

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Prometna smer

Kandidatka:

Katja Golob Šantić

Analiza trendov varnosti na nivojskih prehodih ceste z železnico

Diplomska naloga št.: 3172

Mentor:
prof. dr. Bogdan Zgonc

Somentor:
asist. Darja Šemrov

Ljubljana, 27. 6. 2011

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Katja Golob Šantić izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Analiza trendov varnosti na nivojskih prehodih ceste z železnico«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana,

Katja Golob Šantić

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji prometne smeri UL, FGG:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 625.1/.5(043.2)
Avtor: Katja Golob Šantič
Mentor: prof. dr. Bogdan Zgonc, univ. dipl. inž. grad.
Somentor: asist. Darja Šemrov, univ. dipl. inž. grad.
Naslov: Analiza trendov varnosti na nivojskih prehodih ceste z železnico
Obseg in oprema: 75 str., 45 pregl., 12 sl., 14 graf., 30 en., 1 pril.
Ključne besede: nivojski prehodi, statistična analiza, varnost, železniška mreža, prometne nesreče

Izvleček

Nivojski prehodi ceste z železnico pomenijo v prometno varnostnem pogledu šibko točko. Problematika je aktualna predvsem zaradi zelo velikega števila takšnih prehodov na slovenski železniški mreži. Modernizacija oz. nadgradnja obstoječega stanja se sicer vrši dokaj hitro, vendar kljub temu ostaja velik del nivojskih prehodov še vedno le pasivno zavarovanih z »Andrejevim križem«, nizka prometna kultura udeležencev v cestnem prometu pa ogrozi varnost tudi na nivojskih prehodih zavarovanih z avtomatskimi napravami.

S pomočjo baze podatkov o prometnih nesrečah za obdobje od 1988 do 2004 in vrednostih posameznih gradbenih, prometno varnostnih in statističnih parametrov, ki prikazujejo stanje na nivojskih prehodih v letu 2004, je narejena statistična analiza, s katero je prikazan vpliv posameznih parametrov na varnost na nivojskih prehodih.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 625.1/.5(043.2)
Author: Katja Golob Šantić
Supervisor: Prof. Bogdan Zgonc, Ph.D., C.E.
Cosupervisor: Assist. Darja Šemrov, C.E.
Title: Level crossings safety trends analysis
Scope and tools: 75 p., 45 tab., 12 fig., 14 graph., 30 eq., 1 ann.
Keywords: level crossings, statistical analysis, safety, railway network, traffic accidents

Abstract

Level crossings represent a weak point in terms of traffic safety. The problem is even more present because of a very large number of such crossings on the Slovenian railway network. Although modernization and upgrading has been substantial in recent years, a large part of level crossings are still only passively protected with “St. Andrew’s cross”. At level crossings protected by automatic devices, the safety is still endangered because of the low traffic culture of the road traffic users.

Using a database of traffic accidents for the period from 1988 to 2004 and values of specific civil engineering, traffic safety and statistical parameters, which show existing state on level crossings in 2004, a statistical analysis was made, which shows the influence of individual parameter on the safety at level crossings.

ZAHVALA

Za strokovno pomoč in vzpodbudo pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju prof. dr. Bogdanu Zgoncu in somentorici asist. Darji Šemrov.

Za strokovno pomoč se zahvaljujem tudi prof. dr. Goranu Turku.

Hvala staršem, ki so mi vsa ta leta stali ob strani, me vzpodbujali in verjeli vame.

Hvala možu Marku in hčerki Leoni, ker mi brez njiju ne bi uspelo.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
1.1	Namen in cilj naloge.....	5
2	NIVOJSKO KRIŽANJE CESTE IN ŽELEZNIŠKE PROGE.....	6
2.1	Gradbene karakteristike križanja.....	6
2.2	Območje (cona) prehoda.....	7
2.2.1	Dolžina poti ustavljanja cestnega vozila.....	8
2.2.2	Dolžina najdaljšega cestnega vozila glede na kategorijo ceste.....	8
2.2.3	Dolžina nivojskega prehoda.....	9
2.3	Tipi nivojskih prehodov.....	11
2.3.1	Nivojski prehodi z makadamskim cestiščem.....	11
2.3.2	Nivojski prehod iz lesenih pragov.....	12
2.3.3	Nivojski prehodi z asfaltnim voziščem.....	12
2.3.4	Nivojski prehodi z voziščem iz gumi plošč.....	13
2.4	Zavarovanje nivojskih prehodov.....	15
2.4.1	Pasivno zavarovani nivojski prehodi.....	15
2.4.2	Zavarovani nivojski prehodi.....	17
2.4.2.1	Cestni signal.....	18
2.4.2.2	(Pol)zapornice.....	19
2.4.2.3	Zaporno bruno.....	21
2.4.3	Kontrola avtomatskih naprav.....	22
2.4.3.1	Nivojski prehodi na postajnem območju.....	22
2.4.3.2	Nivojski prehodi na odprti progi.....	22
2.4.3.3	Kontrolni signal.....	23
2.4.3.4	Daljinska kontrola.....	25
2.4.3.5	Mehanske zapornice (ročno vključevanje in izključevanje zavarovanja NPr).....	25
3	STATISTIČNA ANALIZA PODATKOV.....	26
3.1	Orodja za analizo podatkov.....	27
3.1.1	Opisna statistika.....	27
3.1.2	Regresija.....	28

3.1.2.1	Linearna regresija	28
3.1.2.2	Nelinearna regresija	30
3.1.3	Analiza variance za eno neodvisno spremenljivko	31
3.1.4	Tukeyev test	34
3.1.5	Test T	36
3.2	Rezultati statistične analize podatkov	38
3.2.1	Numerični opis podatkov	38
3.2.2	Grafični prikaz absolutne in relativne frekvence podatkov	38
3.2.2.1	Lega NPr	38
3.2.2.2	Posledice nesreč	39
3.2.2.3	Kategorija proge	40
3.2.2.4	Kategorija ceste	41
3.2.2.5	Obstoječe zavarovanje	42
3.2.2.6	Kontrola avtomatskih naprav	42
3.2.2.7	Število tirov	43
3.2.2.8	Tip voziščne konstrukcije	44
3.2.2.9	PLDP vlakov	45
3.2.2.10	PLDP cestnih motornih vozil	45
4	ANALIZA ODVISNOSTI ŠTEVILA NESREČ NA NIVOJSKIH PREHODIH OD POSAMEZNIH PARAMETROV, KI NIVOJSKE PREHODE DOLOČAJO	47
4.1	Preverjanje odvisnosti števila nesreč od gostote cestnega in železniškega prometa na NPr	48
4.2	Analize odvisnosti preverjene s testom T	49
4.2.1	Kategorija proge	50
4.2.2	Lega nivojskega prehoda	51
4.3	Analize odvisnosti preverjene z linearno regresijo	51
4.3.1	Leto nesreče	51
4.3.2	Število tirov	53
4.3.3	Maksimalna hitrost vlaka	56
4.3.4	Kot križanja ceste in železnice	57
4.4	Analize odvisnosti preverjene z analizo variance in Tukeyevim testom	58
4.4.1	Kategorija ceste	59
4.4.2	Vrsta voziščne konstrukcije na nivojskem prehodu	62

4.4.3	Vrsta zavarovanja nivojskega prehoda	63
4.4.4	Kontrola avtomatskih naprav	64
4.4.5	Progovni odsek na železniški progi	65
4.5	Povzetek analize	67
5	SKLEPI.....	69
	VIRI.....	73
	KAZALO PRILOG.....	75

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Prikaz prednosti posameznih tipov NPR	14
Preglednica 2: Prikaz pomanjkljivosti posameznih tipov NPR	15
Preglednica 3: Prikaz kombinacij načina zavarovanj	22
Preglednica 4: Podatki za izračun regresije	29
Preglednica 5: Prikaz rezultatov linearne regresije v programskem orodju Excel	30
Preglednica 6: Označitev statistično značilno različnih parov razredov	35
Preglednica 7: Označitev množic parov razredov, ki niso statistično značilno različni	35
Preglednica 8: Pobarvanje množic in podmnožic skupin parov razredov, ki niso statistično značilno različni	35
Preglednica 9: Numerični opis podatkov	38
Preglednica 10: Pomen kratic lege NPR	39
Preglednica 11: Pomen kratic kategorije proge	40
Preglednica 12: Pomen kratic kategorij ceste	41
Preglednica 13: Pomen kratic vrste zavarovanja	42
Preglednica 14: Pomen kratic kontrole avtomatskih naprav	43
Preglednica 15: Pomen kratic vrste voziščne konstrukcije	45
Preglednica 16: Rezultati testa T za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR od PLDP vlakov	48
Preglednica 17: Rezultati analize variance za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR od PLDP cestnih motornih vozil	49
Preglednica 18: Prikaz rezultatov Tukeyevega testa – PLDP cestnih motornih vozil	49
Preglednica 19: Rezultati testa T za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR od kategorije proge	50
Preglednica 20: Rezultati testa T za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR in promet od kategorije proge	50
Preglednica 21: Rezultati testa T za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR od lege NPR	51
Preglednica 22: Rezultati testa T za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR in promet od lege NPR	51
Preglednica 23: Rezultati linearne regresije za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR od leta nesreč	52
Preglednica 24: Rezultati linearne regresije za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR in promet od leta	53
Preglednica 25: Rezultati linearne regresije za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR od števila tirov	54

Preglednica 26: Rezultati linearne regresije za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr in promet od števila tirov.....	55
Preglednica 27: Rezultati linearne regresije za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od maksimalne hitrosti vlaka.....	56
Preglednica 28: Rezultati linearne regresije za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr in promet od maksimalne hitrosti vlaka.....	57
Preglednica 29: Rezultati linearne regresije za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od kota križanja	58
Preglednica 30: Rezultati linearne regresije za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr in promet od kota križanja	58
Preglednica 31: Tabela ANOVA za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od kategorije ceste	59
Preglednica 32: Prikaz Tukeyevega testa - kategorija ceste brez upoštevanja prometa.....	60
Preglednica 33: Preglednica ANOVA za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr in promet od kategorije ceste.....	61
Preglednica 34: Prikaz Tukeyevega testa - kategorija ceste z upoštevanjem prometa.....	61
Preglednica 35: Preglednica ANOVA za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od vrste voziščne konstrukcije.....	62
Preglednica 36: Rezultati Tukeyevega testa - vrsta voziščne konstrukcije brez upoštevanja prometa .	62
Preglednica 37: Preglednica ANOVA za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr in promet od vrste voziščne konstrukcije.	63
Preglednica 38: Preglednica ANOVA za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od vrste zavarovanja na NPr.....	63
Preglednica 39: Rezultati Tukeyevega testa - vrsta zavarovanja brez upoštevanja prometa.....	63
Preglednica 40: Preglednica ANOVA za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr in promet od vrste zavarovanja.....	64
Preglednica 41: Preglednica ANOVA za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od kontrole AN.....	64
Preglednica 42: Rezultati Tukeyevega testa - kontrola AN brez upoštevanja prometa	65
Preglednica 43: Preglednica ANOVA za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr in promet od kontrole AN.....	65
Preglednica 44: Preglednica ANOVA za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr in železniški promet od progovnih odsekov.	66
Preglednica 45: Povzetek rezultatov analize	67

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc lege NPR	39
Grafikon 2: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc posledic nesreč.....	40
Grafikon 3: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc kategorij proge.....	40
Grafikon 4: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc različnih kategorij ceste	41
Grafikon 5: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc različnih obstoječih zavarovanj	42
Grafikon 6: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc različnih kontrol AN.....	43
Grafikon 7: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc števila tirov	44
Grafikon 8: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc tipa voziščne konstrukcije.....	44
Grafikon 9: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc PLDP vlakov.....	45
Grafikon 10: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc PLDP cestnih vozil	46
Grafikon 11: Razsevni diagram, ki prikazuje padanje normiranega števila nesreč na NPR v časovnem obdobju od 1988 do 2004	52
Grafikon 12: Grafični prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR od števila tirov	54
Grafikon 13: Grafični prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR in promet od števila tirov	55
Grafikon 14: Grafični prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR od maksimalne hitrosti vlakov	56

KAZALO SLIK

Slika 1: Nivojski prehod znotraj postajnega odseka in na odprti progi	6
Slika 2: NPr z makedamskim cestiščem	11
Slika 3: NPr tlakovan z lesenimi pragovi	12
Slika 4: Asfaltno vozišče	13
Slika 5: Gumi potni prehod	13
Slika 6: Prometni znak »Andrejev križ«	16
Slika 7: Položaj vklopnega in izklopnega mesta	18
Slika 8: Cestni signal (v kombinaciji z Andrejevim križem)	19
Slika 9: Avtomatska naprava s polzapornicami	20
Slika 10: Zapornica	20
Slika 11: Deljene zapornice	21
Slika 12: Vklopno in izklopno mesto pri kontroli avtomatskih naprav s kontrolnimi signali	24

OKRAJŠAVE

AK	Pasivno zavarovan NPr označen s cestnim prometnim znakom "Andrejev križ"
AN	Avtomatske naprave
ANPr-CSZ NPr	Zavarovan z avtomatskimi napravami s cestnimi signali
ANPr-PZ NPr	Zavarovan z avtomatskimi napravami s cestnimi signali in polzapornicami
ANPr-ZAP NPr	Zavarovan z avtomatskimi napravami s cestnimi signali in zapornicami
ANPr-4PZ	NPr zavarovan z avtomatskimi napravami s cestnimi signali in deljenimi zapornicami
Asfalt	Asfaltno vozišče
Beton	Betonsko vozišče
DK	Daljinska kontrola
DKPo	Daljinska kontrola postajna odvisnost
DOST.P.	Dostavna pot
EZ+CSZ NPr	Zavarovan z elektro zapornicami in s cestnimi signali
G	Glavne proge
G1	Glavna cesta I. reda
G2	Glavna cesta II. reda
GOZD.P.	Gozdna pot
Guma	Vozišče na območju NPr iz gumi plošč
IND.C.	Industrijska cesta
JAV.P.	Javna pot
JP	Kategorizirana javna pot
KRAJ.C.	Nekategorizirana krajevna cesta
KS	Krajevni signal
LC	Lokalna cesta
Les	Vozišče na območju NPr izvedeno iz lesenih pragov
LG	Glavna mestna cesta
LK	Krajevna cesta
LOK.C.	Nekategorizirana lokalna cesta
LZ	Zbirna krajevna cesta
Makadam	Makadamsko vozišče
MEST.C.	Nekategorizirana mestna cesta
MZ	Mehanske zapornice
MZ-E	Mehanske električne zapornice
MZ-PZ NPr	Zavarovan z mehanskimi polzapornicami
MZ-ZAP NPr	Zavarovan z mehanskimi zapornicami

Nek.JAV.P	Nekategorizirana javna pot
NPr	Nivojski prehod
OP	NPr na odprti progi
PO	NPr na postajnem območju med uvoznima kretnicama
Po	Postajna odvisnost
R	Regionalne proge
R1	Regionalna cesta I. reda
R2	Regionalna cesta II. reda
R3	Regionalna cesta III. Reda
ZB	NPr zavarovan z zaporno bruno

1 UVOD

Nivojski prehodi ceste z železnico (v nadaljevanju NPR) pomenijo šibko točko v prometno varnostnem pogledu. Ker je bilo v preteklosti zgrajenih veliko NPR glede na potrebe posameznih uporabnikov cestnega prometa, predvsem za dostop do njihovih nepremičnin, ki pa se danes ne uporabljajo več, ali pa so postali prenevarni zaradi povečanega prometa in nezadostnega zavarovanja, je potrebno veliko takih NPR ukiniti in narediti potrebno cestno navezavo do najbližjega NPR zavarovanega s signalno varnostnimi napravami ali pa NPR ustrezno zavarovati. Seveda je veliko neustrezno zavarovanih tudi tistih, ki so v uporabi in jih je potrebno urediti.

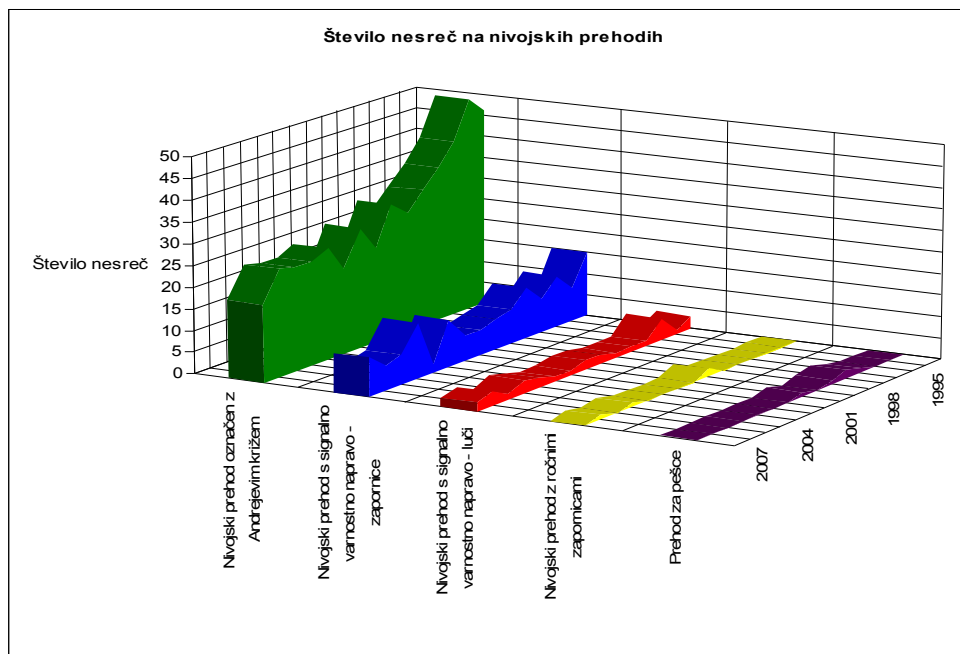
Problematika je zelo aktualna predvsem zaradi velikega števila NPR, kar pa seveda pomeni, da se modernizacija oz. nadgradnja obstoječega stanja ne more vršiti tako hitro kot bi hoteli, da bi čim prej zagotovili potrebno varnost na NPR. Neupoštevanja prometnih pravil in v nekaterih primerih dokaj nizka prometna kultura udeležencev namreč povzročajo prepogoste prometne nesreče, ki imajo posledice tako za posameznike kakor tudi za celotno družbo.

V zadnjih petnajstih letih se je na nivojskih prehodih ceste preko železniške proge zgodilo 618 prometnih nesreč, v katerih je umrlo 137 ljudi. Presenetljiv podatek je, da se je od tega kar 130 prometnih nesreč (to je 21%) zgodilo na NPR s signalno varnostno napravo – zapornice. Ta podatek nam pove kako zelo nizka je kultura udeležencev v cestnem prometu in kako zelo pomembno je ozavestiti ljudi o nevarnosti tako na NPR, kot tudi v cestnem prometu na splošno.

Zaradi tega poteka tudi preventivna akcija »Stop! Prednost ima življenje«, ki je namenjena povečanju prometne varnosti na NPR. Seveda pa je v prvi vrsti pomembno, da se udeleženci v cestnem prometu sami zavedajo pomembnosti spoštovanja prometne signalizacije, ki označuje NPR in pravil, ki na teh mestih veljajo.

Pregled prometnih nesreč na nivojskih prehodih ceste preko železniške proge (*Vir: www.mzp.gov.si, 12.11.2010*)

Prometne nesreče							Posledice	
Leto	Nivojski prehod s signalno varnostno napravo - zapornice	Nivojski prehod s signalno varnostno napravo - luči	Nivojski prehod z ročnimi zapornicami	Nivojski prehod s označen z Andrejevim križem	Prehod za pešce	Skupaj	Mrtvi	Telesno pošk.
1995	15	3	0	46	0	64	15	24
1996	8	1	0	50	0	59	11	28
1997	12	5	0	41	0	58	12	17
1998	8	1	0	36	1	46	13	19
1999	12	1	0	32	2	47	17	42
2000	8	1	0	28	1	38	5	19
2001	7	2	2	31	0	42	16	13
2002	6	2	0	22	1	31	5	11
2003	6	1	0	28	0	35	5	7
2004	11	1	0	20	0	32	4	6
2005	2	2	0	26	0	30	4	15
2006	13	3	1	24	0	41	9	9
2007	7	1	0	24	0	32	10	20
2008	6	3	1	25	0	34	4	20
2009	9	2	0	18	0	29	7	11
SKUPAJ	130	29	4	451	5	618	137	261

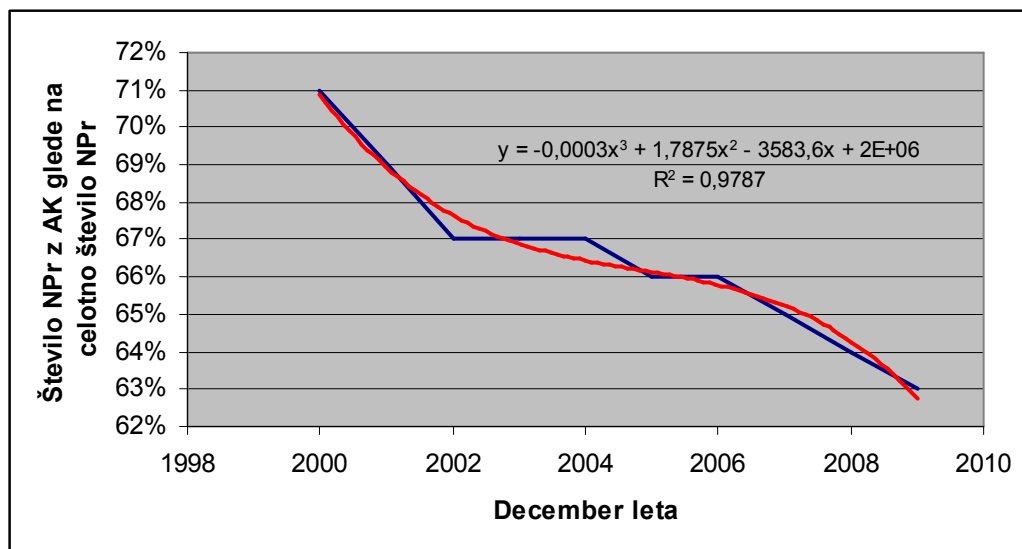


Grafični prikaz števila nesreč v odvisnosti od vrste zavarovanja NPR v obdobju od leta 1995 do leta 2009 (Vir: www.mzp.gov.si, 12.11.2010)

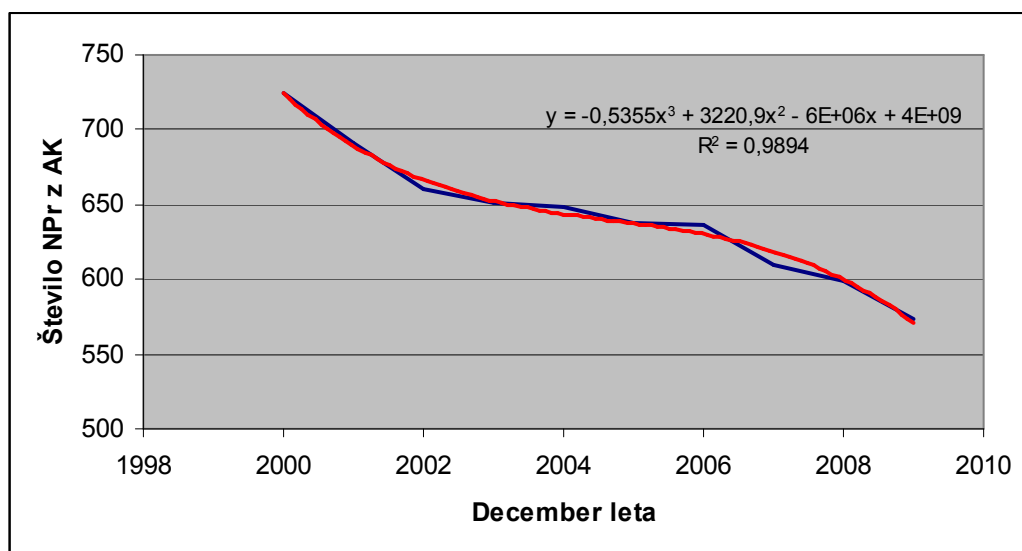
Iz grafa je razvidno, da se število nesreč na NPR zavarovanih z Andrejevim križem, oziroma pasivno zavarovanih NPR, postopno zmanjšuje. Eden od razlogov za to je sigurno postopno nameščanje signalno varnostnih naprav (luči, zapornice) oz. ukinjanje NPR in s tem letno zmanjševanje števila NPR zavarovanih z Andrejevim križem (v letu 2009 se je to število zmanjšalo za 1,72%, Vir: www.mzp.gov.si), drugi pa verjetno tudi vse večja previdnost uporabnikov cestnega prometa.

