Nordqvist, M. Road Surface Friction and Motorcycling. The Federation of European Motorcyclists. 2023. Preuzeto s: https://www.femamotorcycling.eu/wp-content/uploads/documents_library/roadsurface_friction_and_motorcycling_2023_WT_V1.pdf [Pristupljeno: 10. travnja 2024.]
- [4] Xu G, Xu J, Shan H, Gao G, Ran J, Ma Y, Yao Y. The influence of the pavement friction coefficient evolution caused by traffic flow on the risk of motorway horizontal curves. *PLoS One.* 2022; 17 (8). Preuzeto s: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266519> [Pristupljeno: 10. travnja 2024.]
- [5] Popoola M. O, Apampa O. A, Adekitan. Impact of pavement roughness on traffic safety under Heterogeneous Traffic Conditions. *Nigerian Journal of Technological Development.* 2020; 17 (1): 13-19, 2020. Preuzeto s: <http://dx.doi.org/10.4314/njtd.v17i1.2> [Pristupljeno: 10. travnja 2024.]
- [6] Beketov A, Khalimova S. Impact of Roughness and Friction Properties of Road Surface of Urban Streets on the Traffic Safety. *Safety and Security Engineering in Transport, University of Zilina.* 2023; 25 (3): F51-F63. Preuzeto s: <https://doi.org/10.26552/com> [Pristupljeno: 15. travnja 2024.]
- [7] The Federation of European Motorcyclists' Associations. *Road Surface Friction and Motorcycling.* Preuzeto s: <https://www.femamotorcycling.eu/safer-roads-for-motorcycles/road-surface-friction/> [Pristupljeno: 15. travnja 2024.]
- [8] Wang D, Chen X, Oeser M, Stanjek H, Steinauer B. Study of micro-texture and skid resistance change of granite slabs during the polishing with the Aachen Polishing Machine. *Wear.* 2014; 318; 1-11. Preuzeto s: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2014.06.005> [Pristupljeno: 18. travnja 2024.]
- [9] Zou Y, Yang G, Huang W, Lu Y, Qiu Y, Wang C. P. K. Study of Pavement Micro- and Macro-Texture Evolution Due to Traffic Polishing Using 3D Areal Parameters. *Materials.* 2021; 14 (19). Preuzeto s: [10.3390/ma14195769](https://doi.org/10.3390/ma14195769) [Pristupljeno: 20. travnja 2024.]
- [10] Hofko B, Kugler H, Chankov G, Spielhofer R. A laboratory procedure for predicting skid and polishing resistance of road surfaces. *International Journal of Pavement*

- Engineering*. 2019; 20 (4): 439-447. Preuzeto s: <https://doi.org/10.1080/10298436.2017.1309191> [Pristupljeno: 20. travnja 2024.]
- [11] Pomoni M, Plati C, Loizos A, Yannis G. Investigation of pavement skid resistance and macrotexture on a long-term basis. *International Journal of Pavement Engineering*. 2020; 23: 1060-1069. Preuzeto s: <https://doi.org/10.1080/10298436.2020.1788029> [Pristupljeno: 20. travnja 2024.]
- [12] Liu C. Adhesion coefficient of automobile tire and road surface. *Journal of Central South University of Technology*. 2008; 15: 210-214. Preuzeto s: <https://doi.org/10.1007/s11771-008-0348-5> [Pristupljeno: 21. travnja 2024.]
- [13] Singh K, Arat M, Taheri S. Enhancement of Collision Mitigation Braking System Performance Through Real-Time Estimation of Tire-road Friction Coefficient by Means of Smart Tires. *SEA 2012 Commercial Vehicle Engineering Congress*. 2012; 18. Preuzeto s: <https://doi.org/10.4271/2012-01-2014> [Pristupljeno: 21. travnja 2024.]
- [14] Kipp W, Sanborn D. Ennis Paint, INC. Tyregrip High Friction Surface System. *Vermont Agency of Transportation, Materials & Research Section Reporting on Work Plan 2009-R-02*. Vermont, SAD. 2014.
- [15] Babu A. M. Study of Road Surface Inimitability and Safety. *International Journal of Engineering Research & Technology*. 2016; 5 (12). Preuzeto s: [10.17577/IJERTV5IS120134](https://doi.org/10.17577/IJERTV5IS120134) [Pristupljeno: 21. travnja 2024.]
- [16] Ondruš J, Kolla E. The impact of ABS system on the braking characteristics of the specified motorcycle on the dry road surface. *International Scientific Automotive Conference on Automotive Vehicles and Combustion Engines (KONMOT2018)*. Krakow, Poland; 2018; 421 (2). Preuzeto s: [10.1088/1757-899X/421/2/022024](https://doi.org/10.1088/1757-899X/421/2/022024) [Pristupljeno: 21. travnja 2024.]
- [17] Keil W, Wimmer A, Mann J, Lohuis R, Heider U, Gscheidle R, Fischer R, Schlögl B, Gscheidle T, Renz D, Brand M. *Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik*. 30, Verlag Europa-Lehrmittel Nourney, Vollmer; 2013.
- [18] Bajer J. Proposal for a Procedure for Evaluating Wet Skid Resistance of a Road-Tire - Vehicle System. *SAE Technical Paper*. 1969. Preuzeto s: <https://doi.org/10.4271/690526> [Pristupljeno: 21. travnja 2024.]
- [19] Nemchinov M. V. Ensuring and evaluating the friction qualities of road surfaces,« *Science and Technology in the Road Industry*. 2004; 4; 12-14.
- [20] Hrvatska enciklopedija. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013.-2024. *Metodologija*. Preuzeto s: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/metodologija> [Pristupljeno: 1. svibanja 2024.]

- [21] » CalcProfi. *Tehničke karakteristike vozila Citroen C6 2.7d AT (208 h.p.)*. Preuzeto s: [https://hr.calcprofi.com/auto-tehnicke-specifikacije/Citroen+C6+2.7d_AT_\(208_h.p.\)](https://hr.calcprofi.com/auto-tehnicke-specifikacije/Citroen+C6+2.7d_AT_(208_h.p.)) [Pristupljeno: 1 svibnja 2024.]
- [22] Landmark Road Lining. *Anti-Skid Surfacing FAQs: Your Guide to Anti-Skid Surfacing*. Preuzeto s: <https://www.landmarkroadlining.co.uk/news/anti-skid-surfacing-faqs-your-guide-to-anti-skid-surfacing/>. [Pristupljeno: 1 svibnja 2024.]
- [23] Euro-galant d.o.o. Popovača. *Tyregrip - za poboljšavanje hvatljivosti i smanjenje klizavosti kolnika*. Preuzeto s: <https://www.euro-galant.hr/djelatnost/usluge-u-odrzavanju-cesta/tyregrip-za-poboljsanje-hvatljivosti-i-smanjenje-klizavosti-kolnika>. [Pristupljeno: 1 svibnja 2024.]
- [24] Road slipperiness. Preuzeto s: https://en.wikipedia.org/wiki/Road_slipperiness. [Pristupljeno: 4. lipnja 2024.]
- [25] Inventure Automotive Electronics R&D. *XL MeterTM Pro User's Manual*.
- [26] Hrvatski zavod za norme. *Površinska svojstva cesta i aerodromskih operativnih površina - Metode ispitivanja - 4. dio*. Zagreb; 2012.
- [27] Ševrović M, Šoštarić M, Horvat R, Jakovljević M, Krmpotić I, Švajda M, Perković Blašković A, Uravić M, Leš S. *Analiza kritičnih čimbenika nastanka prometnih nesreća*. Ministarstvo unutarnjih poslova. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2020.

SAŽETAK

Rad "Ispitivanje i valorizacija usporenja osobnih vozila na suvremenim protukliznim cestovnim zastorima" ispituje učinkovitost suvremenih protukliznih Tyregrip podloga. Cilj je prikazati povećanje koeficijenta prianjanja i smanjenje zaustavnog puta vozila korištenjem Tyregrip podloge. Dosadašnja istraživanja potvrđuju da moderni sustavi za poboljšanje cestovne infrastrukture, poput Tyregrip podloga, mogu značajno smanjiti broj prometnih nesreća. Istraživačka oprema koja je korištena u istraživanju sadrži: vozilo marke i tip Citroen C6 2.7 V6 Dizel, korišten s ljetnim pneumaticima; suvremeni kolnički asfaltni zastor, Tyregrip podlogu; XL MeterTM Pro i Matest A113. Ispitivanja su provedena naglim kočenjem vozila na različitim podlogama, pri različitim brzinama (30-80 km/h) i u različitim vremenskim uvjetima (suho/kišno). Rezultati pokazuju da Tyregrip podloga ima značajno bolju otpornost na klizanje od asfalta, s najvišom prosječnom vrijednošću od 85 SRT jedinica na Tyregrip podlozi u usporedbi sa 77 SRT jedinica na asfaltu. Na Tyregrip podlozi zabilježeno je i veće usporenje i kraći put kočenja na obje podloge, dok se ista posebno istakla u kišnim vremenskim uvjetima. Ključne riječi: usporenje vozila, sigurnosti cestovnog prometa, Tyregrip podloga, put kočenja, dinamika kretanja vozila

SUMMARY

The paper "Examination and Valorization of Vehicle Deceleration on Modern Anti-Slip Road Surfaces" examines the effectiveness of modern anti-slip Tyregrip surfaces. The aim is to demonstrate the increase in the coefficient of friction and the reduction in the braking distance of vehicles due to the Tyregrip surface. Previous research has confirmed that modern road infrastructure improvement systems, such as Tyregrip surfaces, can significantly reduce the number of road accidents. The research equipment used in the study includes vehicle brand and type Citroen C6 2.7 V6 diesel, with summer tires; modern asphalt pavement; Tyregrip surface; XL MeterTM Pro and Matest A113. The tests were carried out by suddenly braking the vehicle on different surfaces, at different speeds (30-80 km/h) and in different weather conditions (dry/rainy). The results show that the Tyregrip surface has significantly better grip than asphalt. The highest average value was 85 SRT units on the Tyregrip surface compared to 77 SRT units on asphalt. The Tyregrip surface also recorded better deceleration and a shorter braking distance on both surfaces, with the difference being particularly noticeable in the rain.

Key words: vehicle deceleration, road safety, Tyregrip surface, braking distance, dynamics of vehicle movement

POPIS GRAFIKONA, SLIKA, TABLICA

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Usporedba prosječne izmjerene brzine kretanja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru	26
Grafikon 2. Usporedba prosječnog izmjerenog usporenja kretanja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru.....	27
Grafikon 3. Usporedba prosječnog izmjerenog trajanja kočenja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru	27
Grafikon 4. Usporedba prosječne duljine puta kočenja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru	28
Grafikon 5. Usporedba prosječne izmjerene brzine kretanja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi	33
Grafikon 6. Usporedba prosječnog izmjerenog usporenja kretanja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi.....	34
Grafikon 7. Usporedba prosječnog izmjerenog trajanja kočenja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi	34
Grafikon 8. Usporedba prosječne duljine puta kočenja u suhim i kišnim uvjetima na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi	35
Grafikon 9. Usporedba medijalne vrijednosti otpornosti na klizanje na Tyregrip podlozi i asfaltnom kolničkom zastoru	38
Grafikon 10. Usporedba prosječnog usporenja na kolničkoj asfaltnoj podlozi i Tyregrip podlozi u suhim uvjetima.....	39
Grafikon 11. Usporedba prosječnog trajanja kočenja na kolničkoj asfaltnoj podlozi i Tyregrip podlozi u suhim uvjetima.....	40
Grafikon 12. Usporedba prosječne duljine puta kočenja na kolničkoj asfaltnoj podlozi i Tyregrip podlozi u suhim uvjetima.....	40
Grafikon 13. Usporedba prosječnog usporenja na kolničkoj asfaltnoj podlozi i Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima.....	41

Grafikon 14. Usporedba prosječnog trajanja kočenja na kolničkoj asfaltnoj podlozi i Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima.....	42
Grafikon 15. Usporedba prosječnog puta kočenja na kolničkoj asfaltnoj podlozi i Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima.....	43

POPIS SLIKA

Slika 1. Testno vozilo Citroen C6 2.7 V6 Dizel	8
Slika 2. Prikaz prednjeg desnog pneumatika testnog vozila.....	10
Slika 3. Dubina gaznog sloja prednjeg lijevog pneumatika.....	11
Slika 4. Suvremeni kolnički asfaltni zastor korišten prilikom ispitivanja	12
Slika 5. XL Meter™ Pro uređaj	15
Slika 6. Shema Matest A113 uređaja	17
Slika 7. Matest A113 uređaj.....	19
Slika 8. XL Meter™ Pro na vjetrobranskom staklu testnom vozila korištenog u istraživanju	19
Slika 9. Mjerenje pomoću Matest A113 uređajem na podlogama za ispitivanje.....	20
Slika 10. Suvremeni kolnički asfaltni zastor u suhim (lijevo) i kišnim uvjetima (desno).....	22
Slika 11. Stvaranje mokrih uvjeta za provedbu ispitivanja od strane Javne vatrogasne postrojbe Grada Zagreba.....	24
Slika 12. Suvremena protuklizna Tyregrip podloga u kišnim (lijevo) i suhim uvjetima (desno)	29
Slika 13. Shematski prikaz mjernih odsječaka kod ispitivanja otpornosti površine na klizanje	36

POPIS TABLICA

Tablica 1. Osnovni podaci o testnom vozilu.....	9
Tablica 2. Dubina gaznog sloja pneumatika	10
Tablica 3. Postupak izvođenja suvremene protuklizne Tyregrip podloge.....	13
Tablica 4. Rezultati ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pomoću XL Meter™ Pro uređaja u suhim uvjetima.....	23
Tablica 5. Rezultati ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pomoću XL Meter™ Pro uređaja u kišnim uvjetima.....	25
Tablica 6. Rezultati ispitivanja na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi pomoću XL Meter™ Pro uređaja u kišnim uvjetima.....	30
Tablica 7. Rezultati ispitivanja na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi pomoću XL Meter™ Pro uređaja u suhim uvjetima.....	32
Tablica 8. Rezultati mjerenja otpornosti na klizanje	37

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Ispitni obrazac XL Meter™ Pro uređaja

Prilog 2: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 30 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u suhim uvjetima

Prilog 3: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 40 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u suhim uvjetima

Prilog 4: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 50 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u suhim uvjetima

Prilog 5: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 60 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u suhim uvjetima

Prilog 6: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 70 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u suhim uvjetima

Prilog 7: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 80 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u suhim uvjetima

Prilog 8: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 30 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u kišnim uvjetima

Prilog 9: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 40 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u kišnim uvjetima

Prilog 10: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 50 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u kišnim uvjetima

Prilog 11: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 60 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u kišnim uvjetima

Prilog 12: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 60 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u kišnim uvjetima

Prilog 13: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 80 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u kišnim uvjetima

Prilog 14: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 30 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima

Prilog 15: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 40 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima

Prilog 16: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 50 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima

Prilog 17: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 60 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima

Prilog 18: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 70 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima

Prilog 19: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 80 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima

Prilog 20: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 30 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u suhim uvjetima

Prilog 21: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 40 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u suhim uvjetima

Prilog 22: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 50 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u suhim uvjetima

Prilog 23: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 60 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u suhim uvjetima

Prilog 24: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 70 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u suhim uvjetima

Prilog 25: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 80 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u suhim uvjetima

Prilog 26. Ispitni obrazac Matest A113 uređaja

ŽIVOTOPISI AUTORA

Gabrijela Ivanjko, univ. bacc. ing. traff. diplomirala je 2022. godine na Fakultetu prometnih znanosti, smjer Cestovni promet i stekla stručni naziv sveučilišna prvostupnica (*baccalaurea*) inženjerka prometa. U listopadu 2022. godine, upisala je diplomski studij na Fakultetu prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, smjer Cestovni promet te trenutno izrađuje diplomski rad na temu „*Primjena protukliznih cestovnih podloga za povećanje sigurnosti cestovnog prometa*“, u sklopu kolegija Prometna signalizacija na Zavodu za prometnu signalizaciju i u suradnji s poduzećem Euro-Galant d.o.o. Popovača. Od 2022. godine radi kao studentica na Fakultetu prometnih znanosti, na Zavodu za prometnu signalizaciju, gdje aktivno sudjeluje na projektima vezanim uz prometnu signalizaciju i sigurnost prometa. Tijekom 2023. godine sudjelovala je na projektu Transportikum, gdje je sa svojim timom osvojila nagradu za najbolje rješenje projektnog zadatka tvrtke Arriva Hrvatska pod temom „*Opravdanost uvođenja kartomata za kupovinu prijevozne karte na prodajnim mjestima u gradovima Rovinj i Novi Vinodolski*“, koje je implementirano u istoj godini. Godine 2023. sudjelovala je na međunarodnoj znanstvenoj konferenciji The Science and Development of Transport, u okviru studentske sekcije ZIRP YOUTH, prezentirajući istraživački rad pod naslovom „*Tire grip coefficient testing on modern anti-skid road surfaces*“. Tijekom 2024. godine, sa svojim timom sudjelovala je na projektu Transportiku, na projektu zadatku osiguravajuće kuće Grawe Hrvatska d.d., te je za isti sa svojim timom nagrađena za najbolje rješenje projektnog zadatka na temu „*Analiza prometnih nesreća naleta vozila na divljač*“. Tijekom akademske godine 2023./2024. postala je članicom Studentskog zbora Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Služi se računalnim programom za pripremu tehničkih crteža (AutoCAD), MS Office programskim paketom i komunikacijskim programima.

