

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*



Visokošolski program Gradbeništvo,
Prometnotehnična smer

Kandidat:

Klemen Juvan

Merjenje geometrije tira z mehansko in lasersko merilno drezino

Diplomska naloga št.: 276

Mentor:
prof. dr. Bogdan Zgonc

Somentor:
mag. Blagomir Černe

Ljubljana, 26. 4. 2007

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **KLEMEN JUVAN** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»MERJENJE GEOMETRIJE TIRA Z MEHANSKO IN LASERSKO MERILNO DREZINO«

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 2007

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 531.7:625.143(043.2)
Avtor: Klemen Juvan
Mentor: prof. dr. Bogdan Zgonc
Somentor: mag. Blagomir Černe
Naslov: Merjenje geometrije tira z mehansko in lasersko merilno drezino
Obseg in oprema: 64 str., 22 preg., 5 graf., 22 sl.
Ključne besede: merilna drezina, geometrija tira, kvaliteta tira KT500

Izvleček

Diplomska naloga je razdeljena na osem poglavij. Prvo poglavje »Uvod« predstavlja kratek zgodovinski pregled in namen ter cilj diplomske naloge. V drugem poglavju »Železniška proga« so predstavljeni elementi, ki so potrebni za projektiranje proge. V tretjem poglavju »Diagnostika tira« so opisani merjeni parametri in sodobni sistemi za merjenje in posredovanje meritev. V četrtem poglavju »Merilni drezini FMK 004 in UFM 120« sta opisani merilni drezini in njune karakteristike. V petem poglavju »Meritev geometrije tira« je predstavljena kvaliteta tira na 500-metrskem odseku. Šesto poglavje predstavlja jedro moje diplomske naloge, saj sem v njem predstavil primerjavo meritve med mehanskim in laserskim merjenjem geometrije tira. To primerjavo sem naredil na glavni progi Zidani most – Ljubljana, levi tir. V zaključku, to je v sedmem poglavju, so na kratko povzeti rezultati, ugotovitve in sklepi o merjenju z mehansko in lasersko tehnologijo.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 531.7:625.143(043.2)
Author: Klemen Juvan
Supervisor: prof. dr. Bogdan Zgonc
Cosupervisor: mag. Blagomir Černe
Title: Measuring the geometry of track with mechanical and laser measuring railway cars
Notes: 64 p., 22 tab., 5 gr., 22 fig.
Key words: measuring railway car, geometry of the railway track, quality of the track KT500

Abstract

My diploma paper is divided into eight chapters. The first chapter »preface« is composed of short history review and the aim and goal of my paper. In the second chapter »railway track« the elements, which are needed for planing the rail are presented. The third chapter »diagnostics of the rail« talks about the measured parameters, the modern systems for measuring and the intervention of the measurements. In the fourth chapter »measuring railway cars FMK 004 and UFM 120« the measuring railway cars are described along with their characteristics. In the next chapter »geometric measurement of the rail« I present the quality of the rail on a 500 m section. The sixth chapter is the main part of my diploma paper. In it I compare the measurement between the mechanical and laser measuring of the geometry of the rail. The comparison was made on the main rail Zidani Most – Ljubljana, on the left track. In conclusion, that is the seventh chapter, the main results, findings and conclusions concerning the measurements with the mechanical and laser technology are summarized.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju prof. dr. Bogdanu Zgoncu, in somentorju mag. Blagomirju Černetu. Hvala tudi g. Gregorju Flerinu za pomoč pri pridobivanju materiala. Zahvala pa tudi mojemu dekletu in pa staršema za spodbudo in potrpežljivost.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
1.1 Kratek zgodovinski pregled	1
1.2 Namen in cilj naloge	2
2 ŽELEZNIŠKA PROGA	3
2.1 Splošno	3
2.2 Elementi železniške proge	3
2.2.1 Elementi in naloge spodnjega ustroja	4
2.2.2 Elementi in naloge zgornjega ustroja	4
2.3 Razvrstitev prog za potrebe projektiranja in vzdrževanja	5
2.4 Nove in rekonstruirane proge	6
2.5 Železniška infrastruktura	6
3 DIAGNOSTIKA TIRA	9
3.1 Splošno	9
3.2 Meritve geometrije tira	9
3.2.1 Merilna vozila	10
3.3 Zakonski predpisi, ki urejajo izvajanje meritev	11
3.4 Stanje tira	11
3.4.1 Meritev geometrijske lege tira	12
3.4.2 Diagnostika tirnic	17
3.4.3 Meritev vozne dinamike	17
3.4.4 Vizualni kontrolni pregledi tira	19

3.5 Meritve tirnic	19
3.5.1 Meritev prečnega profila tirnic	20
3.5.2 Meritev obrabe in valovitosti tirnic	21
3.5.3 Ultrazvočni pregled tirnic.....	22
3.5.4 Odkrivanje napak z vrtinčnimi tokovi	24
3.6 Prenos merjenih podatkov do vzdrževalcev.....	25
3.7 Obdelava podatkov.....	26
3.8 Prihodnost meritev	27
4 MERILNI DREZINI FMK 004 IN UFM 120	28
4.1 Uvod	28
4.2 Merilna drezina FMK 004	28
4.3 Merilna drezina UFM 120	34
5 MERITEV GEOMETRIJE TIRA	39
5.1 Splošno.....	39
5.2. Kvaliteta tira na 500 metrskem odseku.....	40
5.3 Meritev geometrije tira z merilno drezino FMK 004.....	41
5.3.1 Grafikon merilne vožnje	42
5.3.2 Diagrami števila KT500	43
5.3.3 Tematske karte števila KT500.....	44
5.3.4 Lokalna slaba mesta na progi.....	45
6 KONTAKTNE IN BREZKONTAKTNE MERITVE	50
6.1 Splošno.....	50

6.2 Izločitev določenih parametrov iz opazovanja.....	51
6.3. Primerjava med kontaktno in brezkontaktno meritvijo	51
6.3.1 Merilni drezini	51
6.3.2 Parametri tira	52
6.3.3 Indeks kvalitete tira (KT500)	55
6.4 Ugotovitve.....	59
7 ZAKLJUČEK	61
VIRI	63

KAZALO PREGLEDNIC

- Preglednica 1: Naloge, ki jih imajo elementi zgornjega ustroja.
- Preglednica 2: Razvrstitev železniških prog za potrebe projektiranja.
- Preglednica 3: Dovoljena odstopanja dveh sosednjih puščic.
- Preglednica 4: Dopustno odstopanje od projektiranega nadvišanja.
- Preglednica 5: Dovoljena odstopanja od normalne tirne širine pri tehničnem pregledu novih in pri remontu obstoječih prog.
- Preglednica 6: Dovoljena odstopanja od normalne tirne širine pri progah v obratovanju.
- Preglednica 7: Dopustni bočni pospešek oziroma primankljaj nadvišanj za vlake brez nagibne tehnike.
- Preglednica 8: Dopustni bočni pospešek oziroma primankljaj nadvišanj za vlake z nagibne tehniko.
- Preglednica 9: Vrste prog glede na dovoljeno obrabo tirnic.
- Preglednica 10: Dovoljena obraba tirnic tipa UIC 60.
- Preglednica 11: Tehnični podatki merilne drezine FMK 004.
- Preglednica 12: Digitalni izpis napak. Merjenje z merilno drezino UFM 120
- Preglednica 13: Karakteristike merilnega vlaka UFM 120.
- Preglednica 14: Geometrijski elementi tira, ki se registrirajo na grafikonu merilne vožnje.
- Preglednica 15: Uporabljene vrednosti mej vzdrževalnih ukrepov in priporočenega strojnega podbijanja za glavne proge.
- Preglednica 16: Uporabljene vrednosti mej vzdrževalnih ukrepov in priporočenega strojnega podbijanja za regionalne proge.
- Preglednica 17: Razredi števila KT500 za glavne proge.
- Preglednica 18: Razredi števila KT500 za regionalne proge.
- Preglednica 19: Velikost mejnih vrednosti parametrov geometrije tirov.
- Preglednica 20: Digitalni izpis napak vrednosti B na odseku 526149 do 526503.
- Preglednica 21: Digitalni izpis napak vrednosti A na odseku 526496 do 526534.
- Preglednica 22: Digitalni izpis napak vrednosti C na odseku 525990 do 526485.

KAZALO GRAFIKONOV

- Grafikon 1: Kvaliteta števila KT500 za meritev v maju 2006 z mejami vzdrževalnih ukrepov ter priporočenega strojnega podbijanja v odvisnosti od hitrosti na odseku proge Zagorje – Sava
- Grafikon 2: KT500 na progi Zidani Most – Ljubljana, levi tir. Geometrija tira je bila izmerjena s kontaktno merilno drezino FMK 004.
- Grafikon 3: KT500 na progi Zidani Most – Ljubljana, levi tir. Geometrija tira je bila izmerjena z brezkontaktno merilno drezino UFM 120.
- Grafikon 4: Primerjava diagramov KT500 na progi Zidani Most – Ljubljana, levi tir.
- Grafikon 5: Odstopanje KT500 na progi Zidani Most – Ljubljana, levi tir.

KAZALO SLIK

- Slika 1: Mreža prog slovenskih železnic.
- Slika 2: Meritve smeri tira s pomočjo puščic.
- Slika 3: Nadvišanje tira.
- Slika 4: Vegavost tira.
- Slika 5: Tirna širina.
- Slika 6: Bočni pospeški, ki nastanejo na vlaku v krivini.
- Slika 7: Računski izris obrabe tirnic.
- Slika 8: Pregled tirnic z normalno in kotno UZ glavo.
- Slika 9: Kalibracija ročne UZ naprave.
- Slika 10: Območje preverjanja z ultrazvokom in vrtinčnimi tokovi
- Slika 11: Sodoben prenos podatkov meritev do vzdrževalcev.
- Slika 12: Madžarska merilna drezina FMK 004.
- Slika 13: Računalniški in papirni grafikonski zapis merjenih parametrov drezine FMK 004.
- Slika 14: Mehansko merilno kolo merilne drezine FMK 004.
- Slika 15: Število koles ter razdalja med merilnimi in voznimi kolesi.
- Slika 16: Kabina merilne drezine FMK 004.
- Slika 17: Nizozemska merilna drezina UFM 120.
- Slika 18: Kje kaj beleži merilna drezina UFM 120. 1, 6 – video nadzor proge. 2, 3 – podatki o vozni mreži. 4 / 5 – merjenje geometrije tira. 7, 9, 10 merjenje geometrije tirnic. 8 – georadr .
- Slika 19: Razdalja med kolesi in dolžina UFM 120.
- Slika 20: Primer izrisa geometrijskih parametrov tira.
- Slika 21: Grafikon merilne vožnje, dobljen z merilno drezino UFM 120.
- Slika 22: Grafikon merilne vožnje, dobljen z merilno drezino FMK 004.

1 UVOD

Pomemben del kakovosti prevozov na železniški progi predstavlja mirna, tiha, predvsem pa varna vožnja. Varno vožnjo dosežemo s tem, da pravočasno odkrijemo napake, ki nastanejo na progi. K pravočasnemu odkrivanju napak nam pripomorejo kvalitetne merilne naprave. Kvalitetne merilne naprave predstavljajo za upravljalce slovenske železniške infrastrukture prevelik zalogaj, da bi jih imeli v lastni uporabi. Za Slovenijo, kot za državo z majhno skupno dolžino tirov, pride v poštev samo najem merilnih drezin. Zato Agencija za železniški promet na trgu z javnim razpisom najame merilne drezine najame.

Poleg kvalitetnih merilnih naprav pa si varnosti ne moremo predstavljati brez kvalitetne obdelave in hitrega posredovanja rezultatov vzdrževalnim centrom. Zato je poleg kvalitetnih merilnih naprav potrebna tudi kvalitetna programska oprema ter komunikacija med merilci in vzdrževalci.

1.1 Kratek zgodovinski pregled

Leta 1885 je Dorpmuler v Aachnu konstruiral voziček za merjenje geometrije tira. Voziček sta potiskala dva delavca, meril pa je širino tira in nadvišanje. Po koncu prve svetovne vojne so se maksimalne hitrosti povečale preko 70 in 80 km/h, zato se je pokazala tudi potreba po napredku v merjenju. Napredne železnice v Evropi in Ameriki so začele namenjati pozornost sistematični kontroli geometrije tira z merilnim vozom. V Franciji se leta 1925 pojavi merilni voz z oscilografsko napravo, katere prednost je v tem, da je bila prenosljiva in jo je bilo mogoče uporabljati na kateremkoli vozilu ali lokomotivi. Leta 1931 so Švicarske železnice kupile merilni voz z merilno napravo Amsler, ki so jo skozi čas na osnovi praktičnih izkušenj in razvoja tehnologije izpopolnili, tako da je postala ena najbolj dovršenih merilnih naprav. Leta 1933 je francoska družba Pariz – Orleans uvedla merilni voz tipa Mauzin, ki je meril tudi vegavost tira v premi in krivini.

V bivši Jugoslaviji je bilo prvo merjenje izvedeno malo pred začetkom prve svetovne vojne na progi Zagreb – Reka z Dorpmulerjevim merilnim vozičkom. Jugoslovanske železnice so leta 1958 kupile merilno napravo tipa Amsler in jo vgradile v lastni vagon, ki ga je vlekel potniški vlak. Prve meritve pa so bile s tem vagonom opravljene leta 1959. V letu 1981 so Jugoslovanske železnice kupile samostojni merilni vagon tipa Plasser EM80L, ki je med merjenjem dosegel hitrost 80 km/h.

Slovenske železnice niso imele in nimajo v lasti svoje merilne drezine, zato Agencija za železniški promet sklene pogodbo in merilno drezino najame. Do leta 1997 so geometrijo tira merili Italijani. Od leta 1997 do 2002 so jih merili Madžari. Od leta 2002 do 2004 so to delali Nizozemci, leta 2005 pa ponovno Madžari.

1.2 Namen in cilj naloge

Namen diplomske naloge je predstavitev merjenja geometrije tira z merilno drezino FMK 004, ki je v lasti Madžarskih železnic, in UFM 120 podjetja Eurailscout iz Nizozemske, ter primerjava rezultatov merjenja. Na podlagi teh sem ocenil kvaliteto tira KT500, ki je odvisna od stabilnosti, smeri in vegavosti tira. Povprečna vrednost teh treh kvalitetnih števil predstavlja indeks kvalitete tira KT500. Merilna drezina FMK 004 pa poleg stabilnosti, smeri in vegavosti tira meri še tirno širino in nadvišanje. Predstavil pa sem tudi sodobnejšo merilno drezino UFM 120 podjetja Eurailscout iz Nizozemske, ki je po javni železniški infrastrukturi opravljala meritve med leti 2002 in 2004.

Cilj moje diplomske naloge je ugotoviti razlike merilnih drezin FMK 004 in UFM 120, primerjati rezultate, na progi ZM – Lj, ki so bili dobljeni z merilno drezino FMK 004 in UFM 120 ter ugotoviti ali so rezultati, dobljeni s kontaktnimi meritvami (FMK 004), podobni in primerljivi z rezultati, dobljenimi z laserskimi meritvami (UFM 120).

2 ŽELEZNIŠKA PROGA

2.1 Splošno

Značilnost železnice, v kateri se bistveno razlikuje od ostalih nosilcev transporta je tirno vodenje. Osnovna funkcija tira je nošenje in vodenje železniških vozil. Čeprav je sistem vodenja ostal enak kot ob svojem nastanku, pa so se zahteve v železniškem prometu v tem času močno spremenile. Za ohranitev svoje konkurenčne sposobnosti morajo zato železnice stalno izboljševati učinkovitost, zanesljivost, varnost, udobnost in točnost.

2.2 Elementi železniške proge

Po 4.členu Zakona varnosti v železniškem prometu (ZVZP), so sestavni deli proge:

- spodnji in zgornji ustroj proge,
- signalnovarnostne in telekomunikacijske naprave, vključno z napravami za njihovo napajanje z električno energijo, in prostori za te naprave,
- stavbe in prostori za vodenje in urejanje prometa,
- progovni del nivojskih in izvennivojskih križanj, vključno z napravami za zagotavljanje varnosti železniškega prometa,
- stabilne naprave električne vleke,
- progovni pas - del proge, ki zajema 6 do 8 metrov od skrajnega tira na levo stran in 6 do 8 metrov na desno stran od skrajnega tira, 6 metrov je razdalja, določena v naselju, 8 metrov pa izven naselja,
- zračni prostor nad ravnino tirnice v višini 10 m oziroma, če v progovnem pasu poteka daljnovod nazivne napetosti 220 kV, zračni prostor nad ravnino tirnice v višini 12,75 m, oziroma, če v progovnem pasu poteka daljnovod nazivne napetosti 400 kV, zračni prostor nad ravnino tirnice v višini 14 m,
- službeni tir.