Decembar leta	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Št. NPR	1018	1006	988	976	974	972	966	944	932	913
število NPR z AK	725	691	661	651	648	638	637	610	599	573
% NPR z AK	71%	69%	67%	67%	67%	66%	66%	65%	64%	63%

Zmanjševanje števila NPR pasivno zavarovanih z »Andrejevim križem« od leta 2000 do 2009 (Vir: mzp.gov.si, 22.04.2011)



Grafični prikaz zmanjševanja pasivno zavarovanih NPr, glede na celotno število NPr (Vir: *mzp.gov.si*, 22.04.2011)



Grafični prikaz zmanjševanja števila pasivno zavarovanih NPr (Vir: *mzp.gov.si*, 22.04.2011)

Eden od načinov kako izboljšati varnost na NPr je torej zmanjšanje št. nivojskih prehodov označenih le z Andrejevim križem, kar pomeni ukinitvev le teh in navezava na druge NPr, varovane s signalnimi varnostnimi napravami, oz. nemestitev teh naprav na nezavarovan NPr ali izgradnja izvennivojskih križanj.

V preteklosti je bila dinamika zmanjševanja pasivno zavarovanih NPr takšna kot prikazujeta preglednica in pripadajoča grafikona (Grafikon 2 in Grafikon 3). Krivulja, ki se najbolj prilega podatkom je polinom tretje stopnje, kar pomeni, da je bila dinamika nadgradnje NPr v obdobju od

2003 do 2006, sicer pozitivna, vendar malo upočasnjena, v zadnjih letih pa je bila nadgradnja spet bolj pospešena.

Slovenske železnice so v svoj Strateški načrt do leta 2015 vključile med drugim zmanjšanje števila prehodov in števila pasivno zavarovanih nivojskih prehodov po 10 do 15 vsako leto, kar pomeni, da se bo število NPr še naprej zmanjševalo, kar bo posledično pomenilo izboljševanje varnosti na NPr. (Vir: mzp.gov.si, 22.04.2011)

1.1 Namen in cilj naloge

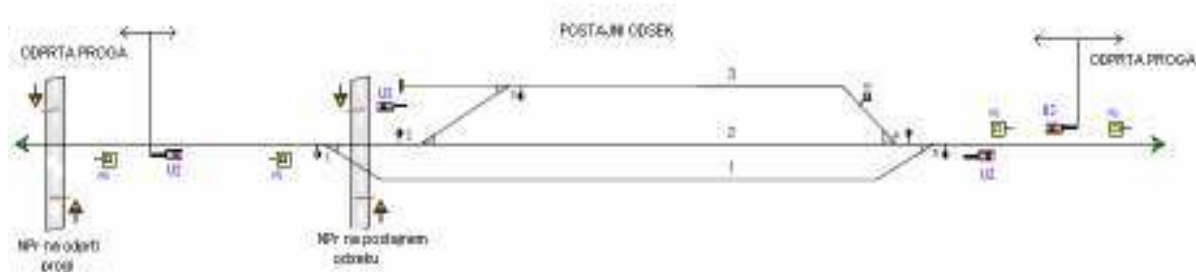
Namen in cilj te naloge je, v odvisnosti od že znanih podatkov o gradbenih in geometrijskih karakteristikah NPr, številu in vrsti nesreč na NPr, kategorijah cest, vrstah zavarovanja ter količini prometa skozi NPr, določiti ali te karakteristike vplivajo na število nesreč na NPr in če vplivajo, kakšen je njihov vpliv.

Ker pa je, kot je že omenjeno, presenetljivo veliko nesreč tudi na NPr, zavarovanih s signalno varnostnimi napravami, je drugi cilj te naloge podati predloge za izboljšanje varnosti na teh NPr.

2 NIVOJSKO KRIŽANJE CESTE IN ŽELEZNIŠKE PROGE

»NPr je križanje železniške proge in javne ali nekategorizirane ceste (v nadaljevanju ceste), ki je dana v uporabo za cestni promet v istem nivoju, ki ne vključuje dostopov na perone in službenih prehodov. V gradbenem smislu je NPr prostor na celotni širini cestišča preko proge v razdalji 3 m od osi skrajnih tirov.« (Uradni list RS, št. 85/2008, Pravilnik o nivojskih prehodih).

NPr, ki so obravnavani, so znotraj postajnega območja, ali na odprti progi. Postajno območje je omejeno z uvoznima signaloma iste postaje, odprta proga pa je območje med uvoznima signaloma dveh sosednjih postaj. Po Zakonu o varnosti v železniškem prometu, uradno prečiščeno besedilo (ZVZelP-UPB1), Uradni list RS, št. 36/2010, NPr na postajnem območju niso dovoljeni.



Slika 1: Nivojski prehod znotraj postajnega odseka in na odprti progi

Poleg tega, je lahko NPr na območju glavnih in regionalnih prog. Glavne proge na slovenskem območju so proge, ki so del vseevropskega železniškega sistema za konvencionalne hitrosti.

Vseevropski železniški sistem za konvencionalne hitrosti je del vseevropskega železniškega sistema, ki vsebuje še vseevropski železniški sistem za visoke hitrosti. Sistema sta določena v Prilogi I, Direktive 2008/57/ES. Te proge so Dobova – Ljubljana, Ljubljana – Jesenice, Zidani Most – Šentilj, Pragersko – Središče, Ormož – Murska Sobota – Hodoš, Pivka – Ilirska Bistrica, Ljubljana – Sežana in Divača – Koper. Vse ostale, ki niso navedene kot glavne proge, so regionalne.

Proga na NPr je lahko enotirna ali večtirna. Več kot je tirov, daljši je čas prečkanja prehoda cestnega motornega vozila, saj se podaljša cona prehoda. Na slovenski železniški mreži so NPr na enotirnih, dvotirnih, trotirnih ali štiritirnih progah. Na treh mestih, gre cesta tudi preko industrijskih tirov.

2.1 Gradbene karakteristike križanja

Gradbene karakteristike vozišča ceste na NPr morajo biti usklajene s pravili projektiranja cest v smislu niveletnega poteka cest. Poleg tega mora biti cestišče na NPr 3 m pred prvo in 3 m za zadnjo tirnico, v nivoju zgornjega roba tirnic vseh tirov.

Na dolžini najmanj 20 m od NPr, cesta ne sme biti v vzdolžnem nagibu več kot 3,5%.

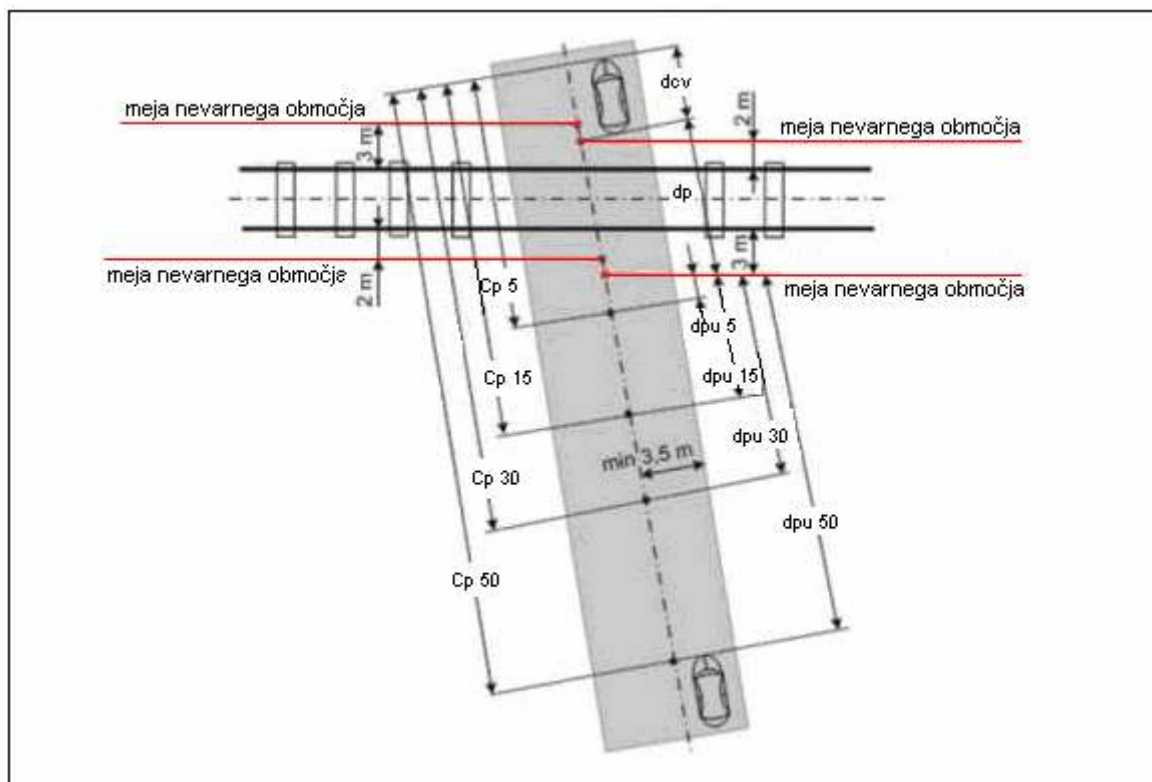
Dimenzije horizontalnih elementov osi ceste v območju nivojskega prehoda železniške proge se morajo prilagoditi vzdolžnemu in prečnemu nagibu zgornjega roba tirnic.

Na nezavarovanih NPr morajo biti križanja čim bližje pravemu kotu, pri čemer kot ne sme biti manjši od 75°, medtem ko je na zavarovanih NPr križanje ceste z železniško progo dopustno pod kotom večjim ali enakim 75° in izjemoma pod kotom večjim ali enakim 45°.

Širina cestišča na NPr je odvisna od kategorije ceste, vendar ne sme biti manjša od 3 m. Širina cestišča na NPr mora biti enaka širini cestišča pred NPr in za njim v dolžini najmanj 20 m.

2.2 Območje (cona) prehoda

Cona prehoda (C_p) je območje na cesti od mesta, kjer mora voznik cestnega vozila pričeti zavirati, da bi se vozilo varno zaustavilo pred signalno varnostnimi napravami oz. prometnimi znaki, do mesta, kjer najdaljše cestno vozilo s čelom prevozi območje prehoda tako, da s svojim zadnjim, najbolj izpostavljenim delom zapusti mejo nevarnega območja ali linijo (pol)zapornic na strani oddaljevanja od NPr.



Cona prehoda (Vir: Pravilnik o nivojskih prehodih)

Cona prehoda je vsota dolžine poti ustavljanja cestnega vozila (d_{pu}), dolžine najdaljšega cestnega vozila glede na kategorijo ceste (d_{cv}) in dolžine NPr (d_p).

$$C_p = d_{pu} + d_{cv} + d_p \text{ [m]} \quad (2.1)$$

2.2.1 Dolžina poti ustavljanja cestnega vozila

Dolžina poti ustavljanja cestnega vozila je določena glede na hitrost cestnih vozil. Vrednosti za posamezne hitrosti so prikazane v spodnji preglednici.

Dolžina poti ustavljanja cestnega vozila glede na hitrost cestnih vozil (*Vir: Pravilnik o nivojskih prehodih, Uradni list RS, št. 85/2008*)

Hitrost cestnih vozil [km/h]	Dolžina poti ustavljanja(d_{pu}) [m]
50	41
30	22
15	10
5	5

2.2.2 Dolžina najdaljšega cestnega vozila glede na kategorijo ceste

V Sloveniji se ceste delijo na državne in občinske ceste. V skupino državnih cest se uvrščajo avtoceste, hitre ceste, glavne ceste in regionalne ceste, med občinske ceste pa spadajo lokalne ceste in javne poti.

Spodnja tabela prikazuje dolžine vozil glede na razred vozila.

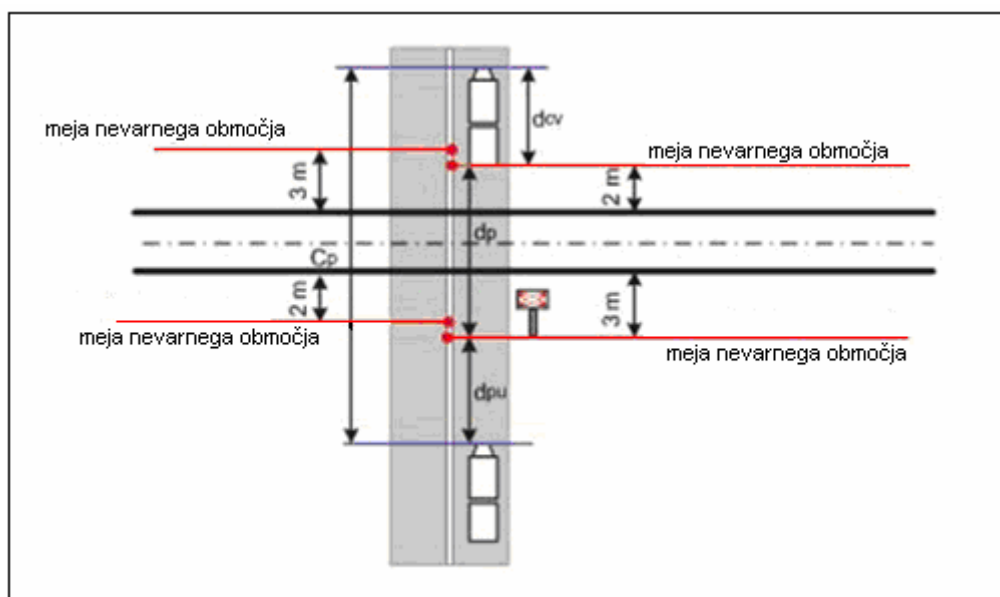
Dolžine vozil glede na razred vozila (*Vir: Juvanc A., 2005, Temeljni pogoji za določanje cestnih elementov, str.11, 13*)

RAZRED VOZILA	DOLŽINA [m]
Osebno vozilo	4,7
Manjše tovorno vozilo	6,0
Dvoosno tovorno vozilo	8,5
Triosno tovorno vozilo	10,0
Polpriklopno vozilo	16,5
Kombinirano vozilo	5,0
avtobusi	11,0 – 18,0

2.2.3 Dolžina nivojskega prehoda

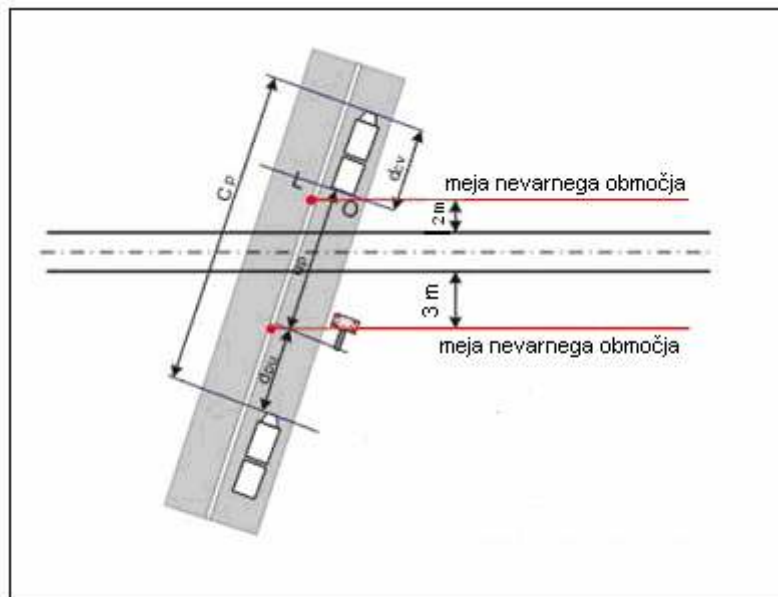
Dolžine NPr so določene glede na kot križanja ceste in železniške proge. Na ta način se določi dolžina prehoda pri pravokotnem, ostrokotnem in topokotnem križanju.

Dolžina NPr je pri pravokotnem križanju določena kot razdalja med navidezno linijo prometnega znaka »Andrejev križ« ali cestnega svetlobnega signala, na strani približevanja NPr in mejo nevarnega območja oziroma zapornicami na strani oddaljevanja.



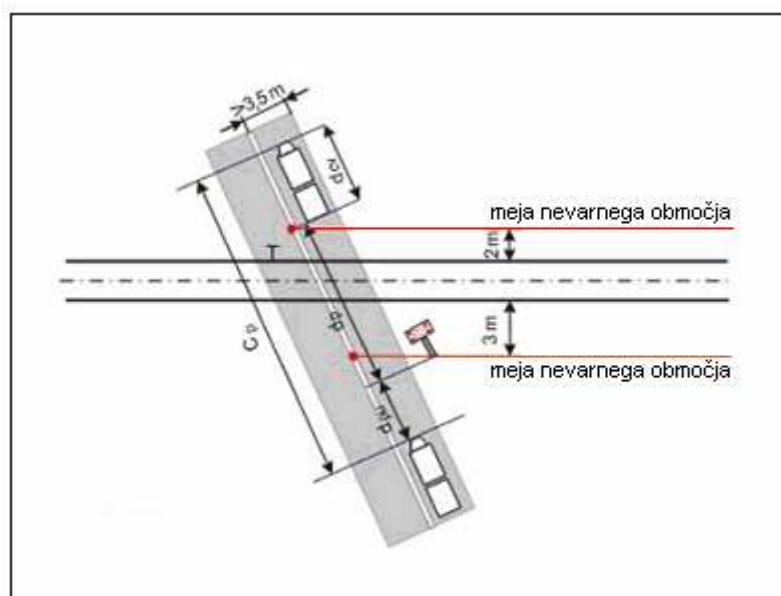
Določina NPr pri nezavarovanem NPr, kjer je križanje pravokotno (*Vir: Pravilnik o nivojskih prehodih, Uradni list RS, št. 85/2008*)

Pri ostrokotnem križanju je dolžina NPr razdalja med navidezno linijo prometnega znaka »Andrejev križ« ali cestnega signala, na strani približevanja NPr in sečiščem med mejo nevarnega območja in desnim robom vozišča, pravokotno na rob ceste, oziroma zapornicami, na strani oddaljevanja.



Dolžina NPr pri nezavarovanem NPr, kjer je križanje ostrokotno (*Vir: Pravilnik o nivojskih prehodih, Uradni list RS, št. 85/2008*)

Dolžina NPr pri topokotnih križanjih je razdalja med navidezno linijo prometnega znaka »Andrejev križ« ali svetlobnega signala, na strani približevanja NPr in navidezno linijo iz sečišča med mejo nevarnega območja in osjo ceste oz. zapornicami na strani oddaljevanja od NPr.



Dolžina NPr pri nezavarovanem NPr, kjer je križanje ostrokotno (*Vir: Pravilnik o nivojskih prehodih, Uradni list RS, št. 85/2008*)

2.3 Tipi nivojskih prehodov

Tipe nivojskih prehodov ločimo glede na uporabljen material voziščne konstrukcije. Na mestu NPr je torej možno izvesti zgornji ustroj na različne načine. Voziščna konstrukcija je lahko makadamska, lahko je sestavljena iz lesenih pragov, tudi v kombinaciji z makadamom, vozišče je lahko asfaltno ali pa tlakovano z betonskimi ali gumi ploščami.

2.3.1 Nivojski prehodi z makadamskim cestiščem

Makadamska voziščna konstrukcija se lahko uporablja le na cestah z manjšim prometom, to so predvsem javne poti. Takšno cestišče je sicer enostavno za vzdrževanje in ima dolgo trajnost, vendar je uporabno le na cestah z zelo majhnim PLDP, saj med vožnjo cestnih vozil zasipni material zapolni žleb, za prevoz kolesa železniškega vozila, poleg tega pa pesek pronica v gramozno gredo in s tem povzroči hitrejšo zablatenost tira.



Slika 2: NPr z makadamskim cestiščem

2.3.2 Nivojski prehod iz lesenih pragov

Takšno voziščno konstrukcijo lahko uporabljamo na vseh progah kjer so tirnice pritrjene na lesene pragove. Prvi prag je vtesan v ščitno tirnico, ostali pa so položeni tesno eden zraven drugega in pritrjeni na spodnje prage.