Ivana Vuk, univ. bacc. ing. traff. diplomirala je 2022. godine na Fakultetu prometnih znanosti, smjer Cestovni promet i stekla stručni naziv sveučilišna prvostupnica (*baccalaurea*) inženjerka prometa. Nakon završetka studija, 2023. godine zapošljava se kao stručna suradnica na projektima Fakulteta prometnih znanosti, na Zavodu za prometno – tehnička vještačenja te koordinira administrativnim poslovima. U listopadu 2023. godine, upisala je diplomski studij na Fakultetu prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, smjer Cestovni promet kao izvanredni student. Biva angažirana na terenskim pregledima u sklopu stručnih projekata koje provodi Zavod. Sudjelovala je na radionici „*Analiza prometnih nesreća upotrebom podataka iz uređaja za snimanje podataka o događaju*“ te na radionici „*Tehnička analiza prometnih nesreća 2023*“, u organizaciji Fakulteta prometnih znanosti. Sudjelovala je na međunarodnoj znanstvenoj konferenciji *Trans & MOTAUTO 2023* u Bugarskoj, gdje je u koautorstvu objavila znanstveni rad pod naslovom „*The Possibility of Using Event Data Recorder in the Traffic Accident Analysis in Republic of Croatia*“. Sudjelovala je na 48. međunarodnoj konferenciji o prometnoj infrastrukturi i sigurnosti u prometu „*Ceste 2024*“ u Rovinju gdje je u koautorstvu objavila rad pod naslovom „*Pregled i analiza lokacija prometnih nesreća s poginulim osobama na županijskim, lokalnim i ostalim nerazvrstanim cestama*“. Kao suradnik sudjeluje u provedbi projekta „*Pregled lokacija prometnih nesreća s poginulom osobom na autocestama*“. U akademskoj godini 2023./2024. izabrana je za demonstratoricu na kolegiju Prometno tehničke ekspertize i sigurnost. Služi se računalnim programom za simulaciju prometnih nesreća (PC-Crash), programom za pripremu tehničkih crteža (AutoCAD), MS Office programskim paketom i komunikacijskim programima.

Marin Žunac, univ. bacc. ing. traff. diplomirao je 2023. godine na Fakultetu prometnih znanosti, smjer Cestovni promet i stekao stručni naziv sveučilišni prvostupnik (*baccalaurea*) inženjer prometa. U listopadu 2023. godine, upisao je diplomski studij na Fakultetu prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, smjer Cestovni promet. Kao student radi na Fakultetu prometnih znanosti, na Zavodu za prometnu signalizaciju. Godine 2023. sudjelovao na međunarodnoj znanstvenoj konferenciji The Science and Development of Transport, u okviru studentske sekcije ZIRP YOUTH, prezentirajući istraživački rad pod naslovom „*Tire grip coefficient testing on modern anti-skid road surfaces*“. Koautor je znanstvenog rada predstavljenog 2024. godine na međunarodnoj konferenciji International Conference on Transport Science, pod naslovom „*Influence of alcohol on young drivers' performance: a driving simulator study*“. Kroz rad sudjeluje u brojnim znanstvenim istraživanjima i stručnim projektima vezanima uz prometnu signalizaciju i druge aspekte prometnog sustava. Tijekom akademske godine 2023./2024. postao je članom Studentskog zbora Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Služi se računalnim programom za pripremu tehničkih crteža (AutoCAD), MS Office programskim paketom i komunikacijskim programima.



_____. **TESTIRANJE** **DATUM I VRIJEME:** _____

VOZILO KOJE JE SUDJELOVALO U TESTIRANJU: _____

VRSTA KOLNIČKOG ZASTORA:

- asfalt
- beton
- kocka
- makadam
- zemlja

STANJE POVRŠINE KOLNIKA:

- suh (čist)
- suh (pijesak, šljunak)
- mokar
- blato
- snijeg (razgrnut/nije razgrnut)
- zaleđen (posut/nije posut)
- zemlja (suha/mokra)
- odron kamenja
- ulje i slične tvari

STANJE KOLNIČKOG ZASTORA:

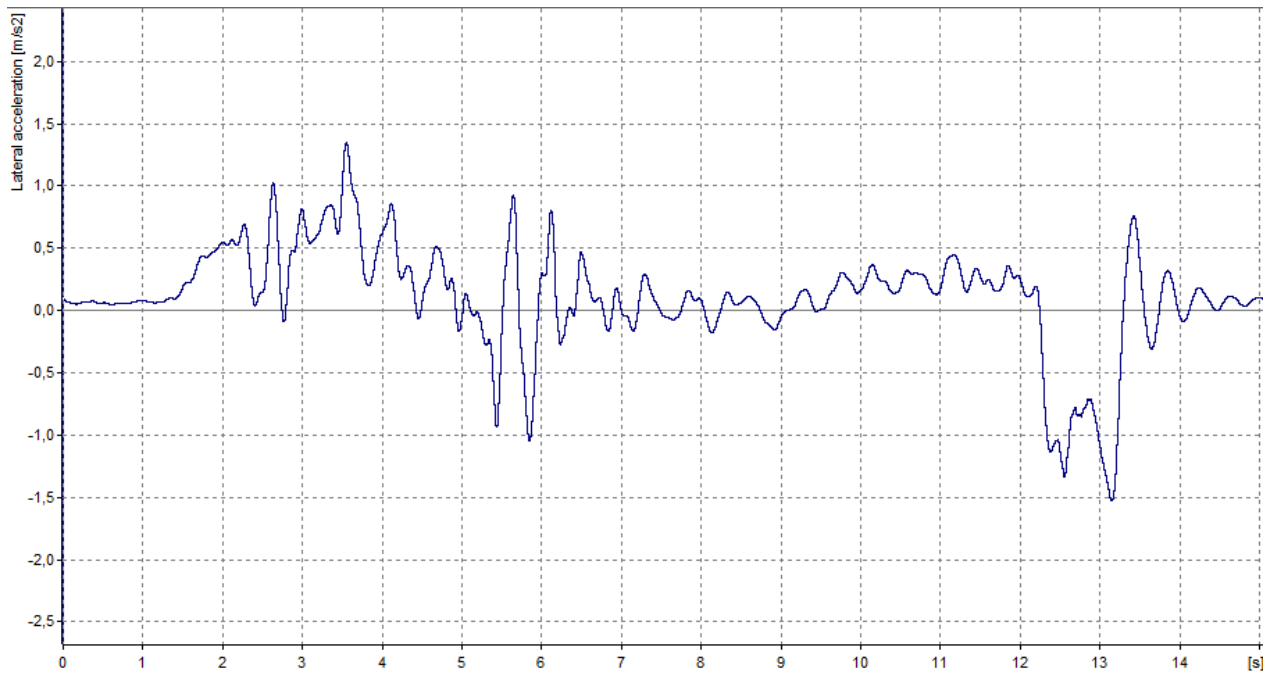
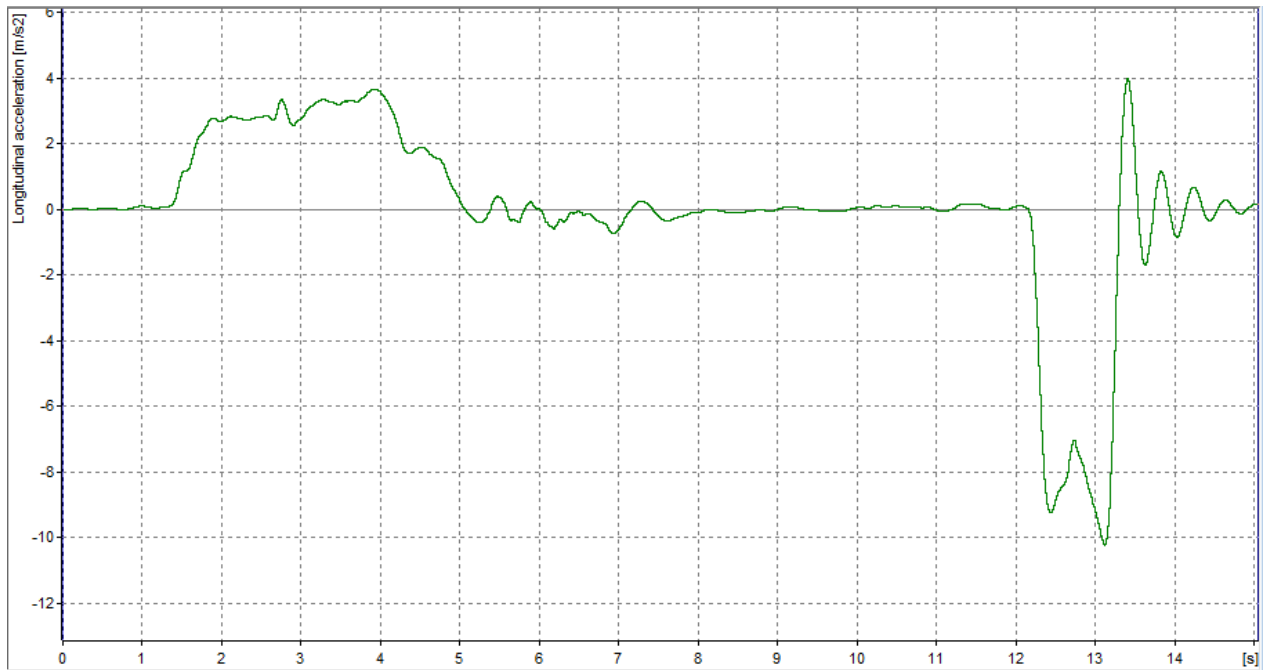
- dobro
- manja oštećenja
- loše

ATMOSFERSKE PRILIKE:

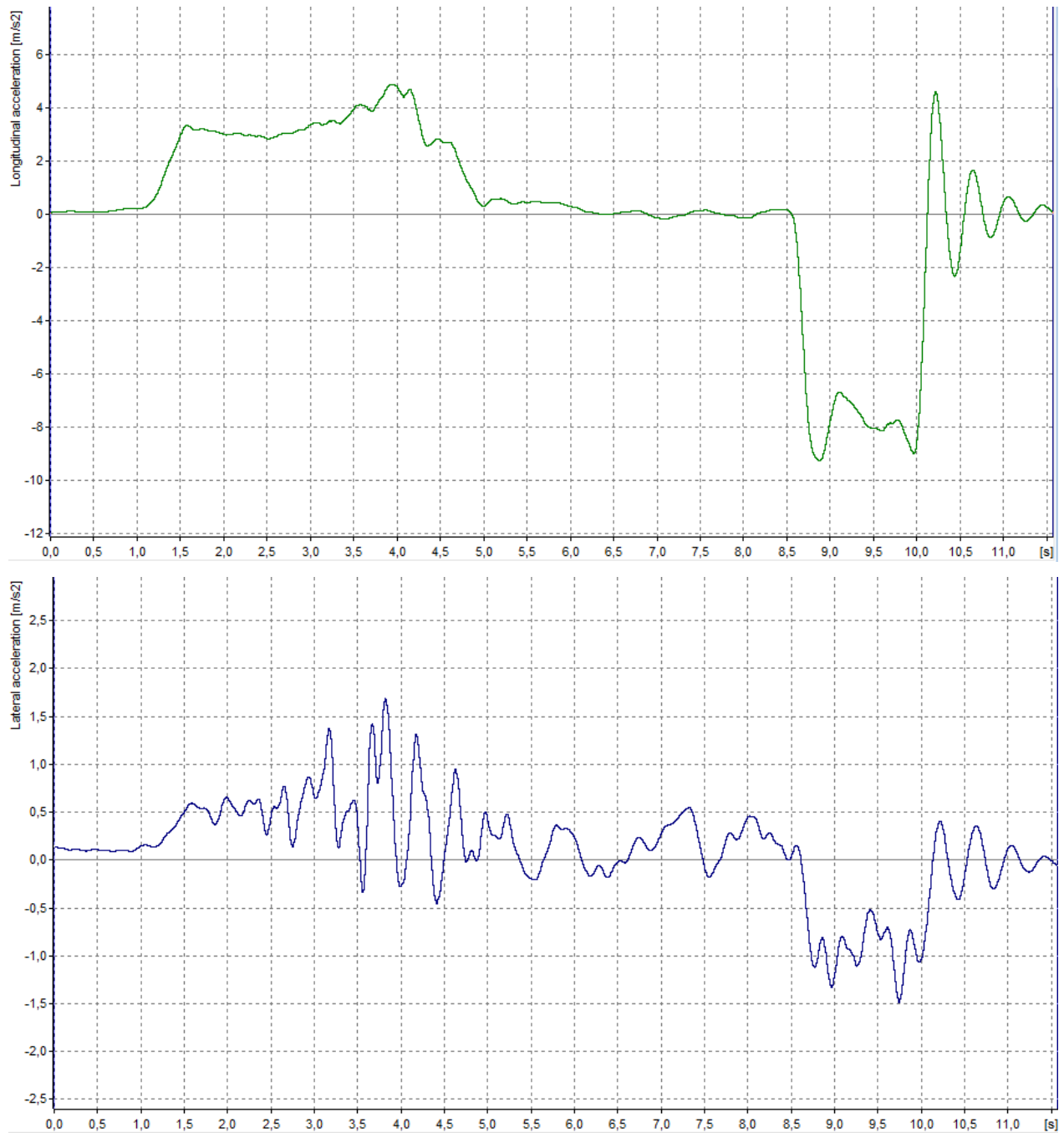
- vedro
- oblačno
- kiša
- magla
- snijeg
- slana
- ostalo

	Brzina kretanja vozila [km/h]	Usporenje [m/s²]	Vrijeme trajanja kočenja [s]	Put kočenja [m]	SRT Klatno
1. testiranje					
2. testiranje					
3. testiranje					
SREDNJA VRIJEDNOST					