2.2.1 Elementi in naloge spodnjega ustroja

Spodnji ustroj sestavljajo zemeljski in umetni objekti. Nahaja se med zgornjim ustrojem in raščenim terenom. Njegova funkcija je, da prenaša obremenitv zgornjega ustroja na teren. Spodnji ustroj sestavljajo mostovi, propusti, viadukti, galerije, nadvozi, podvozi, predori, nasipi, useki, zaseki, oporni in podporni zidovi, objekti za zaščito proge. V spodnji ustroj sodi tudi tamponski sloj, naprave za preskrbo z vodo in oprema proge, nakladalne klančine, tirne tehnice.

2.2.2 Elementi in naloge zgornjega ustroja

Zgornji ustroj je del železniške proge, po katerem vozijo tirna vozila. Sestoji iz tirnic, pragov, tirne grede, tirnega pribora, kretnic in tirnih križišč. Mere in oblika zgornjega ustroja so odvisne od števila tirov, vrste pragov, vrste in reda proge, ter od tega, ali so tirnice zvarjene v dolgi tirni trak ali ne.

Preglednica 1: Naloge, ki jih imajo elementi zgornjega ustroja.

Tirnice	Pragi	Pritrdilni sistemi	Tirna greda
Prevzem sil s kolesa in prenos na priterdilni sistem.	Podpora in pritrnitev tirnic in prenos sil na tirno gredo.	Prenos sil s tirnic na prag.	Vzdrževanje smeri tira (situativno, niveletno).
Vodenje kolesa v prečni smeri.	Prenos obtežbe s tirnic na tirno gredo.	Dušenje vibracij.	Prenos sil na spodnji ustroj.
Omogočajo gibanje kolesa v vzdolžni smeri.		Zagotavljanje tirne širine in nagiba tirnic.	Odvodnjavanje.

Iz preglednice 1 je razvidno, da je osnovna naloga zgornjega ustroja prenos horizontalnih in vertikalnih sil, ki nastanejo zaradi gibanja vlaka, na spodnji ustroj.

2.3 Razvrstitev prog za potrebe projektiranja in vzdrževanja

Železniške proge se morajo projektirati, graditi in vzdrževati tako, da ustrezajo predvideni prevozni in propustni moči proge, osni obremenitvi, masi vozil, hitrosti vlakov, varnosti prometa ter drugim zahtevam, ki jih predpisuje pravilnik.

Preglednica 2: Razvrstitev železniških prog za potrebe projektiranja.

Po obsegu prometa in pomenu	- glavne proge, - regionalne proge.
Po namenu	- čisti potniški promet, - čisti tovorni promet, - mešani promet, potniški in tovorni promet.
Po prenosu vlečne sile	- trenjske ali adhezijske sile, - žične sile, - zobate sile.
Po vrsti vleke	- parna vleka, - dizel vleka, - električna vleka.
Po tirni širini	- normalnotirne proge (1435 mm), - ozkotirne proge (< 1435 mm), - širokotirne proge (> 1435 mm).
Po številu tirov	- enotirne proge, - dvotirne proge, - večtirne proge.
Po osni obremenitvi	Obstaja 9 kategorij obremenitev, in sicer od 16 t/os do 22,5 t/os.
Po fiktivnem prometu	Obstaja 6 skupin, ki so osnova za izračun stroškov vzdrževanja in obratovanja prog.

2.4 Nove in rekonstruirane proge

Po Zakonu o varnosti v železniškem prometu (ZVZP) morajo po 7.a členu nove in modernizirane železniške proge izpolnjevati naslednje glavne gradbene pogoje:

- tirna širina mora pri novogradnjah znašati 1435 mm;
- polmer loka na odprti progi mora znašati najmanj 300 m, na glavnem prevoznem tiru prometnih mest pa najmanj 500 m, zunanja tirnica je lahko, odvisno od polmera loka in od največje dovoljene progovne hitrosti, nadvišana, vendar ne več kot 150 mm;
- vzdolžni nagib proge na odprti glavni progi je lahko največ 12,5 promila, izjemoma največ 17,5 promila, na odprti regionalni progi pa največ 25 promilov;
- vzdolžni nagib tirov na postaji sme biti največ 1 promile, če je postaja v premi, in največ do 2,5 promila, če je postaja v krivini, odvisno od polmera krivine;
- medtirna razdalja na postaji mora biti najmanj 4,75 m, medtirna razdalja pri tirih, med katerimi so peroni, pa najmanj 6 m;
- medtirna razdalja na odprti dvotirni progi mora biti najmanj 4,2 m;
- glavne proge morajo biti usposobljene za osno obremenitev najmanj 22,5 t in dolžinsko obremenitev najmanj 8,0 t/m, regionalne proge pa za osno obremenitev najmanj 20,0 t in dolžinsko obremenitev najmanj 6,4 t/m.

2.5 Železniška infrastruktura

Slovenska železniška infrastruktura ima 1559,1 km gradbenih dolžin tirov, 1003 nivojske prehode cest z železnico, 118 mostov, 35 viaduktov, 3202 prepusta, 87 predorov in 7 galerij. Dolžina vseh mostov, viaduktov in prepustov znaša 16,98 km, dolžina vseh predorov in galerij pa 94 km. Od 1228,7 km dolžin prog ima železniška infrastruktura 330,4 km dvotirnih in 898,3 km enotirnih prog. Od tega je 106,1 km prog za tovorni promet, 2,2 km za potniški promet in 1120,4 km za mešani promet. Dolžina elektrificiranih prog znaša 503,5 km. Postaj pa ima železniška infrastruktura 128. Od tega je 11 postaj namenjenih samo tovornemu prometu, 8 postaj samo potniškemu prometu in 109 postaj mešanemu prometu.



Slika 1: Mreža prog slovenskih železnic.

Služba za gradbeno dejavnosti vzdržuje železniške proge v obsegu, ki ohranja njihovo obratovalno sposobnost ter zagotavlja varen železniški promet.

Zgornji ustroj vzdržujejo z rednimi vzdrževalnimi deli. Odpravljajo napake, ki nastajajo v določenem časovnem obdobju - upočasnjujejo obrabo tirnega materiala, vzpostavljajo pravilne geometrijske elemente tira, ohranjajo predpisano širino, višino in smer tira.

Investicijska vzdrževalna dela pa potekajo periodično in obsegajo zamenjavo ali dopolnitev posameznih elementov tira, ureditev širine, višine ter smeri tira, tako da so vsi elementi in tir urejeni brezhibno.

Vzdrževanje **spodnjega ustroja** pomeni zagotavljanje tehnično brezhibnega stanja elementov spodnjega ustroja prog ter odpravo vseh pojavov in napak, ki bi lahko vplivale na skrajšanje normalne življenjske dobe. Prav tako obsega redna in investicijska vzdrževalna dela.

3 DIAGNOSTIKA TIRA

3.1 Splošno

V današnjem času si ne moremo predstavljati urejenega in varnega železniškega prometa brez meritev kvalitete proge in s tem samega stanja proge.

Varna vožnja vlakov predstavlja pomemben del kakovosti prevoza na železnicah. Naraščujoče število in vedno večje hitrosti potniških in tovornih vlakov ter povečani osni pritiski povzročajo geometrijska odstopanja na zgornjem ustroju železniške proge. Napake je potrebno z ustreznimi merilnimi sistemi najprej zaznati in nato odpraviti.

Na železniški infrastrukturi je sistem kontrole stanja tira določen s Pravilnikom o pogojih za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje zgornjega ustroja železniških prog ter z Navodilom 339, ki je navodilo o enotnih kriterijih za kontrolo stanja prog na mreži Jugoslovanskih železnic. Z Navodilom 339 se ureja organizacija merilnih voženj za kontrolo, preiskavo in oceno geometrijskega stanja proge, preiskavo tirnic, vgrajenih v tir, preiskavo valovite obrabe tirnic ter preverjanje svetlega profila v predorih in na mostovih.

3.2 Meritve geometrije tira

Osnovni cilj merilne vožnje je ugotavljanje geometrijskih vrednosti posameznih parametrov tira in ugotavljanje ali so le ti v predpisanih tolerančnih mejah.

Število merilnih voženj določa **Pravilnik o pogojih za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje zgornjega ustroja železniških prog.**

1. Merilna vozila se morajo vpeljati v promet po v naprej izdelanem operativnem načrtu in v skladu z določili Prometnega pravilnika. Pri merilnih vožnjah morajo sodelovati odgovorni delavec pristojne organizacijske enote za vzdrževanje prog, vodja progovnega

odseka na svojem območju in predstavnik Prometnega inšpektorata Republike Slovenije (PIRS).

2. Po končanih meritvah se mora sestaviti zapisnik. Ta mora vsebovati seznam navzočih, vrsto merilnega vozila, datum in vremenske razmere meritev, posnete odseke proge, mesta, ki neposredno ogrožajo varnost prometa in zahtevajo takojšnje ukrepanje ipd. Posnetki stanja progovnih odsekov se po končanem merjenju izročijo v uporabo vodjem teh odsekov in gradbeni službi pooblaščenega upravljalca.
3. Merilne vožnje se opravljajo:
 - na odsekih prog, katerih najvišja progovna hitrost je večja od 120 km/h in po kateri obratuje vlak z nagibno tehniko, trikrat na leto, s tem da presledek med posameznimi merjenji ne sme biti krajši od treh mesecev;
 - na glavnih progah, ne glede na hitrost, najmanj dvakrat na leto, s tem da je med posameznimi merjenji 6 mesecev presledka;
 - na regionalnih progah enkrat na leto, tako da je med merjenji najmanj 12 oziroma največ 15 mesecev presledka.

Gradbena služba pooblaščenega upravljalca lahko določi, da se po potrebi izvajajo tudi izredne merilne vožnje.

4. Merjenje se praviloma ne sme opravljati pri temperaturah, nižjih od $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ali višjih od $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$
5. Preverjanje vgrajenih tirnic (defektoskopija) se izvaja z ultrazvočnimi napravami ali z merilnimi vagoni najmanj enkrat na leto na vseh progah.
6. Ugotavljanje valovitosti in obrabe vgrajenih tirnic se opravlja po potrebi s posebnimi merilnimi vozili ali ročno na posameznih mestih na odprtih progah ali na postajnih tirih ter v skladu s tehničnimi specifikacijami.

3.2.1 Merilna vozila

Merilna vozila lahko razdelimo v dve skupini. Prvo predstavljajo merilni vagoni brez lastnega pogona, ki se uporabljajo predvsem za meritve proge za visoke hitrosti, to je preko 160 km/h. Drugo skupino pa predstavljajo merilni vagoni na lasten pogon, ki se jih uporablja za merjenje

prog s hitrostjo do 160 km/h. Obe skupini sta opremljeni z merilno tehniko, ki omogoča analogen prenos podatkovnih signalov z mehanskimi tipali, njihovo digitalizacijo in nadaljno elektronsko obdelavo. Pri merilnih vagonih za visoke hitrosti pa je uporabljena kombinacija laserske in optične tehnike.

3.3 Zakonski predpisi, ki urejajo izvajanje meritev

Proge in njihovi sestavni deli se morajo vzdrževati tako, da se zagotavlja varen železniški promet, biti pa morajo tudi redno nadzorovane in občasno pregledane. To je določeno z Zakonom o varnosti v železniškem prometu (ZVZP) .

Med glavne meritve železniške infrastrukture uvrščamo:

- **meritve geometrijske lege tira** (enkrat do trikrat letno, odvisno od proge),
- **defektoskopijo tirnic – ultrazvočne meritve** (najmanj enkrat letno),
- **meritve obrabe in valovitosti tirnic** (po potrebi),
- **meritve radijskega polja in preklopa med baznimi postajami** (dvakrat letno),
- **meritve poligonacije in višine kontaktnega vodnika** (enkrat letno),
- **meritve obrabe kontaktnega vodnika** (enkrat letno oz. na tri leta glede na stopnjo obrabe).

3.4 Stanje tira

Stanje tira je potrebno redno kontrolirati, saj lahko le na ta način sproti preverjamo, ali tir ustreza zahtevanim kriterijem varnosti in udobnosti. Kontrola stanja tira zajema meritve, na podlagi katerih lahko ugotovimo trenutno stanje tira oz. lahko izmerimo velikost napak, ki nam prikazujejo odstopanja dejanskega stanja tira od projektiranega stanja tira.

V splošnem zajema diagnostika tira naslednje meritve:

- meritve geometrijske lege tira,
- diagnostiko tirnic,

- meritve vozne dinamike,
- kontrolne preglede tira.

3.4.1 Meritev geometrijske lege tira

Cilj meritev geometrijske lege tira je ugotavljanje geometrijskih vrednosti posameznih parametrov tira v predpisanih tolerančnih mejah ter ugotavljanje tistih mest na katerih so te vrednosti presežene in za koliko. Merilna vozila v splošnem registrirajo pet klasičnih geometrijskih parametrov tira:

- višino tira po dolžini – ločeno za levo in desno tirnico (stabilnost leve in desne tirnice),
- smer tira – levo/desno,
- nadvišanje tira,
- vegavost,
- tirno širino.

3.4.1.1 Stabilnost tira

Stabilnost tirnice pove, za koliko se posede tirnica v vertikalni smeri ob prevozu merilnega vlaka. Znak slabe nosilnosti tira je lahko:

- slaba nosilnost planuma proge,
- slabo izveden nasipni klin za podporno konstrukcijo premostitvenega objekta,
- slabo izvedena višinska regulacija tira,
- slabo ali neurejeno odvodnjavanje proge.

3.4.1.2 Smer tira

S smerjo tira se ugotavlja, ločeno za levo in desno tirnico, odstopanje tira od projektirane smeri preme, krožnega loka oziroma prehodnice.

Smer tira se ugotavlja z merjenjem puščic na določenih tetivah. V sredini loka znaša puščica:

- puščica v sredini tetive »s« :

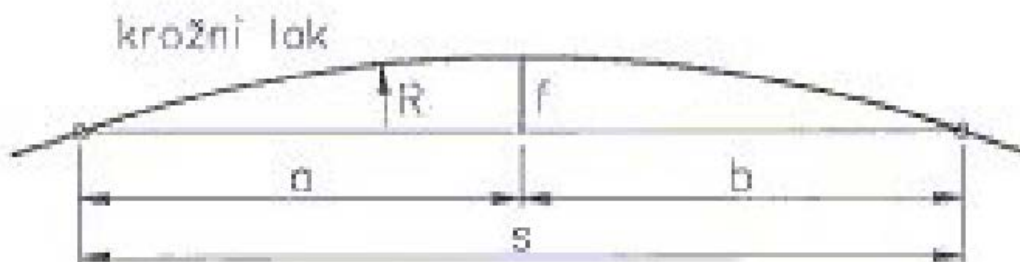
$$f = s^2 / 8 \cdot R;$$

- puščica v poljubni točki tetive, oddaljena za »a« oziroma »b« od začetka oziroma konca tetive:

$$f = a \cdot b / 2 \cdot R;$$

- puščica v sredini tetive v poljubni točki prehodnice:

$$f = (s^2 / 8 \cdot R \cdot L) \cdot (d + s / 2) .$$



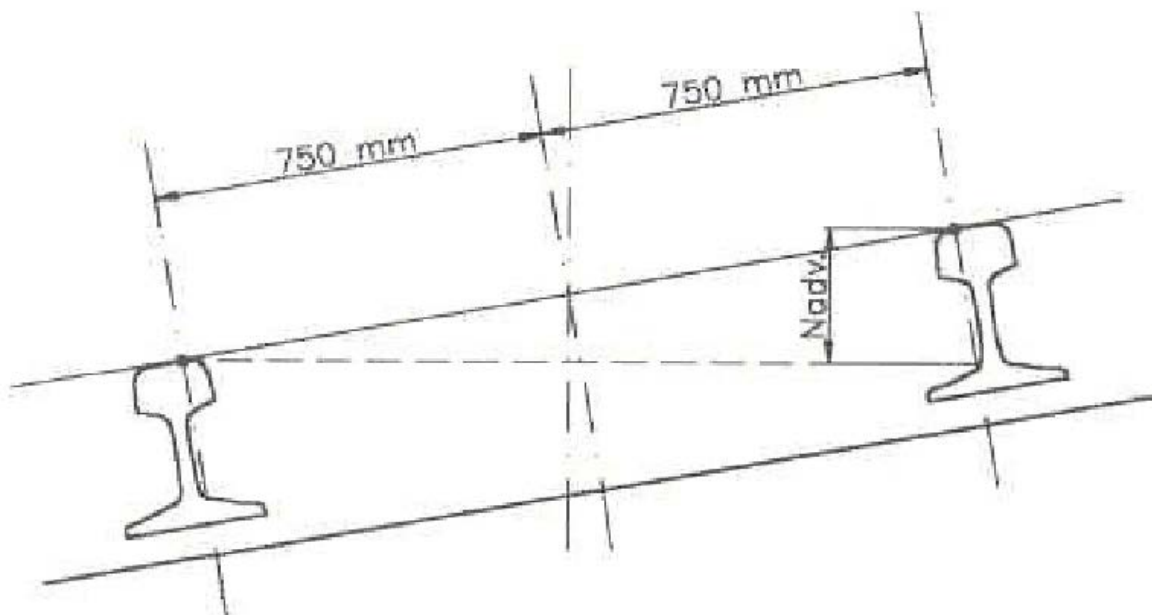
Slika 2: Meritve smeri tira s pomočjo puščic.