Namesto ščitnih tirnic se lahko vgradi tudi primerno obdelan lesen prag, ostali pa so položeni tesno eden zraven drugega in pritrjeni na spodnje pragove.

Tovrstni prehodi so danes primerni le še za ceste z majhno gostoto prometa, stranske ceste, poljske poti in pešpoti.



Slika 3: NPr tlakovan z lesenimi pragovi

2.3.3 Nivojski prehodi z asfaltnim voziščem

Tudi takšna izvedba voziščne konstrukcije je primerna na vseh progah, kjer so tirnice pritrjene na lesene pragove. Prostor med vozno in ščitno tirnico se, do višine 5 cm pod zgornjim robom tirnice, zapolni z asfaltom. Območje ob zunanjem robu vozne tirnice se z asfaltom zapolni tako, da se izvede ustrezen prehod iz debeline asfalta na cesti do debeline asfalta na prehodu.

NPr z asfaltno voziščno konstrukcijo so primerni za vse vrste cest.



Slika 4: Asfaltno vozišče

2.3.4 Nivojski prehodi z voziščem iz gumi plošč

Gumi plošče lahko montiramo na vse nivojske prehode, ne glede na vrsto pragov in sistem tirnic.

Seveda pa je potrebno pri proizvajalcu naročiti elemente cestišča za ustrezen sistem tirnic.

Montažna konstrukcija se mora vgraditi na nivojskih prehodih, kjer se križata proga in glavna ali regionalna cesta 1. in 2. reda, ter ne glede na kategorijo ceste v krivinah prog, po katerih vozijo vlaki z nagibno tehniko



Slika 5: Gumi potni prehod

V spodnjih dveh preglednicah so prikazane prednosti in pomanjkljivosti različnih vrst nivojskih prehodov.

Preglednica 1: Prikaz prednosti posameznih tipov NPr

VOZIŠČE IZ LESENIH PRAGOV	ASFALTNO VOZIŠČE (z vgrajenimi ščitnimi tirnicami)	VOZIŠČE IZ GUMI PLOŠČ
PREDNOSTI		
Leseni pragovi so najcenejši in najhitreje dosegljiv material	Cestišče ima ustrezno hrapavost	Enostavna in hitra montaža oz. demontaža
	Možnost izdelave talnih označb	Boljši pogoji za vzdrževanje (možnost velikega števila odpiranj ne da bi se plošče poškodovale)
	Enostavna vgradnja asfalta z vgrajevanjem v opaž, ki ga tvorita ščitni tirnici	Velika trajnost (več kot 25 let)
		Sprijemnost podlage z vozili je doba
		Hrup, ki ga povzročajo uporabniki je manjši
		Možnost uporabe za raznovrstne elemente pritrditve za lesene ali betonske prage ter za razne sisteme tirničnih profilov
		Nastanek poledice je zaradi strukture materiala zelo otežen

Preglednica 2: Prikaz pomanjkljivosti posameznih tipov NPR

VOZIŠČE IZ LESENIH PRAGOV	ASFALTNO VOZIŠČE (z vgrajenimi ščitnimi tirnicami)	VOZIŠČE IZ GUMI PLOŠČ
POMANJKLJIVOSTI		
Ni zagotovljena hrapavost cestišča – v času nizkih temperatur nevarnost poledice	Prevelika togost asfaltne prevleke glede na podlago iz gramozne grede	
Pragove je možno odpreti le dva do trikrat – potrebna menjava spodnjih pragov	Izvedba regulacije tira ni možna brez rušitve asfaltnega cestišča – hitrejša propadanje prehoda	
Ni uporabno v tiru z betonskimi pragi	Ni uporabno v tiru z betonskimi pragi	
Draga izvedba	Nizka trajnost (5-10 let)	
Nizka trajnost (5 -15 let)		
Večja prometna obremenitev pospešuje propadanje pragov		

2.4 Zavarovanje nivojskih prehodov

Nivojski prehodi so lahko pasivno zavarovani, zavarovani le z “Andrejevim križem”, ali zavarovani, opremljeni z varnostno signalnimi napravami.

Po Pravilniku o nivojskih prehodih morajo biti NPR zavarovani, ne glede na hitrost voženj vlakov, v primeru da je na cesti promet srednji ($250 \leq \text{PLDP} < 2500$) ali gost ($2500 \leq \text{PLDP} < 7000$), na železniški progi pa promet zelo gost ($\text{PLDP} > 70$), če na nezavarovanih NPR ni možno doseči ustreznega preglednostnega prostora, na cestah z rednimi avtobusnimi linijami javnega prevoza potnikov, na glavni cesti 2. reda in regionalni cesti 1. reda ter na dvo- ali večtirnih progah.

Povprečni letni dnevni promet (kratica PLDP) je mera za obremenjenost cestnega ali železniškega odseka, ki pove, koliko vozil ali vlakov vsak dan prevozi odsek v obe smeri. Izračuna se tako, da se celoten promet na odseku v obdobju enega leta deli s 365, kolikor je dni v letu.

2.4.1 Pasivno zavarovani nivojski prehodi

Pasivno zavarovani NPR, označeni le s prometnim znakom »Andrejev križ«, morajo biti označeni s prometnimi znaki skladno s pravilnikom, ki ureja prometno signalizacijo in prometno opremo na

javnih cestah (Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah Ur.l. RS, št. 46/2000; spremembe Ur.l. RS, št. 110/2006) in morajo imeti zagotovljen preglednostni prostor. Prometni znak »Andrejev križ« mora biti od najbližje tirnice oddaljen najmanj 3 m in največ 5 m.



Slika 6: Prometni znak »Andrejev križ«

Preglednostni prostor je v tlorisu prikazan kot trikotnik, ki ga določajo tri točke, A, B in točka 0. Točka A predstavlja mesto vidljivosti, to je mesto na cesti, s katerega mora imeti udeleženec v cestnem prometu neprekinjen pogled do mesta vidnosti, točke B na progi.

Mesto vidljivosti je na razdalji dolžine poti ustavljanja cestnega vozila (d_{pu}) pred cestnim znakom, mesto vidnosti pa je na razdalji dolžine poti približevanja železniškega vozila ($s_{pžv}$).

Točka 0 je stičišče osi ceste in osi proge.

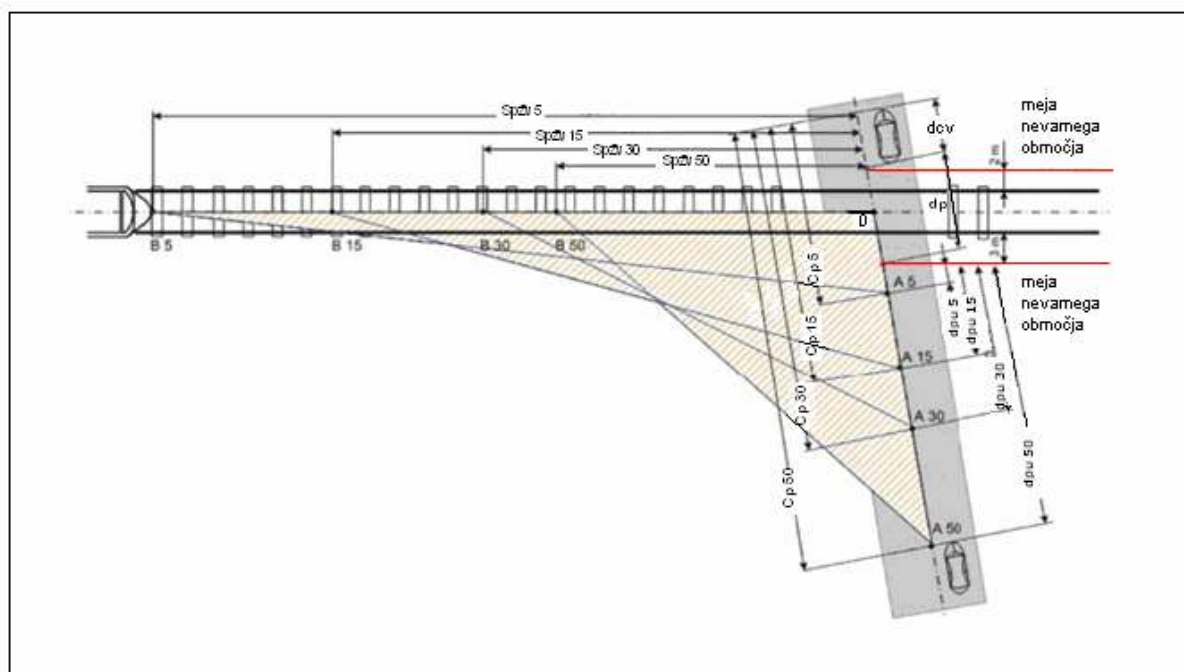
Pot približevanja železniškega vozila ($s_{pžv}$) izračunamo po naslednji enačbi:

$$s_{pžv} = v_{z,maks} \cdot t_p \text{ [m]}, \quad (2.2)$$

pri čemer sta;

$v_{z,maxs}$ največja dovoljena progovna hitrost železniških vozil [m/s] in

t_p čas približevanja železniškega vozila [s].



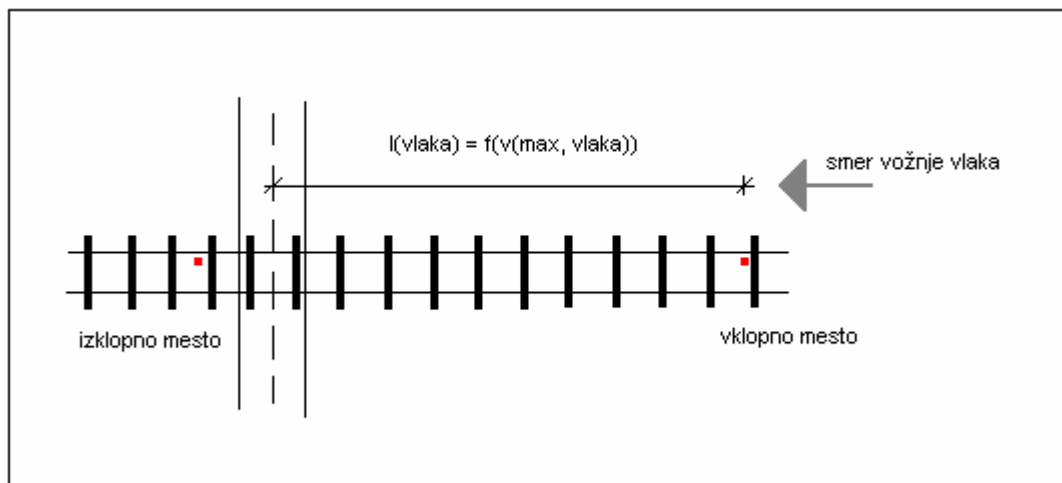
Preglednostni trikotnik (Vir: Pravilnik o nivojskih prehodih, Uradni list RS, št. 85/2008)

Na nezavarovanih NPr se z mesta vidljivosti za hitrost 5 km/h za cestna vozila ugotovi, ali je upoštevajoč največjo progovno hitrost vlaka zagotovljena ustrežna preglednost do mesta vidnosti na progi. Če je preglednostni prostor iz predhodnega stavka zagotovljen, se preveri možnost še z mesta vidljivosti za hitrost cestnih vozil 15 km/h, 30 km/h oziroma 50 km/h.

2.4.2 Zavarovani nivojski prehodi

Nivojski prehodi so zavarovani takrat, ko so opremljeni z varnostno signalnimi napravami. Te naprave so lahko avtomatske ali mehanske.

Avtomatske naprave za zavarovanje NPr so naprave, katerih zavarovanje vklaplja in izklaplja med vožnjo vlak sam in sicer na približevalnem območju pred NPr na vklopnem mestu in po prevozu območja križanja proge in ceste na izklopnem mestu, ali pa se zavarovanje vklaplja s postavitvami voznihi poti na prometnem mestu, izklaplja pa avtomatsko s prevozom izklopnega mesta.



Slika 7: Položaj vklopnega in izklopnega mesta

Pri projektiranju avtomatskih naprav za zavarovanje NPr je treba oceniti razmere na NPr in izračunati čase, ki zagotavljajo pravočasen vklop zavarovanja pred prihodom vlaka na NPr, ob upoštevanju največje dovoljene progovne hitrosti.

Pri mehanskih zapornicah se zavarovanje vklaplja in izklaplja ročno.

2.4.2.1 Cestni signal

Cestni signal je avtomatska naprava, ki napoveduje, v času ko je vklopljeno zavarovanje, približevanje železniškega vozila oziroma spustitev drogov (pol)zapornic v spodnjo (vodoravno) lego. Sestavljen je iz osnovne trikotne plošče, ki predstavlja osnovo prometnega znaka za nevarnost v obliki enakostraničnega trikotnika, ki ima ob spodnji stranici v vodoravni legi drugo poleg druge vgrajeni dve luči.

Luči cestnega signala sta ugasnjeni, kadar zavarovanje NPr ni vklopljeno, ob vklopu zavarovanja pa izmenično utripata.



Slika 8: Cestni signal (v kombinaciji z Andrejevim križem)

Cestni signali se postavljajo pred NPR ob desni strani cestišča v smeri vožnje cestnih vozil z obeh strani NPR, kar predstavlja osnovno zavarovanje. Biti morajo dobro vidni in vsaj en cestni signal z vsake strani proge mora biti opremljen z napravami za dajanje zvočnih znakov, z zvonci.

Cestni signali pa so lahko postavljeni tudi v kombinaciji z »Andrejevim križem«, kot dodatno opozorilo, da se približuje vlak. V tem primeru pa lahko udeleženci v cestnem prometu, kljub opozarjanju cestnega signala in prepovedni funkciji »Andrejevega križa«, prečkajo nivojski prehod in se izpostavljajo nevarnosti. Zato so največkrat cestni signali postavljeni v kombinaciji z zapornicami oziroma polzapornicami, ki fizično preprečujejo vožnjo cestnega vozila preko železniške proge.

2.4.2.2 (Pol)zapornice

Namen (pol)zapornic je zavarovanje prometa na NPR z naznanitvijo približevanja vlaka in fizične preprečitve prehoda udeležencem cestnega prometa preko NPR.



Slika 9: Avtomatska naprava s polzapornicami



Slika 10: Zapornica

(Pol)zapornice morajo biti po vsej dolžini, na strani približevanja udeležencev cestnega prometa prehodu, prevlečene s svetlobno odsevno snovjo izmenično rdeče in bele barve ali pa morajo biti po celotni dolžini opremljene s po tremi rdečimi odsevnimi stekli. Izdelane morajo biti iz lahkih

materialov in pritrjene na pogon tako, da se v primeru naleta malo poškodujejo tako (pol)zapornice in pogon, kot tudi cestno vozilo.

(Pol)zapornice so vedno postavljene v kombinaciji s svetlobnimi signali.

Vseeno pa polzapornice še vedno predstavljajo nepopolno zavarovanje, saj fizično preprečujejo vožnjo le po enem pasu, medtem ko je drug pas prost in lahko cestno vozilo še vedno prečka prehod, kljub temu, da so polzapornice spuščene. Popolno zavarovanje predstavljajo le zapornice, ki v celoti zaprejo pot udeležencem v cestnem prometu in deljene zapornice, ki ločeno in časovno zakasnjeno zapirajo najprej desno in nato še levo polovico cestišča na obeh straneh približevanja cestnih vozil NPr.



Slika 11: Deljene zapornice

2.4.2.3 Zaporno bruno

Zaporno bruno je zaklenjen drog, ki fizično preprečuje prehod preko NPr. Takšne vrste zavarovanje se sme uporabljati na NPr kjer železniški tiri prečkajo poljske poti in gozdne ceste, z občasnim sezonskim prometom.

V spodnji tabeli je prikazano kako so na NPr kombinirane posamezne vrste zavarovanja NPr.

Preglednica 3: Prikaz kombinacij načina zavarovanj

	Cestni signal
Cestni signal	
Polzapornice	x
Zapornice	x
Deljene zapornice	x
Mehanske polzapornice	
Mehanske zapornice	
Elektro zapornice	x
Zaporno bruno	

2.4.3 Kontrola avtomatskih naprav

Vse zgoraj naštete avtomatske naprave, pa morajo biti kontrolirane. Kontrola delovanja avtomatskih naprav na NPr se lahko opravlja z daljinsko kontrolo, kadar delovanje naprave kontrolira dispečer, ki skrbi za vodenje železniškega prometa ali s kontrolnimi signali, kadar delovanje naprave kontrolira strojevodja preko signalnega znaka kontrolnega signala.

2.4.3.1 Nivojski prehodi na postajnem območju

Pri NPr na postajnem območju (NPr-PO) gre za sistem, ki se uporablja znotraj uvoznih signalov. Zavarovanje se vključuje avtomatsko s postavitvami voznih poti. Delovanje avtomatskih naprav za zavarovanje prometa se javlja na sami postaji in tudi preko odvisnosti z glavnimi signali. Zavarovanje se avtomatsko izključi, ko tirno vozilo zapusti področje prehoda in se vozna pot razreši.

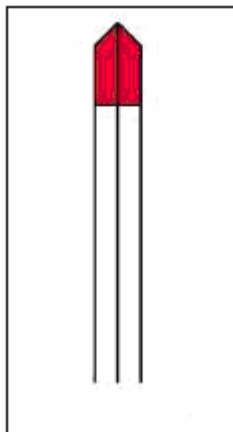
NPr pa ima lahko pri uvozu funkcijo NPr z daljinsko kontrolo. V tem primeru je kontrola zavarovanja kombinirana, daljinska kontrola pri uvozu (DK), postajna območje pri izvozu (PO). Takšen nivojski prehod je označen s kratico NPr-DK PO.

2.4.3.2 Nivojski prehodi na odprti progi

Kontrola delovanja avtomatskih naprav na NPr na odprti progi se opravlja s kontrolnimi signali ali daljinsko kontrolo. Pri kontrolnih signalih delovanje naprave kontrolira strojevodja, preko kontrolnega signala, pri daljinski kontroli pa delovanje naprave kontrolira dispečer.

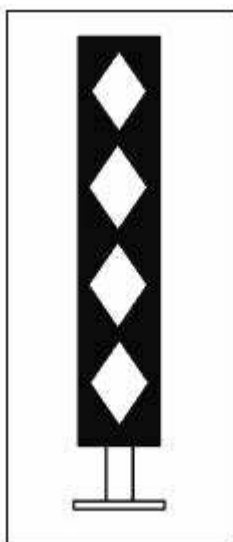
2.4.3.3 Kontrolni signal

Ta sistem se uporablja na enotirnih ali dvotirnih odprtih progah, na katerih praviloma dovoljene hitrosti ne presegajo 90 km/h. Kontrolna signala sta vgrajena na progi z obeh strani cestnega prehoda, najmanj na zavorni razdalji. Vklonni mesti pa sta pred njima. Vklonni element je lahko krajša izolirka ali magnetni tirni kontakt.



Signal za začetek zavorne razdalje (*Vir: Signalni pravilnik, Uradni list RS, št. 123/2007*)

Signal za začetek zavorne razdalje pred nivojskim prehodom se vgradi na zavorni razdalji pred nivojskim prehodom iz obeh smeri proti nivojskemu prehodu. Na dvotirni progi se postavlja v obeh smereh proti prehodu ob obeh tirih. Označuje mesto, od katerega je treba začeti zavirati vlak, kadar se mora ta ustaviti pred nivojskim prehodom.

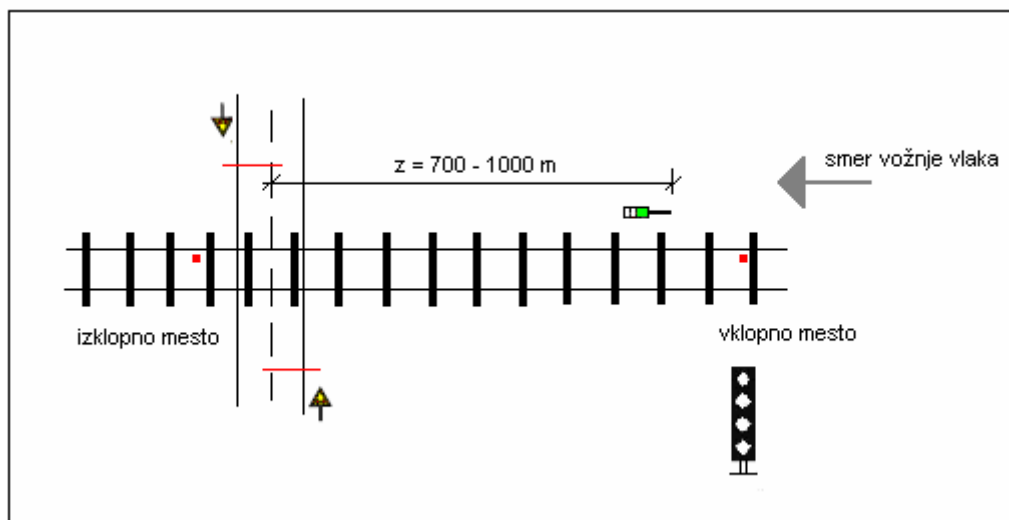


Signal za vklopno mesto (*Vir: Signalni pravilnik, Uradni list RS, št. 123/2007*)

Signal za vklopno mesto se vgradi ob vklopnem mestu pred kontrolnim signalom, gledano v smeri nivojskega prehoda, za katerega se vgraja, in sicer na tisti strani, kjer je kontrolni signal.



Kontrolni signal (Vir: Signalni pravilnik, Uradni list RS, št. 123/2007)



Slika 12: Vklopno in izklopno mesto pri kontroli avtomatskih naprav s kontrolnimi signali

Ko vlak prevozi vklopno mesto, začnejo avtomatske naprave za zavarovanje prometa na NPr delovati. Ko so (pol)zapornice spuščene, se na kontrolnem signalu prižge zelena luč, kar pomeni, da ima vlak prosto pot. Ko vlak, v celoti, prevozi izklopno mesto, se zapornice začnejo dvigovati in NPr je odprt za cestni promet.

2.4.3.4 Daljinska kontrola

Sistem zavarovanja z daljinsko kontrolo se vgrajuje na progah, ki dovoljujejo večje progovne hitrosti, predvsem pa kadar so opremljene z avtomatskim progovnim blokom (APB), napravo, ki omogoča avtomatsko zavarovanje več zaporednih voženj vlakov na odprti progi med dvema postajama, kar znatno povečuje prepustno moč proge ob zagotavljanju visoke stopnje varnosti. Ker je gostota signalov na progi razmeroma velika, bi uporaba sistema s kontrolnimi signali tako stanje le še poslabšala (kopičenje signalov).