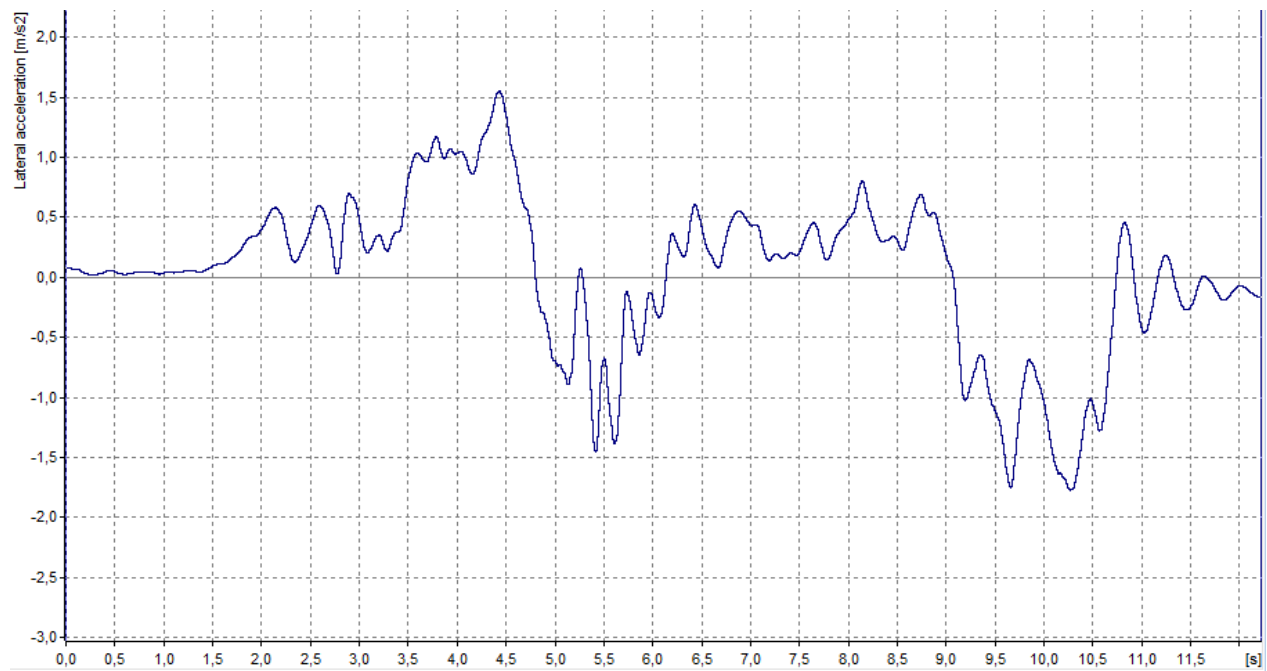
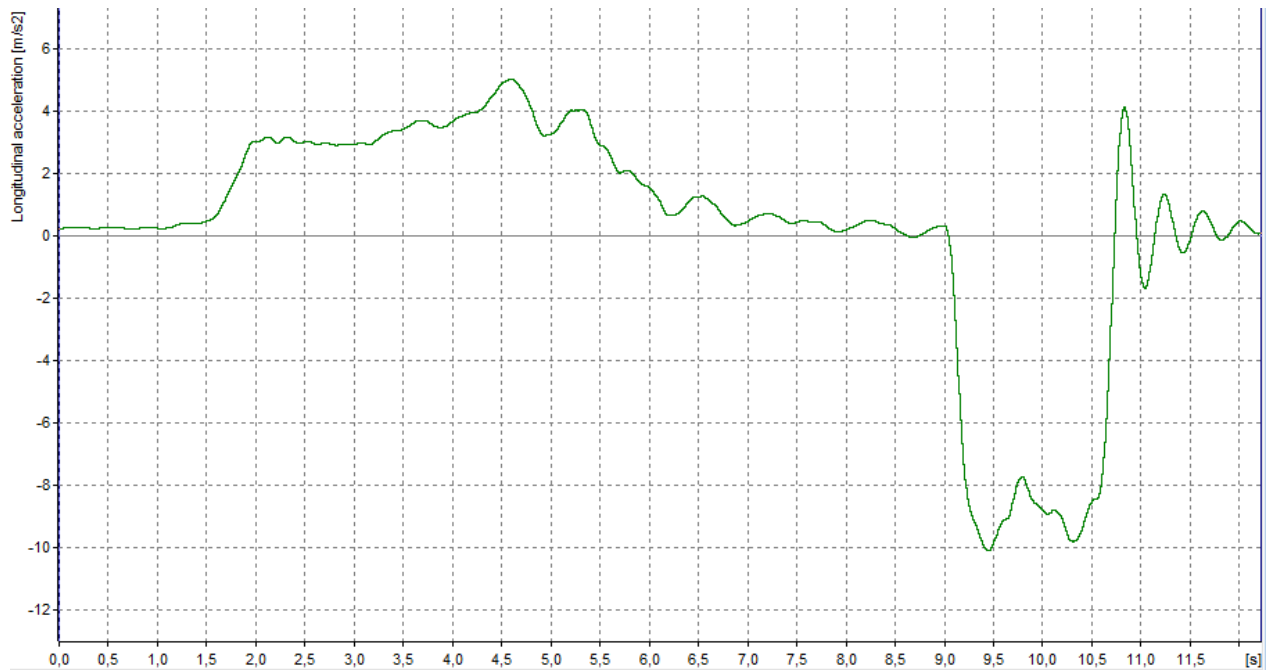
Prilog 2: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 30 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u suhim uvjetima



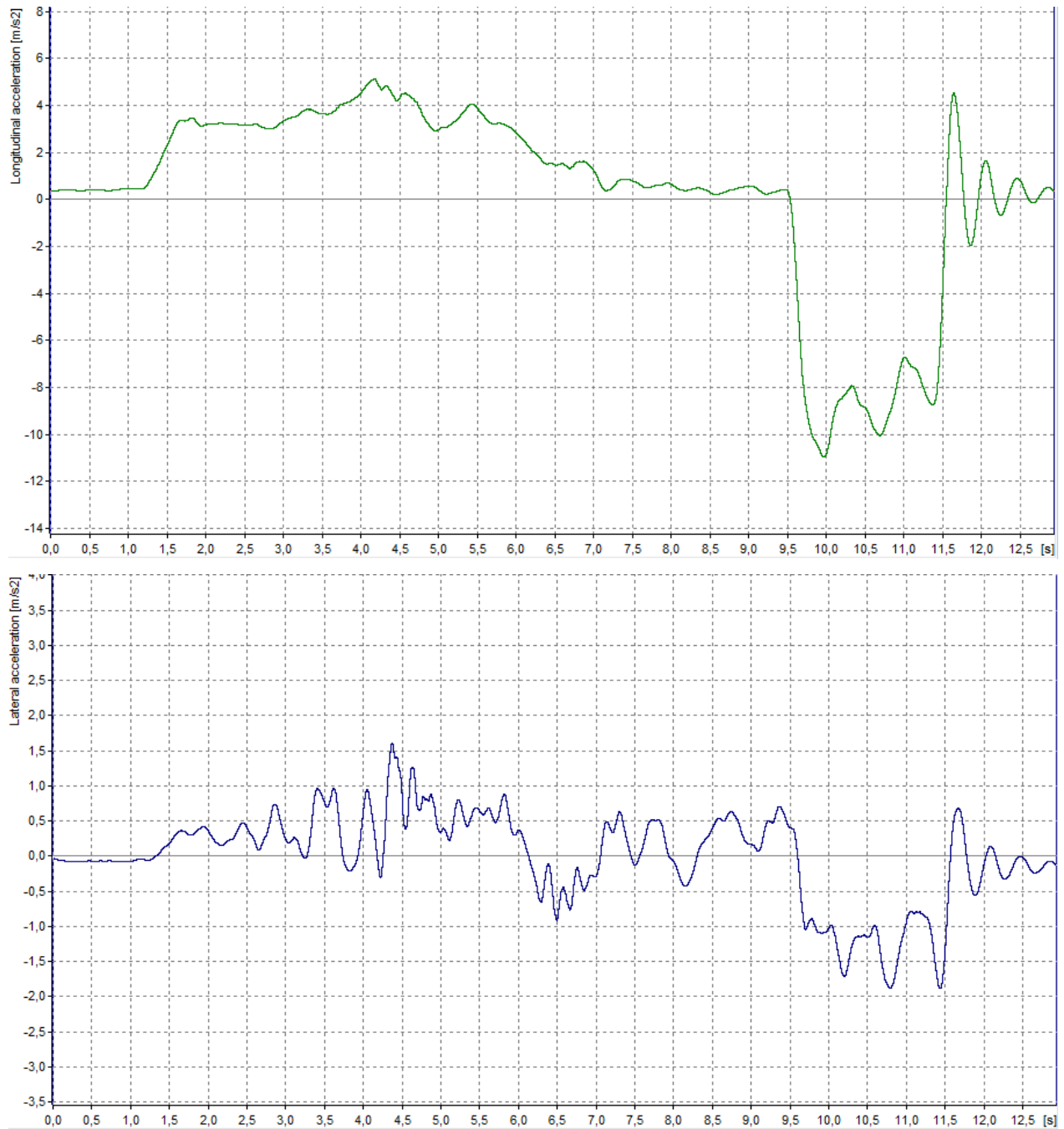
Prilog 3: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 40 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u suhim uvjetima



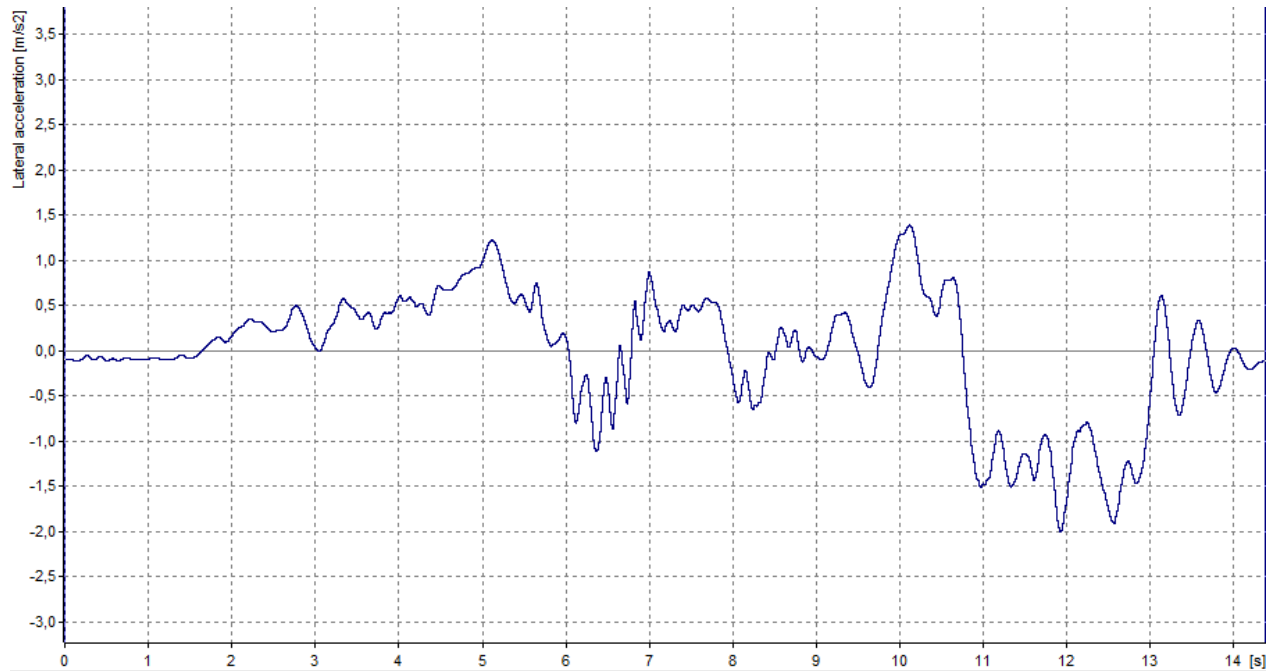
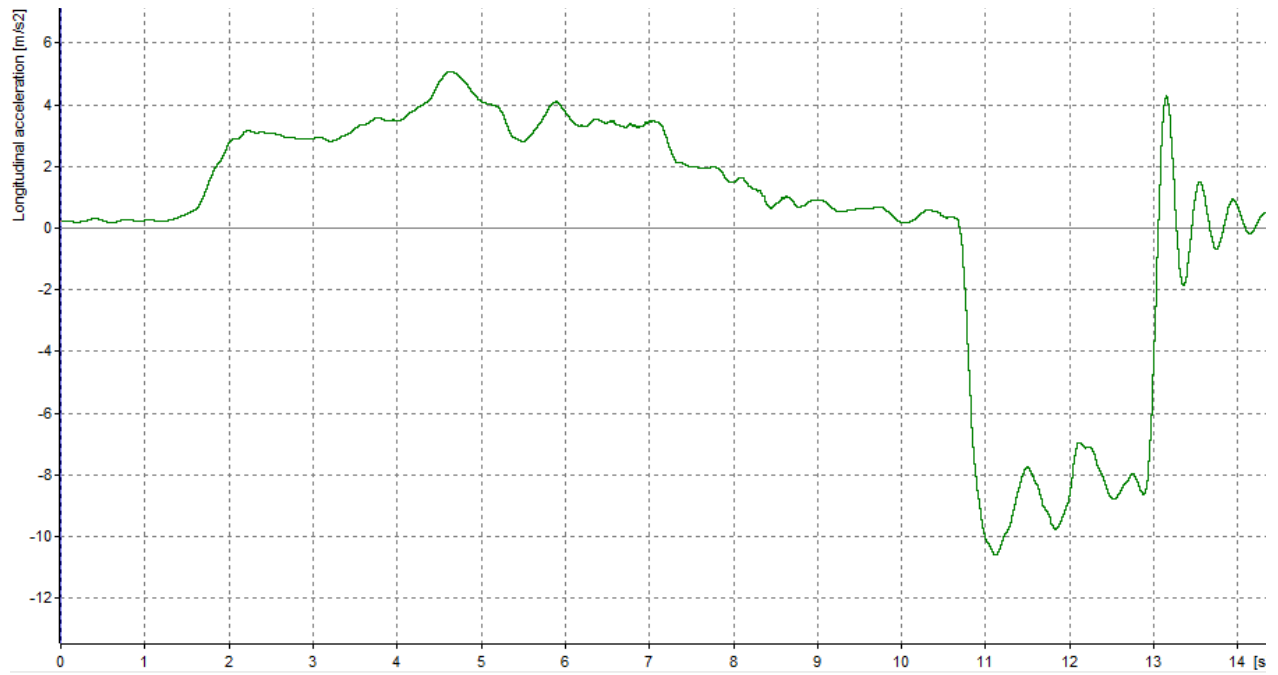
Prilog 4: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 50 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u suhim uvjetima



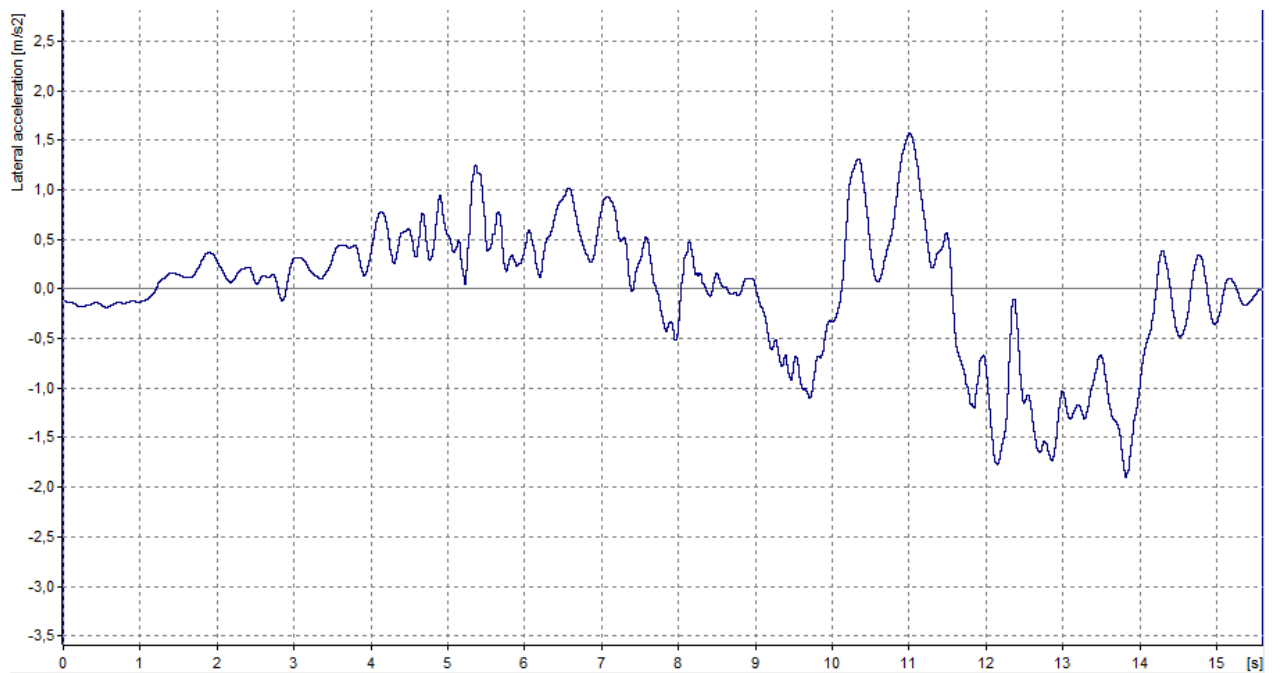
Prilog 5: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 60 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u suhim uvjetima