Preglednica 3: Dovoljena odstopanja dveh sosednjih puščic.

Hitrost V (km/h)	Dovoljeno odstopanje dveh sosednjih puščic na bazi 10 m (mm)
V > 60 km/h	± 2
V ≤ 60 km/h	± 3

3.4.1.3 Nadvišanje tira

Dovoljeno največje projektirano nadvišanje znaša 150 mm, najmanjše pa 20 mm. Nadvišanje v premi je enako 0, v čistem loku je konstantno, v prehodni klančini se spreminja. Vzroki za napake v nadvišanju tira so v neizvedeni ali slabo izvedeni smerni ali višinski regulaciji tira. Na nadvišanje tira lahko vpliva tudi slabo stanje planuma.



Slika 3: Nadvišanje tira.

Preglednica 4: Dopustno odstopanje od projektiranega nadvišanja.

Hitrost V (km/h)	Dovoljeno odstopanje (mm)
$V < 80$	± 10
$80 \leq V \leq 100$	± 8
$80 \leq V \leq 140$	± 5
$V > 140$	± 3

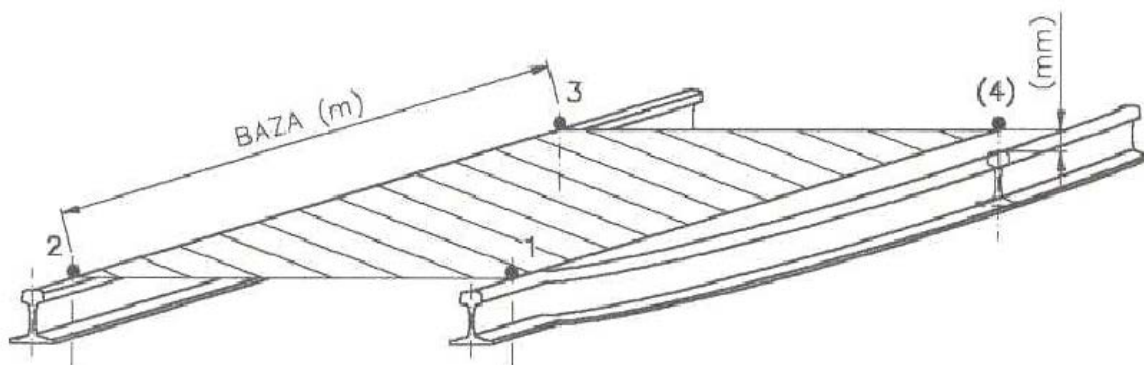
Dopustno odstopanje od projektiranega nadvišanja pri tehničnem prevzemu novih in pri remontu obstoječih prog je ± 2 mm.

3.4.1.4 Vegavost tira

Na nevarnost iztirjenja vlaka v največji meri vpliva vegavost tira. Le-ta tira predstavlja razliko v višini zgornjih robov tirnic na dveh prečnih prerezih na določeni osnovni dolžini tira, ki jo imenujemo baza. Vegavost se ne meri neposredno, ampak se na podlagi vrednosti nadvišanja preračunava na ustrezne bazne dolžine, ki se pri posameznih železniških upravah razlikujejo. Dejansko se merijo vertikalni pomiki četrtega vogala namišljene pravokotne ravnine. Vogali pravokotne ravnine ležijo na tirnici, daljšo stranico predstavlja baza, ki je pri nas dolga 6 m, krajšo pa pravokotna razdalja med tirnicama.

Največja še dopustna vrednost vegavosti tira na progah v obratovanju znaša:

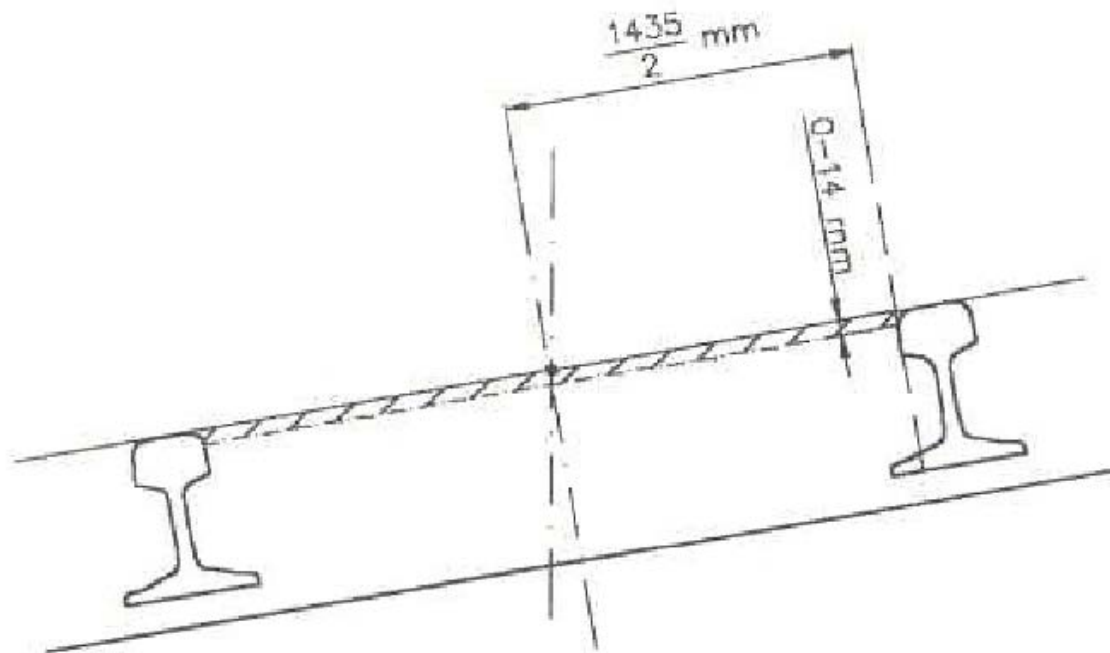
- za hitrosti 50 km/h in manj 4 mm/m,
- za hitrosti, večje od 50 km/h, 3 mm/m.



Slika 4: Vegavost tira.

3.4.1.5 Tirna širina

Tirna širina je pomemben del geometrijskih parametrov tira. Predstavlja najmanjšo razdaljo med notranjima robovoma tirničnih glav v območju med 0 in 14 mm pod ravnino zgornjih robov tirnic in znaša v premi 1435 mm. Na slabo tirno širino vplivajo iztrošeni in obrabljeni elementi zgornjega ustroja (tirnic, pragov, pritrdilnega materiala).



Slika 5: Tirna širina.

Preglednica 5: Dovoljena odstopanja od normalne tirne širine pri tehničnem pregledu novih in pri remontu obstoječih prog.

Tirni material	Maksimalno odstopanje (mm)
Nov tirni material	+ 2
Rabljen tirni material	+ 3

Preglednica 6: Dovoljena odstopanja od normalne tirne širine pri progah v obratovanju.

Vrsta proge	Maksimalno odstopanje (mm)
Glavne proge.	+ 30
Regionalne proge in stranski postajni tiri glavnih prog.	+ 35
Vse proge.	- 5

3.4.2 Diagnostika tirnic

Za varno in ekonomično obratovanje tirnih vozil je izredno pomembno poznati trenutno stanje kvalitete vgrajenih tirnic. Celovito diagnostiko tirnic lahko razdelimo v dve glavni skupini:

- preiskave karakteristik materialov tirnic (ultrazvočne preiskave tirnic),
- preiskave geometrijskih lastnosti tirnic (meritve obrabe in profila tirnic; meritve valovitosti tirnic).

3.4.3 Meritev vozne dinamike

Leta 2000 so na mreži slovenskih prog začeli voziti vlaki z nagibno tehniko. Ti imajo to prednost, da ob enakem udobju za potnika dosežajo večje hitrosti v krivinah. To dosežejo z zasukom in premikom koša vozila. S tem omogočajo potniku udobnejšo vožnjo, istočasno pa povečajo dinamične vplive na progo, zato postanejo pomembne meritve vozne dinamike:

- bočni pospešek,
- bočna sila,
- razmerje horizontalne in vertikalne sile.

Proga, kjer vozijo vlaki z nagibno tehniko, mora biti v boljšem stanju. Tolerance so manjše oziroma proga mora biti v tolerancah, ki so zahtevane za najvišjo dovoljeno hitrost na tem odseku.

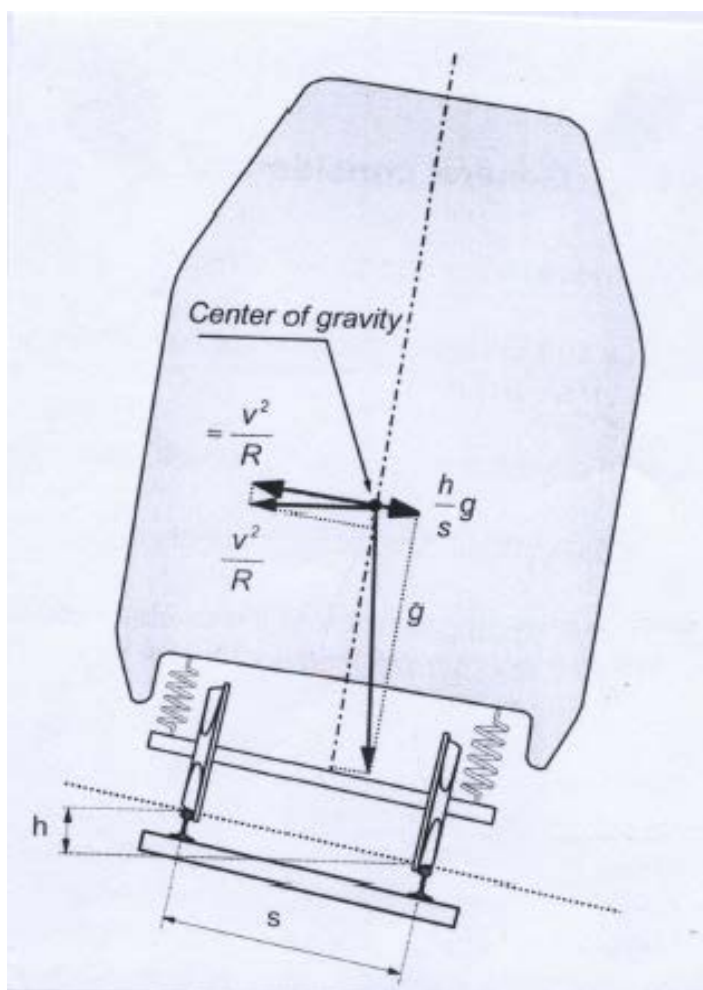
Preglednica 7: Dopustni bočni pospešek oziroma primanjkljaj nadvišanj za vlake brez nagibne tehnike.

	Bočni pospešek	Primanjkljaj nadvišanja
Maksimalno na šibkih mestih	0,65 m/s ²	100 mm
Maksimalno	0,75 m/s ²	115 mm
Izjemno	0,85 m/s ²	130 mm

Preglednica 8: Dopustni bočni pospešek oziroma primanjkljaj nadvišanj za vlake z nagibne tehniko.

	Bočni pospešek	Primanjkljaj nadvišanja
Maksimalno na šibkih mestih	1,0 m/s ²	150 mm
Maksimalno	1,8 m/s ²	270 mm

Primanjkljaj nadvišanja nam pove, kakšno nadvišanje manjka, da bi bil celotni pospešek kompenziran. Iz zgornjih dveh tabel je razvidno, da mora biti proga, kjer vozijo vlaki z nagibno tehniko, projektirana na večje bočne pospeške.



Slika 6: Bočni pospeški, ki nastanejo na vlaku v krivini.

3.4.4 Vizualni kontrolni pregledi tira

Z vizualnimi kontrolnimi pregledi tira ugotavljamo stanje pragov, pritrditve in grede. Za potrebe planiranja vzdrževalnih del pri posameznih elementih zgornjega ustroja ugotavljamo naslednje parametre:

1. pragovi - ugotavlja se:

- odstotek slabih pragov,
- odstotek srednje dobrih pragov ,
- odstotek dobrih pragov;

2. pritrdilni material - ugotavlja se:

- odstotek neučinkovitega pritrdilnega materiala,
- odstotek manjkajočega pritrdilnega materiala;

3. greda - ugotavlja se:

- odstotek finih delcev,
- odstotek organskih primesi,
- odstotek vodoprepustnosti grede.

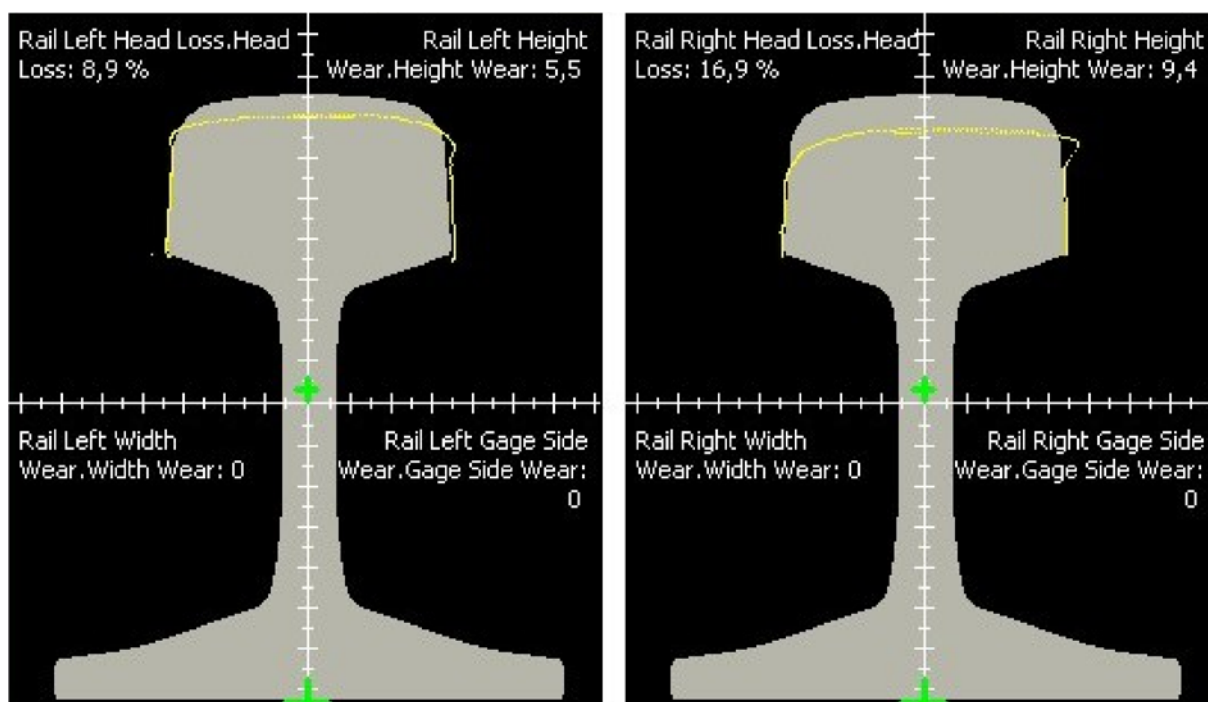
3.5 Meritve tirnic

Obraba tirnic je pojav, na katerega vpliva več faktorjev. Zelo veliko vlogo ima osni pritisk, velikost oziroma frekvenca prometa, maksimalne hitrosti na progi, karakteristika vozniških sredstev, odnosi med kakovostjo jekla tirnice in venca kolesa, karakteristika geometrije trase (vzdolžni nagib nivelete, velikost radija v horizontalnih krivinah).

3.5.1 Meritev prečnega profila tirnic

Profil glave tirnice se meri z lasersko merilno opremo, nameščeno na merilnem vlaku. Merijo se širina, višina, profil glave tirnice in naklon tirnice.

Višinska obraba tirnic se meri v vertikalni osi tirnice, bočna pa pod kotom 45°, 14 mm pod ravnino zgornjega roba tirnice.



Slika 7: Računski izris obrabe tirnic.

Računalniški izris nam pokaže obrabo in preoblikovanje tirnične glave leve in desne tirnice. Obrabo oziroma preoblikovanje tirnične glave prikazuje rumena črta. Iz slike je razvidno, da je obraba leve tirnične glave 8,9 %, obraba desne tirnične glave 16,9 %.