Sistem z daljinsko kontrolo na progi torej nima nikakršnih signalov, ki bi opravljali varnostne funkcije. Ta element varnosti je ustrezno nadomeščen s podvojenim sistemom, kar pomeni, da za vsak posamezni tir delujeta hkrati dva enaka, medsebojno neodvisna sistema.

V primeru okvare enega sistema vse funkcije prevzame drugi sistem.

Ker se delovanje teh naprav električno neprestano kontrolira in javlja na najbližje delovno mesto (postajo), se ta sistem imenuje daljinska kontrola.

2.4.3.5 Mehanske zapornice (ročno vključevanje in izključevanje zavarovanja NPR)

Vsi predhodno opisani sistemi naprav za zavarovanje pa imajo skupno lastnost, ki je vezana na ročno vključevanje in izključevanje zavarovanja neposredno na prehodu.

V neposredni bližini cestnega prehoda je v ta namen pritrjena telefonska omarica, v kateri je tudi plošča za lokalno delo.

Pri vklopu stikala prično utripati luči na cestnih signalih in zvoniti zvonci. Po izteku predzvonilnega časa se prično zapornice spuščati. Postopek vključitve zavarovanja je za udeležence v prometu enak kot pri avtomatskem delovanju. Po vrnitvi stikala v položaj izklop se zavarovanje izključi. Seveda z ročnim delovanjem ni mogoče izključiti zavarovanje, kadar naprava deluje avtomatsko.

3 STATISTIČNA ANALIZA PODATKOV

Baza podatkov o nesrečah zajema obdobje od 1988 do 2004 (Vir: Statistika prometnih nesreč na NPR, SŽ, 2004). Podatki o stanju na NPR se nanašajo na februar 2004 (Vir: Statistika NPR, SŽ, 2004). Ker novejša baza podatkov ni bila dostopna, so v nalogi obravnavani podatki, ki so bili na voljo. Rezultati so kljub temu zadovoljivi. V tem času je bilo vse skupaj 974 NPR, od tega jih je bilo 644 nezavarovanih, označenih samo s cestnim prometnim znakom „Andrejev križ“. Zaradi tako velikega števila nezavarovanih NPR, je analiza odvisnosti posameznih tehničnih parametrov in statističnih podatkov na NPR, v odvisnosti od števila nesreč, še toliko bolj smoterna.

Baza podatkov za analizo vsebuje naslednje parametre:

- Progovni odsek
- Medpostajni odsek
- Naziv NPR
- Lega NPR
- Število nesreč in njihove posledice
- Leto nesreče
- Kategorija proge
- Kategorija ceste
- Obstoječe zavarovanje
- Kontrola avtomatskih naprav
- Število tirov
- Tip NPR (izvedbo vozišča)
- Kot križanja
- Maksimalna hitrost vlaka
- Preglednost (pot približevanja železniškega vozila ($s_{pžv}$) za hitrosti cestnih motornih vozil 5, 15, 30, 50 [km/h])
- PLDP vlakov
- PLDP cestnih motornih vozil

3.1 Orodja za analizo podatkov

Baza podatkov je vnešena v program Excel, v katerem opravimo del nadaljnje analize (regresija in test T). Analiza variance in Tukeyev test sta narejena s programom Mathematica. Tabela podatkov je prikazana v Prilogi.

Ker se naloga nanaša predvsem na varnost, v smislu zmanjševanja števila nesreč in posledično žrtev na nivojskih prehodih, analiza ugotavlja odvisnosti števila nesreč od posameznih parametrov, ki določajo stanje na nivojskem prehodu.

3.1.1 Opisna statistika

Prvi korak analize podatkov, ko so ti bili zbrani in urejeni, je opisna statistika. Ker je obravnavano večje število podatkov, jih posamično ne moremo analizirati, saj posamezni podatek premalo pove, zato so ti podatki predstavljeni grafično za nominalne spremenljivke in numerično za številčne spremenljivke. Na tak način je ustvarjen pregleden opis podatkov. Opisna statistika nam namreč predstavi spremenljivost (povezanost in raznolikost) vzorcev, ki jih določa posamezna skupina podatkov.

Podatki znotraj enega vzorca so najprej združeni oziroma urejeni v razrede, za katere sta izračunani relativna in absolutna frekvenca, rezultati pa so predstavljeni s stolpčnimi diagrami.

Absolutna frekvenca pomeni število podatkov, relativna frekvenca pa je kvocient med številom podatkov v določenem razredu ter vsemi podatki.

Za številčne podatke so prikazani aritmetična sredina ali povprečje, standardna deviacija ter variacijski ali totalni razmik, območje, ki prikazuje razpršnost podatkov.

Povprečje \bar{X} se izračuna z naslednjo enačbo,

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (3.1)$$

kjer je

n število vseh elementov vzorca in

x_i i -ti element v vzorcu, če je $i=1, \dots, n$.

Standardna deviacija S_x meri povprečno odstopanje od povprečne vrednosti in ima iste enote kot slučajna spremenljivka.

$$S_x = \sqrt{S_x^2}, \quad (3.2)$$

kjer je

S_x^2 varianca, ki predstavlja srednjo vrednost kvadratnih odklonov od povprečja.

$$S_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{X}^2, \quad (3.3)$$

kjer je

n število vseh elementov vzorca,

x_i i -ti element v vzorcu, če je $i=1, \dots, n$ in

\bar{X} povprečna vrednost vzorca.

Območje variacijskega ali totalnega razmika prikažemo z dvema mejama. Spodnja meja je najmanjši člen vzorca, zgornja meja pa največji člen vzorca.

$$VR_x = \left[\min_{i=1}^n(x_i), \max_{i=1}^n(x_i) \right], \quad (3.4)$$

Kjer je

x_i i -ti element v vzorcu, če je $i=1, \dots, n$,

min oznaka za najmanjšo vrednost in max oznaka za največjo vrednost.

3.1.2 Regresija

3.1.2.1 Linearna regresija

Regresija se uporablja kot statistično orodje pri ugotavljanju medsebojne odvisnosti dveh ali več spremenljivk, ki so podane na intervalnem (številskem) nivoju. Regresijska funkcija $y = f(x)$ opisuje vpliv spremenljivke x na y , brez upoštevanja vplivov drugih spremenljivk. Slučajno spremenljivko y se lahko zapiše kot vsoto dveh spremenljivk,

$$y = f(x) + \varepsilon \quad (3.5)$$

kjer je

x neodvisna spremenljivka,

y odvisna slučajna spremenljivka in

ε napaka ali slučajno odstopanje.

Kadar je regresijska funkcija linearna,

$$y = f(x) = a + bx \quad (3.6)$$

kjer je

a presečišče premice z ordinatno osjo, b pa smerni koeficient premice se regresijska enačba napiše takole:

$$y = f(x) + \varepsilon = a + bx + \varepsilon \quad (3.7)$$

Z regresijo se določijo tiste vrednosti ocen a in b , pri katerih je, ob predpostavki, da se ε porazdeljuje normalno s srednjo vrednostjo 0 in standardno deviacijo σ , prileganje regresijske premice elementom vzorca čimboljše.

Baza podatkov, ki je vstavljena v Excel in uporabljena za regresijo izgleda takole.

Preglednica 4: Podatki za izračun regresije

x	y
x_1	y_1
x_2	y_2
\cdot	\cdot
\cdot	\cdot
x_n	y_n

Rezultati regresije, izračunani v programskem orodju Excel so predstavljeni v naslednji obliki.

Preglednica 5: Prikaz rezultatov linearne regresije v programskem orodju Excel

Statistika regresije						
koeficient korelacije R						
koeficient determinacije R ²						
prilagojen koeficient determinacije						
standardna napaka regresije s						
število opazovanih razredov n						
ANOVA	stopnja prostosti	vsota kvadriranih odklonov	srednji kvadrirani odklon	F statistika	p-vrednost	
	df	SS	MS	F	Significance F	
Model						
Ostanek						
Skupaj						
	ocena parametrov modela	standardna napaka ocene	t statistika	P-vrednost	spodnja meja intervala zaupanja	zgornja meja intervala zaupanja
ocena za a						
ocena za b						

Če je p vrednost v tabeli ANOVA manjša od predhodno predpostavljene meje tveganja (5%), lahko rečemo, da je odvisnost med spremenljivkama statistično značilno odvisna, torej statistično gledano obstaja.

V preglednici ocen za a in b pa ugotovimo, ali so vrednosti ocen a in b statistično značilno različne od 0. Če je p manjši od meje tveganja, lahko rečemo, da sta parametra a oz. b statistično značilno različna od 0.

Odvisnost med dvema številskima spremenljivkama je prikazana z **razsevnim diagramom**.

Kolikšna je linearna povezanost spremenljivk x in y pa pove **Pearsonov koeficient korelacije**, brezdimenzijska mera linearne odvisnosti, ki se nahaja v tabeli „Statistika regresije“.

Vrednosti Pearsonovega koeficienta so na intervalu $[-1, 1]$, na podlagi njegove vrednosti in predznaka pa lahko povemo, kolikšna je moč linearne povezanosti med spremenljivkama x in y , ki je lahko:

- močna, če je $|r| \geq 0,75$
- srednje močna, če je $0,4 \leq |r| \leq 0,75$
- šibka, če je $0 \leq |r| \leq 0,4$ in
- ni povezanosti, če $r = 0$;

3.1.2.2 Nelinearna regresija

Zveza med odvisno spremenljivko in različnimi parametri pa ni vedno linearna. Takšna funkcija je v splošnem nelinearna glede na parametra a in b , zato je iskanje minimuma lahko zelo zahtevno.

Problem se zelo poenostavi, če je funkcija $f(x, a, b)$ linearna glede na a in b parametra, sicer pa je lahko poljubna nelinearna funkcija,

$$f(x, a, b) = af_1(x) + bf_2(x). \quad (3.8)$$

Včasih pa je funkcija $f(x, a, b)$ lahko celo taka, da jo lahko s preprosto transformacijo prevedemo v linearno funkcijo. V tem primeru je ocena parametrov relativno preprosta.

Primer takšne funkcije je:

$$y = ab^x. \quad (3.9)$$

Enačbo logaritmujemo in dobimo

$$\ln y = \ln a + bx \rightarrow z = A + bx. \quad (3.10)$$

Na ta način lahko nove podatke obravnavamo po metodi linearne regresije.

3.1.3 Analiza variance za eno neodvisno spremenljivko

Analiza variance je uporabljena pri ugotavljanju medsebojne odvisnosti dveh spremenljivk, od katerih je ena številska, druga pa nominalna. Nominalne spremenljivke so namreč tiste, ki so med seboj enakovredne in jih ni moč razdeliti hierarhično, pač pa le določiti ali so si med seboj različne (npr. vrsta zavarovanja NPR).

Vzorec je urejen tako, da so vrednosti neodvisnih spremenljivk razvrščene v razrede.

Primer:

Ugotoviti želimo ali vrsta zavarovanja vpliva na število nesreč na NPR. Vrsta zavarovanja se razvrsti v primerno število razredov, tako da neodvisna spremenljivka lahko zavzame le toliko vrednosti, kolikor je razredov.

Vzemimo, da se vrednosti neodvisne spremenljivke x lahko razvrstijo v a razredov in da je vzorec pripravljen tako, da je v vsakem razredu enako število elementov n . Vzorec torej vsebuje $a \cdot n$ elementov. Ker v našem primeru razredi niso enako veliki, velikosti razredov označimo z n_i , velikost

celotnega vzorca pa je $n = \sum_{i=1}^a n_i$.

Osnovni model takih podatkov se lahko zapiše s preprosto enačbo

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}, \quad i = 1, \dots, a, \quad j = 1, \dots, n_i, \quad (3.11)$$

kjer je

y_{ij} vzorčna vrednost slučajne spremenljivke y ,

μ pričakovana vrednost,

α_i predstavlja vplive posameznih razredov spremenljivke,

ε_{ij} pa predstavlja vzorčna odstopanja od modela.

Pri analizi variance se preizkusi domneva, da faktor ne vpliva na spremenljivko y . To ustreza pogoju, da so vsi α_i enaki 0. Ničelna in alternativna hipoteza se zapišeta takole.

$$H_0 : \alpha_i = 0, \text{ za vse } i = 1, \dots, a \quad (3.12)$$

$$H_1 : \alpha_i \neq 0, \text{ za vsaj en } i = 1, \dots, a \quad (3.13)$$

Primer podatkov za analizo variance prikazuje preglednica.

Podatki za analizo variance (*Vir: Turk, G., 2011, Verjetnost in statistika, str. 205*)

Razred	Izmerjeni podatki y_{ij}	\bar{y}_i
1	$y_{11}, y_{12}, \dots, y_{1n_1}$	\bar{y}_1
2	$y_{21}, y_{22}, \dots, y_{2n_2}$	\bar{y}_2
.	.	.
.	.	.
n	$y_{a1}, y_{a2}, \dots, y_{an_a}$	\bar{y}_a

y_{ij} je j -ti element i -tega vzorca, če je $i = 1, \dots, a$ in $j = 1, \dots, n_i$,

\bar{y}_i je povprečna vrednost elementov posameznega razreda.

Podatki so vstavljeni v program Mathematica, ki izračuna potrebne količine iz katerih se lahko razbere, ali je odvisnost med dvema spremenljivkama statistično značilna. Rezultati so prikazani v preglednici analize variance, ki se ji krajše lahko reče tudi preglednica ANOVA.

Preglednica ANOVA (*Vir: Turk, G., 2011, Verjetnost in statistika, str. 206*)

Vir odstopanj	Prostostne stopnje	Vsota kvadratov	Povprečni kvadrati	Statistika F	Kritična vrednost
Faktor	n_{psA}	SSA	MSA	F	F_{krit}
Napaka	n_{psE}	SSE	MSE		
Skupaj	n_{psT}	SST			

$$n_{ps_A} = a - 1 \quad (3.14)$$

$$n_{ps_E} = \sum_{i=1}^a (n_i - 1) \quad (3.15)$$

$$n_{ps_A} = \left(\sum_{i=1}^a n_i \right) - 1 \quad (3.16)$$

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{y}_i - \bar{y})^2 \quad (3.17)$$

$$SS_E = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_i)^2 \quad (3.18)$$

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{y}_{ij} - \bar{y})^2 \quad (3.19)$$

$$MS_A = \frac{SS_A}{n_{ps_A}} \quad (3.20)$$

$$MS_E = \frac{SS_E}{n_{ps_E}} \quad (3.21)$$

$$F = \frac{MS_A}{MS_E} \quad (3.22)$$

$$F_{krit} = F_{1-\alpha, v1, v2} \quad (3.23)$$

Glede na rezultate v preglednici ANOVA lahko zaključimo ali sta dve spremenljivki medsebojno odvisni. Če je statistika F večja od kritične vrednosti in če je, vrednost p znotraj predpostavljene meje tveganja (5%) se lahko ničelna hipoteza zavrne in je odvisnost med dvema spremenljivkama statistično značilna.

Če je ugotovljeno, da sta spremenljivki med seboj statistično značilno odvisni, želimo ugotoviti še, kateri razredi znotraj enega vzorca med seboj statistično značilno različni. To preverja Tukeyev in drugi podobni testi.

3.1.4 Tukeyev test

Tukeyev test uporabljamo v povezavi z analizo variance. Test primerja vse možne kombinacije parov različnih razredov znotraj enega vzorca in ugotavlja, ali so si ti med seboj statistično značilno različni. Formula za ta test je naslednja:

$$q_s = \frac{y_A - y_B}{SE}, \quad (3.24)$$

kjer je

SE standardna napaka,

y_A večji od primerjanih razredov in

y_B manjši od primerjanih razredov.

Na ta način lahko razrede razvrstimo v skupine, ki imajo različen vpliv na spremenljivko.

Primer rezultata Tukeyevega testa:

Vzorec sestavljajo razredi I, II, III in IV. Rezultati Tukeyevega testa so pari različnih razredov, ki so si med seboj statistično značilno različni; (I, III), (I, IV).

Na podlagi teh rezultatov se naredi tabela in se pobarvajo kvadrati, ki prikazujejo pare razredov, ki so si statistično značilno različni (Preglednica 6).

Preglednica 6: Označitev statistično značilno različnih parov razredov

	I	II	III	IV
I				
II				
III				
IV				

Nato se označi množice parov razredov, ki si med seboj niso statistično značilno različne (Preglednica 7). Pari (I, I), (I, II) in (II, II) tvorijo eno množico, pari (II, II), (II, III), (II, IV), (III, III), (III, IV) in (IV, IV) pa drugo množico. Par (II, II) je presek obeh množic.

Preglednica 7: Označitev množic parov razredov, ki niso statistično značilno različni

	I	II	III	IV
I				
II				
III				
IV				

Na koncu se z enako barvo pobarva tiste pare razredov, ki so znotraj ene množice, oz. podmnožice in se na podlagi takšne slike določijo skupine razredov (zadnji stolpec v tabeli), ki imajo enak vpliv na spremenljivko (Preglednica 8).

Preglednica 8: Pobarvanje množic in podmnožic skupin parov razredov, ki niso statistično značilno različni

	I	II	III	IV	
I					a
II					ab
III					b
IV					b

Iz zadnje preglednice (Preglednica 8) se lahko torej zaključi, da sta skupini razredov a in b, statistično značilno različni, medtem ko razred II (označen kot ab) ni statistično značilno različen od ostalih in bi bil lahko del skupine a ali b.

3.1.5 Test T

Za primerjavo dveh razredov znotraj enega vzorca je uporabljen test T. S pomočjo testa T se preverja domneve o enakosti dveh povprečij. To se stori tako, da za vsak razred izračunamo povprečje izbrane spremenljivke in ju med seboj primerja. Najprej se postavi ničelna hipoteza (H_0) in alternativna hipoteza (H_1). Ničelna hipoteza se glasi, da je razlika srednjih vrednosti izbrane spremenljivke med dvema razredoma enaka 0, alternativna domneva pa je nasprotna ničelni in pravi, da je razlika srednjih vrednosti izbrane spremenljivke med dvema razredoma različna od nič.

$$H_0 : m_{x_1} - m_{x_2} = 0, \quad (3.25)$$

$$H_1 : m_{x_1} - m_{x_2} \neq 0 \quad (3.26)$$

kjer je

m_{x_1} srednja vrednost elementov prvega razreda,

m_{x_2} srednja vrednost elementov drugega razreda.

Statistika za ta test je

$$t = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (3.27)$$

kjer je

n_1 število elementov prvega razreda,

n_2 število elementov drugega razreda,

s_1^2 varianca prvega razreda,

s_2^2 varianca drugega razreda.

Varianco v splošnem zapišemo z naslednjo enačbo.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} \quad (3.28)$$

kjer je

y_i i -ti element razreda,

\bar{y} povprečna vrednost elementov razreda in

n število elementov v razredu. >

Če je statistika $t > t_{1-\alpha_{12}}$, lahko ničelno hipotezo zavrremo in trdimo, da je razlika v srednjih vrednostih statistično značilna. V primeru, da je $t < t_{1-\alpha_{12}}$, pa zaključimo, da razlika v srednjih vrednostih ni statistično značilna.

3.2 Rezultati statistične analize podatkov

Najprej je numerično in grafično prikazana opisna statistika. Za numerični prikaz je narejena tabela, ki prikazuje vrednosti predhodno naštetih količin. Pri grafičnem prikazu pa je za vsako spremenljivko v bazi podatkov narejen graf relativne in absolutne frekvence podatkov.

V drugi točki tega poglavja so prikazani rezultati linearne regresije, t-testa in analize variance, s katerimi se ugotavlja odvisnost dveh slučajnih spremenljivk, v našem primeru odvisnost različnih parametrov v bazi podatkov, ki določajo NPr, od števila nesreč.

3.2.1 Numerični opis podatkov

Preglednica 9: Numerični opis podatkov

Opisna statistika		Število nesreč	Število tirov	Kot križanja	Max. hitrost vlaka	PLDP vlakov	PLDP cestnih mot. vozil
n	Veljavni podatki	974	971	974	974	973	99
	Manjkajoči podatki	0	3	0	0	1	875
Srednja vrednost		0,8	1,2	73,9	80,0	31,2	4196,9
Standardna deviacija		1,6	0,4	18,2	16,9	27,9	3259,9
Variacijski (totalni) razmik		[0, 16]	[1, 4]	[20, 90]	[30, 100]	[1, 173]	[250, 17000]

Glede na dobljene rezultate opisne statistike se lahko sklepa, da je razpršenost pri kotu križanja in maksimalni hitrosti dokaj majhna, zato se večji del podatkov giblje okrog srednjih vrednosti, medtem ko so vrednosti pri številu nesreč in PLDP vlakov in cestnih motornih vozil precej razpršene.

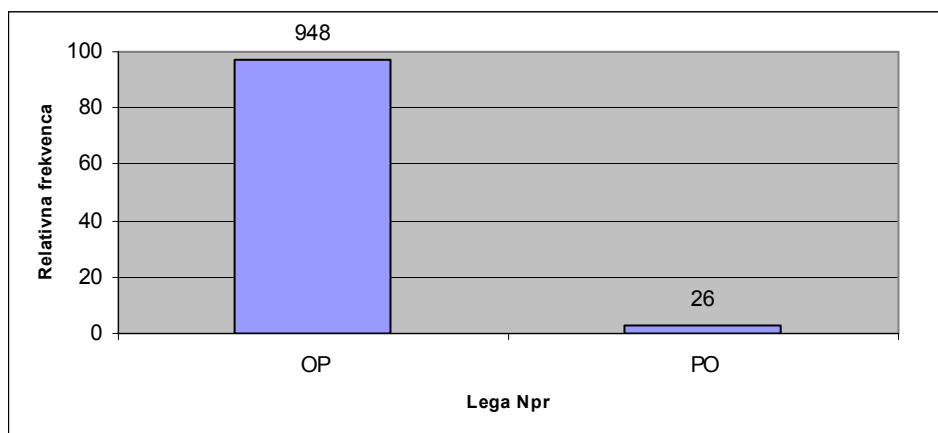
3.2.2 Grafični prikaz absolutne in relativne frekvence podatkov

Relativna frekvenca je prikazana na ordinati grafikonov, absolutno frekvenco pa predstavlja vrednost nad vsakim stolpcem v grafikonu.