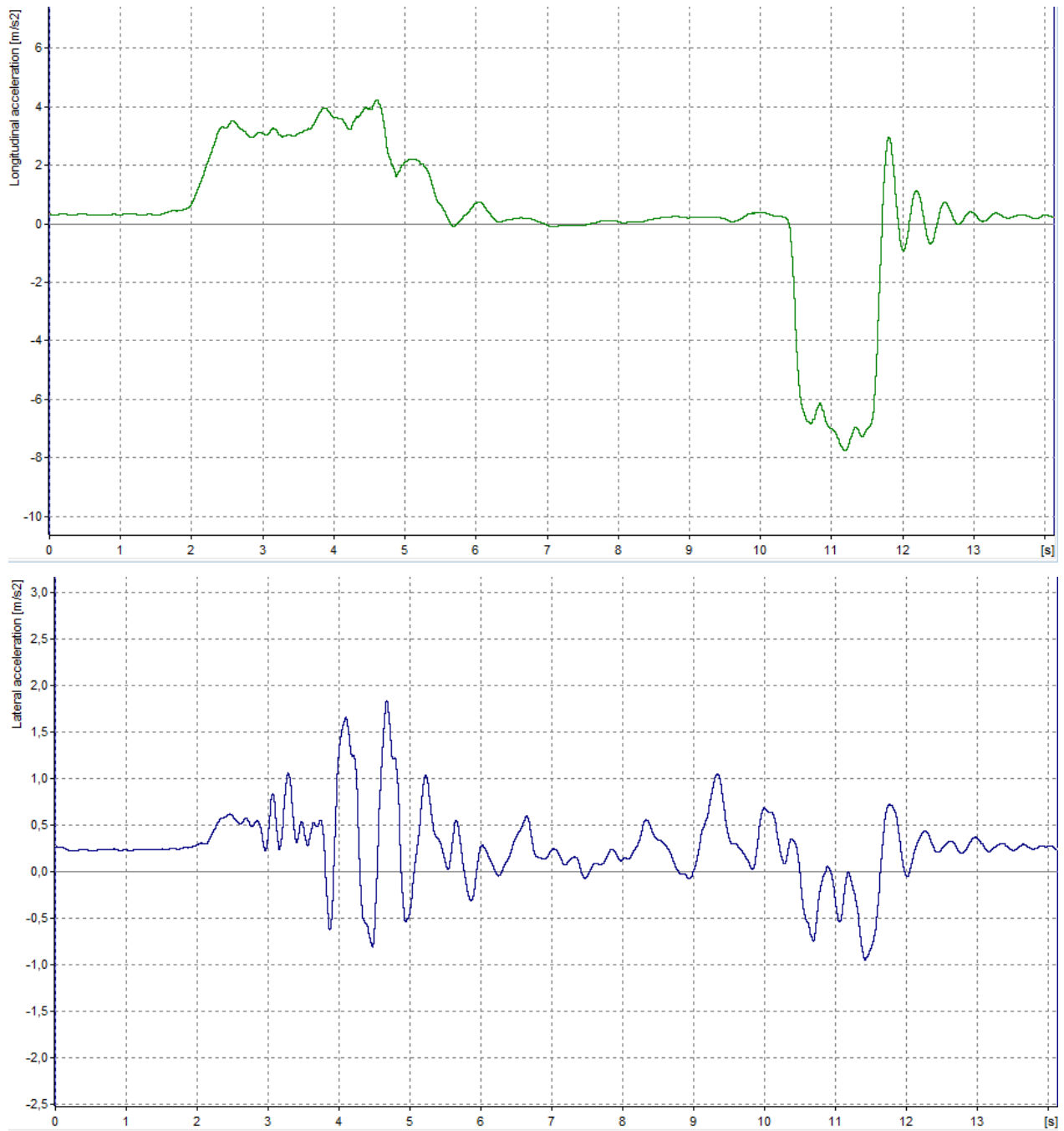
Prilog 6: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 70 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u suhim uvjetima



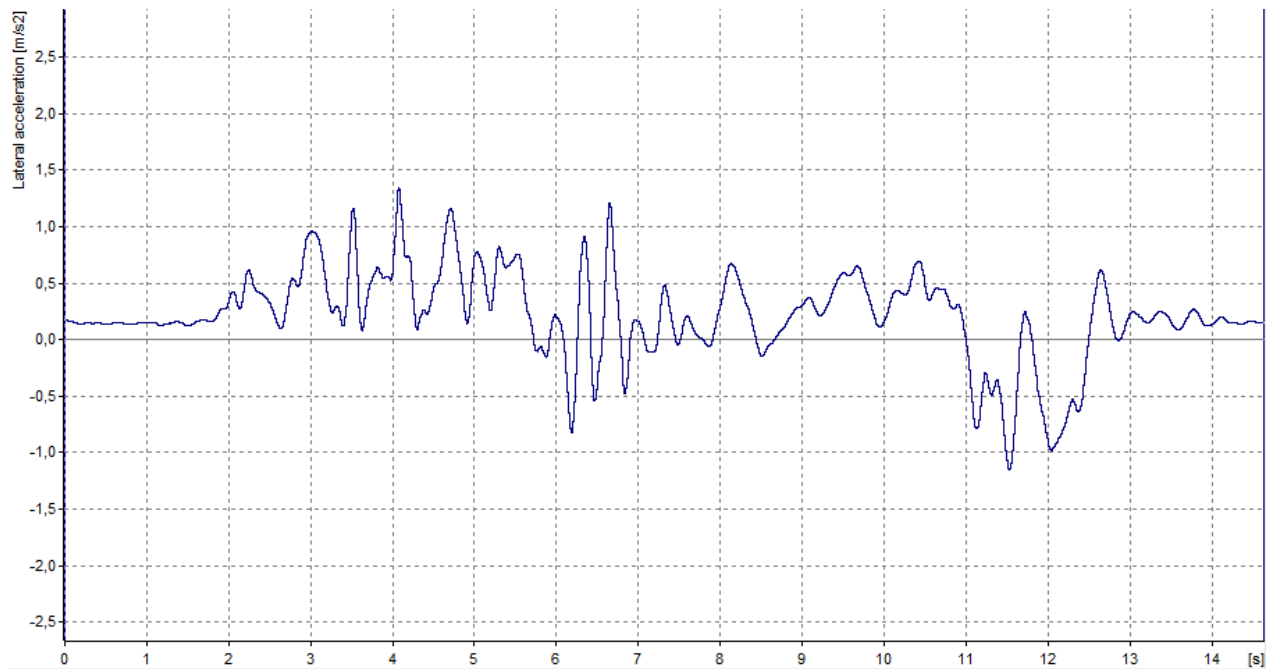
Prilog 7: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 80 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u suhim uvjetima



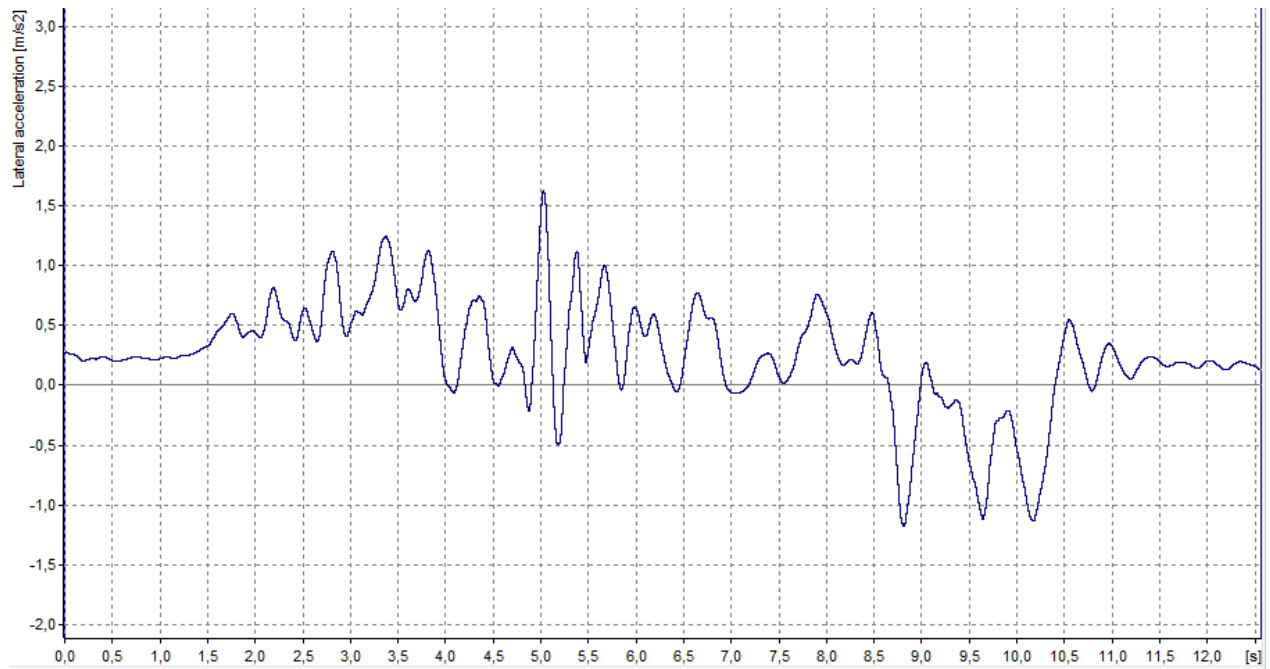
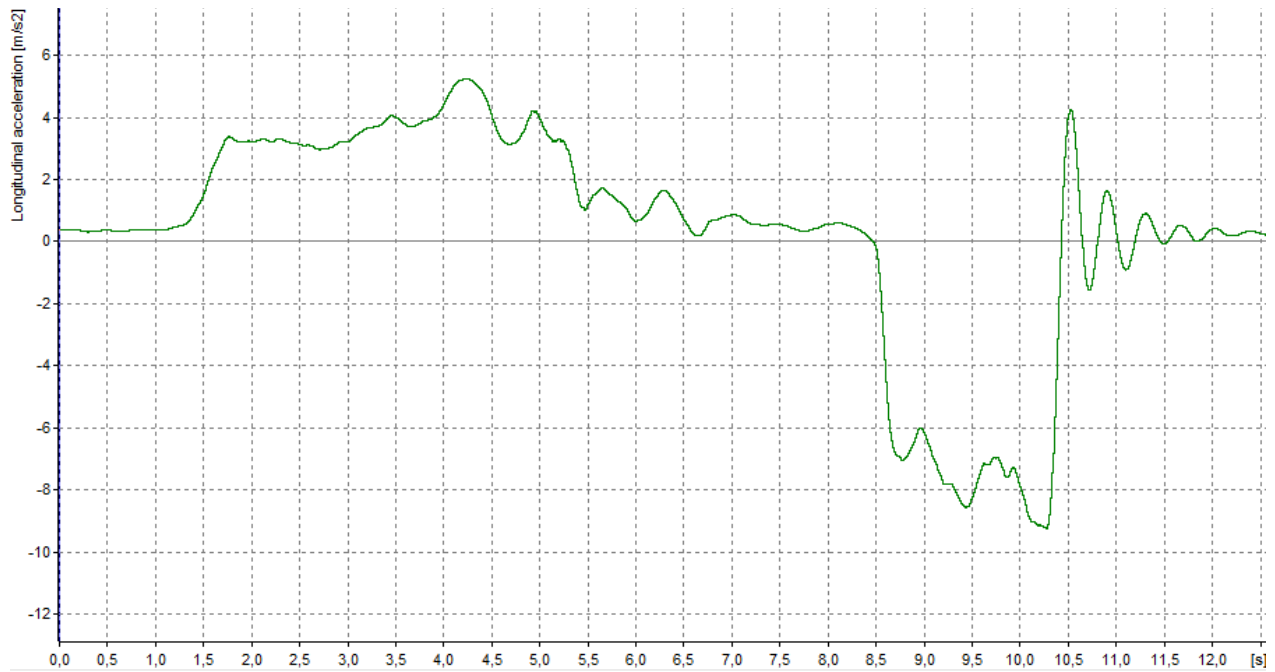
Prilog 8: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 30 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u kišnim uvjetima



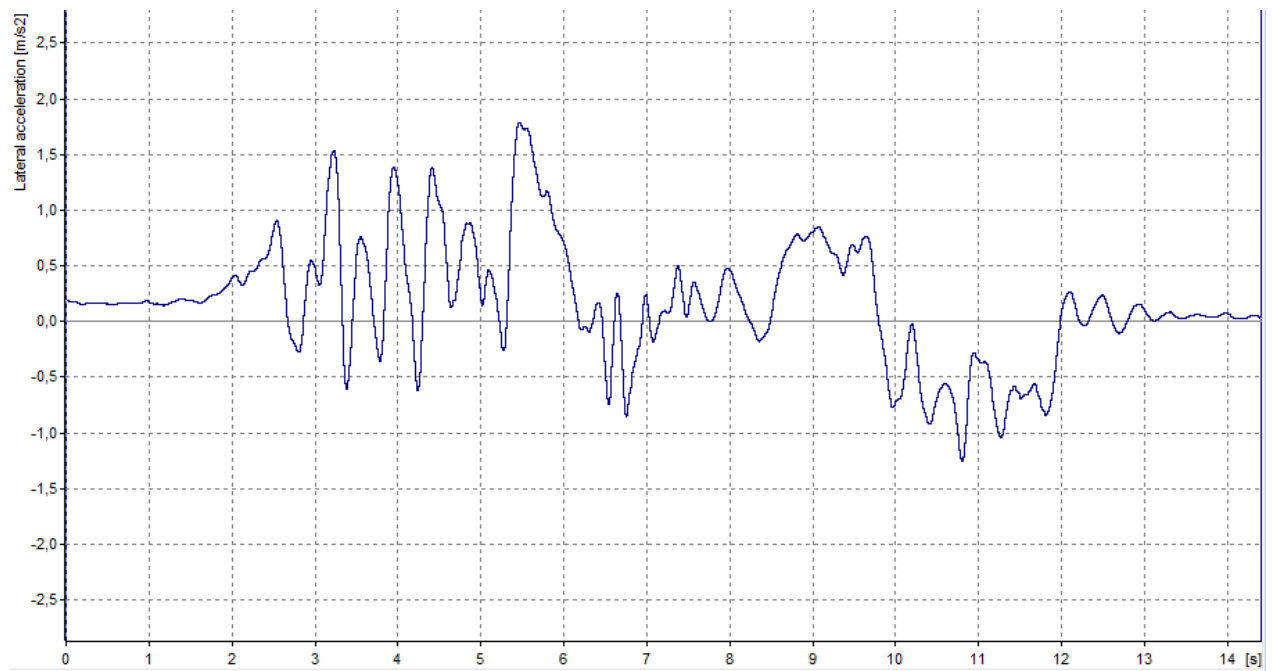
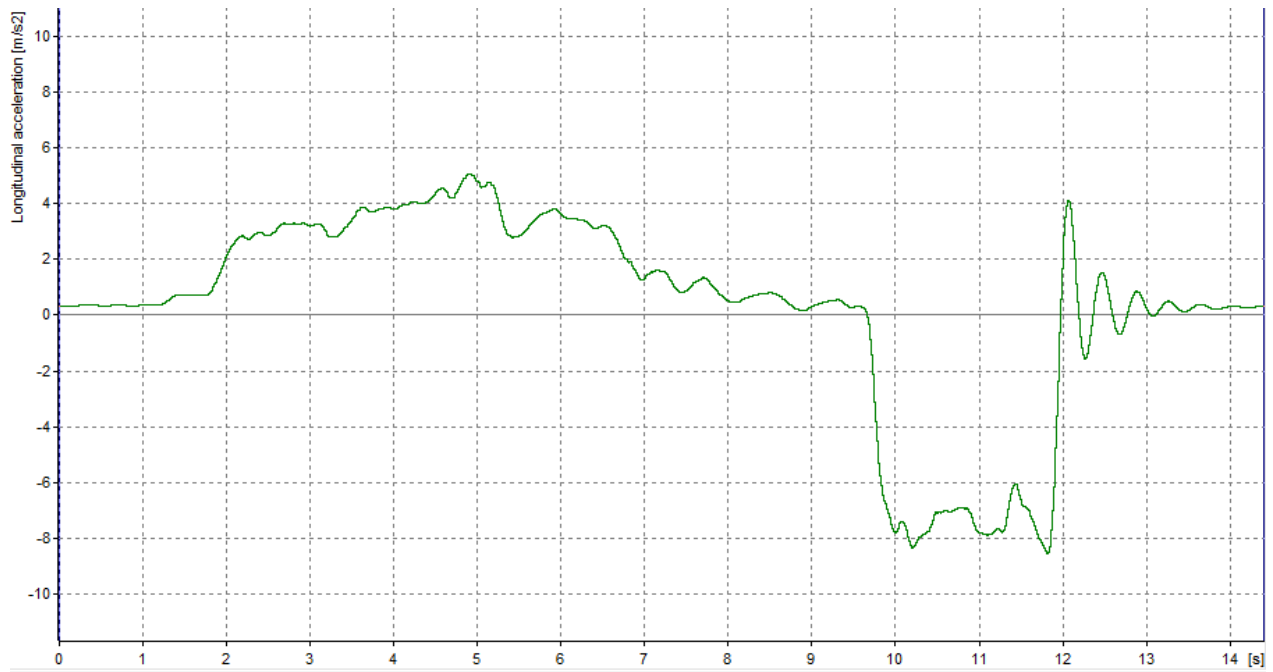
Prilog 9: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 40 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u kišnim uvjetima