Preglednica 9: Vrste prog glede na dovoljeno obrabo tirnic.

Vrsta proge	Lastnosti
1	Glavne proge z $V > 120$ km/h ali z več kot 20.000 t bruto dnevnega prometa ali več kot 120 vlaki na dan po enem tiru.
2	Glavne proge z $V > 80$ km/h do 120 km/h in z 20.000 t ali manj bruto dnevnega prometa po enem tiru.
3	Regionalne proge.
4	Stranski postajni in industrijski tiri.

Preglednica 10: Dovoljena obraba tirnic tipa UIC 60.

Oblika tip – sistem tirnic	Višina nove tirnice v mm	Vrsta proge	Višina tirnice v mm	Dovoljena višinska obraba	Dovoljena bočna obraba
UIC 60	172	1	158	14 ¹	18 ¹
UIC 60	172	2	156	16 ²	18 ²
UIC 60	172	3	152	20	Do sp. roba glave tirnice
UIC 60	172	4	146	26	Do sp. roba glave tirnice

Vsota višinske in bočne obrabe tirnic ne sme presegati pri indeksu ena 26 mm, pri indeksu dva 30 mm.

3.5.2 Meritev obrabe in valovitosti tirnic

Na železniški infrastrukturi se izvajajo meritve napak valovitosti in prečnega profila tirnic z merilnim vlakom. Rezultati meritve valovitosti in obrabe tirnic, se med merilno vožnjo izrisujejo na papir. Ti rezultati kasneje služijo za planiranje odsekov brušenja.

Najpogostejše površinske napake tirnic so:

- **Rebričenje:** to so periodične neravnosti na vozni površini tirnične glave, od 30 do 80 mm dolžine in do 0,4 mm globine. Globina znaša v povprečju 0,1 mm. Napake prevladujejo v prehodnicah in krožnih lokih, z radiji manjšim od 900m.
- **Kratki valovi:** to so periodične neravnine na vozni površini tirnične glave, od 80 do 250 mm dolžine in do 2 mm globine. Le-ta znaša v povprečju 0,25 mm. Napake prevladujejo v krivinah, kjer so radiji okoli 600m.
- **Dolgi valovi:** to so neravnine na vozni površini tirnične glave, 250 do 2200 mm dolžine in do 1,5 mm globine. Le-ta znaša v povprečju 0,7 mm. Napake prevladujejo v premah in krivinah.
- **Ostale napake** so luščenje, zareze, zlomi, vtiski, poškodbe varjenih spojev in drugo.

Vse te napake so škodljive. Utrujajo jeklo tirnic, zmanjšujejo prednapetje pritrdilnih materialov, pri pragovih povečujejo obremenitev na naležnih površinah, uničujejo strukturo spodnjega ustroja. Napake pa povzročajo tudi povečan hrup, kar lahko vznemirja okoliške prebivalce.

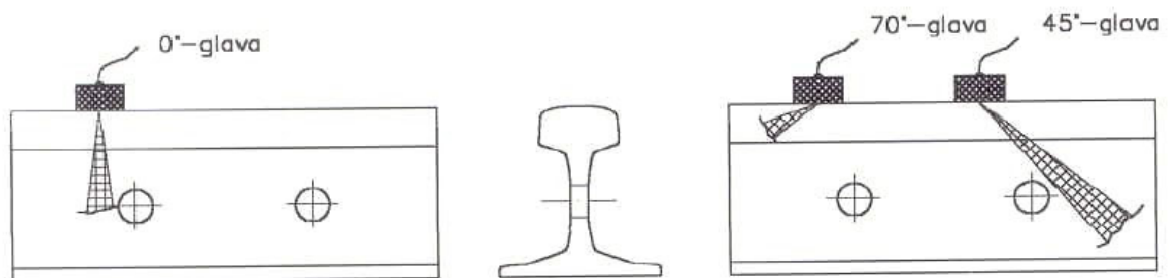
3.5.3 Ultrazvočni pregled tirnic

Ultrazvočne meritve se na železniški infrastrukturi izvajajo enkrat letno, s posebnim ultrazvočnim (UZ) merilnim vlakom, ki ima na podstavnih vozičkih vgrajen sistem merilnih sond. Meritve se lahko vršijo z maksimalno hitrostjo 50 km/h. Rezultati meritev so podani in klasificirani v digitalni obliki. Na UZ merilnem vlakcu so nameščene ultrazvočne glave pod različnimi koti (0° , $\pm 35^\circ$, $\pm 45^\circ$, $\pm 70^\circ$), iz katerih se pošilja v tirnico kratek ultrazvočni impulz in ta se po odboju na oviri tudi sprejme.

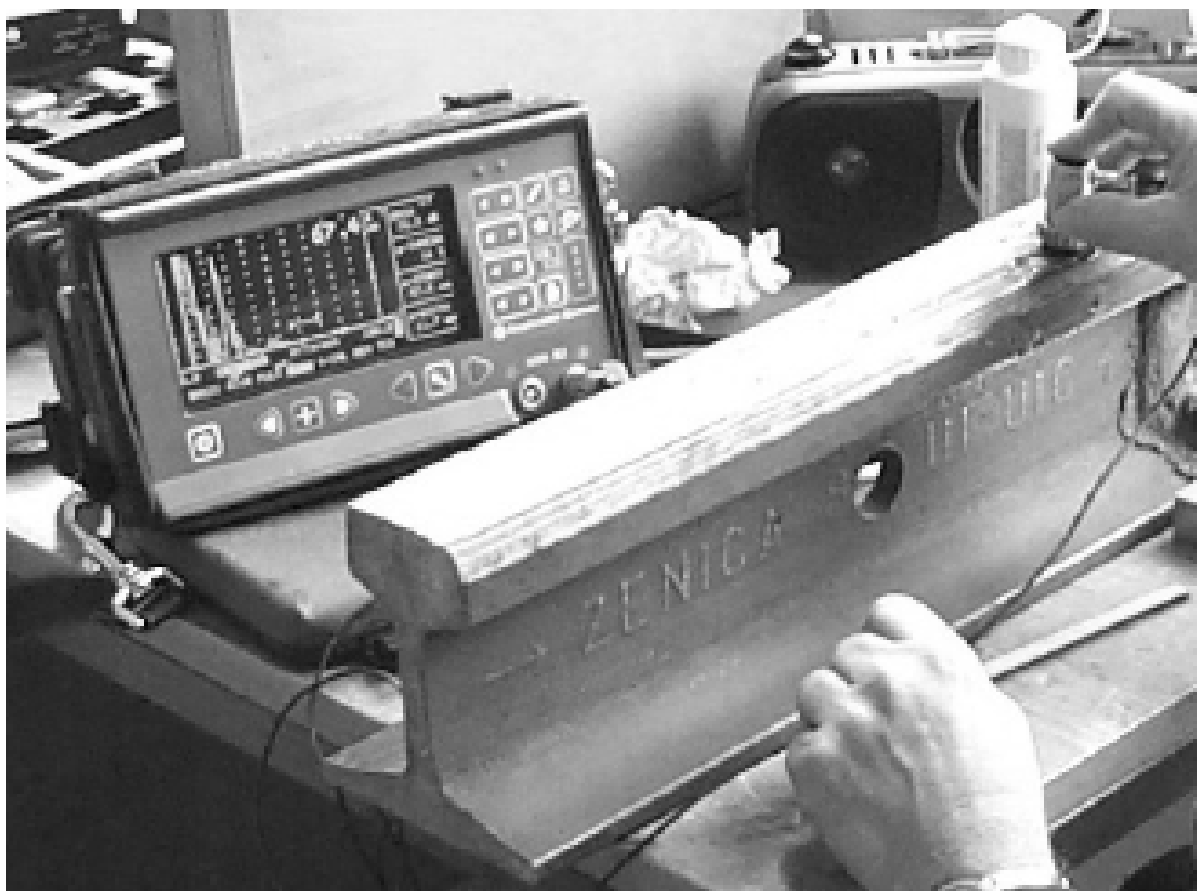
Napake, ki jih zaznamo z UZ merilnim vlakom, v večini primerov s prostim očesom niso vidne. Pa tudi kilometraža proge, glede na kilometražo na merilnem vlakcu, lahko odstopa za več metrov, zato je-le te treba na terenu dodatno mikrolocirati in ovrednotiti s prenosnimi UZ napravami.

Po klasifikaciji (ERRI D 173) se napake označujejo največ s štirimi številkami.

1. prva številka označuje:
 - napake na tirničnih krakih,
 - napake na sredini tirnic,
 - napake, ki so nastale zaradi poškodb tirnic,
 - napake pri varjenju in navarjanju.
2. druga številka označuje:
 - mesto v profilu tirnice, kjer je izvor napake,
 - vrsto varjenja, če gre za napako pri varjenju ali navarjanju.
3. tretja številka označuje:
 - smer lege napake v primeru zloma ali risa,
 - vrsto napake v primeru poškodbe,
 - vzrok napake v primeru poškodbe tirnic.
4. Četrta številka omogoča po potrebi dodatno kategoriziranje vrste napak.



Slika 8: Pregled tirnic z normalno in kotno UZ glavo.



Slika 9: Kalibracija ročne UZ naprav.

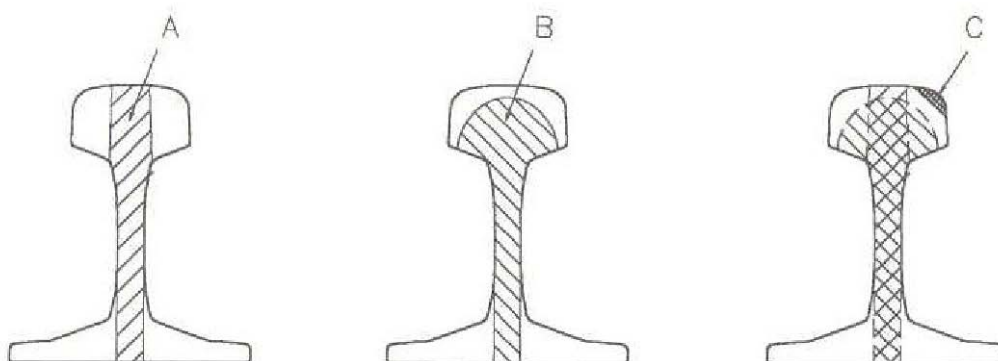
3.5.4 Odkrivanje napak z vrtničnimi tokovi

Razpoke na voznem robu, tik pod površino tirnice, lahko s svojo rastjo občutno povečajo možnost nastanka zloma tirnice. Posebnost napak, ki se nahajajo tik pod površino tirnice, je da jih z UZ merilnimi glavami, nameščenimi na UZ merilnem vlakcu, ni mogoče zaznati. V ta namen se uveljavlja nov postopek neporušne metode preiskave materiala z vrtničnimi tokovi. Z vrtničnimi tokovi teoretično lahko preverjamo vse kovinske materiale, magnetne ali nemagnetne. Tovrstna metoda pa ima prednost tudi v tem, da med preizkušancem in merilno napravo ni potrebno imeti veznih snovi. Hitrosti meritev so lahko do 100 km/h. Z vrtničnimi tokovi se poskusno preverja zaznavanje napak na voznem robu tirnice, ki dosegajo globino do 10 mm, nehomogenosti in druge napake, ki se nahajajo tik pod površjem in na površini.

Prednost zaznavanja napak z vrtničnimi tokovi je zaznavanje napak v zgodnji stopnji razvoja in tako lahko te napake še odpravimo s tehniko brušenja.

Na spodnji sliki so prikazana območja meritev v tirnici, ki jih pokrivajo ultrazvočne in vrtničnotokovne merilne glave:

- A: območje preverjanja tirnice z UZ merilno glavo 0° ,
- B: območje preverjanja tirnice s kotnimi UZ glavami,
- C: območje preverjanja tirnice z vrtničnotokovnimi glavami.



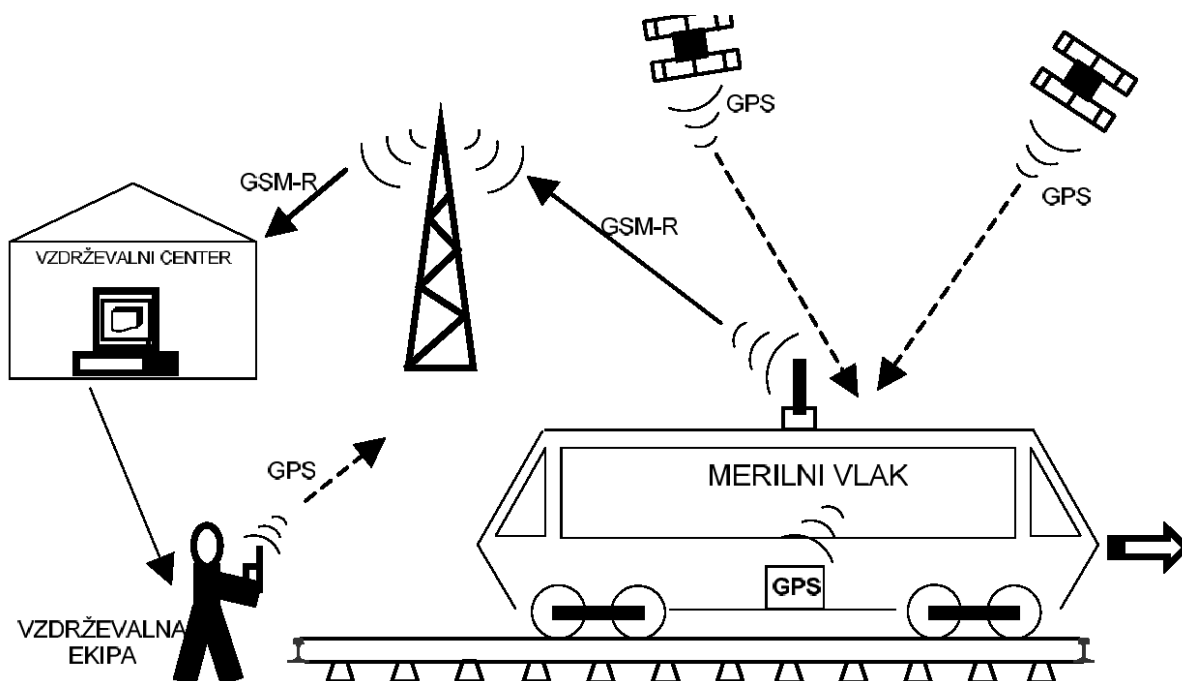
Slika 10: Območje preverjanja z ultrazvokom in vrtničnimi tokovi.

3.6 Prenos merjenih podatkov do vzdrževalcev

Roki za odpravo ugotovljenih napak so pogosto zelo kratki. Zato je potrebno uvesti neposreden prenos podatkov takoj po meritvah neposredno do področnih vzdrževalnih centrov. Kritične napake (vegavost in tirne širine), ki se ugotovijo z merilnim vlakom, se dnevno preko GSM (Global System for Mobil communications) neposredno z merilnega vlaka dostavljajo področnim vzdrževalnim centrom. Pokritost signala GSM pa je na določenih odsekih proge zelo slaba in s tem je prenos podatkov z merilnega vlaka do področnih vzdrževalnih centrov otežen. Tedaj se uporabo signall GSM-R, ki je nekakšna različica signala GSM. GSM-R poleg digitalne mobilne komunikacije omogoča tudi prenos podatkov

(GPRS), zato je uporaben tako za potrebe vzdrževanja in delovanja infrastrukturnih naprav kot tudi pri vodenju prometa.

Sodobno zaznavanje napak in lociranje le teh pa se vedno bolj nagiba k uporabi globalnega sistema za pozicioniranje GPS (Global Positioning System). Natančnost tovrstnih merilnih sistemov je okoli 0,5 m, odvisna pa je seveda od kakovosti naprave ter konfiguracije terena, ki pogojuje število satelitov, ki so na dosegu.



Slika 11: Sodoben prenos podatkov meritev do vzdrževalcev.

3.7 Obdelava podatkov

Podatke, ki jih izmerimo, je možno obdelovati na dva načina. V programu Excel se obdelujejo napake geometrije proge (vegavost, smer, tirna širina in stabilnost) in vozne mreže (poligonacijo in višinsko odstopanje). Za natančnejšo obdelavo merjenih podatkov pa se uporablja programski paket IRYSSys, ki omogoča tudi grafični prikaz posameznih parametrov.

3.8 Prihodnost meritev

Sodobni merilni sistemi, postopki planiranja in vzdrževanja ter programska orodja, ki so namenjena nadzoru nad stanjem in izvedbo analiz, postajajo vse bolj kompleksni. Ker je obdelava tovrstnih podatkov in izvedba analiz možna z različnih zornih kotov, morajo biti vsi podatki dostopni na enem mestu. Tako naj bi se znotraj razvojne službe formiral odelek za meritve. Ta bi skrbel za izvedbo in obdelavo najsodobnejših meritev, rezultate le teh pa čim prej posredoval vzdrževalcem.