3.2.2.1 Lega NPr

Lega NPr ima le dva različna razreda znotraj vzorca in sicer OP in PO. Iz grafikona je razvidno, da so NPr pretežno na odprtih progah, saj podatek o absolutni frekvenci (število nad stolpcem) pokaže, da je

na postajnem odseku le 26 NPr, kar je le 2,7% celotnega vzorca. Ker sta znotraj vzorca le dva razreda, se odvisnost števila nesreč od lege NPr ugotavlja z t-testom.



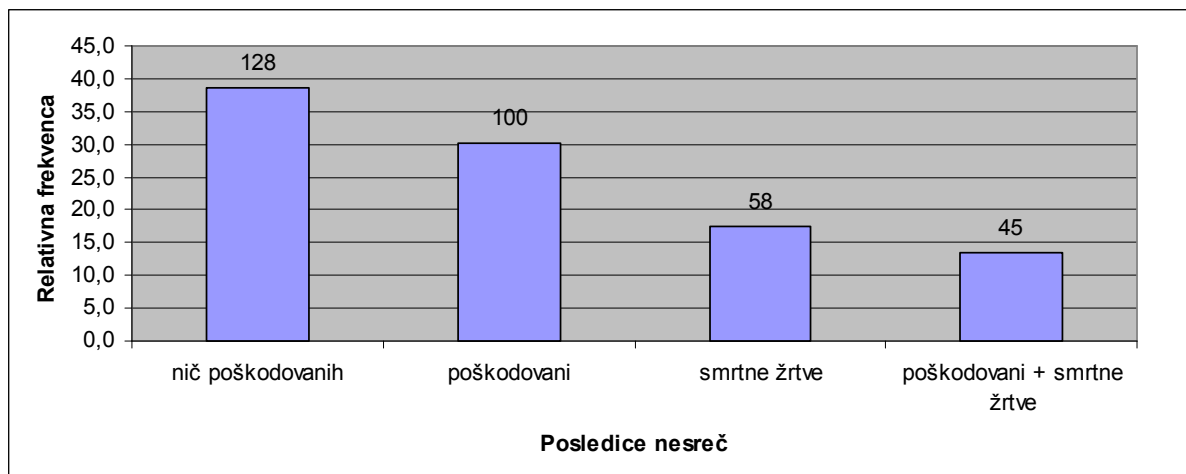
Grafikon 1: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc lege NPr

Preglednica 10: Pomen kratic lege NPr

Lega NPr	Opis
OP	NPr na odprti progi
PO	NPr na postajnem območju med uvoznima kretnicama

3.2.2.2 Posledice nesreč

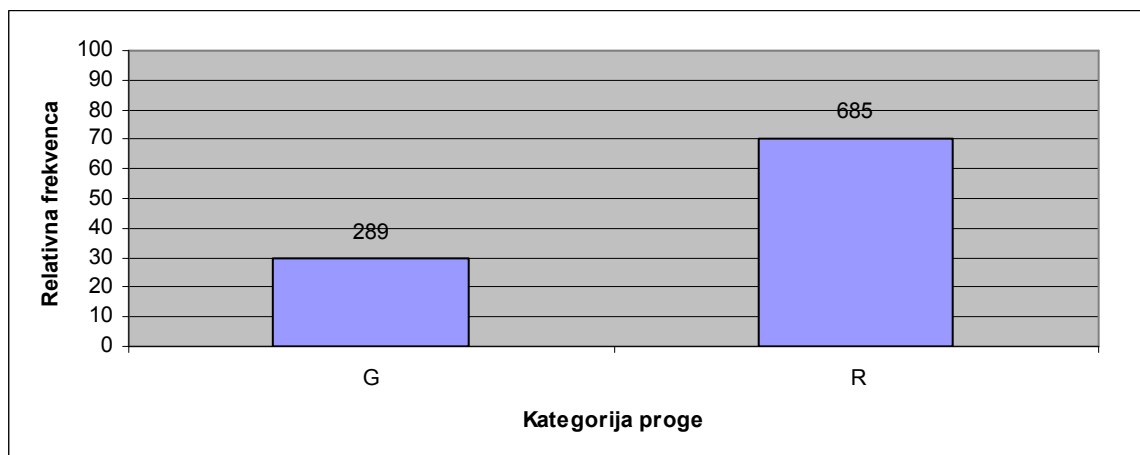
Spodnji grafikon prikazuje frekvence posledic nesreč. Obseg podatkov je omejen le na NPr, kjer se je zgodila vsaj ena nesreča. Znotraj 34% vseh NPr, kjer se je zgodila vsaj ena nesreča, je bilo 39% NPr z nesrečami brez poškodb, kjer je šlo le za materialno škodo, 30% NPr pa je imelo za posledice nesreč le poškodbe, brez smrtnih žrtev. Skupaj je to skoraj 70% NPr. Ostalih 30% NPr je terjalo smrtne žrtve.



Grafikon 2: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc posledic nesreč

3.2.2.3 Kategorija proge

Vzorec podatkov o kategoriji proge imajo le dva razreda. Zato bo odvisnost števila nesreč na NPR od kategorije proge prikazana s t-testom. Iz grafa je razvidno, da je večji delež NPR (70%) na regionalnih progah.



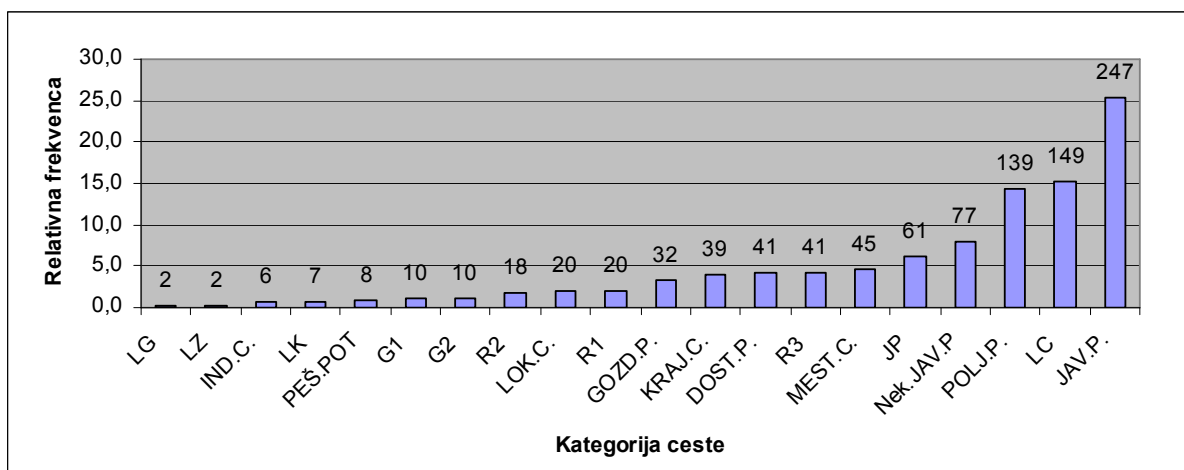
Grafikon 3: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc kategorij proge

Preglednica 11: Pomen kratic kategorije proge

Kategorija proge	Opis
G	Glavne proge
R	Regionalne proge

3.2.2.4 Kategorija ceste

V preglednici so ceste, glede na vrednosti frekvenc, razvrščene naraščajoče. Največ NPr prečkajo javna pot, lokalna cesta in poljska pot. Podatki o kategoriji ceste so nominalni, zato se odvisnost števila nesreč od kategorije ceste ugotavlja z analizo variance.



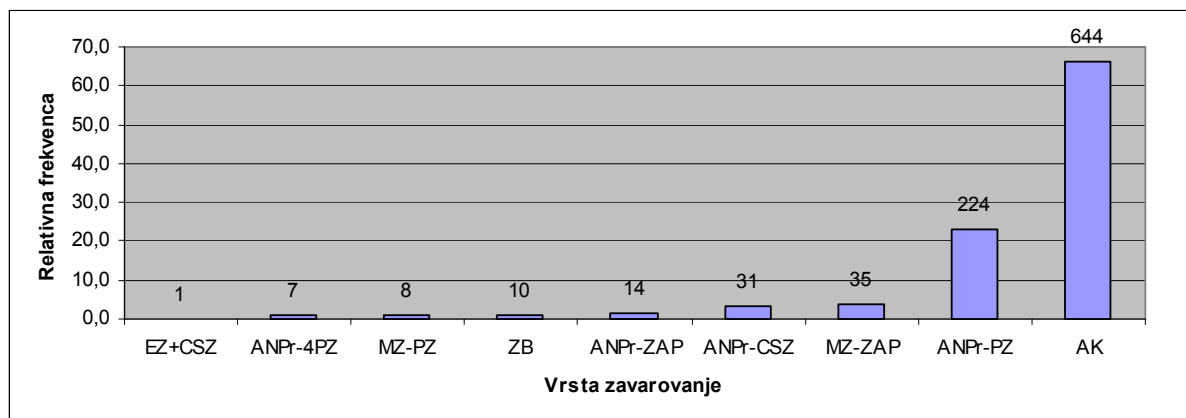
Grafikon 4: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc različnih kategorij ceste

Preglednica 12: Pomen kratic kategorij ceste

Kategorija ceste	Opis
G1	glavna cesta I. reda
G2	glavna cesta II. reda
R1	regionalna cesta I. reda
R2	regionalna cesta II. reda
R3	regionalna cesta III. reda
LC	lokalna cesta
LG	glavna mestna cesta
LK	krajevna cesta
LZ	zbirna krajevna cesta
LOK.C.	nekategorizirana lokalna cesta
MEST.C.	nekategorizirana mestna cesta
KRAJ.C.	nekategorizirana krajevna cesta
IND.C.	industrijska cesta
DOST.P.	dostavna pot
GOZD.P.	gozdna pot
JAV.P.	javna pot
JP	kategorizirana javna pot
Nek.JAV.P	nekategorizirana javna pot
POLJ.P.	poljska pot
PEŠ.POT	peš pot

3.2.2.5 Obstoječe zavarovanje

Kar 66% vseh NPr je zavarovanih le s prometnim znakom „Andrejev križ“ in 23% z avtomatskimi napravami s cestnimi signali in polzapornicami. Skupaj je to skoraj 90% vseh NPr. Tako kot za kategorijo ceste tudi tukaj velja, da se odvisnost števila nesreč od vrste zavarovanja ugotavlja z analizo variance.



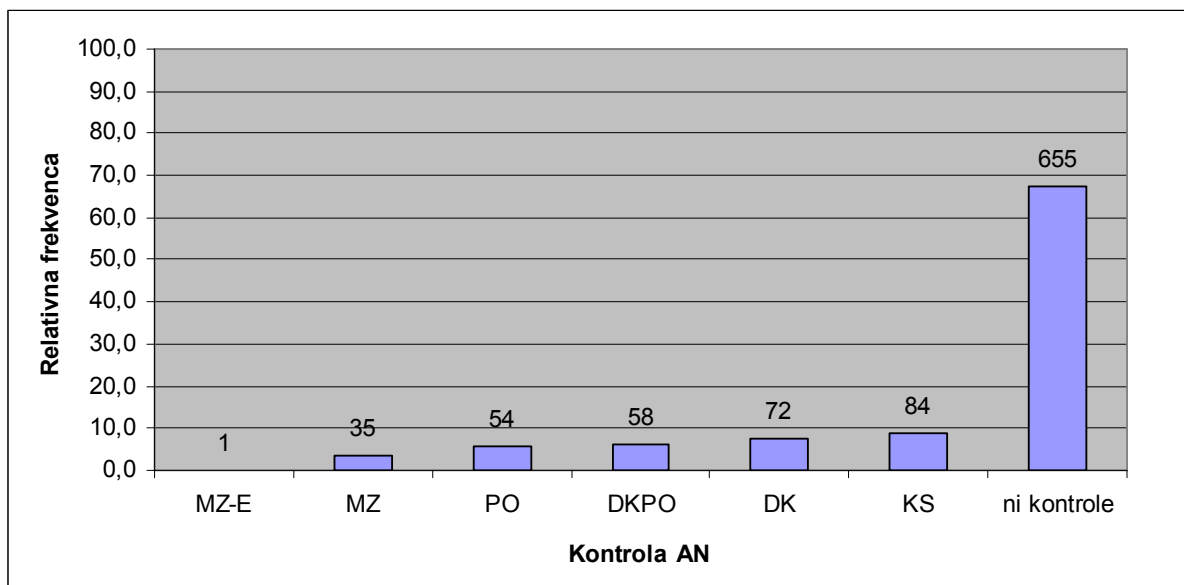
Grafikon 5: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc različnih obstoječih zavarovanj

Preglednica 13: Pomen kratic vrste zavarovanja

Vrsta zavarovanja	Opis
AK	Pasivno zavarovan NPr označen s cestnim prometnim znakom "Andrejev križ"
ANPr-4PZ	NPr zavarovan z avtomatskimi napravami s cestnimi signali in deljenimi zapornicami
ANPr-CSZ	NPr zavarovan z avtomatskimi napravami s cestnimi signali
ANPr-PZ	NPr zavarovan z avtomatskimi napravami s cestnimi signali in polzapornicami
ANPr-ZAP	NPr zavarovan z avtomatskimi napravami s cestnimi signali in zapornicami
EZ+CSZ	NPr zavarovan z elektro zapornicami in s cestnimi signali
MZ-PZ	NPr zavarovan z mehanskimi polzapornicami
MZ-ZAP	NPr zavarovan z mehanskimi zapornicami
ZB	NPr zavarovan z zaporno bruno

3.2.2.6 Kontrola avtomatskih naprav

Posledica ugotovitve, da je nezavarovanih NPr oz. varovanih le z AK kar 66%, je podatek v spodnjem grafikonu, da je kar 67% vseh NPr brez kontrole. Tudi tukaj je analiza odvisnosti števila nesreč od kontrole AN narejena z analizo variance.



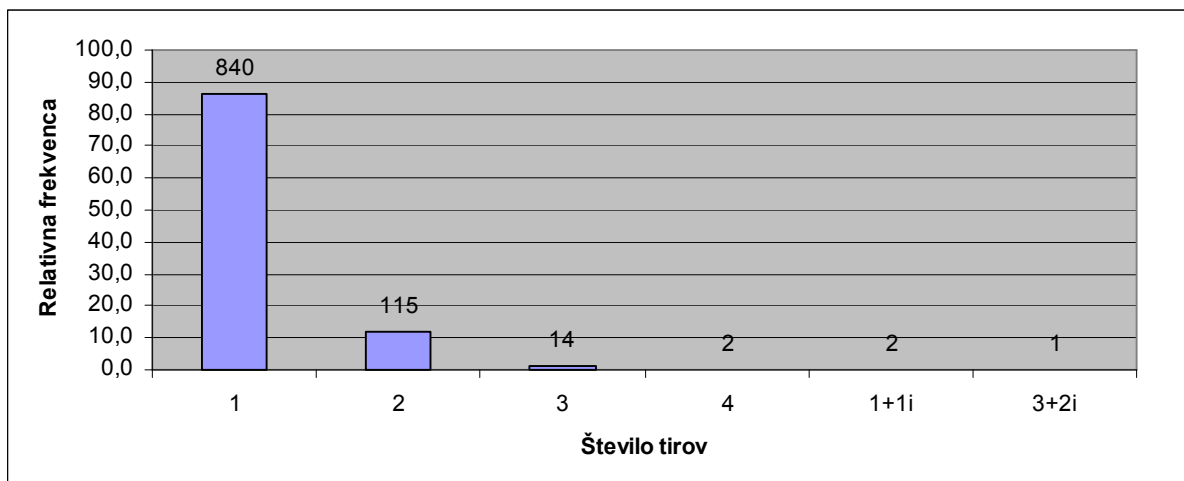
Grafikon 6: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc različnih kontrol AN

Preglednica 14: Pomen kratic kontrole avtomatskih naprav

Kontrola AN	Opis
DK	daljinska kontrola
DKPo	daljinska kontrola postajna odvisnost
KS	krajevni signal
MZ	mehanske zapornice
MZ-E	mehanske električne zapornice
Po	postajna odvisnost

3.2.2.7 Število tirov

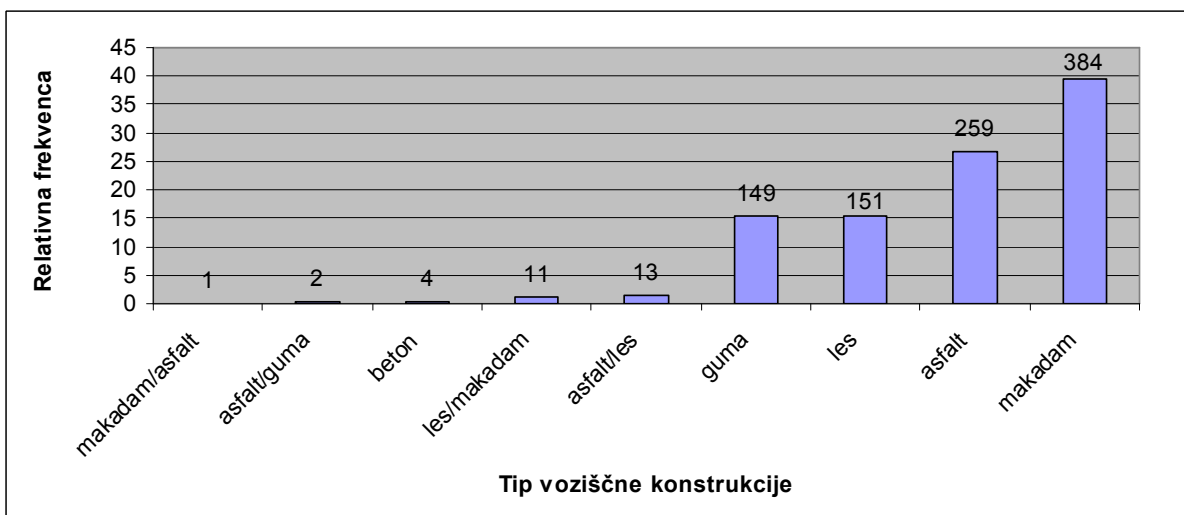
Na slovenski železniški mreži po podatkih iz tabele prevladujejo enotirne proge. Štiritirnih, enotirnih z enim industrijskim tirom in trotirnih z dvema industrijskima tiroma je skupaj le 5 oz. 0,5%. Odvisnost števila nesreč od števila tirov je preverjena z linearno regresijo.



Grafikon 7: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc števila tirov

3.2.2.8 Tip voziščne konstrukcije

Največji delež NPR je makadamskih, velik delež jih je tudi asfaltnih, lesenih in montažnih (gumi prehodi). Ker so podatki o voziščni konstrukciji nominalni, je odvisnost števila nesreč od voziščne konstrukcije NPR preverjena z analizo variance.



Grafikon 8: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc tipa voziščne konstrukcije

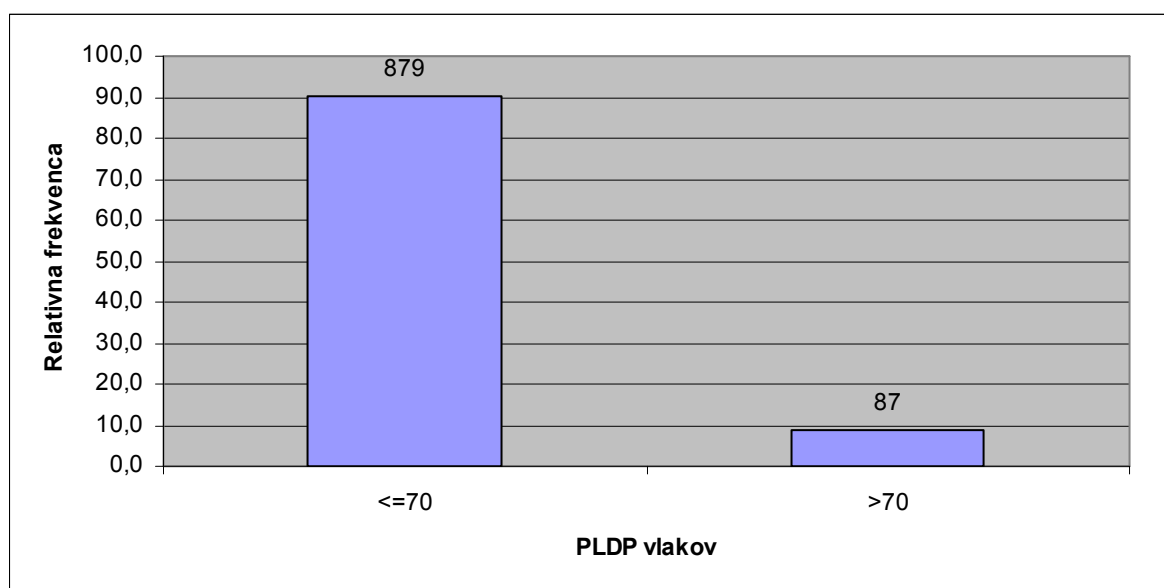
Preglednica 15: Pomen kratic vrste voziščne konstrukcije

Vrsta voziščne konstrukcije	Opis
asfalt	asfaltno vozišče
beton	betonsko vozišče
guma	vozišče na območju NPR iz gumi plošč
les	vozišče na območju NPR izvedeno iz lesenih pragov
makadam	Makadamsko vozišče

3.2.2.9 PLDP vlakov

Srednja vrednost in razpršenost vzorca sta sicer že prikazani pri numeričnem opisu podatkov, vendar je dodatno narejen še grafični prikaz podatke o PLDP vlakov, ko so ti razvrščeni po intervalih glede na gostoto prometa.

Kar 90% vseh NPR ima PLDP vlakov manjši oz. enak 70. NPR so po podatkih o PLDP vlakov razvrščeni v dve skupini, zato je odvisnost od števila nesreč prikazana s t-testom.