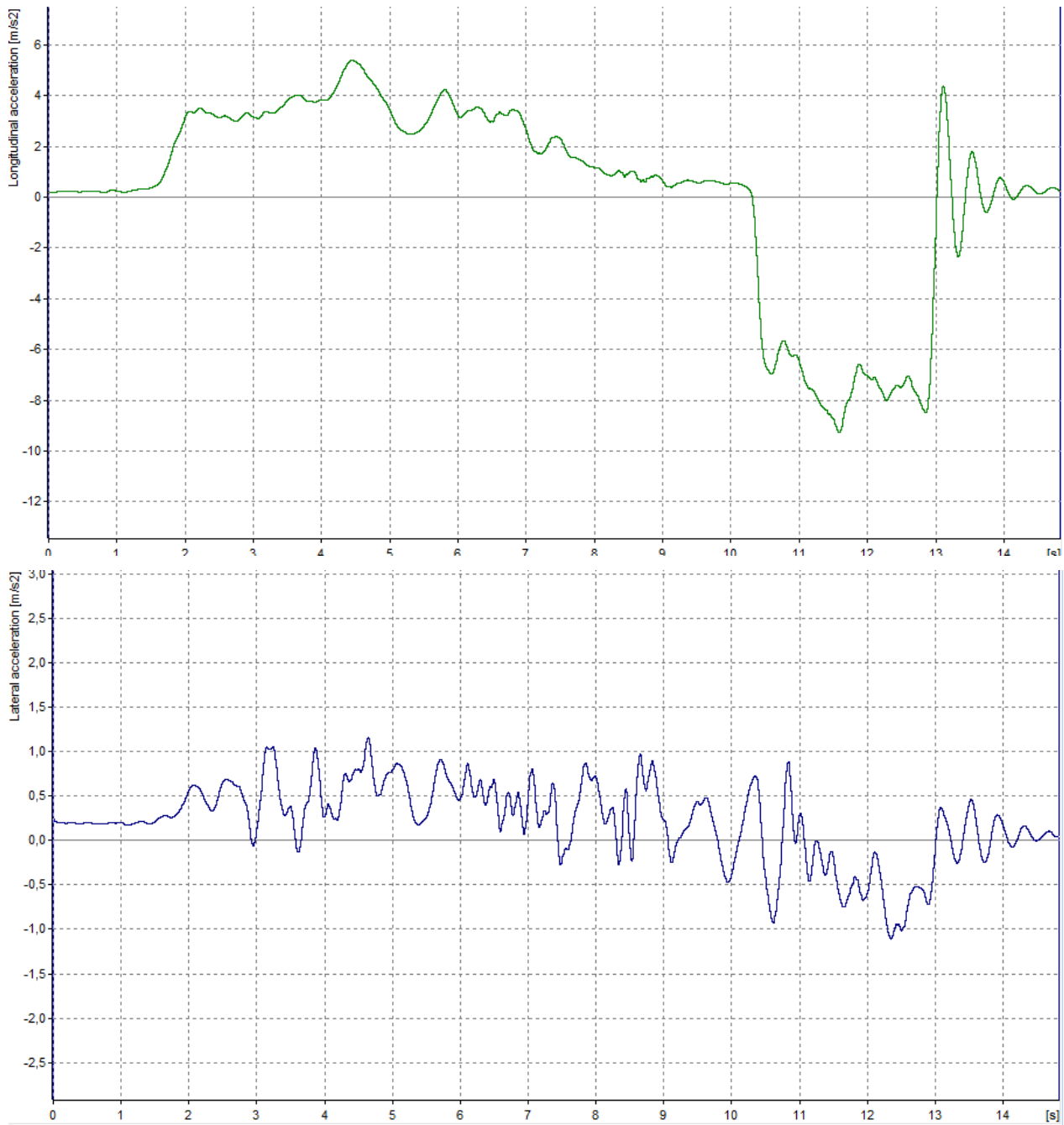
Prilog 10: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 50 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u kišnim uvjetima



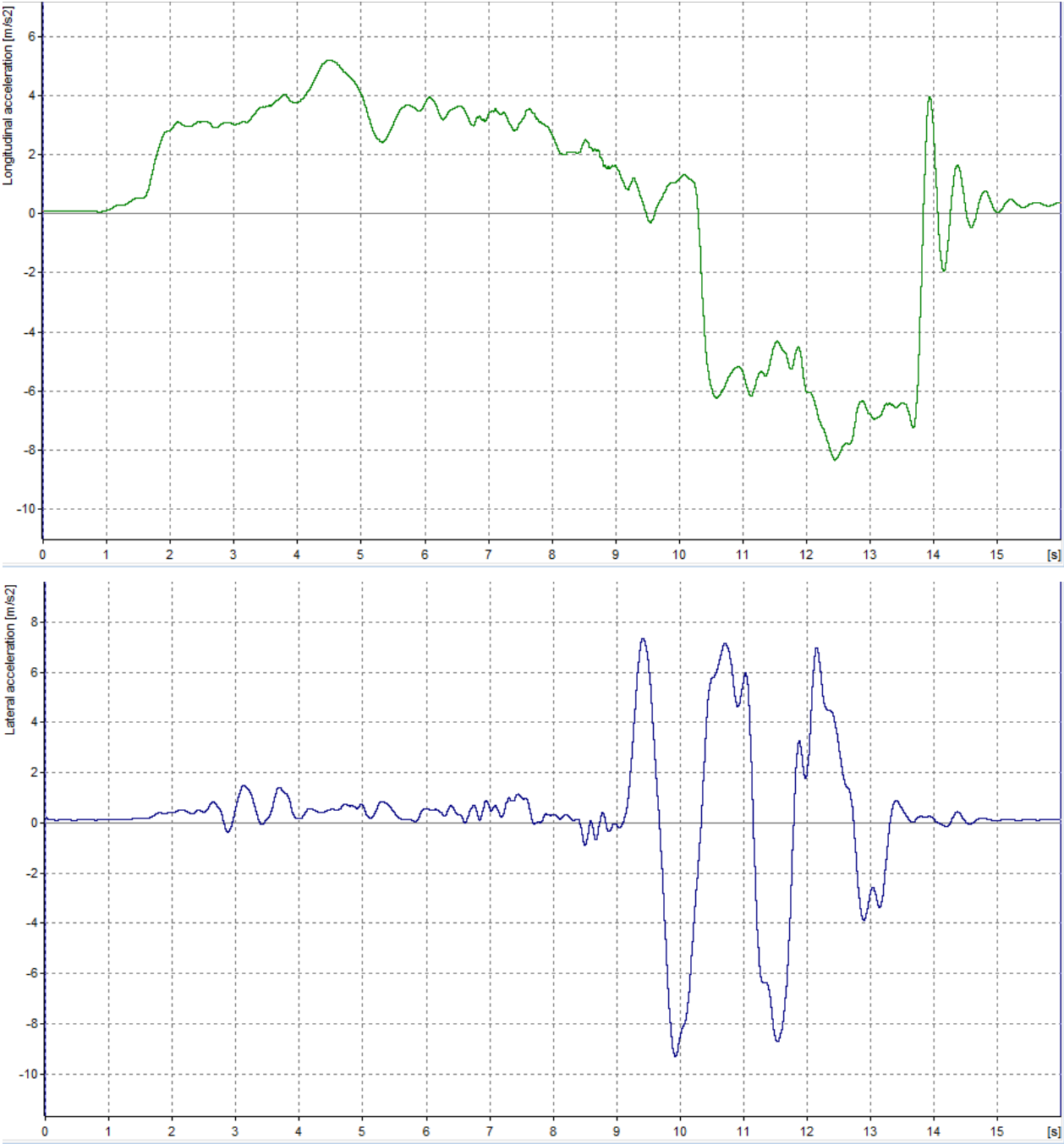
Prilog 11: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 60 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u kišnim uvjetima



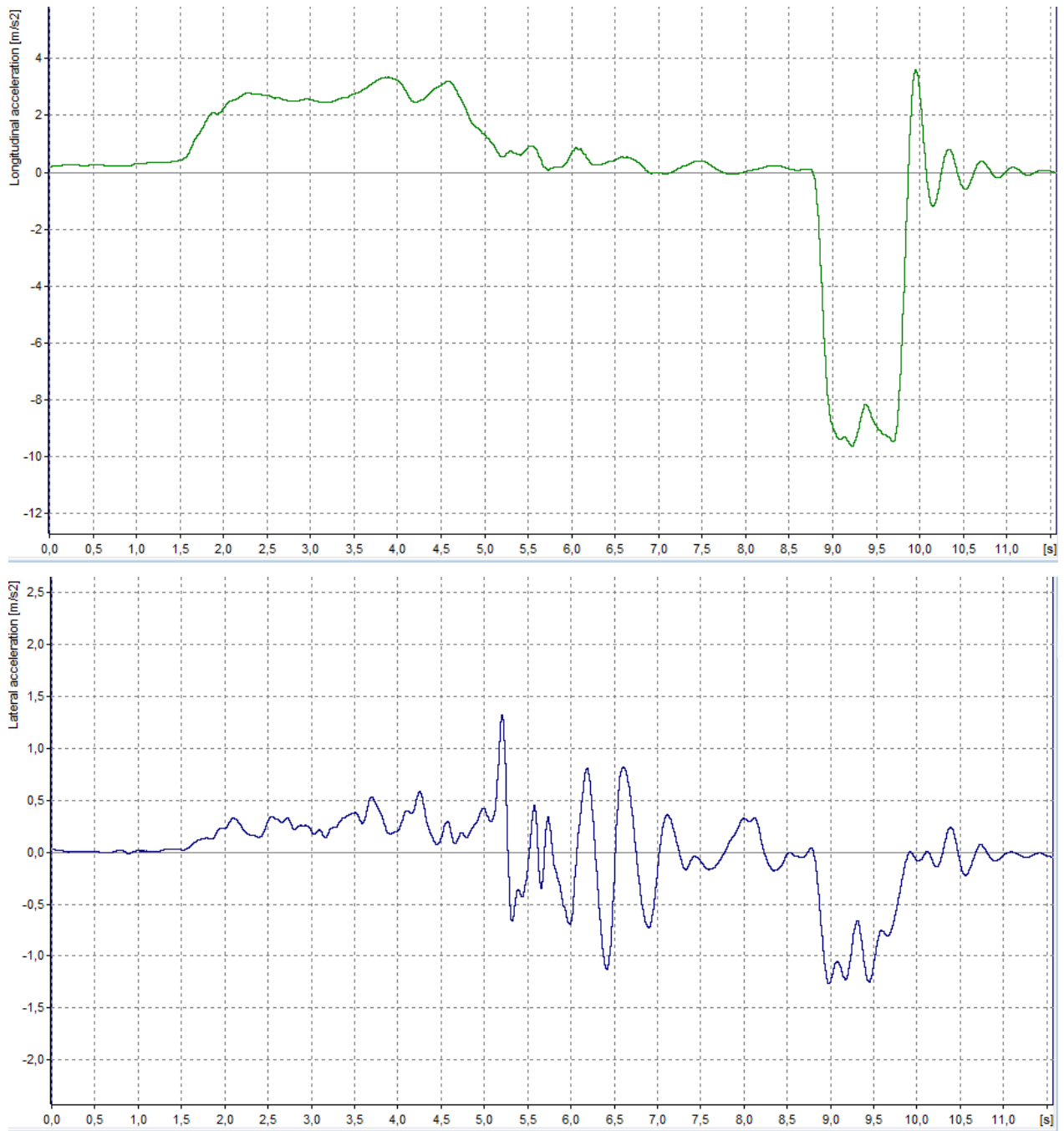
Prilog 12: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 60 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u kišnim uvjetima



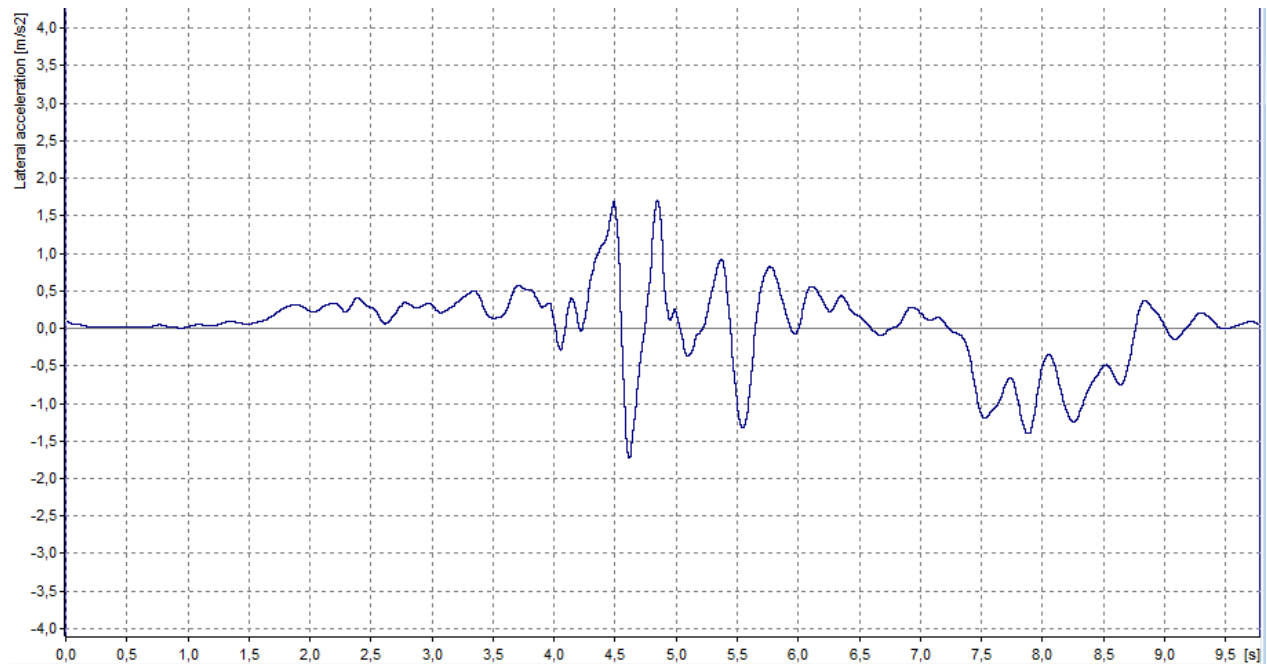
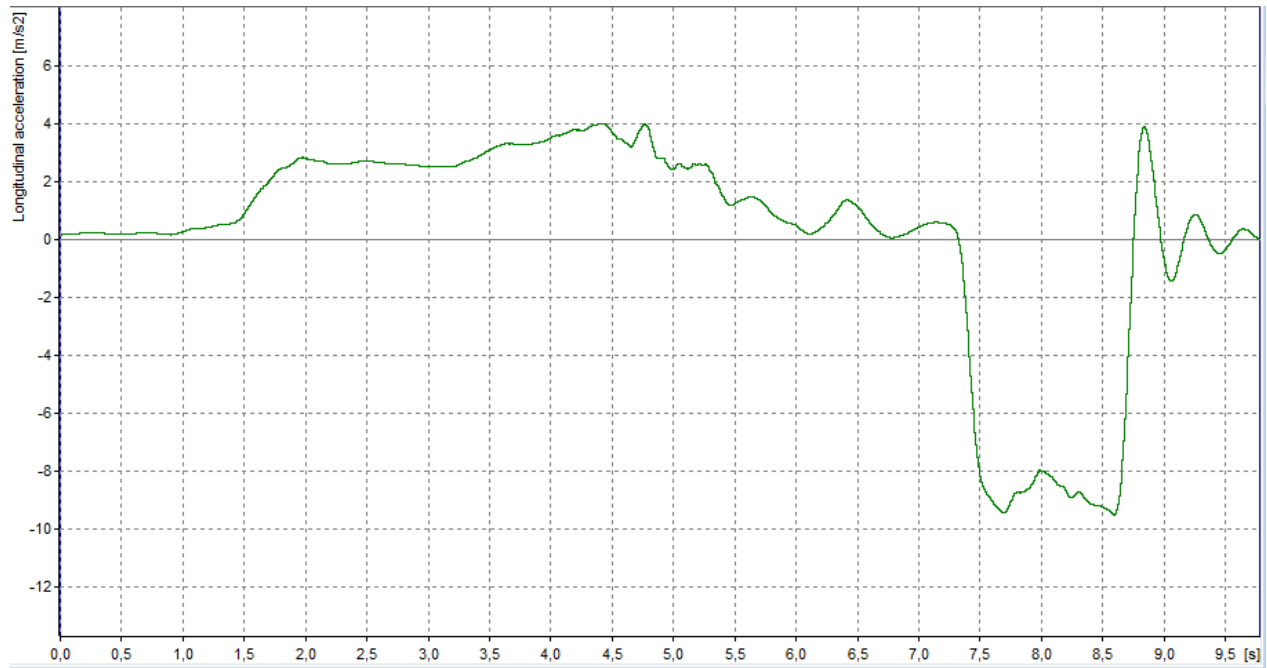
Prilog 13: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 80 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u kišnim uvjetima