4 MERILNI DREZINI FMK 004 IN UFM 120

4.1 Uvod

Meritve geometrije tira se izvaja z merilnimi drezinami. Z rednimi meritvami železniških prog se preverja, če so vrednosti posameznih geometrijskih parametrov tira znotraj predpisanih tolerančnih meja. Glede na stopnjo napak pa se nato planira in izvaja vzdrževalne ukrepe.

Leta 2002 je Agencija za železniški promet najela merilno drezino UFM 120 podjetja Eurailscout iz Nizozemske, s katerim so imeli triletno pogodbo. Pogodba se je iztekla konec leta 2004. Nato se je Agencija za železniški promet na trgu z javnim razpisom odločila za najem merilne drezine FMK 004, ki je v lasti Madžarskih železnic. Agencija je za najem sklenila triletno pogodbo, ki se izteče leta 2006. Merilna drezina FMK 004 pa je po progah slovenskih železnic opravljala meritve že v letih od 1997 do 2002 pod imenom MAV EM 120.

4.2 Merilna drezina FMK 004

Kontaktna merilna drezina FMK 004 je merilno in inšpekcijsko vozilo, zasnovano za mednarodno uporabo za normalno tirno širino.

Pomembni podatki o geometriji proge in tirnicah so izmerjeni z veliko natančnostjo. Izdelani so diagrami in poročila o tirnicah. Vse meritvene metode so izvedene kontaktno. Merilna drezina FMK 004 zagotavlja podatke o parametrih geometrije za vsakih 25 cm proge.

Rezultati merilne vožnje so naslednji:

- grafikon merilne vožnje na papirju,
- zapisnik lokalnih napak in kvalitetnih števil v elektronski obliki.

Na grafikonu merilne vožnje so registrirani naslednji geometrijski elementi:

- stabilnost leve in desne tirnice,
- smer leve in desne tirnice,
- vegavost tira na bazi 6,0 m,
- vegavost tira na bazi 2,5 m,
- tirna širina,
- nadvišanje tira.



Slika 12: Madžarska merilna drezina FMK 004.

Vse vrednosti, izmerjene med pregledom, so prikazane na monitorju ter direktno dokumentirane na tiskalniku. Vsi izmerjeni podatki so shranjeni digitalno. Ponovno so lahko preverjeni po inšpekcijskem pregledu, nato pregledani in preneseni v druge podatkovne baze.



Slika 13: Računalniški in papirni grafikonski zapis merjenih parametrov drezine FMK 004.

Značilnosti merilne drezine FMK 004 so:

- takojšen meritveni diagram,
- avtomatično vrednotenje,
- beleženje statistike,
- ocena tirov,
- ponovitev testnih rezultatov.

Meritveni digram ter poročilo o oceni imata v glavi zapisane glavne parametre izmerjenega tira. Naslednji elementi so avtomatično označeni na diagramu:

- razdalja (na vsakih 100 m),
- meja oz. odstopanje,
- zaznavanje ukrivljenosti,
- hitrost (na vsakih 100 m),
- meritvene vrednosti in ocena vrednosti (na vsakih 500 m).

Hkrati z merjenjem so prikazani tudi meritveni diagrami in poročila. Poročilo vsebuje:

- točne vrednosti napak, ki presegajo mejo,
- indeks in ocenjene vrednosti, ki se nanašajo na odseke,
- statistične podatke, prikazane na vsak kilometer.

Merilno osebje v času merjenja beleži v zvezek informacije o križiščih, kretnicah, signalih, mostovih, tunelih in železniških postajah. Dolžinsko merilo diagrama je prilagodljivo.

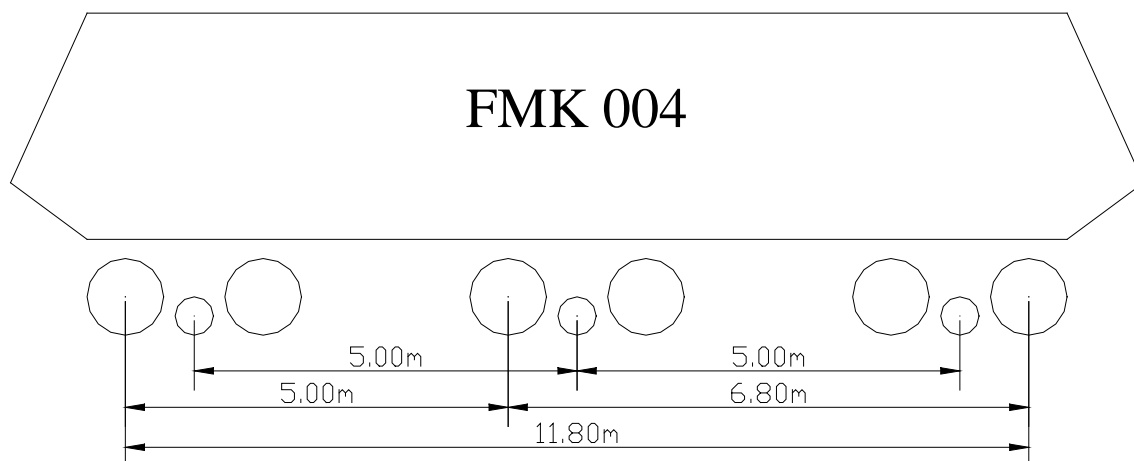
Vrednotenjsko poročilo vsebuje:

- meritvene ter ocenjene vrednosti odseka in statistične podatke,
- spisek napak, ki presegajo mejo, z imeni, lokacijami, dolžinami, maksimalnimi vrednostmi, mestom maksimalne vrednosti in mejo.

Merilna drezina FMK 004 meri geometrijo tira s pomočjo treh mehanskih merilnih koles, ki so nameščena med pogonska kolesa drezine.



Slika 14: Mehansko merilno kolo merilne drezine FMK 004.



Slika 15: Število koles ter razdalja med merilnimi in voznimi kolesi.

Preglednica 11: Tehnični podatki merilne drezine FMK 004.

Dolžina	15 m
Masa	52 t
Število osi	6
Masa na meter	3,46 t/m
Največja osna obremenitev	12,5 t
Minimalni obračalni krog	150 m
Največja potovalna hitrost	100 km/h
Največja hitrost med merjenjem	100 km/h
Zavorna obremenitev	130 kN
Merjenje	mehansko/ z merilnimi kolesi
Prenos podatkov	mehansko/ elektronsko
Beleženje podatkov	računalniška kontrola/ ZIP disk

FMK deluje na dizelski pogon in se lahko premika ter meri v obe smeri ob najvišji hitrosti 100 km/h.



Slika 16: Kabina merilne drezine FMK 004.

4.3 Merilna drezina UFM 120

Brezkontaktna merilna drezina UFM 120 je multifunkcionalno merilno in inšpekcijsko vozilo, zasnovano za mednarodno uporabo za normalno tirno širino.



Slika 17: Nizozemska merilna drezina UFM 120.

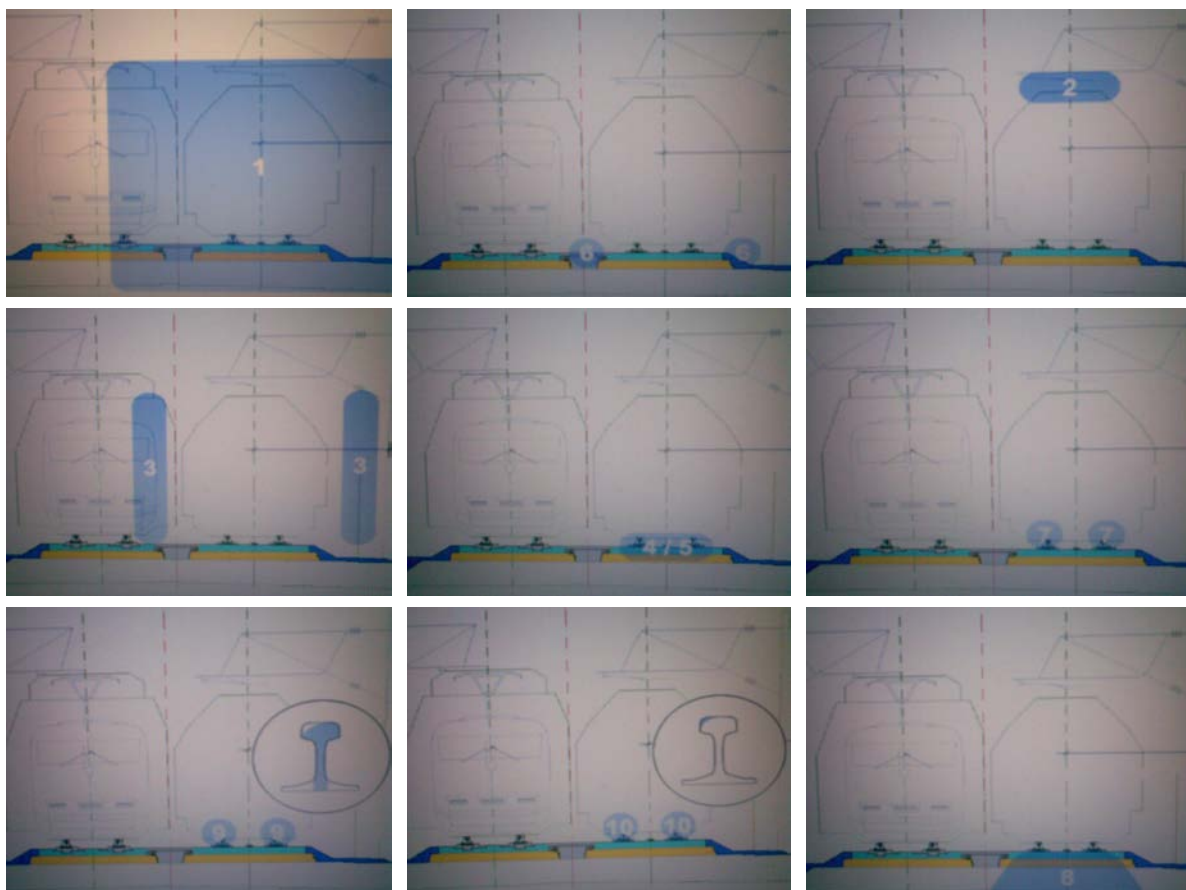
Pomembni podatki o geometriji proge, tirnicah in kontaktni žici so izmerjeni z veliko natančnostjo z vsako meritveno potjo. Izdelani so diagrami in poročila o tirnicah ter o problemih v okolici tirnic. Zato je vozilo opremljeno z zadnjo meritveno ter računalniško tehnologijo. Vse meritvene metode so izvedene brez kontakta ali vpliva na progo. Merjene rezultate primerjajo z dopustnimi vrednostmi. Natančna primerjava merjenih rezultatov je možna preko DGPS zveze.

Merilna drezina UFM 120 zagotavlja podatke o parametrih geometrije proge vsakih 25cm proge. Meri nam podatke o:

- geometriji tira (stabilnost leve in desne tirnice, smer leve in desne tirnice, vegavost tira, nadvišanje tira, tirna širina),
- vozni mreži (višina kontaktnega voda, položaj stebrov vozne mreže, poligonacija),
- geometriji tirnic (višina, širina glave, tip, obraba, manjkajoči elementi pritrdilnega materiala).

Poleg tega z video nadzorom proge preverjajo:

- vidnost signalov in signalnih oznak,
- zaraščenost progovnega območja – požarni pas.



Slika 18: Kje kaj beleži merilna drezina UFM 120. 1, 6 – video nadzor proge. 2, 3 – podatki o vozni mreži. 4 / 5 – merjenje geometrije tira. 7, 9, 10 - merjenje geometrije tirnic. 8 – georadr.

Vse vrednosti, izmerjene med pregledom, so prikazane na monitorju ter direktno dokumentirane na tiskalniku. Nastavitev prikaza, razporeditev signalov, faktorji lestvice, vrednosti naraščanja, izračuni, povezave in analize, barve, prikaz teksta, jezik, poročila in tako naprej so lahko prosto oblikovani in prilagojeni glede na zahteve oziroma želje vsake stranke. Takšne prilagoditve so lahko izvedene brez dodatnega programiranja v nekaj minutah.

Vsi izmerjeni podatki so shranjeni digitalno. Ponovno so lahko preverjeni po inšpekcijskem pregledu ter nato pregledani in preneseni v druge podatkovne baze.

Tehnologija merjenja in programska oprema UFM 120 omogočata zelo natančno razporeditev parametrov tirnic v različnih obsegih: geometrije, kontaktnih žic ter prečnih prerezov. Rezultati meritev drugih merilnih drezin so lahko simulirani brez dodatnih stroškov. V tem primeru lahko stranke primerjajo meritve merilne drezine UFM 120 s prejšnjimi merilnimi drezinami ter lahko tako obdržijo točne podatke in z lahkoto preidejo s starejših na novejšo tehnologije meritev.

UFM 120 deluje na dizelski pogon ter se lahko premika in meri v obe smeri ob najvišji hitrosti 120 km/h, ne glede na dan ali noč.

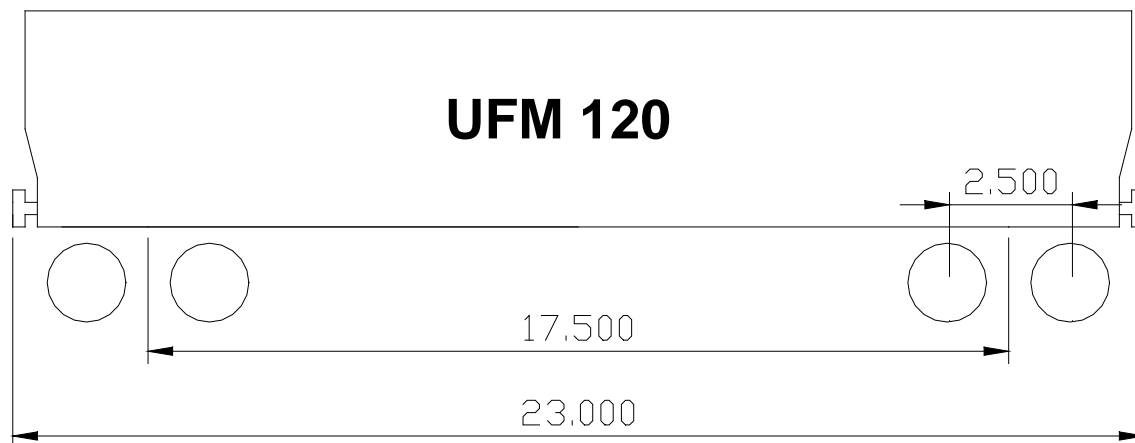
Preglednica 12: Digitalni izpis napak. Merjenje z merilno drezino UFM 120.

Track	Exception begin		Exception end		Length [m]	Parameter	Max. [mm]	Location of Max.		Speed class	
	[km]	[m]	[km]	[m]				[km]	[m]	Current	Save
L	525	819	525	830	11	tSir	-4	525	819	<100	<60
L	525	833	525	841	7	tSir	-4	525	838	<100	<60
L	525	843	525	879	35	tSir	-5	525	867	<100	<60
L	525	880	525	890	10	tSir	-5	525	886	<100	<60
L	525	892	525	894	2	tSir	-4	525	893	<100	<80
L	525	897	525	901	4	tSir	-3	525	899	<100	<80
L	526	891	526	892	1	stab_l	9	526	892	<100	<60
L	526	891	526	892	1	stab_d	9	526	892	<100	<60
L	526	896	526	898	2	stab_l	-10	526	897	<100	<60
L	526	896	526	899	2	stab_d	-10	526	897	<100	<60
L	526	902	526	905	2	tSir	-4	526	904	<100	<60
L	526	904	526	906	2	stab_d	-10	526	905	<100	<60
L	526	920	526	924	4	tSir	-4	526	921	<100	<80
L	526	926	526	929	2	tSir	-3	526	927	<100	<80
L	527	297	527	298	1	tSir	-3	527	297	<100	<80
L	527	303	527	305	2	tSir	-3	527	304	<100	<80
L	527	318	527	320	1	stab_d	-9	527	319	<100	<60
L	527	318	527	320	1	stab_d	-9	527	319	<100	<60
L	527	343	527	349	5	tSir	-6	527	346	<100	<60
L	527	350	527	351	1	stab_l	-9	527	350	<100	<60
L	527	364	527	365	1	tSir	-4	527	364	<100	<80
L	527	375	527	378	2	stab_d	-11	527	376	<100	<60
L	527	375	527	378	3	stab_l	-12	527	376	<100	<60
L	527	386	527	389	3	stab_l	13	527	387	<100	<60
L	527	386	527	389	3	stab_d	13	527	387	<100	<60

Zgornja tabela nam pove, če gledamo samo prvo vrstico, da je meritev potekala na levem tiru, do odstopanja je prišlo na stacionaži 525819 do 525830, dolžina 11 metrov, napaka je v tirni širini, maksimalna vrednost je 4 milimetre na stacionaži 525819, na progovni hitrosti < 100 km/h, pri merjeni hitrosti < 60 km/h.