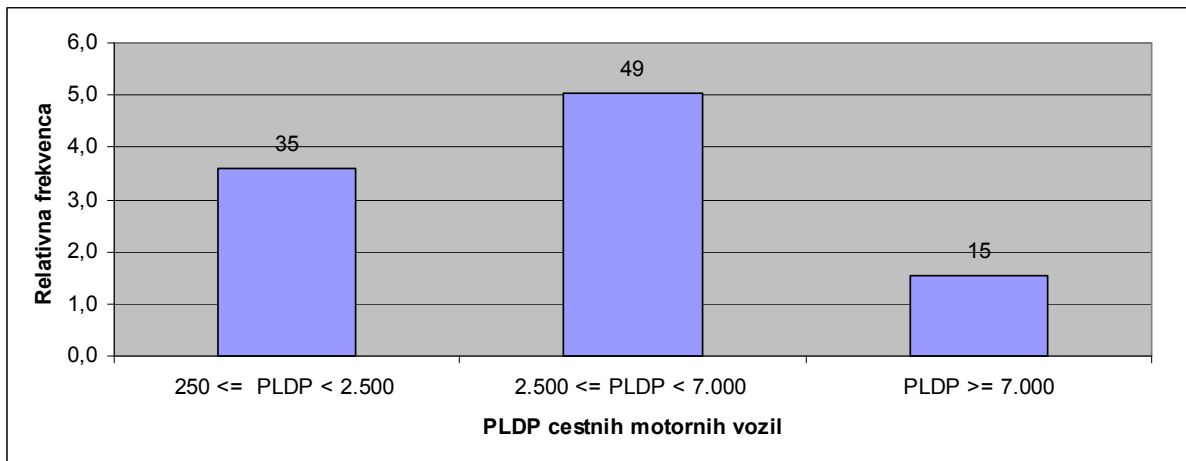


Grafikon 9: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc PLDP vlakov

3.2.2.10 PLDP cestnih motornih vozil

Srednja vrednost in razpršenost vzorca sta sicer že prikazani pri numeričnem opisu podatkov, vendar je dodatno narejen še grafični prikaz za podatke o PLDP cestnih motornih vozil, ko so ti razvrščeni po intervalih, glede na gostoto prometa.

Podatkov o PLDP cestnih vozil je le za 10% vseh NPR. Glede na celotno bazo podatkov je to zelo majhen procent. Analiza je narejena le za podatke o nesrečah znotraj teh 10% vseh NPR. Podatki so urejeni po intervalih, zato je odvisnost od števila nesreč preverjena z analizo variance.



Grafikon 10: Prikaz relativnih in absolutnih frekvenc PLDP cestnih vozil

4 ANALIZA ODVISNOSTI ŠTEVILA NESREČ NA NIVOJSKIH PREHODIH OD POSAMEZNIH PARAMETROV, KI NIVOJSKE PREHODE DOLOČAJO

V tem poglavju je preverjena odvisnost števila nesreč na NPr (odvisna spremenljivka) od posameznih parametrov, ki NPr določajo (slučajne, neodvisne spremenljivke). Za vsak parameter sta narejeni dve analizi.

Pri prvi analizi je odvisna spremenljivka »normirano število nesreč na NPr« (število nesreč je deljeno s številom NPr), druga analiza pa dodatno upošteva še promet na NPr (cestni in železniški hkrati), saj se predpostavlja, da gostota prometa močno vpliva na varnost NPr. Normirano število nesreč na NPr se dodatno deli še s številom vlakov in številom cestnih motornih vozil na posameznem NPr. Odvisna spremenljivka je tako »normirano število nesreč na NPr in promet«. Ker je podatkov o PLDP cestnih motornih vozil le za 89 NPr, je velikost vzorca zelo zmanjšana (le še 10% vseh NPr). Rezultati zato niso vedno takšni kot bi bilo pričakovati.

Rezultati prve analize dajo podatek o tem, ali je »prometna politika« NPr prava. To pomeni, ali je določen NPr »pravilno zavarovan«, saj ob predpostavki, da je PLDP vlakov in cestnih motornih vozil na NPr zelo majhen, lahko vrsta zavarovanja »Andrejev križ« pomeni dobro varovan NPr.

Ker pa je velik faktor, ki vpliva na število nesreč promet na NPr, se želi ugotoviti še, ali se ob upoštevanju le tega vpliv posameznih parametrov na varnost na NPr izgubi in s tem upraviči dejstvo, da je več nesreč tam kjer je promet gostejši.

Kljub temu, da lahko z gotovostjo trdimo, da je gostota prometa močan faktor, ki vpliva na varnost na NPr, pa je v točki 4.1 še dodatno preverjena odvisnost števila nesreč od PLDP cestnih in železniških vozil in sicer na podlagi podatkov iz naše baze. Pri preverjanju odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od PLDP železniških vozil je uporabljen test T, pri PLDP cestnih motornih vozil pa analiza variance.

Ostale točke tega poglavja obravnavajo odvisnosti normiranega števila nesreč, najprej na NPr in nato še na NPr in promet hkrati, od posameznih parametrov, ki NPr določajo.

4.1 Preverjanje odvisnosti števila nesreč od gostote cestnega in železniškega prometa na NPr

Ker se predpostavlja, da je število nesreč na NPr močno odvisno od gostote prometa, je najprej prikazano, da ta predpostavka res drži.

Kot je že omenjeno, se s testom T preverjajo domneve o enakosti povprečij dveh razredov, ki vzorec razdelita na dva dela, zato je pri ugotavljanju odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od PLDP vlakov uporabljen test T.

Vhodni podatki zajemajo normirano število nesreč na NPr, za vsak razred posebej.

Preglednica 16: Rezultati testa T za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od PLDP vlakov

	≤ 70	> 70
Srednja vrednost	0,000815996	0,013476021
Varianca	2,87963E-06	0,0005076
Število opazovanih elementov vzorca	887	87
Predpostavljena razlika srednjih vrednosti	0	
prostostne stopnje	86	
t statistika	-5,239776849	
P(T<=t) (obojestransko)	1,13031E-06	
t kritično (obojestransko)	1,987934166	

Rezultat t-testa je pokazal, da je razlika v srednjih vrednostih spremenljivke (normirano število nesreč na NPr) statistično značilna, saj je statistična vrednost P ($1,13 \cdot 10^{-6}$), ki je v tabeli obarvana rumeno, manjša od predpostavljenega 5% tveganja (0,05). Ničelna hipoteza o enakosti srednjih vrednosti se lahko zavrne.

Iz rezultata se zaključí, da se relativno več nesreč zgodi na NPr, kjer je PLDP vlakov večji od 70, kar pomeni, da je normirano število nesreč na NPr pogojeno z gostoto železniškega prometa, kot je v začetku predpostavljeno.

Ker so podatki o PLDP cestnih motornih vozil razvrščeni v tri razrede glede na gostoto prometa, je odvisnost preverjena z analizo variance in Tukeyevim testom. Vhodnih podatkov za ta test je le 98, zato bodo rezultati verjetno malo drugačni kot bi pričakovali.

Preglednica 17: Rezultati analize variance za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR od PLDP cestnih motornih vozil

Vir odstopanj	Prostostne stopnje	Vsota kvadratov	Povprečni kvadrati	Statistika F	Kritična vrednost
Faktor	2	6,710E-02	3,36E-02	106,042	0,00
Napaka	696	0,220211	3,16E-04		
Skupaj	698	0,287313			

Ker je kritična vrednost v tabeli (0,00) manjša od predpostavljenega 5% tveganja, je tudi predpostavka, da je normirano število nesreč na NPR pogojeno z gostoto prometa na cesti, upravičena. Preveriti je potrebno še, ali so si razredi znotraj vzorca statistično značilno različni. To preverja Tukeyev test.

Preglednica 18: Prikaz rezultatov Tukeyevega testa – PLDP cestnih motornih vozil

	250 ≤ PLDP < 2.500 vozil;	2.500 ≤ PLDP < 7.000 vozil;	PLDP ≥ 7.000 vozil.	Srednje vrednosti nesreč	
250 ≤ PLDP < 2.500 vozil;				0,032	a
2.500 ≤ PLDP < 7.000 vozil;				0,002	b
PLDP ≥ 7.000 vozil.				0,053	c

Rezultati Tukeyevega testa so pokazali, da so si vsi trije razredi med seboj statistično značilno različni. Po pregledu srednjih vrednosti relativnega števila nesreč, pa se lahko zaključi, da je normirano število nesreč na NPR največje tam, kjer je PLDP večji od 7000, najmanjše pa tam, kjer je PLDP večji od 2500 in manjši od 7000 in ne tam, kjer je PLDP večji od 250 in manjši od 2500, kar je verjetno posledica majhnosti vzorca.

4.2 Analize odvisnosti preverjene s testom T

S testom T smo preverili najprej odvisnost normiranega števila nesreč na NPR od kategorije proge in lege NPR in nato še odvisnost normiranega števila nesreč na NPR in promet hkrati od kategorije proge in lege NPR.

Pri teh dveh parametrih se namreč vzorec razdeli na dva razreda in lahko preverimo le domnevo o enakosti povprečij.

4.2.1 Kategorija proge

Najprej so prikazani rezultati testa T, kjer je upoštevan parameter kategorija proge.

Preglednica 19: Rezultati testa T za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od kategorije proge

	G	R
Srednja vrednost	1,044982699	0,645255474
Varianca	2,862552864	2,188299825
Število opazovanih elementov vzorca	289	685
Predpostavljena razlika srednjih vrednosti	0	
prostostne stopnje	483	
t statistika	3,492482898	
P(T<=t) (obojestransko)	0,00052252	
t kritično (obojestransko)	1,964887558	

Razlika srednjih vrednosti je statistično značilna, statistična vrednost je $P(0,5 \cdot 10^{-3})$ je namreč manjša od predpostavljenega 5% tveganja.

Trdimo lahko, da so NPr na glavnih progah bolj izpostavljeni nevarnosti kot tisti na regionalnih.

V drugi analizi pa je dodatno upoštevan še železniški in cestni promet. Rezultati so naslednji.

Preglednica 20: Rezultati testa T za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr in promet od kategorije proge.

	G	R
Srednja vrednost	7,54257E-06	0,000140527
Varianca	9,06502E-11	7,32361E-07
Število opazovanih elementov vzorca	42	56
Predpostavljena razlika srednjih vrednosti	0	
prostostne stopnje	55	
t statistika	-1,162776716	
P(T<=t) (obojestransko)	0,24994052	
t kritično (obojestransko)	2,004044769	

V tem primeru se ničelne hipoteze o enakosti srednjih vrednosti ne more zavrniti. Statistična vrednost P je namreč večja od predpostavljenega 5% tveganja.

Rezultat opravičuje dejstvo, da je vpliv prometa na varnost NPr ključen. Vpliv normiranega števila nesreč na NPr in promet je enak tako na glavnih, kot tudi na regionalnih progah.

4.2.2 Lega nivojskega prehoda

Prav tako je tudi tukaj narejena najprej analiza odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR od lege NPR in nato še analiza odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR in promet od lege NPR.

Preglednica 21: Rezultati testa T za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR od lege NPR

	OP	PO
Srednja vrednost	0,768987342	0,576923077
Varianca	2,469280072	0,573846154
Število opazovanih elementov vzorca	948	26
Predpostavljena razlika srednjih vrednosti	0	
prostostne stopnje	31	
t statistika	1,222676453	
P(T<=t) (obojestransko)	0,230666453	
t kritično (obojestransko)	2,039513438	

Preglednica 22: Rezultati testa T za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR in promet od lege NPR

	OP	PO
Srednja vrednost	8,61015E-05	2,21715E-06
Varianca	4,32846E-07	7,11548E-12
Število opazovanih elementov vzorca	95	3
Predpostavljena razlika srednjih vrednosti	0	
prostostne stopnje	94	
t statistika	1,24240525	
P(T<=t) (obojestransko)	0,217177628	
t kritično (obojestransko)	1,985523395	

V obeh primerih je test pokazal, da razlika v srednjih vrednostih ni statistično značilna. V tem primeru se lahko zaključi, da nevarnost NPR ni odvisna od tega ali je NPR na odprti progi, ali na postajnem odseku.

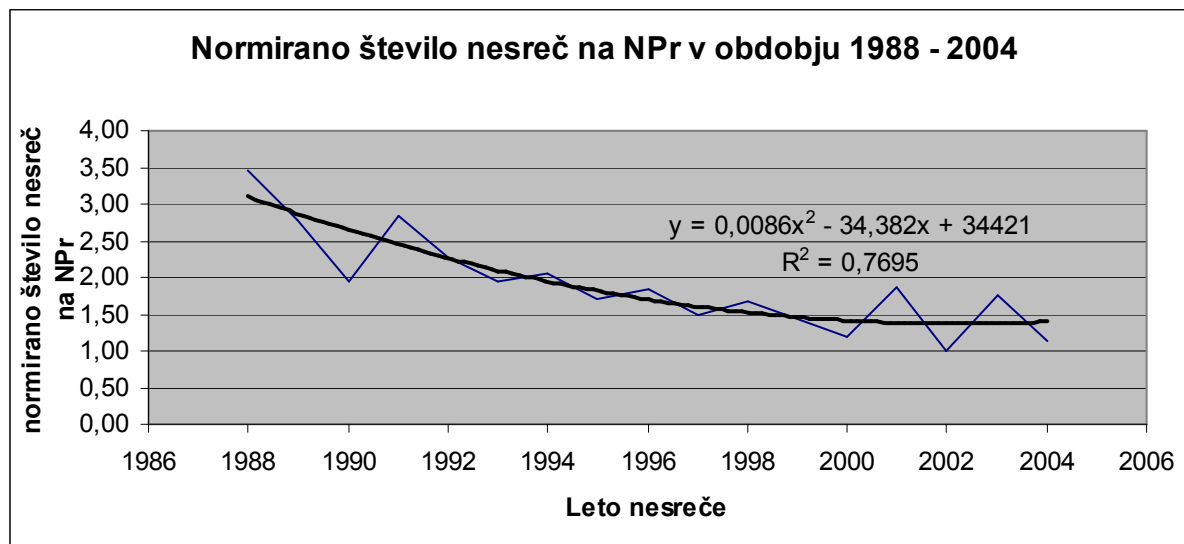
4.3 Analize odvisnosti preverjene z linearno regresijo

Z linearno regresijo so narejene analize kjer sta obe spremenljivki na intervalnem nivoju, torej številčni.

4.3.1 Leto nesreče

Podatki, ki se obravnavajo zajemajo le NPR, kjer se je zgodila vsaj ena nesreča. Vzorec je zato zmanjšan na 331 enot.

Grafični prikaz podatkov z razsevnim diagramom je pokazal, da se odvisnost med spremenljivkama najboljše poda kvadratni paraboli.



Grafikon 11: Razsevni diagram, ki prikazuje padanje normiranega števila nesreč na NPr v časovnem obdobju od 1988 do 2004

Po preureditvi vhodnih podatkov je narejena linearna regresija.

Preglednica 23: Rezultati linearne regresije za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od leta nesreč

Statistika regresije	
koeficient korelacije R	0,877219648
koeficient determinacije R ²	0,769514311
prilagojen koeficient determinacije	0,736587784
standardna napaka regresije s	0,33284414
število opazovanih razredov n	17

ANOVA	stopnja prostosti	vsota	srednji	F statistika	p-vrednost
		kvadriranih odklonov	kvadrirani odklon		
	df	SS	MS	F	Significance F
Model	2	5,178245084	2,589122542	23,3706492	3,45548E-05
Ostane	14	1,5509931	0,110785221		
Skupaj	16	6,729238184			

	ocena parametrov modela	standardna napaka ocene	t statistika	P-vrednost	spodnja meja intervala zaupanja	zgornja meja intervala zaupanja
ocena za a	3,351328455	0,273757089	12,2419787	7,2358E-09	2,764177896	3,938479014
ocena za b	-0,26081048	0,070013388	-3,72515154	0,00226187	-0,41097426	-0,110646698
ocena za c	0,008586173	0,003780368	2,271253502	0,03943926	0,000478091	0,016694255

Linearna regresija je pokazala, da se normirano število nesreč na NPr iz leta v leto v povprečju zmanjšuje in sicer je naklon tangente na parabolo na začetku večji, potem pa se počasi zmanjšuje in ga

na koncu več ni. To pomeni, da se je normirano število nesreč na NPR od leta 1988 do leta 1998 očitno zmanjševalo, od leta 1998 do leta 2004 pa je bilo vsako leto približno isto normirano število nesreč na NPR.

V drugem primeru sta upoštevana še PLDP vlakov in cestnih motornih vozil. Analiza je pokazala naslednje rezultate.

Preglednica 24: Rezultati linearne regresije za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR in promet od leta

<i>Statistika regresije</i>						
koeficient korelacije R						0,173907426
koeficient determinacije R ²						0,030243793
prilaagojen koeficient determinacije						-0,034406621
standardna napaka regresije s						5,78601E-05
število opazovanih razredov n						17

ANOVA	stopnja prostosti	vsota kvadriranih odklonov	srednji kvadrirani odklon	F statistika	p-vrednost
	df	SS	MS	F	Significance F
Model	1	1,56611E-09	1,56611E-09	0,46780509	0,504428752
Ostanek	15	5,02169E-08	3,34779E-09		
Skupaj	16	5,1783E-08			

	ocena parametrov modela	standardna napaka ocene	t statistika	P-vrednost	spodnja meja intervala zaupanja	zgornja meja intervala zaupanja
ocena za a	2,00108E-05	2,93524E-05	0,681743036	0,50579224	-4,2552E-05	8,2574E-05
ocena za b	1,95921E-06	2,8645E-06	0,683962786	0,50442875	-4,1463E-06	8,06475E-06

Tokrat je analiza pokazala da odvisnost ne obstaja, kar opravičuje dejstvo, da je promet faktor, ki zelo vpliva na število izrednih dogodkov na NPR. Na ta način je namreč dokazano, da so z upoštevanjem prometa vsi NPR enakovredni, v smislu varnosti.

4.3.2 Število tirov

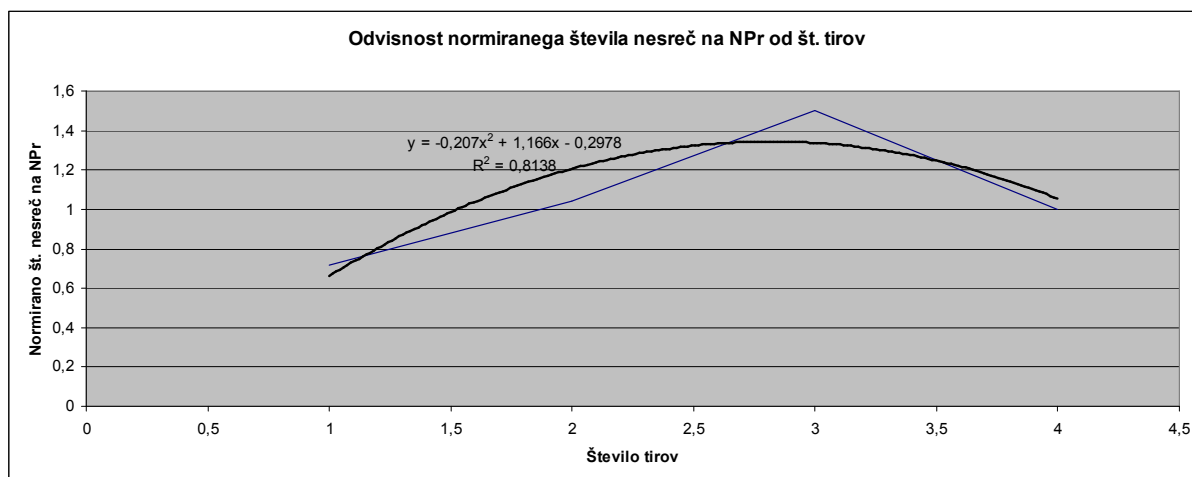
Analiza odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR od števila tirov, je pokazala, da odvisnost med spremenljivkama ustreza kvadratni paraboli. Zaradi tega je bilo potrebno podatke preurediti tako, da je bilo možno z linearno regresijo ugotoviti ali je odvisnost statistično značilna.

Preglednica 25: Rezultati linearne regresije za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od števila tirov

Statistika regresije	
koeficient korelacije R	0,902088154
koeficient determinacije R ²	0,813763038
prilaagojen koeficient determinacije	0,441289113
standardna napaka regresije s	0,242622635
število opazovanih razredov n	4

ANOVA	stopnja prostosti	vsota	srednji	F statistika	p-vrednost
		kvadriranih odklonov	kvadrirani odklon		
	df	SS	MS	F	Significance F
Model	2	0,257214063	0,128607031	2,184751692	0,431551807
Ostanek	1	0,058865743	0,058865743		
Skupaj	3	0,316079805			

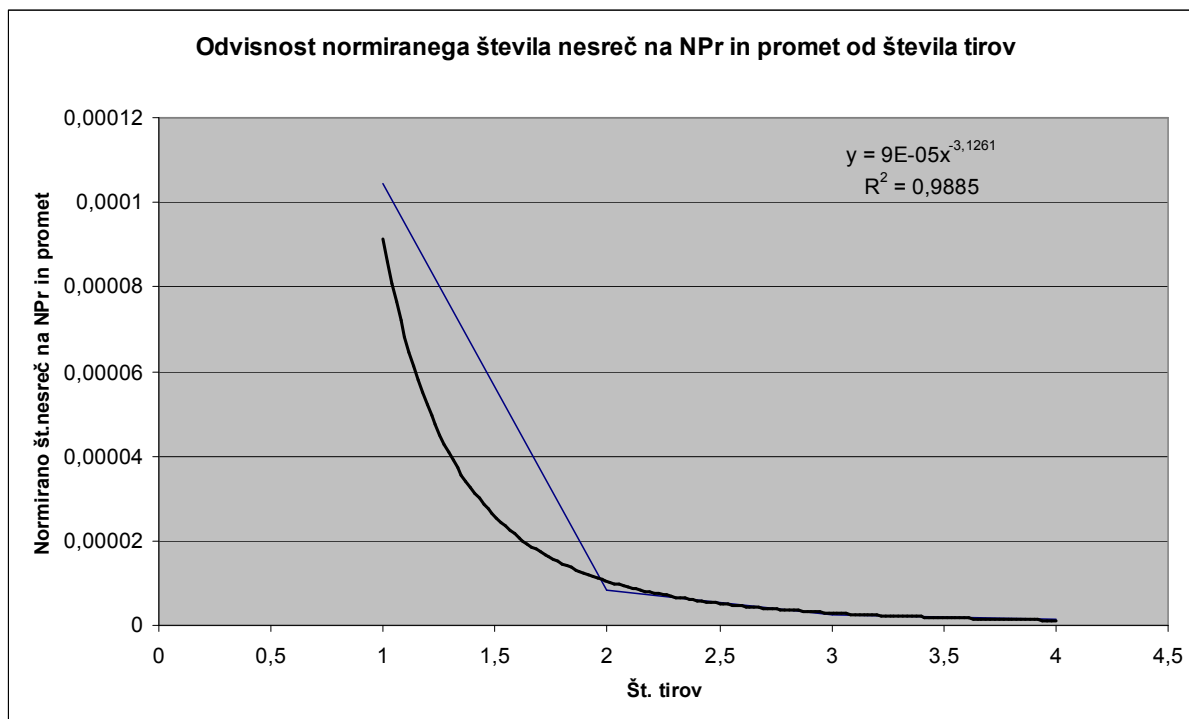
	ocena parametrov modela	standardna napaka ocene	t statistika	P-vrednost	spodnja meja intervala zaupanja	zgornja meja intervala zaupanja
ocena za a	-0,297787267	0,675432829	-0,440883614	0,735645596	-8,879975081	8,284400547
ocena za b	1,166011905	0,616185071	1,892307945	0,309493843	-6,663361757	8,995385567
ocena za c	-0,207000518	0,121311317	-1,706357842	0,337468442	-1,748406952	1,334405917



Grafikon 12: Grafični prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od števila tirov

Linearna regresija je kljub visoki vrednosti koeficienta korelacije (0,90) pokazala, da odvisnost ni statistično značilno, zato se ne more trditi, da je odvisnost med spremenljivkami določena s kvadratno funkcijo. To je najverjetneje posledica majhnosti vzorca, saj je število opazovanih razredov le štiri.