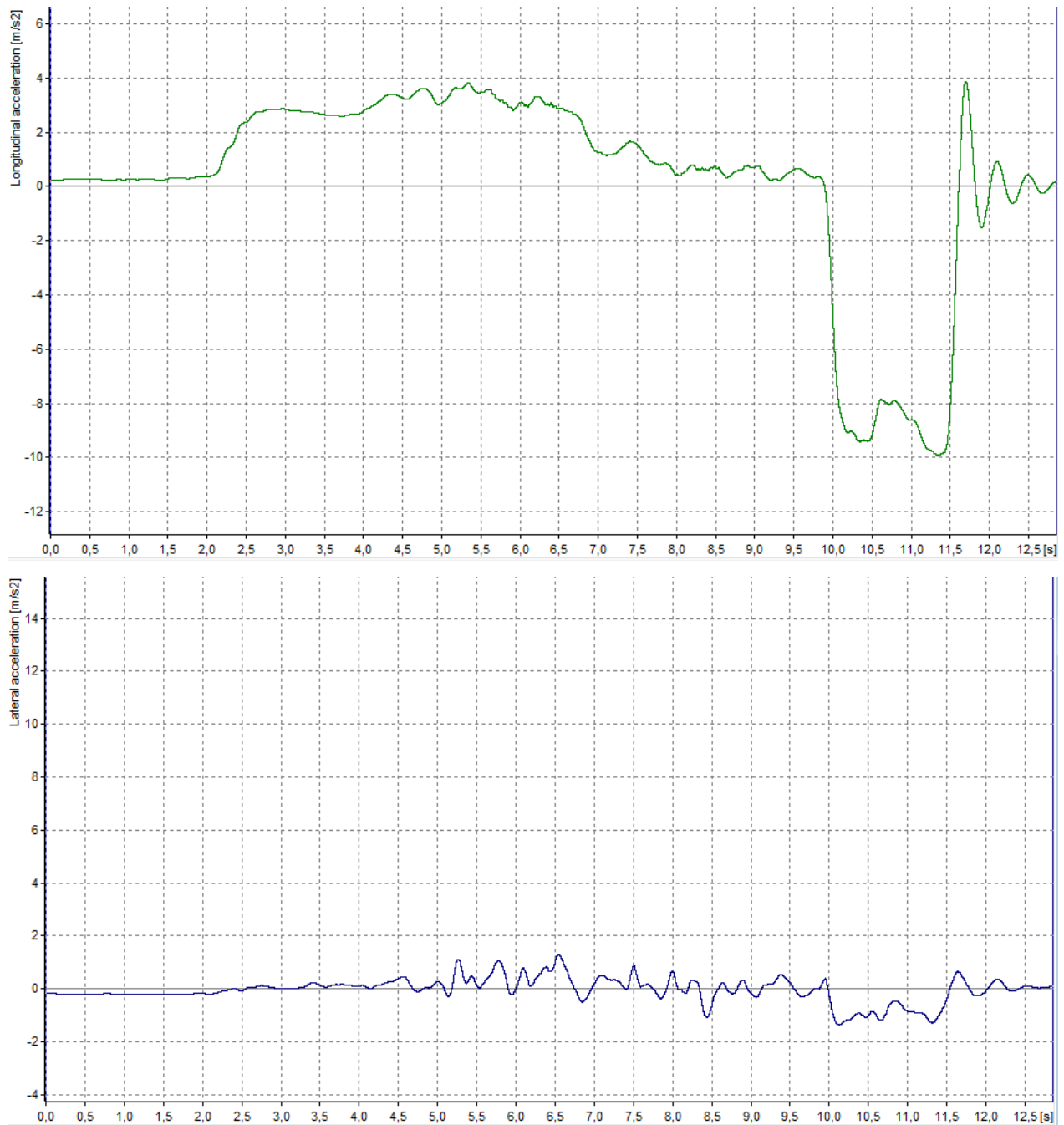
Prilog 14: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 30 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima



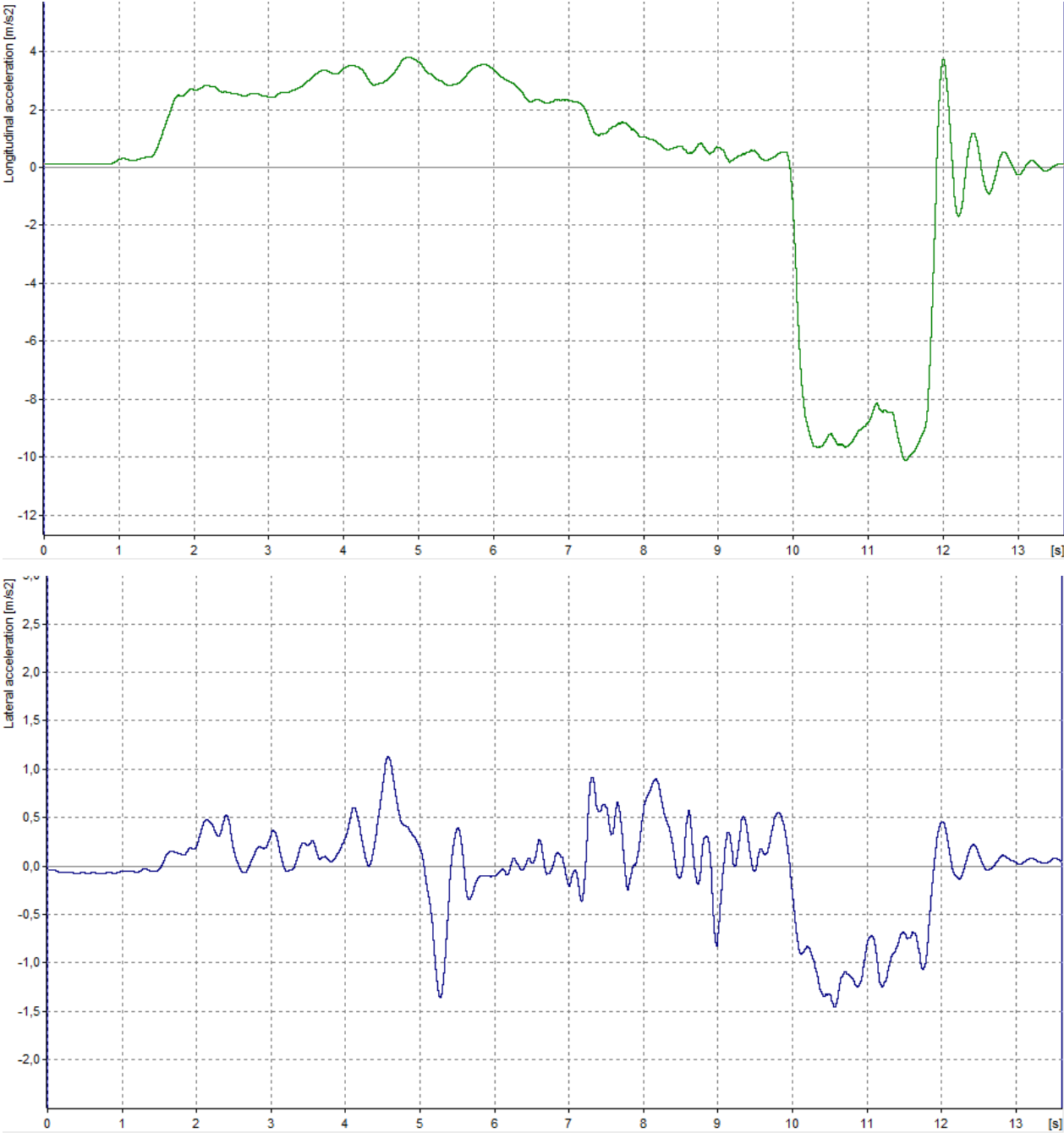
Prilog 15: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 40 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima



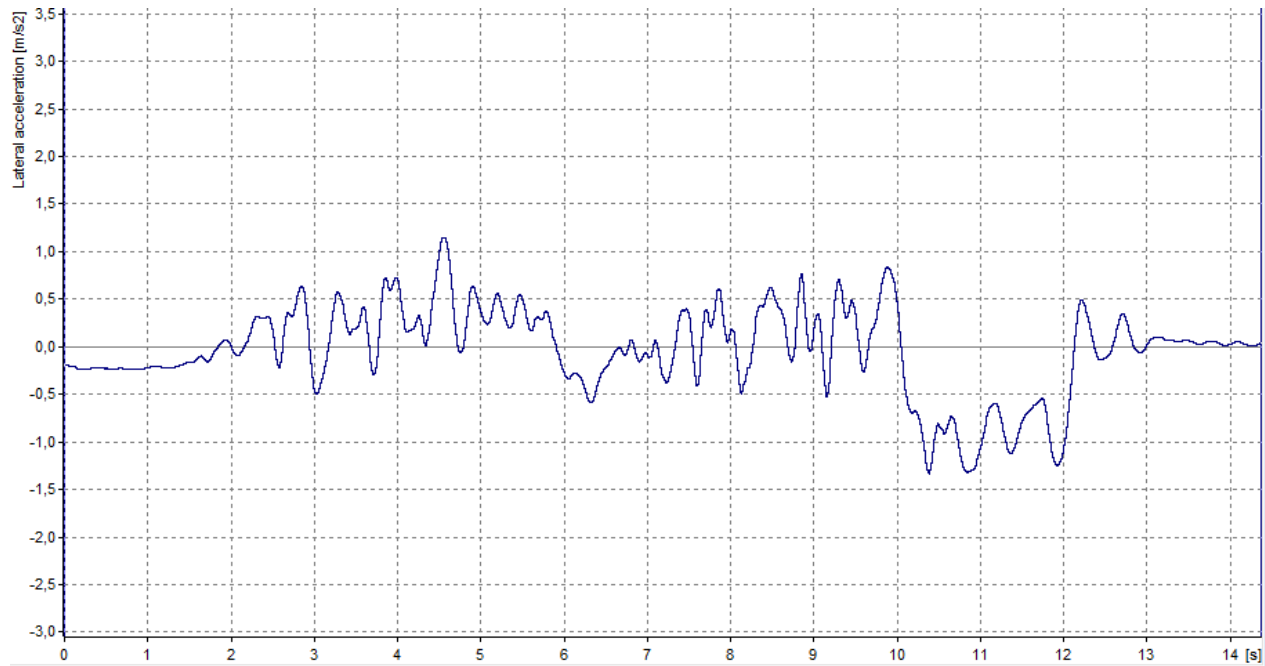
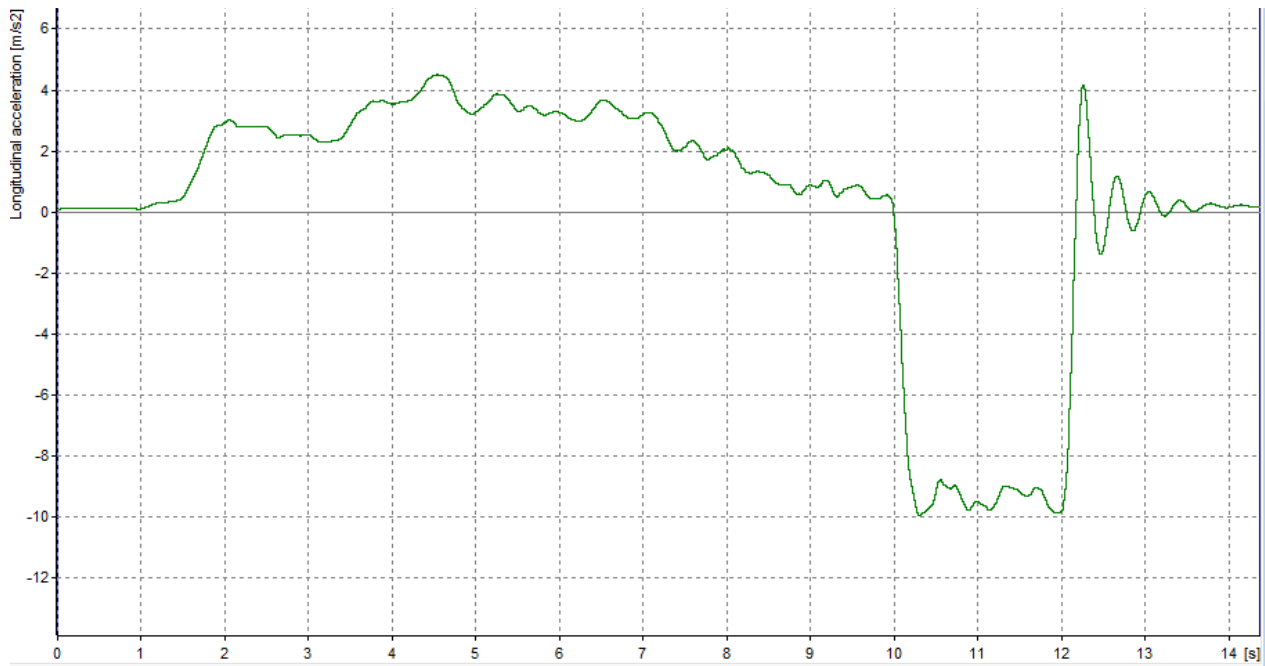
Prilog 16: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 50 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima



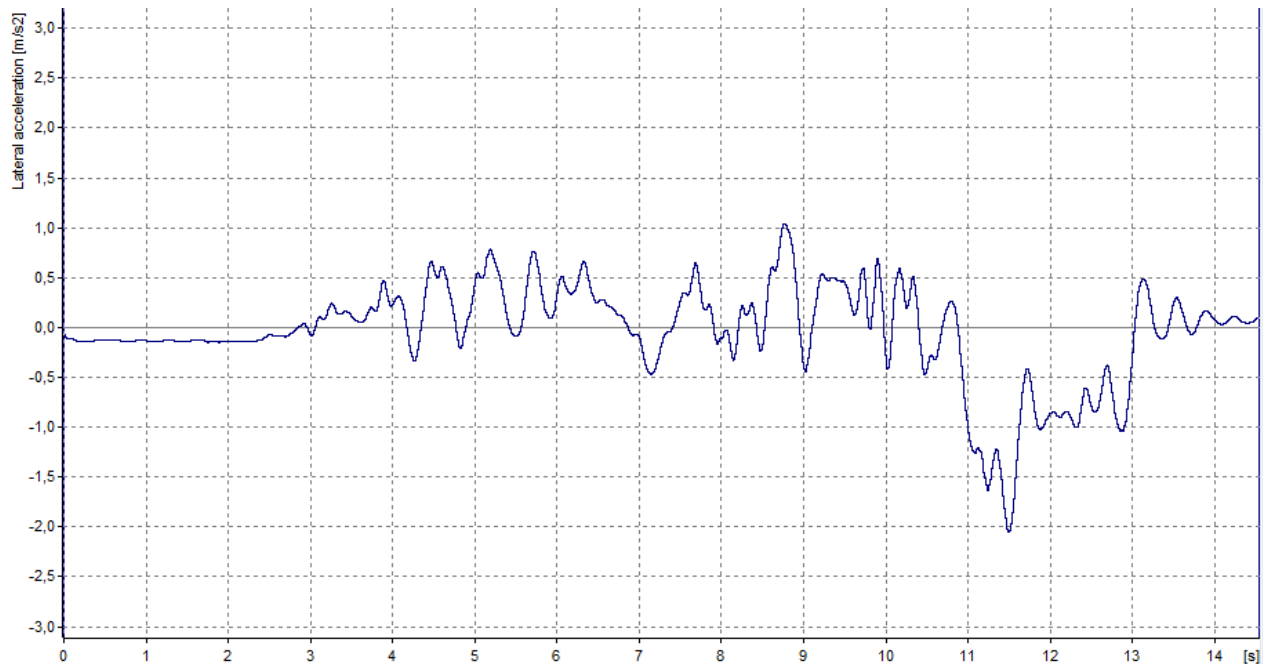
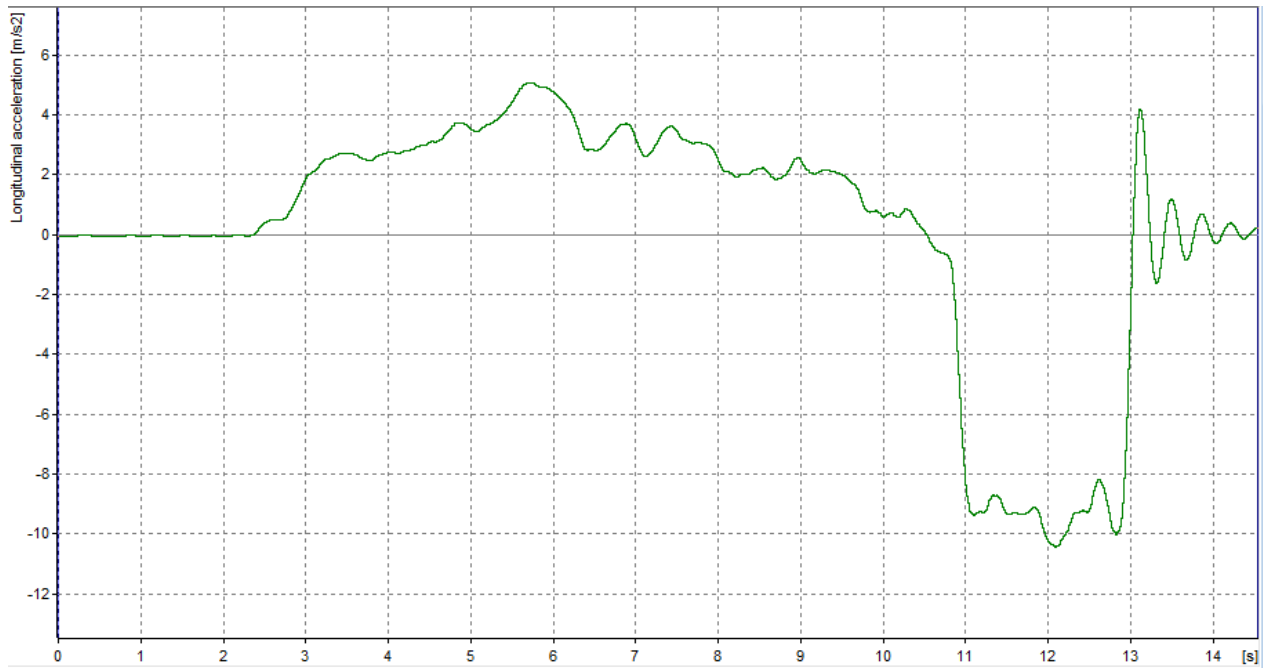
Prilog 17: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 60 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima



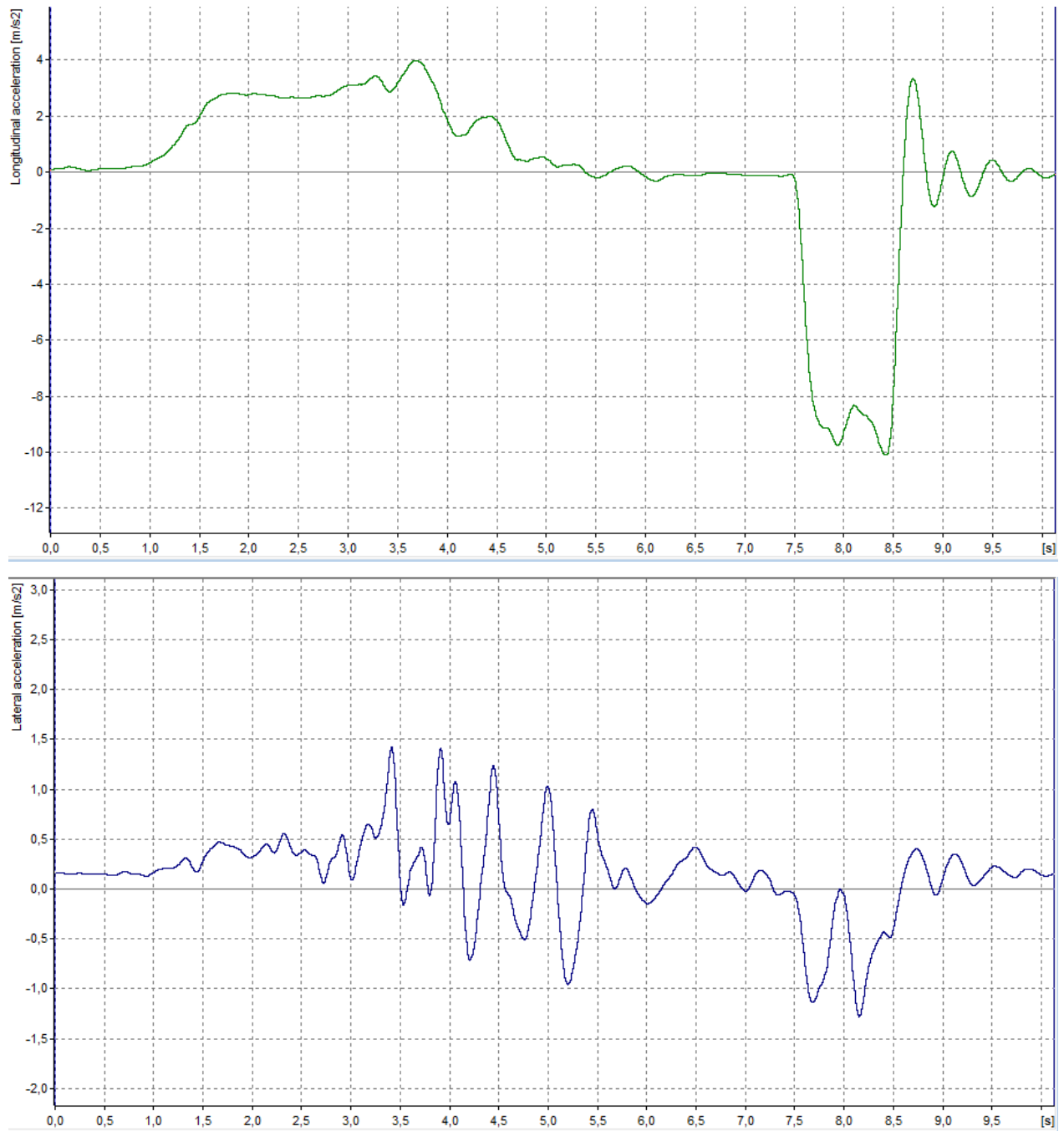
Prilog 18: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 70 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima



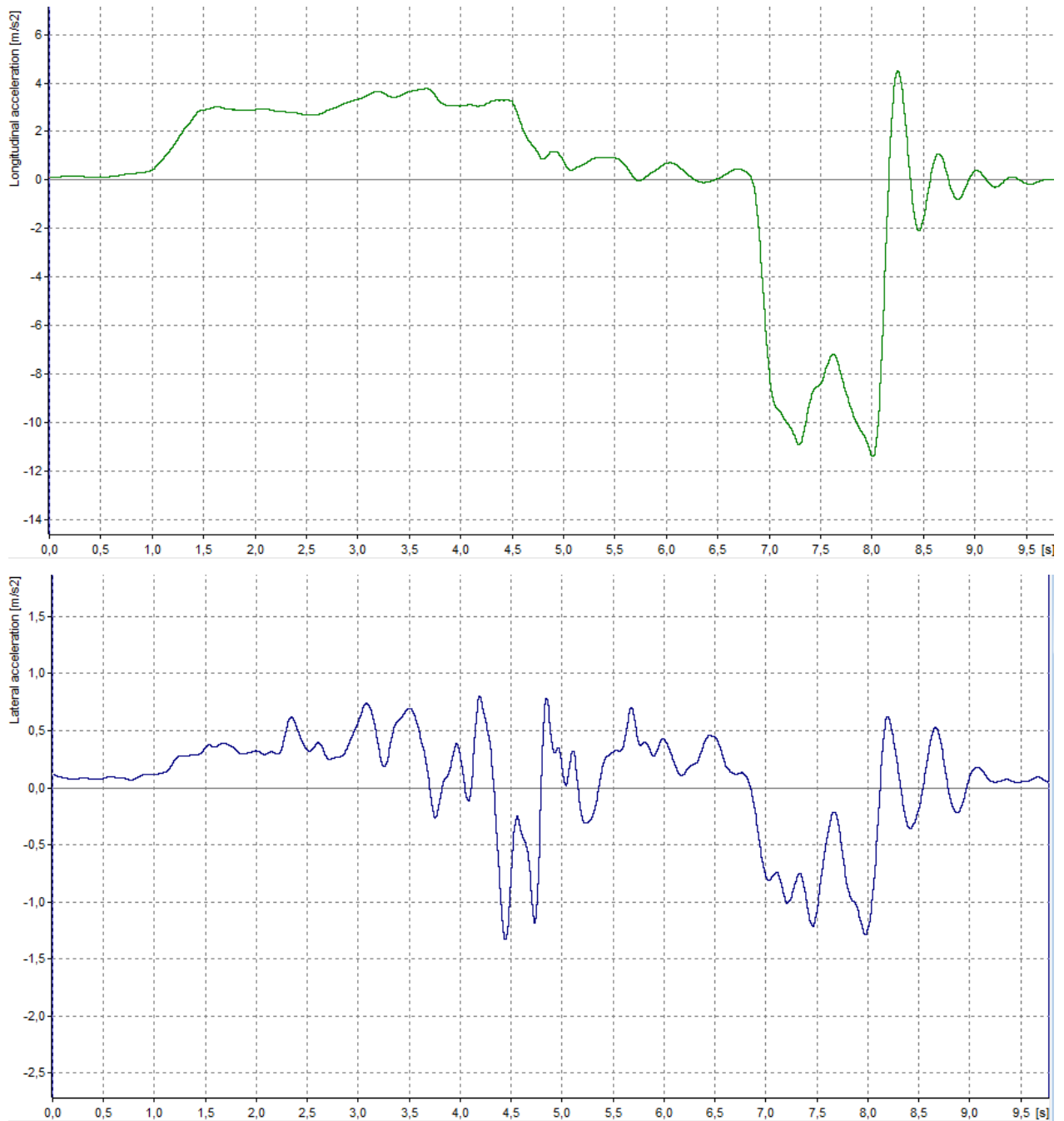
Prilog 19: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 80 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima



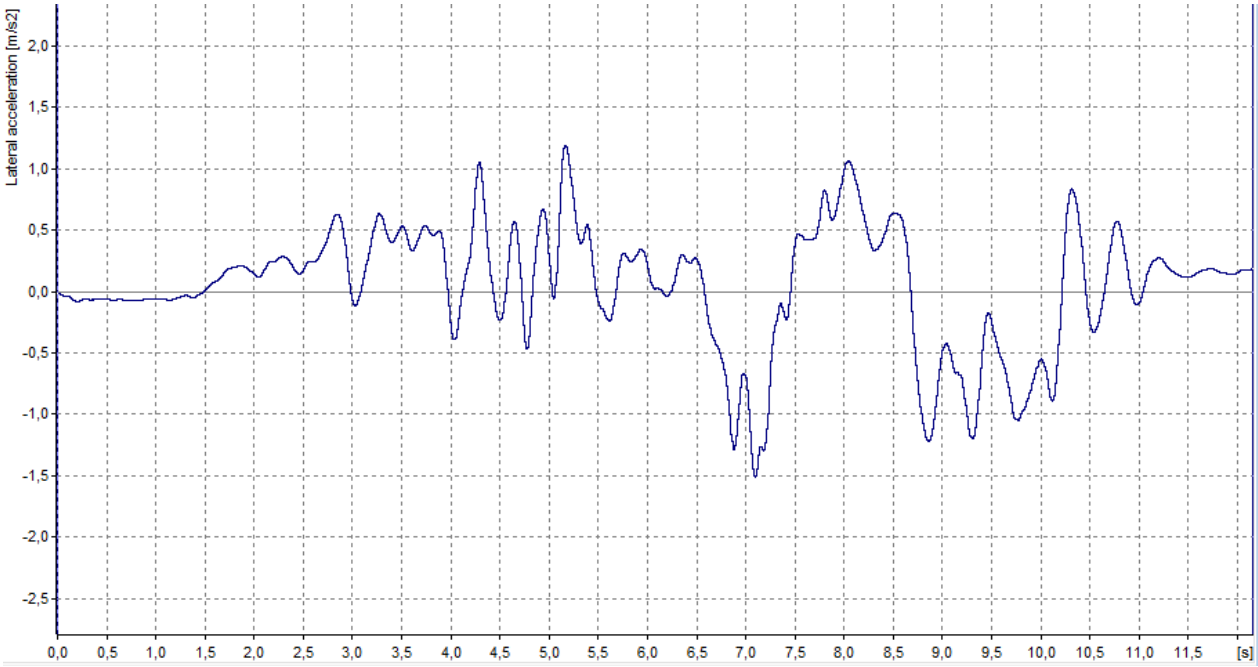
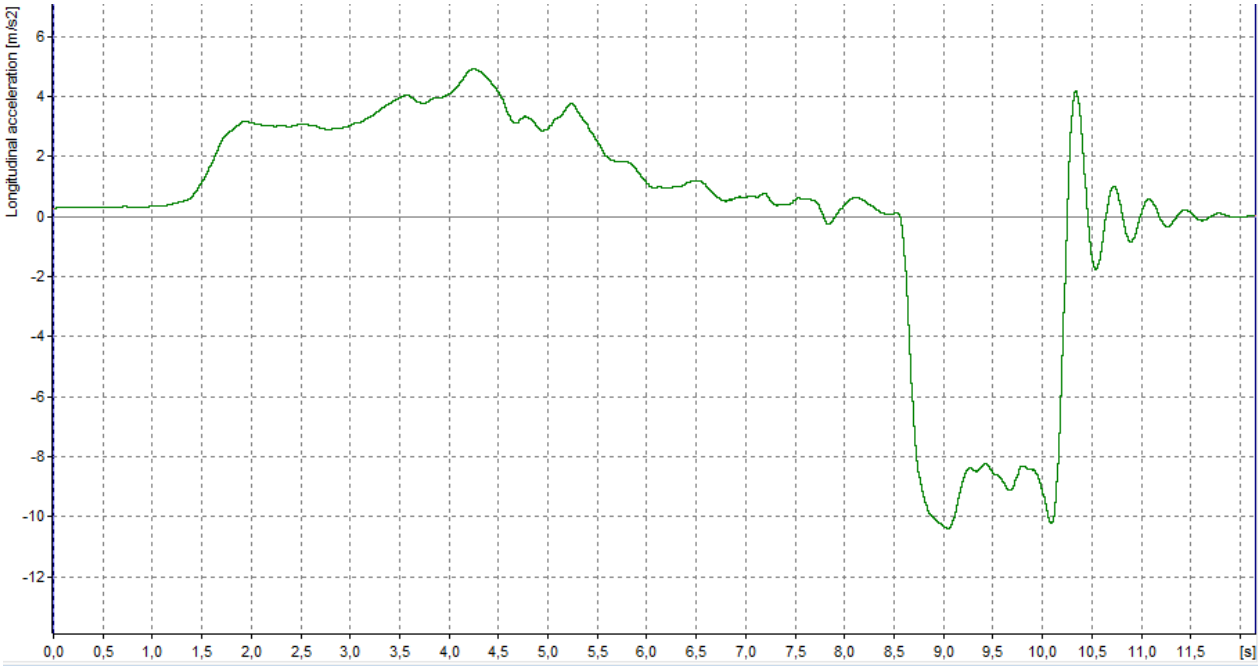
Prilog 20: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 30 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u suhim uvjetima