Slovenski pomen:

- Track: tir.
- Exception begin: začetek stacionaže.
- Exception end: konec stacionaže.
- Length: dolžina.
- Parameter: parameter.
- Max.: največje odstopanje.
- Location of Max.: največje odstopanje na stacionaži.
- Speed class: progovna hitrost.



Slika 19: Razdalja med kolesi in dolžina UFM 120.

Preglednica 13: Karakteristike merilnega vlaka UFM 120.

Datum izdelave	1998
Razdalja med tirnicama oz. kolesoma	1.435 mm
Dolžina voza od odbijača do odbijača	23.000 mm
Razdalja med podstavnima vozičkoma	17.500 mm
Kolesna razdalja	2.500 mm
Minimalni obračalni krog	90 m
Največja hitrost	120 km/h
Največja hitrost koles	120 km/h
Največja hitrost med merjenjem	120 km/h
Varnostni zavorni sistem	DA
Potovalni kontrolni sistem	DA
Potovalni radijski sistem	Mesa 2002 (analog A,CH,D,...), TeleRail (analog NL), GSM-R (A,CH,D,NL,SLO,...)

5 MERITEV GEOMETRIJE TIRA

5.1 Splošno

Za planiranje vzdrževalnih del je izredno pomembna diagnostika tira. Danes so praktično vsi merilni vagoni opremljeni s sodobno računalniško programsko opremo, ki omogoča takojšnjo obdelavo podatkov, rezultatov meritev, že med meritvijo samo. Rezultati so na razpolago v digitalni obliki, kar omogoča analitične izpise in izdelavo grafikonov meritev v grafični obliki. Rezultati meritev največkrat podajajo absolutne velikosti napak merjenih parametrov tira oz. odstopanje njihovih dejanskih vrednosti od dovoljenih v obliki toleranc, ki so z vidika vzdrževanja pomembna informacija, zlasti v primerih odprave lokalnih napak. Za planiranja vzdrževanja del na tiru pa je uporabnejša statistična obdelava rezultatov meritev. Podatki meritev se statistično obdelajo za vnaprej izbran segment tira, ki znaša običajno od 200 do 500 metrov, odvisno od želene natančnosti. Na tej podlagi je možno izdelati različne statistične analize tira in prognozirati bodoče stanje kvalitete tira. Večina merilnih sistemov podaja kvaliteto tira v obliki standardnih deviacij. S standardno deviacijo prikažemo statistični odklon napak merjenega parametra tira od njihove aritmetične sredine za vsak segment tira posebej in jo dobimo na podlagi izračuna normalne distribucije napak posameznega parametra tira za posamezne segmente tira.

5.2. Kvaliteta tira na 500 metrskem odseku

Število KT500 je izračunan za 500 metrske segmente tira, in sicer za vsak parameter meritve geometrije tira posebej, in predstavlja srednjo vrednost ploščin izpod negativnih in pozitivnih delov izmerjenih vrednosti napak v krivulji grafikona meritve. Kot osnova za izračun parametra KT500 nam služijo grafikoni meritev napak. Število KT500 je izračunano na podlagi ploščin diagramov grafikona merilnih voženj smeri desne in leve tirnice ter stabilnosti in vegavosti tira.

Formula za izračun KT500 je naslednja:

$$\mathbf{KT500} = (\mathbf{StabL} + \mathbf{StabD} + \mathbf{SmerL} + \mathbf{SmerD} + \mathbf{Veg2,5} + \mathbf{Veg6}) / 3$$

StabL - Ploščina, ki jo omejuje filtriran signal stabilnosti leve tirnice z nulto koordinatno črto na določenem dolžinskem odseku.

StabD - Ploščina, ki jo omejuje filtriran signal stabilnosti desne tirnice z nulto koordinatno črto na določenem dolžinskem odseku.

SmerL - Ploščina, ki jo omejuje filtriran signal smeri leve tirnice z nulto koordinatno črto na določenem dolžinskem odseku.

SmerD - Ploščina, ki jo omejuje filtriran signal smeri desne tirnice z nulto koordinatno črto na določenem dolžinskem odseku.

Veg2,5 - Ploščina, ki jo omejuje filtriran signal vegavosti na bazi 2,5 m z nulto koordinatno črto na določenem dolžinskem odseku.

Veg6 - Ploščina, ki jo omejuje filtriran signal vegavosti na bazi 6 m z nulto koordinatno črto na določenem dolžinskem odseku.

Dopustna vrednost števila KT500 je odvisna od pomena in hitrosti proge. Za glavne proge so dopustne vrednosti števila KT500 manjše kot za regionalne proge. Prav tako pa so dopustne manjše vrednosti števila KT500 na hitrejših delih proge.

Glede na vrednost števila KT500 so tiri razdeljeni v tri razrede:

- dober tir (kvalitete po opravljenem remontu),
- zadovoljiv tir (potrebno je planirati vzdrževalne ukrepe),
- vzdrževalni ukrepi (potrebna so vzdrževalna dela).

5.3 Meritev geometrije tira z merilno drezino FMK 004

Na železniški infrastrukturi meri merilna drezina FMK 004 naslednje parametre:

- smer tira leva tirnica,
- smer tira desna tirnica,
- stabilnost leva tirnica,
- stabilnost desna tirnica,
- nadvišanje,
- vegavost na bazi 2,5m,
- vegavost na bazi 6 m.

Rezultati zgornjih meritev pa so prikazani v naslednjih oblikah:

- grafikoni merilne vožnje (predano ob meritvi),
- diagrami števila KT500 z mejami vzdrževalnih ukrepov in strojnega podijanja v obliki stolpnih grafov,
- tematske karte števila KT500 na mreži prog,
- spisek lokalnih slabih mest.

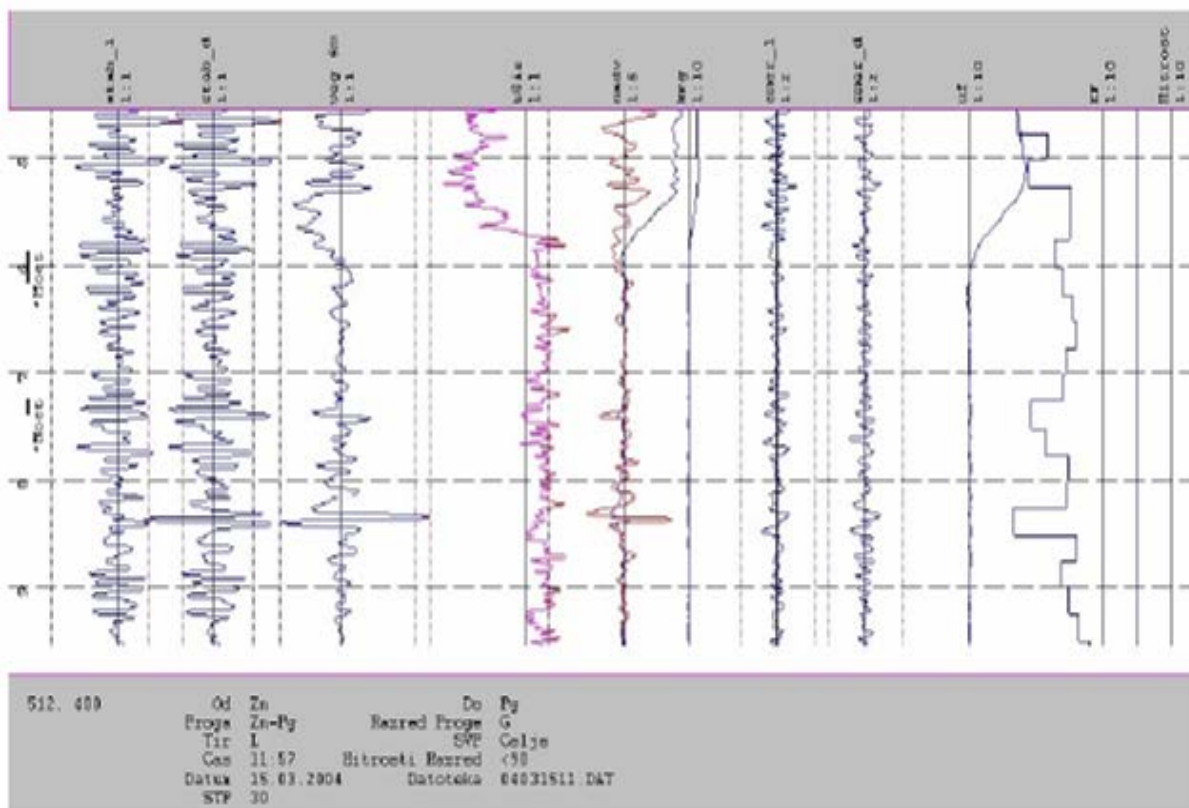
Vse obdelave meritev, ki so obdelane z Informacijskim sistemom slovenske železniške infrastrukture – RAGIS, so predane naročniku kot tekstovno grafično poročilo na papirju in v digitalni obliki.

5.3.1 Grafikon merilne vožnje

Na grafikonu merilne vožnje so registrirani geometrijski elementi tira v določenem merilu.

Preglednica 14: Geometrijski elementi tira, ki se registrirajo na grafikonu merilne vožnje.

1. Stabilnost leve tirnice	M = 1:1
2. Stabilnost desne tirnice	M = 1:1
3. Vegavost 6,0 m	M = 1:1
4. Vegavost 2,5 m	M = 1:1
5. Tirna širina	M = 1:1
6. Nadvišanje tira	M = 1:5
7. Smer leve tirnice	M = 1:2
8. Smer desne tirnice	M = 1:2



Slika 20: Primer izrisa geometrijskih parametrov tira.

5.3.2 Diagrami števila KT500

Diagrami kvalitete števila KT500 se uporabljajo predvsem za optimalnejše planiranje vzdrževalnih ukrepov na tiru ter strojnih regulacij tira.

Preglednica 15: Uporabljene vrednosti mej vzdrževalnih ukrepov in priporočenega strojnega podbijanja za glavne proge.

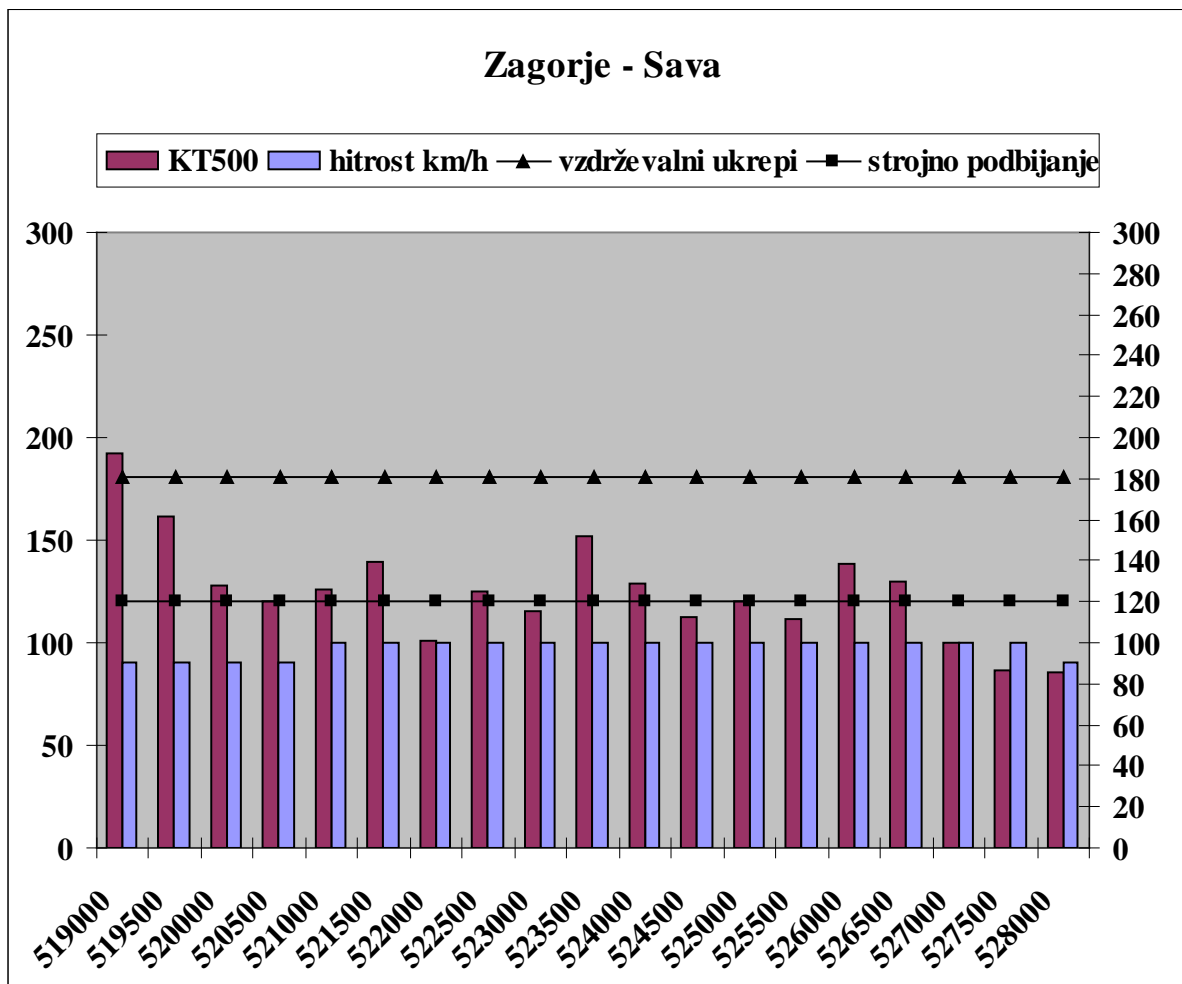
Hitrost	Vzdrževalni ukrepi	Strojno podbijanje
do 40 km/h	KT500 322	KT500 200
med 41 in 60 km/h	KT500 252	KT500 160
med 61 in 80 km/h	KT500 208	KT500 135
med 81 in 100 km/h	KT500 181	KT500 120
med 101 in 120 km/h	KT500 159	KT500 107
med 121 in 140 km/h	KT500 143	KT500 100
med 141 in 160 km/h	KT500 131	KT500 93

Preglednica 16: Uporabljene vrednosti mej vzdrževalnih ukrepov in priporočenega strojnega podbijanja za regionalne proge.

Hitrost	Vzdrževalni ukrepi	Strojno podbijanje
do 40 km/h	KT500 392	KT500 243
med 41 in 60 km/h	KT500 302	KT500 195
med 61 in 80 km/h	KT500 243	KT500 164
med 81 in 100 km/h	KT500 208	KT500 146

Pri dani hitrosti proge se glede na velikost izmerjenega indeksa KT500 ugotovi, ali proga ustreza predpisom in ali je potrebno na progi izvajati strojno podbijanje ali vzdrževalne ukrepe. Npr. pri hitrosti do 40 km/h je potrebno izvajati strojno podbijanje, če indeks KT500 preseže vrednost 200 na glavni progi, oziroma če indeks KT500 preseže vrednost 243 na regionalni progi. Če pa indeks KT500 preseže vrednost 322 na glavni progi, oziroma 392 na regionalni progi, pa so potrebni vzdrževalni ukrepi. To so pregledi gramozne grede spodnjega ustroja in posamezni elementi zgornjega ustroja.

Grafikon 1: Kvaliteta števila KT500 za meritev v maju 2006 z mejami vzdrževalnih ukrepov ter priporočenega strojnega podbijanja v odvisnosti od hitrosti na odseku proge Zagorje – Sava



Iz diagrama je razvidno, da je potrebno na določenih odsekih proge izvesti strojno podbijanje. Na stacionaži 519.000 pa je potrebno izvesti vzdrževalne ukrepe.

5.3.3 Tematske karte števila KT500

Tematske karte prikazujejo število KT500 glede na geografsko lego v prostoru. Na tematskih kartah števila KT500 so prikazana tudi lokalna slaba mesta na tiru. Le-ta so razdeljena v skupine A, B, C po veljavnih predpisih. Lokalno slaba mesta, ki presegajo vrednost C, se morajo takoj odpraviti.

Dober tir je obarvan z zeleno barvo. To je tudi kvaliteta, ki jo pričakujemo po opravljenem remontu zgornjega ustroja. Z modro barvo je obarvan zadovoljiv tir, kjer je potrebno, glede tudi na druge podatke o stanju tira, planirati vzdrževalne ukrepe. Rdeča barva pa prikazuje dele tira, kjer so potrebna vzdrževalna dela.