V drugem primeru, ko je število nesreč dodatno normirano še na železniški in cestni promet, pa je grafični prikaz podatkov pokazal, da najboljše ustrezajo potenčni krivulji.



Grafikon 13: Grafični prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR in promet od števila tirov

Po potrebni transformaciji podatkov je narejena linearna regresija.

Preglednica 26: Rezultati linearne regresije za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR in promet od števila tirov.

Statistika regresije	
koeficient korelacije R	0,994241304
koeficient determinacije R ²	0,988515771
prilaagoben koeficient determinacije	0,982773656
standardna napaka regresije s	0,248086927
število opazovanih razredov n	4

ANOVA	stopnja prostosti df	vsota	srednji	F statistika F	p-vrednost Significance F
		kvadriranih odklonov SS	kvadrirani odklon MS		
Model	1	10,5954522	10,5954522	172,1518672	0,005758696
Ostanek	2	0,123094247	0,061547123		
Skupaj	3	10,71854645			

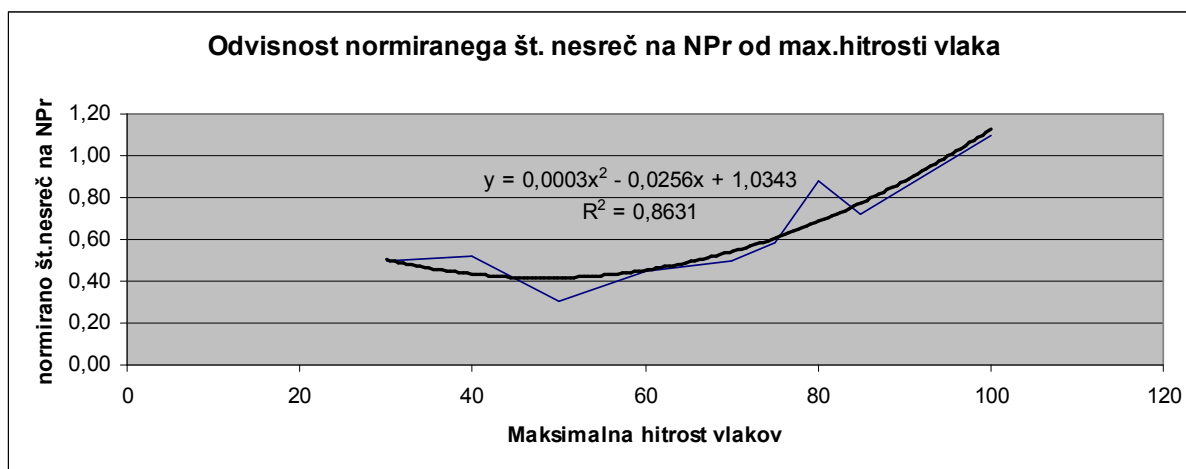
	ocena parametrov modela	standardna napaka ocene	t statistika	P-vrednost	spodnja meja intervala zaupanja	zgornja meja intervala zaupanja
ocena za a	-9,301985138	0,226320555	-41,10092927	0,000591441	-10,27576389	-8,328206383
ocena za b	-3,126104892	0,238258102	-13,12066565	0,005758696	-4,151246764	-2,10096302

Linearna regresija je pokazala, da odvisnost med spremenljivkama statistično značilno ustreza potenčni funkciji.

Iz rezultatov se torej lahko zaključi, da so NPr na enotirnih progah, kljub upoštevanju PLDP vlakov in motornih cestnih vozil, najbolj kritični v smislu varnosti, zato bi bilo potrebno še dodatno preveriti varnost na teh prehodih.

4.3.3 Maksimalna hitrost vlaka

Grafični prikaz podakov z razsevnim diagramom je pokazal, da odvisnost med normiranim številom nesreč na NPr in maksimalno hitrostjo vlakov najbolj ustreza kvadratni paraboli.



Grafikon 14: Grafični prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od maksimalne hitrosti vlakov

Po ustrezni obdelavi podatkov je linearna regresija pokazala naslednje rezultate.

Preglednica 27: Rezultati linearne regresije za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od maksimalne hitrosti vlaka

Statistika regresije	
koeficient korelacije R	0,929020113
koeficient determinacije R ²	0,86307837
prilaagojen koeficient determinacije	0,817437827
standardna napaka regresije s	0,103897352
število opazovanih razredov n	9

ANOVA	stopnja prostosti	vsota kvadriranih odklonov	srednji kvadrirani odklon	F statistika	p-vrednost
	df	SS	MS	F	Significance F
Model	2	0,408261455	0,204130728	18,91034395	0,002566943
Ostanek	6	0,064767958	0,01079466		
Skupaj	8	0,473029413			

	ocena parametrov modela	standardna napaka ocene	t statistika	P-vrednost	spodnja meja intervala zaupanja	zgornja meja intervala zaupanja
ocena za a	1,03434952	0,302393566	3,420540766	0,014134345	0,294419121	1,774279919
ocena za b	-0,02562705	0,010023717	-2,566641475	0,043103203	-0,050154203	-0,001099899
ocana za c	0,000265513	7,73837E-05	3,431124836	0,013951918	7,61621E-05	0,000454864

Linearna regresija je potrdila, da odvisnost med parametri ustreza kvadratni paraboli. Iz grafikona je razvidno, da normirano število nesreč na NPR raste z večanjem hitrosti vlakov. Naklon tangente parabole je na začetku majhen, proti koncu pa vedno večji, kar pomeni, da se nevarnost na NPR od približno 70 km/h dalje hitreje povečuje.

Pri drugi analizi je upoštevan še promet.

Preglednica 28: Rezultati linearne regresije za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR in promet od maksimalne hitrosti vlaka.

<i>Statistika regresije</i>	
koeficient korelacije R	0,021583797
koeficient determinacije R ²	0,00046586
prilaagojen koeficient determinacije	-0,14232473
standardna napaka regresije s	5,03221E-05
število opazovanih razredov n	9

ANOVA	<i>stopnja prostosti</i>	<i>vsota kvadriranih odklonov</i>	<i>srednji kvadrirani odklon</i>	<i>F statistika</i>	<i>p-vrednost</i>
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Model	1	8,26179E-12	8,26179E-12	0,003262542	0,956046916
Ostanek	7	1,77262E-08	2,53232E-09		
Skupaj	8	1,77345E-08			

	<i>ocena parametrov modela</i>	<i>standardna napaka ocene</i>	<i>t statistika</i>	<i>P-vrednost</i>	<i>spodnja meja intervala zaupanja</i>	<i>zgornja meja intervala zaupanja</i>
ocena za a	3,0792E-05	5,43425E-05	0,566627929	0,588665505	-9,77077E-05	0,000159292
ocena za b	-4,5039E-08	7,88518E-07	-0,057118666	0,956046916	-1,90959E-06	1,81951E-06

Rezultati so tokrat pokazali, da se z upoštevanjem prometa odvisnost med odvisno spremenljivo in parametrom izgubi, kar pomeni, da je varnost na vseh NPR, ne glede na hitrost vlakov, približno enaka.

4.3.4 Kot križanja ceste in železnice

Linearna regresija je narejena še v primeru določevanja odvisnosti med normiranim številom nesreč na NPR, brez in z upoštevanjem prometa, in kotom križanja ceste in železnice.

Preglednica 29: Rezultati linearne regresije za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od kota križanja

<i>Statistika regresije</i>	
koeficient korelacije R	0,097616233
koeficient determinacije R ²	0,009528929
prilaagojen koeficient determinacije	-0,066661153
standardna napaka regresije s	0,460336199
število opazovanih razredov n	15

ANOVA	stopnja prostosti	vsota kvadriranih odklonov	srednji kvadrirani odklon	F statistika	p-vrednost
	df	SS	MS	F	Significance F
Model	1	0,026503053	0,026503053	0,12506784	0,72927109
Ostanek	13	2,754822406	0,211909416		
Skupaj	14	2,781325459			

	ocena parametrov modela	standardna napaka ocene	t statistika	P-vrednost	spodnja meja intervala zaupanja	zgornja meja intervala zaupanja
ocena za a	0,675883666	0,325119109	2,078880164	0,057990582	-0,026493465	1,378260796
ocena za b	0,001945803	0,00550207	0,353649318	0,72927109	-0,009940696	0,013832303

Preglednica 30: Rezultati linearne regresije za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr in promet od kota križanja.

<i>Statistika regresije</i>	
koeficient korelacije R	0,130674774
koeficient determinacije R ²	0,017075897
prilaagojen koeficient determinacije	-0,05853365
standardna napaka regresije s	1,60792E-05
število opazovanih razredov n	15

ANOVA	stopnja prostosti	vsota kvadriranih odklonov	srednji kvadrirani odklon	F statistika	p-vrednost
	df	SS	MS	F	Significance F
Model	1	5,83898E-11	5,83898E-11	0,225843131	0,642508748
Ostanek	13	3,36104E-09	2,58541E-10		
Skupaj	14	3,41943E-09			

	ocena parametrov modela	standardna napaka ocene	t statistika	P-vrednost	spodnja meja intervala zaupanja	zgornja meja intervala zaupanja
ocena za a	8,49256E-06	1,13562E-05	0,747836179	0,467872197	-1,6041E-05	3,30261E-05
ocena za b	9,13313E-08	1,92183E-07	0,475229556	0,642508748	-3,23856E-07	5,06518E-07

V obeh primerih je analiza pokazala, da odvisnost ni statistično značilna, zato se lahko zaključi, da kot križanja ne vpliva na varnost na NPr.

4.4 Analize odvisnosti preverjene z analizo variance in Tukeyevim testom

Za nominalne spremenljivke je narejena statistična analiza odvisnosti s pomočjo analize variance in Tukeyevega testa. Spremenljivke s podatki na nominalnem nivoju so kategorija ceste, vrsta zavarovanja, kontrola AN, tip voziščne konstrukcije in progoni odsek.

4.4.1 Kategorija ceste

Najprej je preverjena odvisnost normiranega števila nesreč na NPr od kategorije ceste.

Preglednica 31: Tabela ANOVA za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od kategorije ceste

<i>Vir odstopanj</i>	<i>Prostostne stopnje</i>	<i>Vsota kvadratov</i>	<i>Povprečni kvadrati</i>	<i>Statistika F</i>	<i>Kritična vrednost</i>
Faktor	17	474,505	27,912	11,5413	0.
Napaka	1096	2650,62	2,41845		
Skupaj	1113	3125,12			

Kritična vrednost v tabeli je 0, kar pomeni, da je odvisnost normiranega števila nesreč na NPr od kategorije ceste statistično značilna. S Tukeyevim testom je preverjeno ali so si razredi med seboj statistično značilno različni.

Preglednica 32: Prikaz Tukeyevega testa - kategorija ceste brez upoštevanja prometa

	MEST. C.	G2	LC	LZ	LOK. C.	IND. C.	R3	KRAJ. C.	PEŠ. POT	R2	R1	G1	DOST. P.	JP	POLJ. P.	JAV. P.	Nek. JAV.P	GOZD. P.	povprečne vrednosti nesreč	statistično značilno različni
MEST.C.																			2,044	a
G2																			1,900	ab
LC																			1,691	ab
LZ																			1,500	abc
LOK.C.																			1,350	abc
IND.C.																			1,333	abc
R3																			1,171	abc
KRAJ.C.																			0,897	abc
PEŠ.POT																			0,875	abc
R2																			0,833	abc
R1																			0,800	abc
G1																			0,600	abc
DOST.P.																			0,829	bc
JP																			0,623	c
POLJ.P.																			0,317	c
JAV.P.																			0,283	c
Nek.JAV.P																			0,169	c
GOZD.P.																			0,063	c

Rezultat Tukeyevega testa je pokazal, da obstajata dva para statistično značilno različnih skupin razredov. Prvi par je skupina a glede na skupino, ki jo tvorita skupini bc in c, drugi par pa je skupina c glede na skupino, ki jo tvorita a in ab. Glede na podatke o srednjih vrednostih nesreč se lahko zaključí,

da so najbolj nevarne ceste na NPR, mestne ceste, takoj za njimi pa so glede varnosti ogrožene glavne ceste 2. reda in lokalne ceste.

Najmanj nevarne ceste na NPR so poljska pot, javna pot, nekategorizirana javna pot in gozdna pot.

Analiza variance pa je narejena še za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR od kategorije ceste ob upoštevanju PLDP cestnih in železniških vozil..

Preglednica 33: Preglednica ANOVA za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR in promet od kategorije ceste

Vir odstopanj	Prostostne stopnje	Vsota kvadratov	Povprečni kvadrati	Statistika F	Kritična vrednost
Faktor	4	3,97E-06	9,92E-07	2,51188	0,0469076
Napaka	93	3,67E-05	3,95E-07		
Skupaj	97	4,07E-05			

Rezultati analize variance so pokazali, da odvisnost obstaja, torej je statistično značilna.

Preglednica 34: Prikaz Tukeyevega testa - kategorija ceste z upoštevanjem prometa

	G2	G1	R2	R3	R1	povprečne vrednosti nesreč		
G2						7,15E-04	a	statistično značilno različne
R2						2,16E-05	ab	
G1						5,23E-06	ab	
R3						2,99E-05	b	statistično značilno različne
R1						2,85E-06	b	

Tukeyev test je pokazal, da obstajata dve statistično značilno različni skupini razredov in sicer a in b. Zaradi pomanjkanja podatkov o PLDP cestnih motornih vozil, so vse občinske ceste izvzete iz analize. Podatki so namreč zajemali le državne ceste.

Na vrhu najbolj nevarnih je spet glavna cesta 2. reda, regionalni cesti 1. in 3. reda pa imata normirano število nesreč na NPR in promet najmanjše.

4.4.2 Vrsta voziščne konstrukcije na nivojskem prehodu

Odvisnost normiranega števila nesreč na NPr od vrste voziščne konstrukcije na NPr je statistično značilna, kar prikazuje spodnja tabela ANOVA. Kritična vrednost je namreč manjša o predpostavljenega 5% tveganja.

Preglednica 35: Preglednica ANOVA za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od vrste voziščne konstrukcije

Vir odstopanj	Prostostne stopnje	Vsota kvadratov	Povprečni kvadrati	Statistika F	Kritična vrednost
Faktor	5	304,361	60,8722	29,3953	0,00
Napaka	960	1987,98	2,07082		
Skupaj	965	2292,34			

Ali so si posamezni razredi med seboj tudi statistično značilno različni, pa prikazuje spodnja tabela, ki prikazuje rezultate Tukeyevega testa.

Preglednica 36: Rezultati Tukeyevega testa - vrsta voziščne konstrukcije brez upoštevanja prometa

	Guma	Asfalt	Asfalt/les	Les/makadam	Les	Makadam	Srednje vrednosti nesreč		
Guma							1,48	a	Statistično značilno različne
Asfalt							1,34	ab	
Asfalt/les							1,23	abc	
Les/makadam							0,18	bc	Statistično značilno različne
Les							0,42	c	
Makadam							0,21	c	

Rezultati so pokazali dva para statistično različnih skupin razredov in sicer a glede na bc in c in c glede na a in ab. Glede na srednje vrednosti nesreč, je normirano število nesreč na NPr največje tam, kjer je vozišče iz montažnih gumi elementov, oziroma asfaltno, najmanj pa na NPr, kjer je vozišče makedamsko oziroma leseno.

V drugem primeru je upoštevan še PLDP cestnih motornih vozil in vlakov. Analiza variance tokrat ni potrdila odvisnosti. Kritična vrednost je večja od predpostavljenega 5% tveganja. Ob upoštevanju prometa na NPr postanejo vse vrste voziščne konstrukcije enakovredne glede varnosti.

Preglednica 37: Preglednica ANOVA za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr in promet od vrste voziščne konstrukcije.

Vir odstopanj	Prostostne stopnje	Vsota kvadratov	Povprečni kvadrati	Statistika F	Kritična vrednost
Faktor	3	2,885E-07	9,62E-08	0,223617	0,88
Napaka	94	4,04195E-05	4,30E-07		
Skupaj	97	0,000040708			

4.4.3 Vrsta zavarovanja nivojskega prehoda

Odvisnost normiranega števila nesreč na NPr od vrste zavarovanja prav tako obstaja. Analiza variance je namreč to potrdila. Kritična vrednost v tabeli ANOVA je namreč zelo nizka ($1,77 \cdot 10^{-7}$).

Preglednica 38: Preglednica ANOVA za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od vrste zavarovanja na NPr

Vir odstopanj	Prostostne stopnje	Vsota kvadratov	Povprečni kvadrati	Statistika F	Kritična vrednost
Faktor	5	95,714	19,1427	8,08193	1,77E-07
Napaka	949	2247,78	2,36858		
Skupaj	954	2343,49			

Ali so si posamezni razredi, vrste zavarovanj, med seboj statistično značilno različni in kako, pa prikazuje spodnja tabela, kot rezultat Tukeyevega testa.

Preglednica 39: Rezultati Tukeyevega testa - vrsta zavarovanja brez upoštevanja prometa

	ANPr-CSZ	ANPr-PZ	ANPr-4PZ	ANPr-ZAP	AK	MZ-ZAP	Srednje vrednosti nesreč		
ANPr-CSZ							1,68	a	Statistično značilno različne
ANPr-PZ							1,21	a	
ANPr-4PZ							0,86	ab	
ANPr-ZAP							0,79	ab	
AK							0,61	b	Statistično značilno različne
MZ-ZAP							0,26	b	

Obstajata dve statistično značilno različni skupini razredov, a in b. V skupino a spadajo polzapornice in cestni svetlobni signali, ki imajo srednje vrednosti nesreč najvišje. NPr s takšnim zavarovanjem so, v smislu varnosti, najbolj tvegani. V skupino b pa spadajo "Andrejevi križi" in mehanske zapornice.

Tak način varovanja se je izkazal za najmanj kritičen, glede na relativno število nesreč na NPr s takšnim zavarovanjem.

Preverjena je tudi odvisnost normiranega števila nesreč na NPr od vrste zavarovanja, z upoštevanjem prometa na NPr. Tokrat analiza variance ni potrdila odvisnosti. Kritična vrednost je namreč previsoka (0,99).

Preglednica 40: Preglednica ANOVA za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr in promet od vrste zavarovanja.

<i>Vir odstopanj</i>	<i>Prostostne stopnje</i>	<i>Vsota kvadratov</i>	<i>Povprečni kvadrati</i>	<i>Statistika F</i>	<i>Kritična vrednost</i>
Faktor	4	9,69E-08	2,42E-08	0,531321	0,994637
Napaka	89	4,06E-05	4,56E-07		
Skupaj	93	4,07E-05			

4.4.4 Kontrola avtomatskih naprav

Tudi pri ugotavljanju odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od kontrole AN je rezultat analize variance potrdil odvisnost. Kritična vrednost je namreč zelo nizka ($1,3 \cdot 10^{-8}$).

Preglednica 41: Preglednica ANOVA za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr od kontrole AN

<i>Vir odstopanj</i>	<i>Prostostne stopnje</i>	<i>Vsota kvadratov</i>	<i>Povprečni kvadrati</i>	<i>Statistika F</i>	<i>Kritična vrednost</i>
Faktor	5	109,650	21,9301	9,35602	1,03E-08
Napaka	952	2231,44	2,34395		
Skupaj	957	2341,09			

Rezultati Tukeyevega testa pa so pokazali naslednje ugotovitve.

Preglednica 42: Rezultati Tukeyevega testa - kontrola AN brez upoštevanja prometa

	DKPO	DK	KS	PO	Ni kontrole	MZ	Srednje vrednosti nesreč		
DKPO							1,56	a	Statistično značilno različne
DK							1,47	a	
KS							1,09	ab	
PO							0,81	ab	
ni kontrole							0,60	b	Statistično značilno različne
MZ							0,25	b	

Obstajata dve statistično značilno različni skupini razredov in sicer a in b. V skupino a spadata daljinska kontrola – postajna odvisnost in daljinska kontrola, v skupino b pa mehanske zapornice in NPR brez kontrole. Relativno največ nesreč je torej na NPR, kjer so AN kontrolirane z daljinsko kontrolo, najmanj pa tam, kjer ni kontrole oz. so mehanske zapornice.

V drugem primeru, ko je dodatno upoštevan še promet, so rezultati upravičili predpostavko, da je večja gostota prometa razlog za več nesreč na NPR.

Preglednica 43: Preglednica ANOVA za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR in promet od kontrole AN.

Vir odstopanj	Prostostne stopnje	Vsota kvadratov	Povprečni kvadrati	Statistika F	Kritična vrednost
Faktor	5	7,163E-07	1,43E-07	0,315724	0,90
Napaka	88	3,99323E-05	4,54E-07		
Skupaj	93	4,06486E-05			

4.4.5 Progovni odsek na železniški progi

Na koncu je narejena še analiza variance za odvisnost normiranega števila nesreč na NPR in železniški promet od progovnega odseka. Na ta način je ugotovljeno, kateri progovni odseki na slovenski železniški mreži so bolj oziroma manj nevarni, v smislu varnosti NPR na teh odsekih.

Rezultati analize variance so pokazali, da odvisnost obstaja.

Preglednica 44: Preglednica ANOVA za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr in železniški promet od progovnih odsekov.