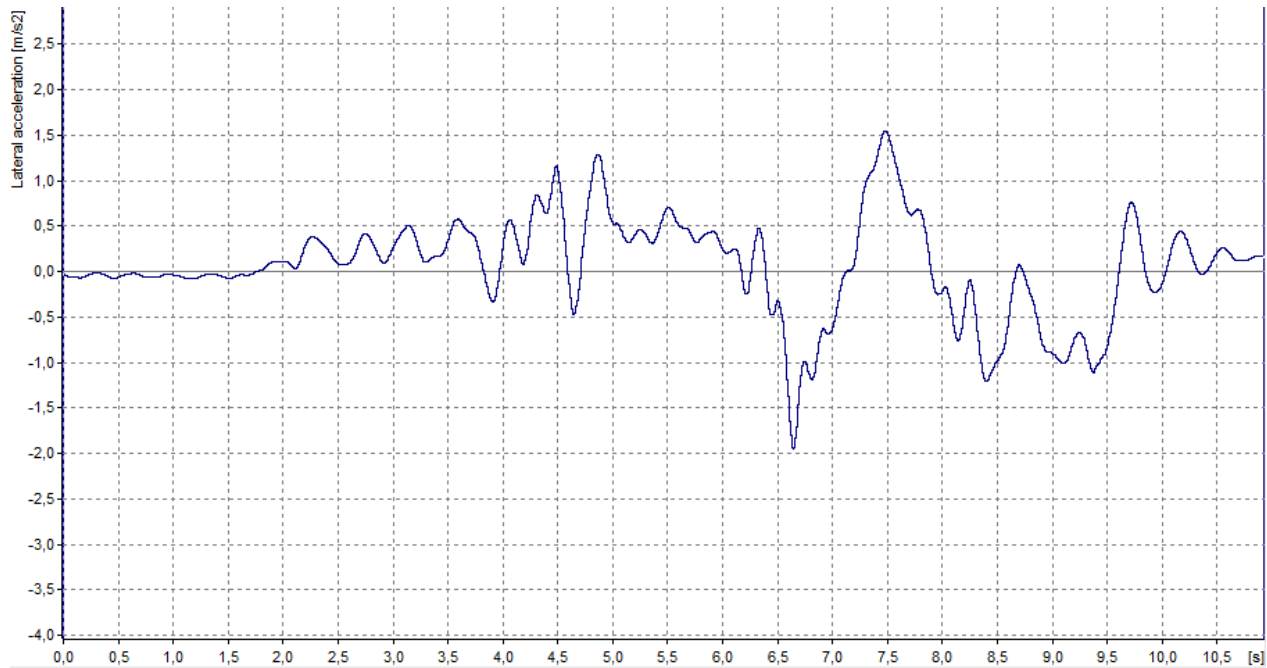
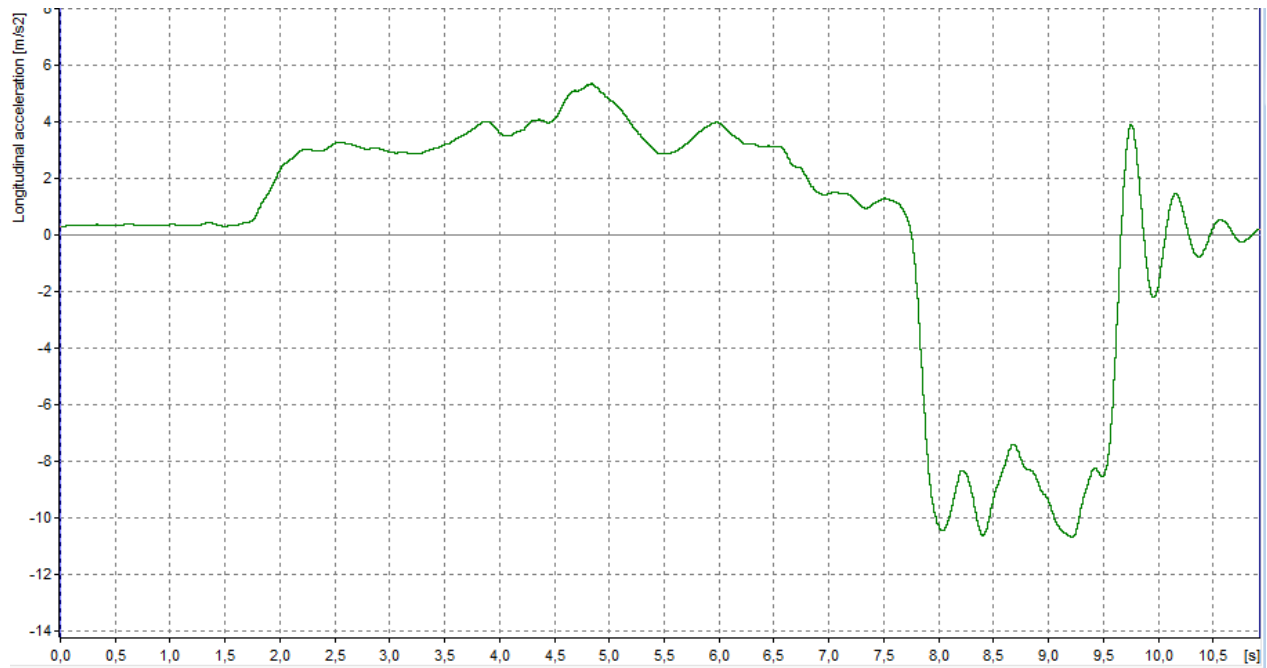
Prilog 21: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 40 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u suhim uvjetima



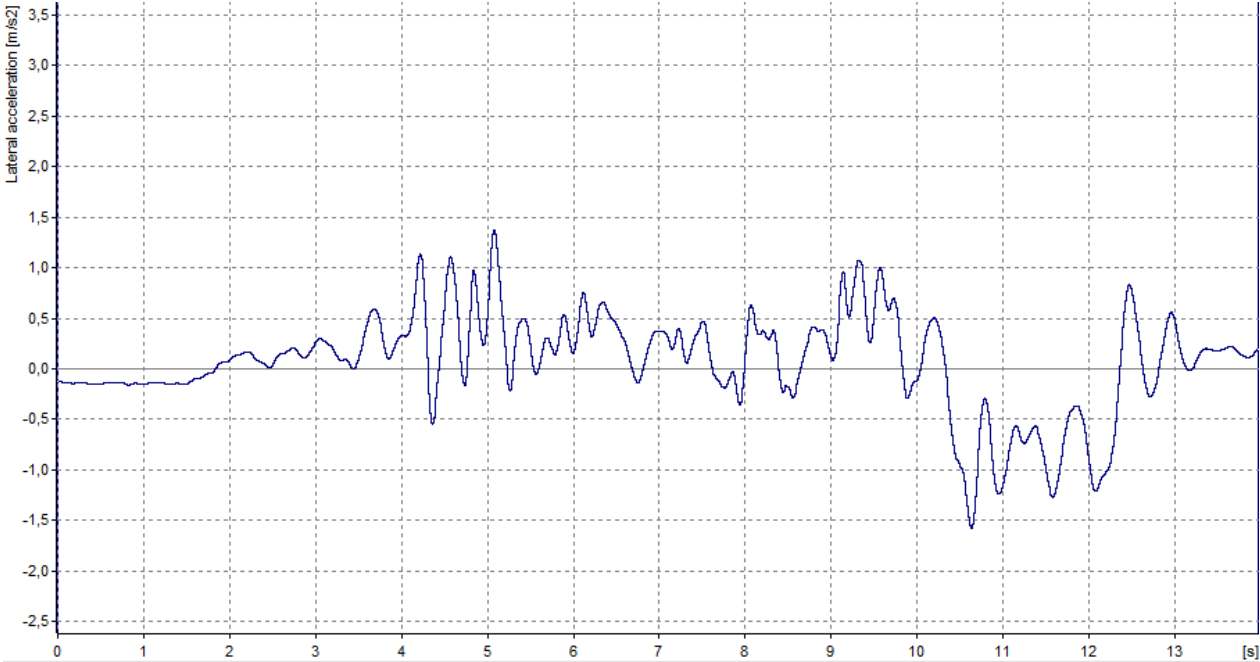
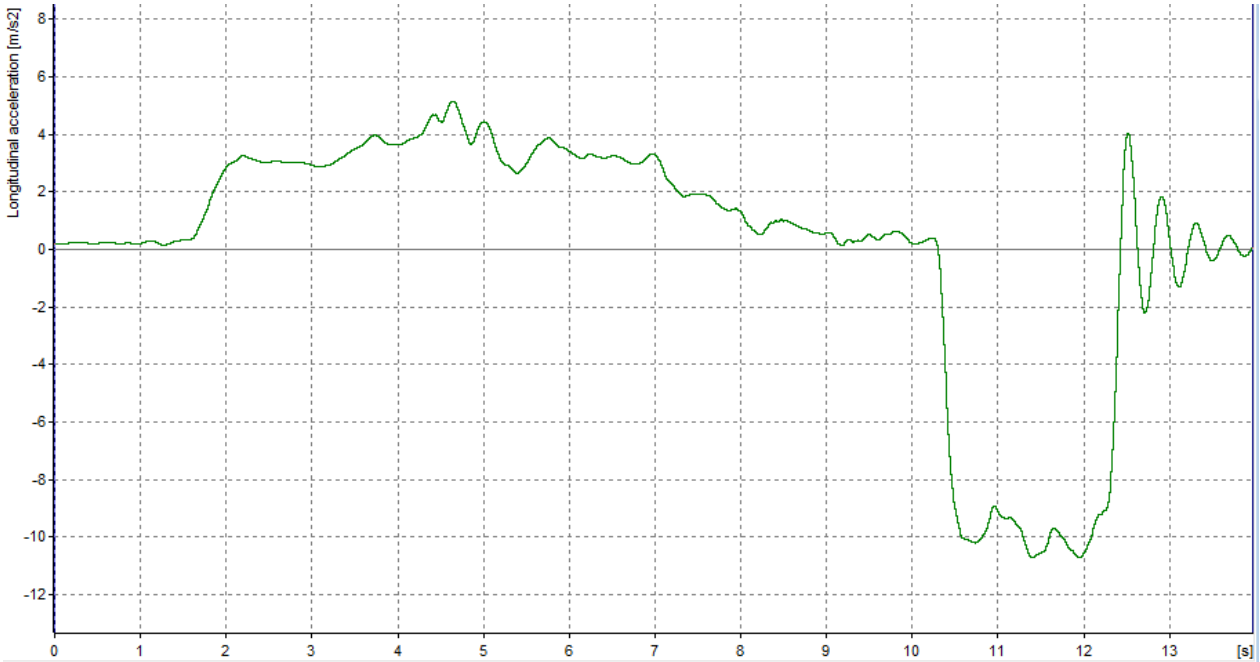
Prilog 22: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 50 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u suhim uvjetima



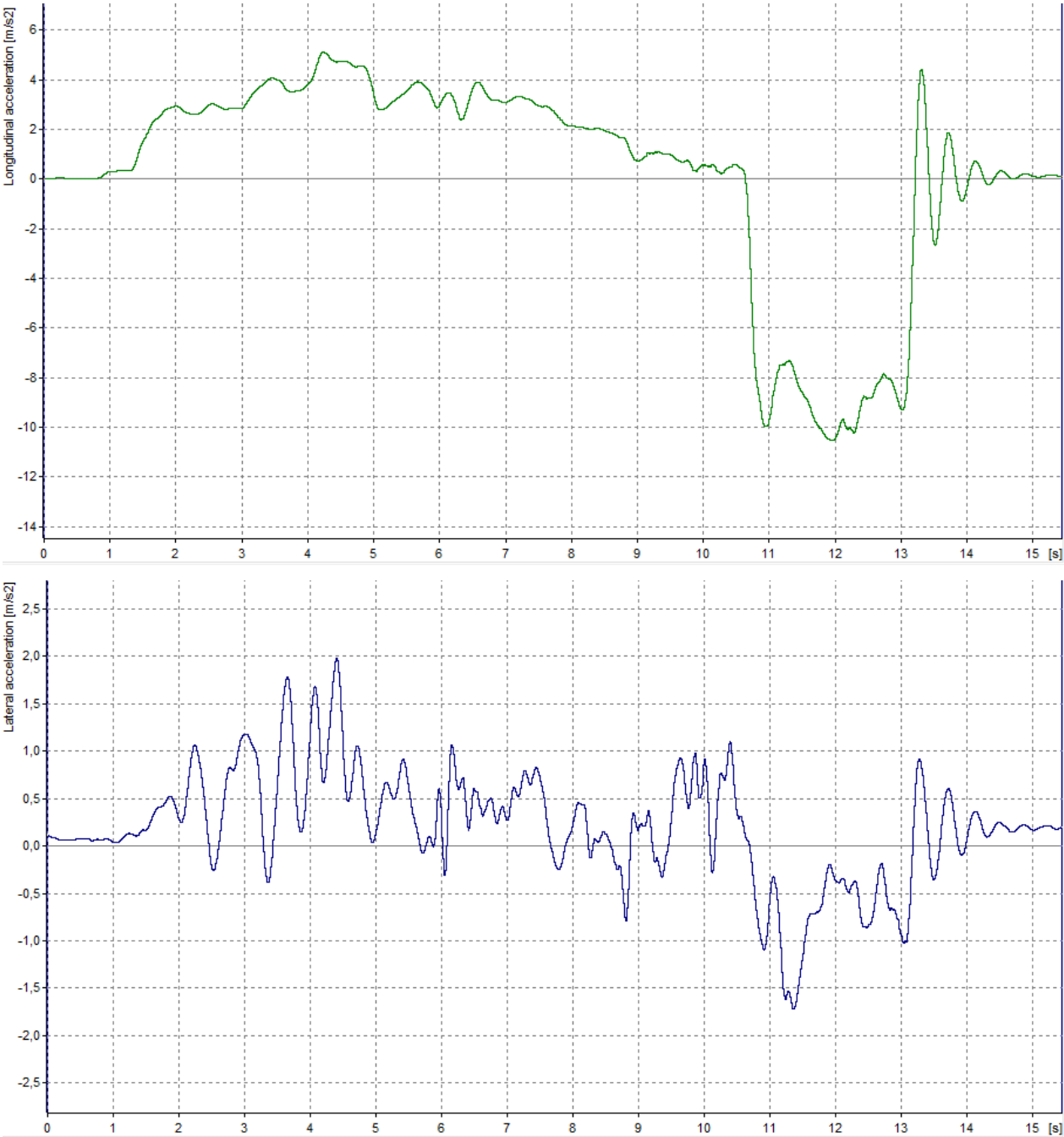
Prilog 23: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 60 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u suhim uvjetima



Prilog 24: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 70 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u suhim uvjetima



Prilog 25: Grafički prikazi promjene longitudinalne i lateralne akceleracije pri brzini od 80 km/h na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi u suhim uvjetima



ISPITNI OBRAZAC - OTPORNOST NA KLIZANJE

Uređaj: _____

Lokacija ispitivanja: _____ Datum ispitivanja: _____

Ispitivanje vodio/-la: _____

Oznaka ispitivanja:	<input style="width: 80%;" type="text"/>	Cesta: _____	Dionica: _____	Stacionaža: _____		
Napomena: _____						
Vrijeme ispitivanja: _____		Vrsta površine: _____				
Temperatura mokre površine	<input style="width: 80%;" type="text"/> °C	Temp. klizača prije ispitivanja	<input style="width: 80%;" type="text"/> °C			
		Temp. klizača nakon ispitivanja	<input style="width: 80%;" type="text"/> °C			
R. br. zamaha	1	2	3	4	5	Prosječna vrijednost
Vrijednost						

Oznaka ispitivanja:	<input style="width: 80%;" type="text"/>	Cesta: _____	Dionica: _____	Stacionaža: _____		
Napomena: _____						
Vrijeme ispitivanja: _____		Vrsta površine: _____				
Temperatura mokre površine	<input style="width: 80%;" type="text"/> °C	Temp. klizača prije ispitivanja	<input style="width: 80%;" type="text"/> °C			
		Temp. klizača nakon ispitivanja	<input style="width: 80%;" type="text"/> °C			
R. br. zamaha	1	2	3	4	5	Prosječna vrijednost
Vrijednost						

Oznaka ispitivanja:	<input style="width: 80%;" type="text"/>	Cesta: _____	Dionica: _____	Stacionaža: _____		
Napomena: _____						
Vrijeme ispitivanja: _____		Vrsta površine: _____				
Temperatura mokre površine	<input style="width: 80%;" type="text"/> °C	Temp. klizača prije ispitivanja	<input style="width: 80%;" type="text"/> °C			
		Temp. klizača nakon ispitivanja	<input style="width: 80%;" type="text"/> °C			
R. br. zamaha	1	2	3	4	5	Prosječna vrijednost
Vrijednost						

Gabrijela Ivanjko
Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu
Smjer Promet: Cestovni promet
Druga (2.) godina diplomskog studija
Kolodvorska 6, 10430 Samobor, Republika Hrvatska

I Z J A V A

Kojom ja, Gabrijela Ivanjko, studentica druge (2.) godine diplomskog studija, studijski program Promet, smjer cestovni promet potvrđujem da u trenutku prijave rada za Rektorovu nagradu nisam diplomirala.

Također izjavljujem da sam prijavila i izrađujem diplomski rad pod naslovom „Primjena protukliznih cestovnih podloga za povećanje sigurnosti cestovnog prometa“. Za mentora je imenovan: doc. dr. sc. tech. Dario Babić.

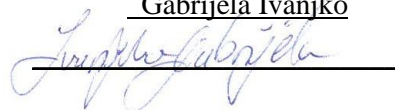
Ova Izjava se daje kao privitak prijavi rada za Rektorovu nagradu.

Mjesto i datum izjave:

Zagreb, 29.07.2024.

Podnositelj izjave:

Gabrijela Ivanjko

Handwritten signature of Gabrijela Ivanjko in blue ink, written over a horizontal line.