Glede na hitrost so uporabljeni razredi stanja tira glavne in regionalne proge prikazani v spodnjih tabelah.

Preglednica 17: Razredi števila KT500 za glavne proge.

Hitrost	Dober tir	Zadovoljiv tir	Vzdrževalni ukrepi
do 40 km/h	≤ 169	$169 < \text{KT500} \leq 322$	$322 <$
41 in 60 km/h	≤ 138	$138 < \text{KT500} \leq 252$	$252 <$
61 in 80 km/h	≤ 120	$120 < \text{KT500} \leq 208$	$208 <$
81 in 100 km/h	≤ 108	$108 < \text{KT500} \leq 181$	$181 <$
101 in 120 km/h	≤ 98	$98 < \text{KT500} \leq 159$	$159 <$
121 in 140 km/h	≤ 91	$91 < \text{KT500} \leq 143$	$143 <$
141 in 160 km/h	≤ 86	$86 < \text{KT500} \leq 131$	$131 <$

Preglednica 18: Razredi števila KT500 za regionalne proge.

Hitrost	Dober tir	Zadovoljiv tir	Vzdrževalni ukrepi
do 40 km/h	≤ 210	$210 < \text{KT500} \leq 392$	$392 <$
41 in 60 km/h	≤ 177	$177 < \text{KT500} \leq 302$	$302 <$
61 in 80 km/h	≤ 149	$149 < \text{KT500} \leq 243$	$243 <$
81 in 100 km/h	≤ 132	$132 < \text{KT500} \leq 208$	$208 <$

5.3.4 Lokalna slaba mesta na progi

Vsa zabeležena lokalna slaba mesta so razdeljena po veljavnih predpisih, skladnih s Pravilnikom o pogojih za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje zgornjega ustroja železniških prog, v tri skupine:

- A - vrednost prekoračitve, pri kateri niso potrebna vzdrževalna dela: za prevzem novih prog in glavnih popravil;
- B - vrednost prekoračitve, pri kateri je potrebno predvideti dele za njihovo odpravo do naslednje meritve;
- C - vrednost prekoračitve, ki je nad dovoljenimi mejami in se mora takoj odpraviti, ker ogroža varnost prometa.

Preglednica 19: Velikost mejnih vrednosti parametrov geometrije tirov.

PARAMETER	Razred proge	Enota mere	LV 4 V < 40 (km/h)			LV 5 40 < V ≤ 50 (km/h)			LV 6 50 < V ≤ 60 (km/h)		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C
Razširitev tira	Glavna	mm	2	+15	+30	2	+15	+30	2	+15	+30
	Regionalna		2	+20	+35	2	+20	+35	2	+20	+35
Zožitev tira		mm	-2	-5	-5	-2	-5	-5	-2	-5	-5
Vegavost tira na bazi 6 m	Glavna	mm	12	18	24	12	16	24	12	15	18
	Regionalna		15	20	24	15	20	24	15	16	18
Smer tira, sprem. f max pri s=10 m		mm	5	12,5	25	5	12,5	25	5	12,5	25
Nadvišanje tira ±		mm	5	10	12	5	10	12	5	10	12
Stabilnost tira		mm	5	10	20	5	10	20	5	10	20

PARAMETER	Razred proge	Enota mere	LV 7 60 < V ≤ 70 (km/h)			LV 8 70 < V ≤ 80 (km/h)			LV 9 80 < V ≤ 90 (km/h)		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C
Razširitev tira	Glavna	mm	2	+10	+30	2	+10	+30	2	+9	+25
	Regionalna		2	+15	+30	2	+15	+30	2	+11	+25
Zožitev tira		mm	-2	-4	-5	-2	-4	-5	-2	-4	-5
Vegavost tira na bazi 6 m	Glavna	mm	12	15	18	12	15	18	10	14	18
	Regionalna		15	16	18	15	16	18	12	15	18
Smer tira, sprem. f max pri s=10 m		mm	4,3	10,7	22	3,8	9,4	20	3,3	8,3	17
Nadvišanje tira ±		mm	5	10	10	5	8	8	4	8	8
Stabilnost tira		mm	5	8	20	5	8	20	4	8	15

»se nadaljuje...«

»...nadaljevanje«

PARAMETER	Razred proge	Enota mere	LV 10 90<V≤100 (km/h)			LV 12 100<V≤120 (km/h)			LV 13 120<V≤130 (km/h)		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C
Razširitev tira	Glavna Regionalna	mm	2 2	+9 +11	+25 +25	2 2	+8 +10	+20 +20	2	+7	+15
Zožitev tira		mm	-2	-4	-5	-2	-3	-4	-2	-3	-4
Vegavost tira na bazi 6 m	Glavna Regionalna	mm	10 12	14 15	18 18	8	12	15	6	6,3	12
Smer tira, sprem. f max pri s=10 m		mm	3	7,5	15	2,5	6,3	12	2,3	5,8	10
Nadvišanje tira ±		mm	4	8	8	3	5	5	2	5	5
Stabilnost tira		mm	4	8	15	3	5	10	2	5	10

PARAMETER	Razred proge	Enota mere	LV 14 130<V≤140 (km/h)			LV 15 140<V≤150 (km/h)			LV 16 150<V≤160 (km/h)		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C
Razširitev tira	Glavna Regionalna	mm	2	+7	+15	2	+6	+12	2	+6	+12
Zožitev tira		mm	-2	-3	4	-2	-3	-4	-2	-3	-4
Vegavost tira na bazi 6 m	Glavna Regionalna	mm	6	7,7	12	5	7,2	10	5	6,7	10
Smer tira, sprem. f max pri s=10 m		mm	2,1	5,4	10	2	5	10	1,8	4,7	8
Nadvišanje tira ±		mm	2	5	5	2	3	3	2	3	3
Stabilnost tira		mm	2	5	10	2	5	8	2	5	8

LV je kratica, ki označuje, od katere do katere hitrosti veljajo določena odstopanja parametrov. Npr.: LV 14 pomeni, da je največja dovoljena hitrost na tem delu proge 150 km/h, in na podlagi tega so predpisana dovoljena odstopanja parametrov in razredi proge.

Zgornja tabela nam pove, kolikšno je dovoljeno odstopanje parametrov proge (razširitev tira, zožitev tira, vegavost tira, smer tira, nadvišanje tira, stabilnost tira) pri določeni hitrosti (LV4 do LV16), da proga pade v določen razred (A, B, C). Vrednosti prekoračitve C se morajo takoj odpraviti.

Preglednica 20: Digitalni izpis napak vrednosti A na odseku 526496 do 526534.

evaluac. metoda	parameter	stacionaza		dolžina napake m	Maksimum mesto zona:km	vrednost mm	vel. kos in hitrost	mejna vrednost mm	preko-racitev mm	P_H	katero mesto			
		zacetek zona:km	konec											
o-k	Stabilnost (desni)	1	526534	1	526532	2,25	1	526533	7,0	A_60	5	2,0	----	E
o-k	Zozitev	1	526536	1	526532	4,25	1	526532	-4,0	A_60	-2	-2,0	----	E
o-k	Razsitirev	1	526529	1	526529	0,25	1	526529	2,4	A_60	2	0,4	----	E
o-k	Vegavost A=2.5 m	1	526530	1	526529	1,25	1	526529	5,0	A_60	4	1,0	----	E
o-k	Stabilnost (levi)	1	526529	1	526528	1,75	1	526528	-7,6	A_60	-5	-2,6	----	K,E
k-k	Stabilnost k-k (desni)	1	526533	1	526528	5,25	1	526533	16,5	A_60	15	1,5	50	E
o-k	Razsitirev	1	526529	1	526527	2	1	526528	5,2	A_60	2	3,2	----	K,E
o-k	Stabilnost (desni)	1	526529	1	526526	3,5	1	526528	-9,5	A_60	-5	-4,5	----	K,E
o-k	Razsitirev	1	526525	1	526522	3	1	526525	3,8	A_60	2	1,8	----	K,E
k-k	Stabilnost k-k (desni)	1	526528	1	526521	7	1	526528	16,1	A_60	15	1,1	50	K,E
o-k	Stabilnost (desni)	1	526522	1	526519	2,75	1	526521	6,6	A_60	5	1,6	----	K,E
o-k	Razsitirev	1	526522	1	526515	7,25	1	526519	5,6	A_60	2	3,6	----	K,OZ,E
o-k	Smer (levi)	1	526516	1	526514	2,5	1	526514	-9,6	A_60	-5	-4,6	----	K,OZ
o-k	Smer (desni)	1	526516	1	526514	2,5	1	526514	-10,2	A_60	-5	-5,2	----	K,OZ
o-k	Razsitirev	1	526514	1	526514	0,75	1	526514	3,5	A_60	2	1,5	----	K,OZ
k-k	Smer k-k (levi)	1	526514	1	526509	5	1	526514	19,6	A_60	16	3,6	50	K,OZ
k-k	Smer k-k (desni)	1	526514	1	526509	5	1	526514	21,5	A_60	16	5,5	50	K,OZ
o-k	Smer (desni)	1	526511	1	526508	3,75	1	526509	11,3	A_60	5	6,3	----	K,OZ
o-k	Smer (levi)	1	526511	1	526507	4	1	526509	10,0	A_60	5	5,0	----	K,OZ
o-k	Stabilnost (levi)	1	526508	1	526507	1,25	1	526507	-5,9	A_60	-5	-0,9	----	K,OZ
o-k	Vegavost A=2.5 m	1	526507	1	526506	0,75	1	526507	4,5	A_60	4	0,5	40	K,OZ
o-k	Razsitirev	1	526507	1	526506	1,25	1	526506	3,4	A_60	2	1,4	----	K,OZ
o-k	Stabilnost (levi)	1	526506	1	526506	0,25	1	526506	-5,2	A_60	-5	-0,2	----	OZ
o-k	Zozitev	1	526505	1	526505	0,25	1	526505	-2,8	A_60	-2	-0,8	----	OZ
o-k	Stabilnost (desni)	1	526506	1	526504	2,75	1	526505	-9,0	A_60	-5	-4,0	----	OZ
o-k	Vegavost A=2.5 m	1	526504	1	526503	1,75	1	526503	-6,3	A_60	-4	-2,3	----	OZ
o-k	Vegavost A=2.5 m	1	526501	1	526501	0,25	1	526501	-4,4	A_60	-4	-0,4	40	OZ
o-k	Zozitev	1	526500	1	526500	0,25	1	526500	-2,3	A_60	-2	-0,3	----	OZ
k-k	Smer k-k (desni)	1	526509	1	526499	9,75	1	526509	23,0	A_60	16	7,0	50	K,OZ
o-k	Nadvisanije	1	526499	1	526499	0,25	1	526499	-6,4	A_60	-5	-1,4	----	OZ
o-k	Zozitev	1	526499	1	526497	2,5	1	526498	-4,7	A_60	-2	-2,7	----	OZ
o-k	Smer (levi)	1	526502	1	526497	5,25	1	526500	-15,0	A_60	-5	-10,0	----	OZ
o-k	Smer (desni)	1	526502	1	526496	6	1	526499	-11,7	A_60	-5	-6,7	----	OZ
k-k	Stabilnost k-k (desni)	1	526505	1	526496	9	1	526505	16,9	A_60	15	1,9	50	OZ

Preglednica 21: Digitalni izpis napak vrednosti B na odseku 526149 do 526503.

evaluac. metoda	parameter	stacionaza		dolžina napake m	Maksimum mesto zona:km	vrednost mm	vel. kos in hitrost	mejna vrednost mm	preko-racitev mm	P_H	katero mesto			
		zacetek zona:km	konec											
o-k	Vegavost A=2.5 m	1	526503	1	526503	0,5	1	526503	-6,3	B_60	-6	-0,3	40	OZ
o-k	Smer (levi)	1	526500	1	526500	0,5	1	526500	-15,0	B_60	-13	-2,0	----	OZ
o-k	Zozitev	1	526498	1	526498	0,5	1	526498	-4,7	B_60	-4	-0,7	50	OZ
o-k	Smer (levi)	1	526499	1	526498	2	1	526499	-14,5	B_60	-13	-1,5	----	OZ
o-k	Zozitev	1	526486	1	526483	2,5	1	526485	-5,5	B_60	-4	-1,5	----	OZ
o-k	Stabilnost (levi)	1	526482	1	526480	1,75	1	526481	-12,0	B_60	-10	-2,0	----	OZ
o-k	Zozitev	1	526481	1	526480	1	1	526480	-4,4	B_60	-4	-0,4	50	OZ
o-k	Stabilnost (desni)	1	526482	1	526479	3,25	1	526481	-11,5	B_60	-10	-1,5	----	OZ
o-k	Zozitev	1	526479	1	526479	0,5	1	526479	-4,3	B_60	-4	-0,3	50	OZ
o-k	Zozitev	1	526478	1	526478	0,5	1	526478	-4,4	B_60	-4	-0,4	50	OZ
o-k	Zozitev	1	526477	1	526473	4,75	1	526476	-7,6	B_60	-4	-3,6	----	E
o-k	Zozitev	1	526472	1	526469	3	1	526470	-4,9	B_60	-4	-0,9	50	E
o-k	Zozitev	1	526466	1	526463	4	1	526466	-5,6	B_60	-4	-1,6	----	E
o-k	Zozitev	1	526461	1	526458	3,25	1	526460	-5,1	B_60	-4	-1,1	----	E
o-k	Zozitev	1	526456	1	526454	2,75	1	526455	-5,8	B_60	-4	-1,8	----	E
o-k	Zozitev	1	526453	1	526447	5,75	1	526450	-7,0	B_60	-4	-3,0	----	E
o-k	Zozitev	1	526447	1	526445	2	1	526446	-5,9	B_60	-4	-1,9	----	E
o-k	Zozitev	1	526443	1	526440	2,5	1	526442	-5,2	B_60	-4	-1,2	----	E
o-k	Zozitev	1	526425	1	526424	1,75	1	526424	-4,4	B_60	-4	-0,4	50	OZ
o-k	Zozitev	1	526422	1	526419	3,75	1	526420	-6,5	B_60	-4	-2,5	----	OZ
o-k	Razsitirev	1	526308	1	526308	0,75	1	526308	8,4	B_110	8	0,4	100	OZ
o-k	Razsitirev	1	526307	1	526307	0,5	1	526307	8,5	B_110	8	0,5	100	OZ
o-k	Razsitirev	1	526275	1	526275	0,75	1	526275	8,7	B_110	8	0,7	100	OZ
o-k	Razsitirev	1	526267	1	526266	0,5	1	526266	8,2	B_110	8	0,2	100	OZ
o-k	Zozitev	1	526242	1	526240	2	1	526241	-4,4	B_110	-3	-1,4	50	OZ
o-k	Zozitev	1	526224	1	526222	2,75	1	526223	-3,4	B_110	-3	-0,4	100	OZ
o-k	Zozitev	1	526215	1	526214	1,5	1	526214	-4,3	B_110	-3	-1,3	50	OZ
o-k	Zozitev	1	526192	1	526190	3	1	526191	-5,2	B_110	-3	-2,2	----	OZ
o-k	Zozitev	1	526179	1	526178	1,5	1	526179	-3,6	B_110	-3	-0,6	100	E
o-k	Zozitev	1	526168	1	526165	3	1	526168	-4,3	B_110	-3	-1,3	50	M,E
o-k	Zozitev	1	526156	1	526155	1,25	1	526156	-3,5	B_110	-3	-0,5	100	M,E
o-k	Stabilnost (levi)	1	526154	1	526153	1,25	1	526153	-5,9	B_110	-5	-0,9	100	M,E
o-k	Zozitev	1	526153	1	526152	1	1	526153	-3,7	B_110	-3	-0,7	100	M,E
o-k	Zozitev	1	526151	1	526149	1,75	1	526150	-4,1	B_110	-3	-1,1	50	M,E

Preglednica 22: Digitalni izpis napak vrednosti C na odseku 525990 do 526485.