<i>Vir odstopanj</i>	<i>Prostostne stopnje</i>	<i>Vsota kvadratov</i>	<i>Povprečni kvadrati</i>	<i>Statistika F</i>	<i>Kritična vrednost</i>
Faktor	38	10,13	0,26660	4,04037	2,41E-14
Napaka	905	59,7154	0,06598		
Skupaj	943	69,8462			

Kateri odsek je bolj ali manj nevaren, oziroma koliko različnih skupin razredov, ki so si med seboj statistično značilno različni, obstaja, prikazuje preglednica v prilogah (priloga A), ki je rezultat Tukeyevega testa.

Tukeyev test je pokazal, da obstajata dve statistično značilno različni skupini skupin razredov, in sicer a glede na bc in c, ter c glede na a in ab.

V tem primeru lahko zaključimo, da sta najbolj nevarna progovna odseka Novo mesto – Straža in Dravograd – Otiški vrh.

4.5 Povzetek analize

Za lažji pregled rezultatov analize je narejena spodnja preglednica (Preglednica 46).

Preglednica 45: Povzetek rezultatov analize

	<i>Normirano število nesreč na NPR</i>	<i>Normirano število nesreč na NPR in promet</i>
Kategorija proge	Glavne proge bolj nevarne od regionalnih.	Vpliv prometa izenači nevarnost na vseh NPR, ne glede na kategorijo proge.
Lega NPR	Ni odvisnosti.	Ni odvisnosti.
Število tirov	Norm. število nesreč je največje na 3-tirnih progah in rahlo pada proti 4-tirnim in nazaj proti 1-tirnim progam.	Enotirne proge še vedno bolj nevarne od drugih.
Maksimalna hitrost vlaka	Norm. število nesreč narašča od 50 km/h najprej počasi, nato pa vedno hitreje proti 100 km/h.	Vpliv prometa izenači nevarnost na vseh NPR, ne glede na število tirov.
Kot križanja	Ni odvisnosti.	Ni odvisnosti.
Kategorija ceste	Mestne ceste bolj nevarne od javnih poti	G2 še vedno bolj nevarne od R1 in R3.
Vrsta voziščne konstrukcije	Gumi in asfaltni prehodi bolj nevarni od makedamskih in lesenih prehodov.	Vpliv prometa izenači nevarnost na vseh NPR, ne glede na vrsto voziščne konstrukcije.
Vrsta zavarovanja	NPr s cestnimi svetlobnimi signali in/ali polzapornicami bolj nevarni kot NPr z mehanskimi zapornicami ali AK .	Vpliv prometa izenači nevarnost na vseh NPR, ne glede na vrsto zavarovanja.
Kontrola AN	NPr z DKPO ali DK bolj nevarni kot NPr z MZ ali brez kontrole.	Vpliv prometa izenači nevarnost na vseh NPR, ne glede na vrsto kontrole AN.

Rezultati analize so pokazali, da je v primeru, ko preverjamo le odvisnosti normiranega števila nesreč na NPR od posameznih parametrov, kar pomeni, da zanemarimo vpliv prometa in preverjamo »prometno politiko«
 NPR (se sprašujemo, ali je določena vrsta zavarovanja »prava«
 za določen NPR), največje normirano število nesreč na NPR tam, kjer so NPR zavarovani s cestnimi svetlobnimi napravami in/ali polzapornicami. Takšen rezultat je najverjetneje posledica psihološkega vpliva posameznih vrst zavarovanja na udeležence v cestnem prometu. Uvedba signalno varnostnih naprav na NPR, je najverjetneje spodbudila pri ljudeh dodaten strah pred pasivno zavarovanimi prehodi. Previdnost na teh mestih se je povečala, v nasprotju s tem pa so ljudje na NPR zavarovanih s svetlobno varnostnimi napravami, dobili dodaten občutek varnosti. Pri vsakodnevni uporabi takšnih naprav pa se je občutek varnosti še povečeval. Udeleženci v cestnem prometu so osvojili princip delovanja AN in začeli zlorabljati njihovo varnost.

Enako velja za vrsto voziščne konstrukcije. Makadamsko cestišče namreč udeležencem v cestnem prometu onemogoča hitro vožnjo. Na ta način se poveča čas približevanja NPR, ki vozniku omogoča boljšo preglednost nad stanjem na železniški progi. Ker so takšni NPR ponavadi le pasivno zavarovani, je to še dodaten razlog za previdnost.

Zaradi takšnih rezultatov bi bilo morda na določenih mestih smiselno NPR zavarovati s polnimi zapornicami, ki popolnoma preprečujejo prehod preko proge ali pa poostriti nadzor nad udeleženci v cestnem prometu.

V drugem primeru, ko je dodatno upoštevan še promet, se (ne)varnost na vseh prehodih izenači. Izjeme so NPR na enotirnih progah, ki so še vedno bolj izpostavljeni nevarnosti kot drugi in NPR, ki jih prečkajo glavne ceste 2. reda, pri čemer moramo upoštevati, da se je, zaradi pomanjkanja podatkov o PLDP cestnih motornih vozil, vzorec zmanjšal le na NPR na državnih cestah. S tem je bil iz analize izvzet pretežni del NPR zavarovanih z »Andrejevim križem«.

Ker torej podatkov o nesrečah na NPR na občinskih cestah v tem primeru nismo mogli upoštevati v analizi, pa ne moremo trditi, da pasivno zavarovani NPR niso še vedno izpostavljeni nevarnosti, saj lahko pomeni na takšnih NPR tudi zelo majhno število nesreč glede na zelo nizek PLDP cestnih vozil, veliko tveganje prečkanja takšnega prehoda.

5 SKLEPI

Zaradi aktualnosti problema, je bilo narejenih veliko raziskav na tem področju tako pri nas kot tudi v drugih državah, ki se spopadajo z enakimi težavami.

Rezultati podobne analize so predstavljeni v članku Safety at level (rail/road) crossings, zato je smiselna primerjava rezultatov.

V članku je narejena analiza odvisnosti števila smrtnih žrtev glede na število pasivno zavarovanih prehodov po posameznih sekcijah za vzdrževanje prog (SVP) na slovenskem železniškem omrežju. Ugotovljeno je bilo, da obstaja srednje močna korelacija. To pomeni, da je v sekcijah, kjer je več pasivno zavarovanih prehodov, več nesreč. Število NPr predstavlja »količino investiranja v tehniko«. Sklep je torej tak, da investiranje v boljšo tehnično opremo zmanjša število smrtnih žrtev na NPr.

Rezultati naše analize so pokazali, da je normirano število nesreč na NPr največje ravno na varnostno in gradbeno urejenih NPr. Glede na to se lahko sklepa, da je poleg investicije v opremo in odpravo NPr, potreben tudi boljši nadzor nad udeleženci v cestnem prometu in hkrati zagotovitev boljše preglednosti, saj je ugotovljeno, da se normirano število nesreč na NPr povečuje z večanjem hitrosti vlaka, od katere je odvisna pot približevanja železniškega vozila in s tem velikost preglednostnega prostora.

Linearna regresija za ugotavljanje odvisnosti normiranega števila nesreč, na NPr in promet, od preglednosti, zaradi prevelike raztresenosti podatkov o preglednosti ni narejena. Merila za uvrščanje podatkov v razrede so namreč težko določljiva, analiza pa brez tega ni smiselna.

Tudi multipla linearna regresija, s katero bi lahko prikazali vpliv več parametrov na število nesreč hkrati, v nalogi ni narejena. Baza podatkov namreč vsebuje parametre z intervalnimi in nominalnimi podatki, ki pa med seboj niso združljivi. Parametre z intervalnimi spremenljivkami (št. tirov, hitrost vlaka, kot križanja) bi sicer lahko uporabili v multipli linearni regresiji, vendar bi morali v tem primeru v analizi zopet upoštevati celoten obseg podatkov v osnovni obliki, saj je število razredov pri vsakem parametru drugačno, regresijo pa lahko naredimo le za enako število opazovanih razredov. Tako bi bil vzorec ponovno preslab.

Tudi na Finskem, ki ima na svoji železniški mreži veliko število NPr so ugotovili, da sta glavna vzroka vseh nesreč ravno prevelika vozna hitrost motornih vozil in slaba preglednost. Da bi podprli ugotovitve, so opravili meritve hitrosti vozil na štirih nezavarovanih NPr. NPr so bili na enotirnih progah, na lokalnih makedamskih cestah, največja progovna hitrost je morala znašati 80 km/h, kot križanja pa cca. 90°. Stanje NPr in vzdolžnega profila ceste ni smelo omejevati vozne hitrosti. Meritve so potekale 70m, 40m in 10m od tirov in sicer dva tedna.

Rezultati so pokazali, da ljudje na lahko obremenjenih lokalnih cestah na Finskem vozijo relativno počasi. Kljub razmeroma majhni vozni hitrosti pa so v neposredni bližini prehoda vozne hitrosti zelo visoke. Na razdalji 10 m od tira kar 20 – 60 % vseh voznikov vozi tako hitro, da se v primeru nevarnosti ne bi mogli zaustaviti pravočasno.

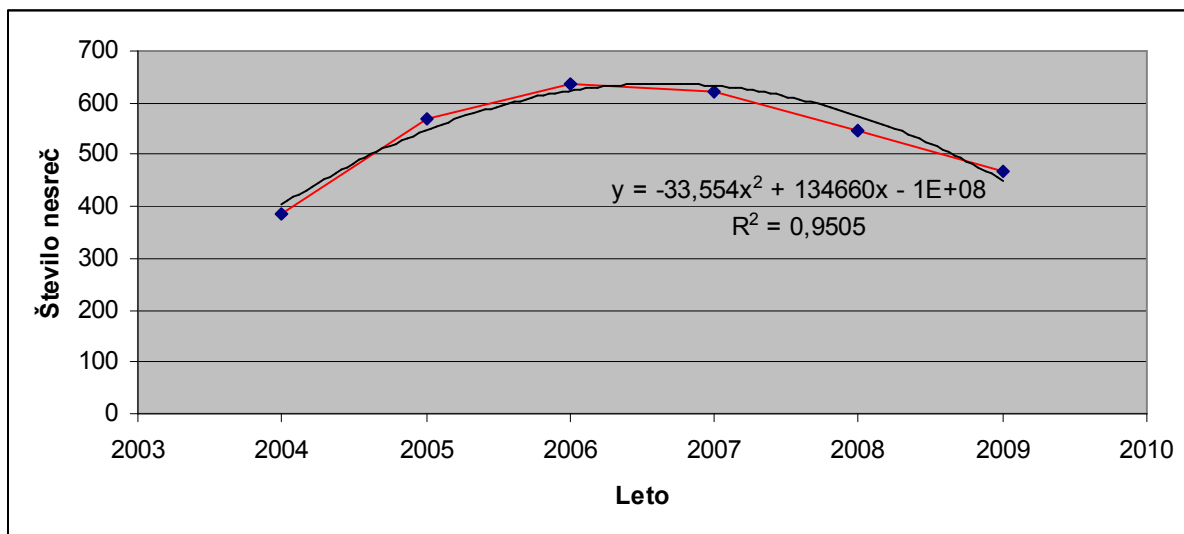
Slovenske železnice sicer imajo v svoji strategiji razvoja zmanjševanje števila NPR oz. opremljanje letih z varnostnimi napravami, vendar pa je število NPR zelo veliko, zato je posodabljanje dolgoročen proces in je pomembno v tem času zagotoviti varno prečkanje cestnih motornih vozil. Zato je pomembno zagotoviti dobro preglednost ter poskušati ozavestiti udeležence v cestnem prometu o pomembnosti varnega prečkanja NPR.

Ker pa so rezultati analize pokazali, da je normirano število nesreč na NPR zelo veliko ravno na prehodih, ki so varovani s svetlobno varnostnimi napravami in polzapornicami, pa bi bila dolgoročno zelo učinkovita investicija v vpeljavo »slikovnih metod«, z uporabo kamer. Na ta način bi v celoten sistem varovanja vključili tudi ceste in s tem predstavili tehnologijo iz tirnega na vlakovni sistem. Tako bi se hkrati zmanjšali tudi stroški vzdrževanja opreme, ki je nenehno izpostavljena klimatskim vplivom, vibracijam in elektromagnetnemu valovanju.

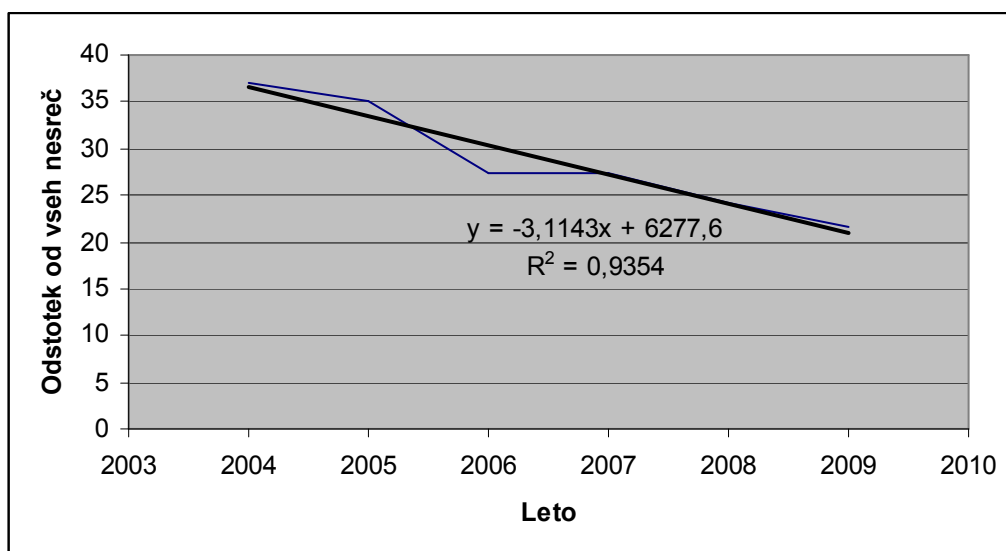
Po podatkih o nesrečah za 20 evropskih UIC članic, ki so posredovale svoje podatke v UIC bazo podatkov o nesrečah na železniškem omrežju od leta 2004 do 2009, so rezultati naslednji.

Podatki o nesrečah na NPR za ciljno skupino 20 evropskih UIC članic, za obdobje od 2004 do 2009
(Vir: <http://www.uic.org>, 20.4.2011)

Leto	Skupno število nesreč na NPR	Odstotek od vseh nesreč
2009	469	21,7
2008	548	24,2
2007	621	27,3
2006	638	27,4
2005	570	35,0
2004	386	37,0



Grafičen prikaz trenda števila nesreč na evropskem koridorju, za obdobje 2004-2009 (Vir: <http://www.uic.org>, 20.4.2011)



Grafičen prikaz odstotkov števila nesreč na NPR glede na celotno število nesreč na evropskem železniškem koridorju, za obdobje 2004-2009 (Vir: <http://www.uic.org>, 20.4.2011)

Po podatkih o nesrečah, iz letnih poročil, ki jih je izdala svetovna internacionalna organizacija za področje železnic UIC, katere poslanstvo je vzpodbujanje razvoja na področju železnic, se število nesreč na NPR v zadnjih letih zmanjšuje.

Trendna linija, ki prikazuje padanje oz. naraščanje nesreč v obdobju od leta 2004 do 2009, se prilega kvadratni paraboli. To pomeni, da se je do leta 2006 število nesreč povečevalo, od leta 2006 do 2009 pa se je število nesreč na NPR začelo zmanjševati in sicer najprej počasi, v zadnjem letu pa se je

zmanjšalo že kar za 14%. Glede na takšen trend lahko v bodoče pričakujemo, da se bo število nesreč na NPr še hitreje zmanjševalo.

Upad števila nesreč na NPr od leta 2008 dalje pa je najverjetneje tudi posledica gospodarske krize, ki je v tem času zajela Evropo. Gospodarska kriza je bila, in je še vedno, vzrok za zmanjšanje tovornega prometa na železnicah in posledično prometnih nesreč. To še dodatno podkrepi dejstvo, da je gostota prometa zelo velik faktor, ki vpliva na varnost na NPr.

Trendna linija v drugem grafikonu, ko je upoštevano število nesreč na NPr glede na celotno število nesreč na evropskem železniškem koridorju, pa se prilega premici. Odstotek nesreč na NPr glede na celotno število nesreč se iz leta v leto zmanjšuje, kar pomeni, da se varnost na NPr izboljšuje.

VIRI

Driver approach speeds on lightly trafficked roads at unprotected railway crossings, Mikko Poutanen
http://www.tkk.fi/Yksikot/Liikenne/Opinnot/Dtyot/Poutanen_2007_eng.pdf (8.3.2008).

Jontes J. 1989. Železniške signalnovarnostne naprave. Ljubljana, Železniško gospodarstvo Ljubljana:
103 str.

Juvanc A., Rijavec R. 2005. Temeljni pogoji za določanje cestnih elementov. Ljubljana, Univerza v
Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 11, 13.

Kastelec D., Košmelj K., Statistična analiza podatkov s programoma Excel 2003 in R.
http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/študijsko_gradivo/SAP_2003.pdf (15.10.2010).

Pravilnik o nivojskih prehodih, Uradni list RS, št. 85/2008, z dne 29. 8. 2008.

Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog, Uradni list RS, št. 92/2010, z dne 19. 11. 2010.

Safety database project team, Safety Database Activity Reports 2005 - 2010
<http://safetydb.uic.org/spip.php?article2> (20. 04. 2011).

Safety relevant applications at level crossings by means of imaging methods, Matthias Grimm,
Markus Pelz, Michael Meyer zu Hörste
http://elib.dlr.de/48819/1/ZEL2007_Paper_Grimm.pdf (6.3.2008).

Signalni pravilnik, Uradni list RS, št. 123/2007, z dne 28. 12. 2007.

Sternad, M., Rosi, B., Fošner, M. 2007. Safety at level (rail/road) crossings, Zbornik radova,
1. kongres o cestama, 27-28 september 2007, Sarajevo, Udruženje konsultanata inženjera Bosne i
Hercegovine, str. 1191-1196.

SŽ, 2004. Statistika nivojskih prehodov, Ljubljana, SŽ.

Turk G. 14. 03. 2011. Delovna verzija. Verjetnostni račun in statistika, Ljubljana, Univerza v
Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 234 str.

Uredba o kategorizaciji prog, Uradni list RS, št. 4/2009, z dne 19. 1. 2009.

Uredba o merilih za kategorizacijo javnih cest, Uradni list RS, št. 49/1997, z dne 8. 8. 1997.

Zakon o cestah (ZCes-1), Uradni list RS, št. 109/2010, z dne 30. 12. 2010.

Zgonc B. 1996. Železnice I. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo:
225 str.

Zupančič A., Nevarni železniški prehodi, Zapornice so narejene kot nalašč za lomljenje.

http://www.dnevnik.si/novice/aktualne_zgodbe/332687 (5.9.2008).

Železniški transport, Slovenija, Metodološka pojasnila

http://www.stat.si/doc/metod_pojasnila/22-215-MP.htm (13.11.2010).

KAZALO PRILOG

Priloga A: Rezultati Tukeyevega testa za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr in železniški promet od progovnih odsekov

	Dravograd - Oški vrh	Novo mesto - Struža	Ljubomer - Gorjup - Račava	Grosuplje - Kočevje	Grosuplje - Ljubljana	Dravograd - Prevalje - d.m.	Mikronog - Trebnje	Stranje - Grobelno	Plju - Omoč	Pragersko - Maribor	Nova Gorica - Sežana	Sevnica - Mikronog	Ljubomer - Murska Sobotica	Stranje - Inero - d.m.	Maribor - Šentilj - d.m.	Pragersko - Plju	Pivka - Irska Bistrica - d.m.	Ljubljana - Kranj	Jesenice - Nova Gorica	Ljubljana - Pivka	Zidani Most - Ljubljana	Kranj - Jesenice - d.m.	Pivka - Sežana - d.m.	Omoč - Svetiže - d.m.	Zidani Most - Celje	Celje - Grobelno	Murska Sobotica - Hošod - d.m.	Divača - Prebica - o.p.	Ljubljana - Kamnik	Celje - Velenje	Trebnje - Grosuplje	Rogatec - Stranje	Omoč - Ljubomer	Maribor - Dravograd	Novo mesto - Trebnje	d.m. - Dobova - Zidani Most	d.m. - Rogatec	d.m. - Metlika - Novo mesto	Grobelno - Pragersko	Povprečne vrednosti nesreč					
Dravograd - Oški vrh																																										0,2600	a		
Novo mesto - Struža																																												0,6190	ab
Ljubomer - Gorjup - Račava																																												0,2708	
Grosuplje - Kočevje																																											0,1181		
Grosuplje - Ljubljana																																											0,0586		
Dravograd - Prevalje - d.m.																																											0,0573		
Mikronog - Trebnje																																											0,0500		
Stranje - Grobelno																																											0,0471		
Plju - Omoč																																											0,0415		
Pragersko - Maribor																																											0,0387		
Nova Gorica - Sežana																																											0,0361		
Sevnica - Mikronog																																											0,0333		
Ljubomer - Murska Sobotica																																											0,0300		
Stranje - Inero - d.m.																																											0,0283		
Maribor - Šentilj - d.m.																																											0,0250		
Pragersko - Plju																																											0,0233		
Pivka - Irska Bistrica - d.m.																																											0,0220		
Ljubljana - Kranj																																											0,0207		
Jesenice - Nova Gorica																																											0,0180		
Ljubljana - Pivka																																											0,0145		
Zidani Most - Ljubljana																																											0,0139		
Kranj - Jesenice - d.m.																																											0,0136		
Pivka - Sežana - d.m.																																											0,0127		
Omoč - Svetiže - d.m.																																											0,0124		
Zidani Most - Celje																																											0,0101		
Celje - Grobelno																																											0,0085		
Murska Sobotica - Hošod - d.m.																																											0,0077		
Divača - Prebica - o.p.																																											0,0017		
Ljubljana - Kamnik																																											0,0016		
Celje - Velenje																																											0,0045		
Trebnje - Grosuplje																																											0,0061		
Rogatec - Stranje																																											0,0082		
Omoč - Ljubomer																																											0,0076		
Maribor - Dravograd																																											0,0223		
Novo mesto - Trebnje																																											0,0006		
d.m. - Dobova - Zidani Most																																											0,0161		
d.m. - Rogatec																																											0,0092		
d.m. - Metlika - Novo mesto																																											0,0087		
Grobelno - Pragersko																																											0,0060		

Priloga A: Rezultati Tukeyevega testa za prikaz odvisnosti normiranega števila nesreč na NPr in železniški promet od progovnih odsekov.