evaluac. metoda	parameter	stacionaza		dolžina napake	Maksimum mesto zona:km	vrednost mm	vel. kos in hitrost	mejna vrednost	preko- racitev	P_H	katero mesto			
		zacetek zona:km	konec											
o-k	Zozitev	1	526485	1	526484	0,5	1	526485	-5,5	C_60	-5	-0,5	----	OZ
o-k	Zozitev	1	526477	1	526474	3	1	526476	-7,6	C_60	-5	-2,6	----	E
o-k	Zozitev	1	526474	1	526474	0,25	1	526474	-5,4	C_60	-5	-0,4	----	E
o-k	Zozitev	1	526466	1	526466	0,75	1	526466	-5,6	C_60	-5	-0,6	----	E
o-k	Zozitev	1	526465	1	526465	0,5	1	526465	-5,1	C_60	-5	-0,1	----	E
o-k	Zozitev	1	526460	1	526459	1,5	1	526460	-5,1	C_60	-5	-0,1	----	E
o-k	Zozitev	1	526455	1	526454	1,5	1	526455	-5,8	C_60	-5	-0,8	----	E
o-k	Zozitev	1	526452	1	526448	4	1	526450	-7,0	C_60	-5	-2,0	----	E
o-k	Zozitev	1	526446	1	526445	1,25	1	526446	-5,9	C_60	-5	-0,9	----	E
o-k	Zozitev	1	526442	1	526441	1	1	526442	-5,2	C_60	-5	-0,2	----	E
o-k	Zozitev	1	526421	1	526419	2,5	1	526420	-6,5	C_60	-5	-1,5	----	OZ
o-k	Zozitev	1	526241	1	526241	0,25	1	526241	-4,0	C_110	-4	0,0	100	OZ
o-k	Zozitev	1	526241	1	526240	0,75	1	526241	-4,4	C_110	-4	-0,4	100	OZ
o-k	Zozitev	1	526215	1	526214	0,75	1	526214	-4,3	C_110	-4	-0,3	100	OZ
o-k	Zozitev	1	526192	1	526190	2,5	1	526191	-5,2	C_110	-4	-1,2	----	OZ
o-k	Zozitev	1	526168	1	526168	0,75	1	526168	-4,3	C_110	-4	-0,3	100	M,E
o-k	Zozitev	1	526150	1	526150	1	1	526150	-4,1	C_110	-4	-0,1	100	M,E
o-k	Zozitev	1	526143	1	526142	0,75	1	526142	-4,2	C_110	-4	-0,2	100	M,E
o-k	Zozitev	1	526133	1	526133	0,5	1	526133	-4,4	C_110	-4	-0,4	100	M,E
o-k	Zozitev	1	526124	1	526123	1	1	526124	-4,2	C_110	-4	-0,2	100	M,E
o-k	Zozitev	1	526122	1	526120	1,75	1	526122	-4,6	C_110	-4	-0,6	100	E
o-k	Zozitev	1	526114	1	526114	0,5	1	526114	-4,2	C_110	-4	-0,2	100	E
o-k	Zozitev	1	526090	1	526075	15	1	526079	-6,9	C_110	-4	-2,9	----	E
o-k	Zozitev	1	526070	1	526062	8,5	1	526068	-6,2	C_110	-4	-2,2	----	E
o-k	Zozitev	1	526056	1	526051	5	1	526052	-5,1	C_110	-4	-1,1	----	E
o-k	Zozitev	1	526049	1	526048	1,5	1	526049	-4,2	C_110	-4	-0,2	100	E
o-k	Zozitev	1	526045	1	526045	0,5	1	526045	-4,3	C_110	-4	-0,3	100	E
o-k	Zozitev	1	526037	1	526036	1,5	1	526036	-4,5	C_110	-4	-0,5	100	E
o-k	Zozitev	1	526026	1	526020	6	1	526025	-10,5	C_110	-4	-6,5	----	E
o-k	Zozitev	1	526018	1	526012	6,25	1	526017	-5,3	C_110	-4	-1,3	----	E
o-k	Zozitev	1	526012	1	526012	0,5	1	526012	-4,1	C_110	-4	-0,1	100	E
o-k	Zozitev	1	526002	1	526001	1	1	526002	-5,4	C_110	-4	-1,4	----	E
o-k	Zozitev	1	525997	1	525997	0,5	1	525997	-4,3	C_110	-4	-0,3	100	E
o-k	Zozitev	1	525995	1	525990	5,5	1	525993	-6,8	C_110	-4	-2,8	----	E

Podatki v zgornjih treh tabelah so:

- parameter odstopanja (stabilnost, smer, vegavost, širina, nadvišanje),
- začetek in konec stacionaže odstopanja (km),
- dolžina odstopanja (m),
- stacionaža maksimalnega odstopanja (km),
- vrednost maksimalnega odstopanja (mm),
- velikost odstopanja (A, B, C) in hitrost merjenja (km/h),
- mejna vrednost odstopanja (mm),
- prekoračitev mejne vrednosti odstopanja (mm),
- progovna hitrost na mestu odstopanja (km/h) in kaj odstopa.

Iz zgornjih treh tabel je razvidno, da je na petstometerskem odseku zabeleženih največ napak razreda A in najmanj razreda C, kar je pričakovano, če vemo, da so napake razreda C tiste, ki jih je potrebno nemudoma odpraviti, napake razreda A pa predstavljajo dopustna odstopanja od projektirane vrednosti.

6 KONTAKTNE IN BREZKONTAKTNE MERITVE

6.1 Splošno

Po železniški infrastrukturi sta v zadnjem obdobju merili geometrijo tira dve različni merilni drezini. Prva je kontaktna merilna drezina Madžarskih železnic FMK 004, ki se imenuje tudi MAV EM 120, druga pa je brezkontaktna merilna drezina UFM 120 podjetja Eurailscout iz Nizozemske.

Ker je princip merjenja popolnoma različen, pri kontaktni merilni drezini merijo geometrijo tira mehanska kolesa, pri laserski merilni drezini pa merijo geometrijo tira laserji, me je zanimalo, ali so vrednosti merjenih parametrov z eno in drugo merilno drezino primerljive. Primerjal pa nisem vseh parametrov, ki jih ti dve merilni drezini merita, ampak samo tiste, ki predstavljajo kvaliteto tira na 500 metrskem odseku (KT500).

Postavil sem hipotezo: **Rezultati, dobljeni iz merjenja z mehansko merilno drezino, so podobni rezultatom, dobljenim iz merjenja z lasersko merilno drezino.**

6.2 Izločitev določenih parametrov iz opazovanja

Meritve z merilno drezino UFM 120 so potekale v mesecu juliju 2004, meritve z merilno drezino FMK 004 pa v mesecu maju 2006, zato moramo na podlagi časovne razlike določene parametre izločiti iz opazovanja.

Parametri, ki jih izločimo iz opazovanja, so:

- obraba tira med enim in drugim merjenjem,
- vzdrževanje tira med enim in drugim merjenjem (brušenje tira, zamenjava tira).

Obraba tira in pa vzdrževanje vplivata na stanje tira in zaradi obojega je potrebno tir sploh kontrolirati. S tem, ko izločimo obrabo in vzdrževanje tira med enim in drugim merjenjem predpostavimo, da je obraba tira proporcionalna vzdrževanju tira. Vzdrževanje tira je tolikšno, kolikšna je njegova obraba. Predpostavimo torej, da je stanje tira popolnoma enako med enim in drugim merjenjem, kot bi merilni drezini merili geometrijo tira druga za drugo.

6.3. Primerjava med kontaktno in brezkontaktno meritvijo

Rezultate meritev med mehanskim in laserskim merjenjem sem primerjal na progi Zidani Most – Ljubljana, levi tir proge od stacionaže 502.500 v Zidanem Mostu do stacionaže 565.500 v Ljubljani. Primerjal sem kvaliteto tira na 500-metrskem odseku (KT500).

6.3.1 Merilni drezini

Kontaktna merilna drezina FMK 004 meri geometrijo tira kontaktno. Drezina ima šest osi in med njimi ima tir mehanska merila kolesa, ki merijo geometrijo tira. S to merilno drezino lahko merimo stabilnost leve in desne tirnice, smer leve in desne tirnice, vegavost tira na bazi 6,0 m, vegavost tira na bazi 2,5 m, širino tira, nadvišanje tira.

Brezkontaktna merilna drezina UFM 120 meri geometrijo tira z laserji. Ti so pritrjeni na drezino in usmerjeni v tir. Poleg podatkov o geometriji tira nam nudi tudi podatke o vozni mreži in geometriji tirnic ter z video nadzorom preverja progo. Ta merilna drezina nam nudi vse podatke, ki jih rabimo za vzdrževanje zgornjega ustroja proge.

6.3.2 Parametri tira

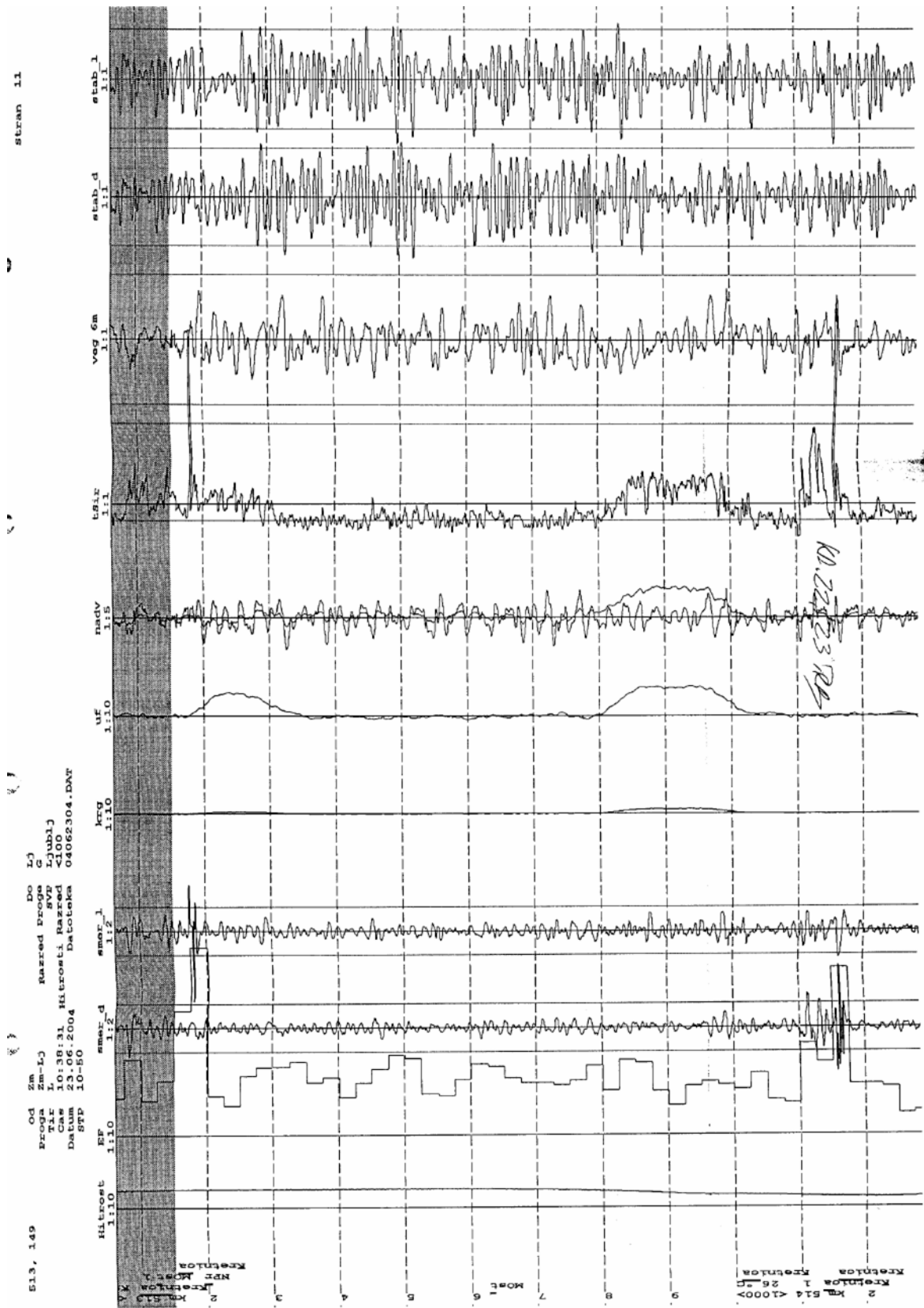
Parametri tira so:

- stabilnost leve in desne tirnice,
- smer leve in desne tirnice,
- vegavost tira na bazi 6,0 m,
- vegavost tira na bazi 2,5 m,
- tirna širina,
- nadvišanje tira.

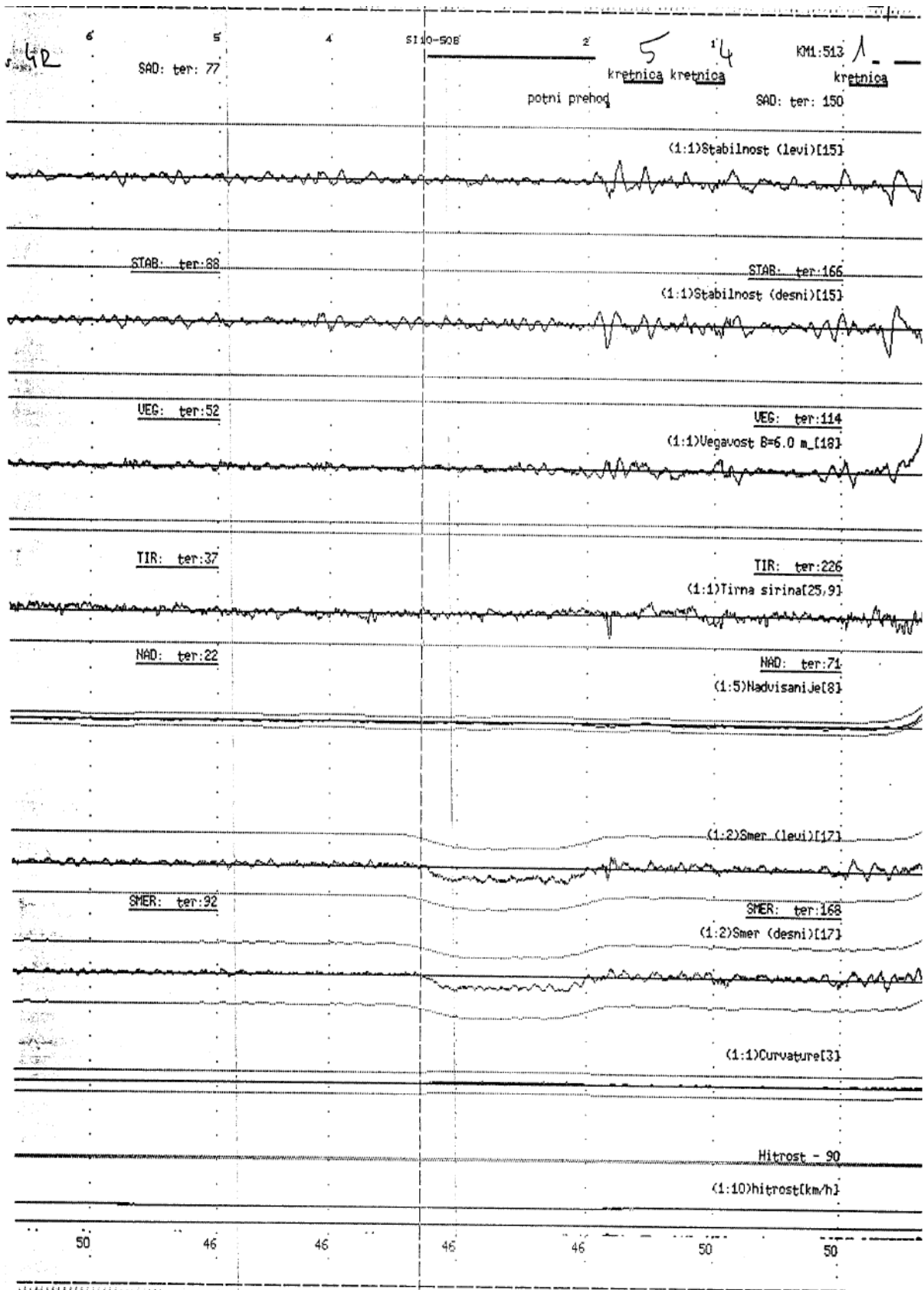
Parametre tira merilna drezina beleži na grafikon merilne vožnje.

Parametri, ki sem jih uporabil v svoji raziskavi, so stabilnost leve in desne tirnice, smer leve in desne tirnice ter vegavost tira na bazi 6,0 m. To so parametri, ki določajo kvaliteto tira na 500-metrskem odseku (KT500).

Spodnji sliki prikazujeta grafikona merilne vožnje, dobljena z merilno drezino UFM 120 in merilno drezino FMK 004, na stacionaži 513.000 – 514.000. Na tem delu je bilo odstopanje med enim in drugim merjenjem zelo veliko, kar je razvidno tudi iz grafikona. Pri merjenju z merilno drezino UFM 120 se na grafikonu kažejo velika odstopanja pri vseh parametrih proge. Nasprotno pa je pri merjenju z merilno drezino FMK 004 - odstopanja parametrov proge so zelo majhna. Tako očitna razlika med enim in drugim merjenjem je posledica renoviranja proge med prvim in drugim merjenjem.



Slika 21: Grafikon merilne vožnje, dobljen z merilno drezino UFM 120.



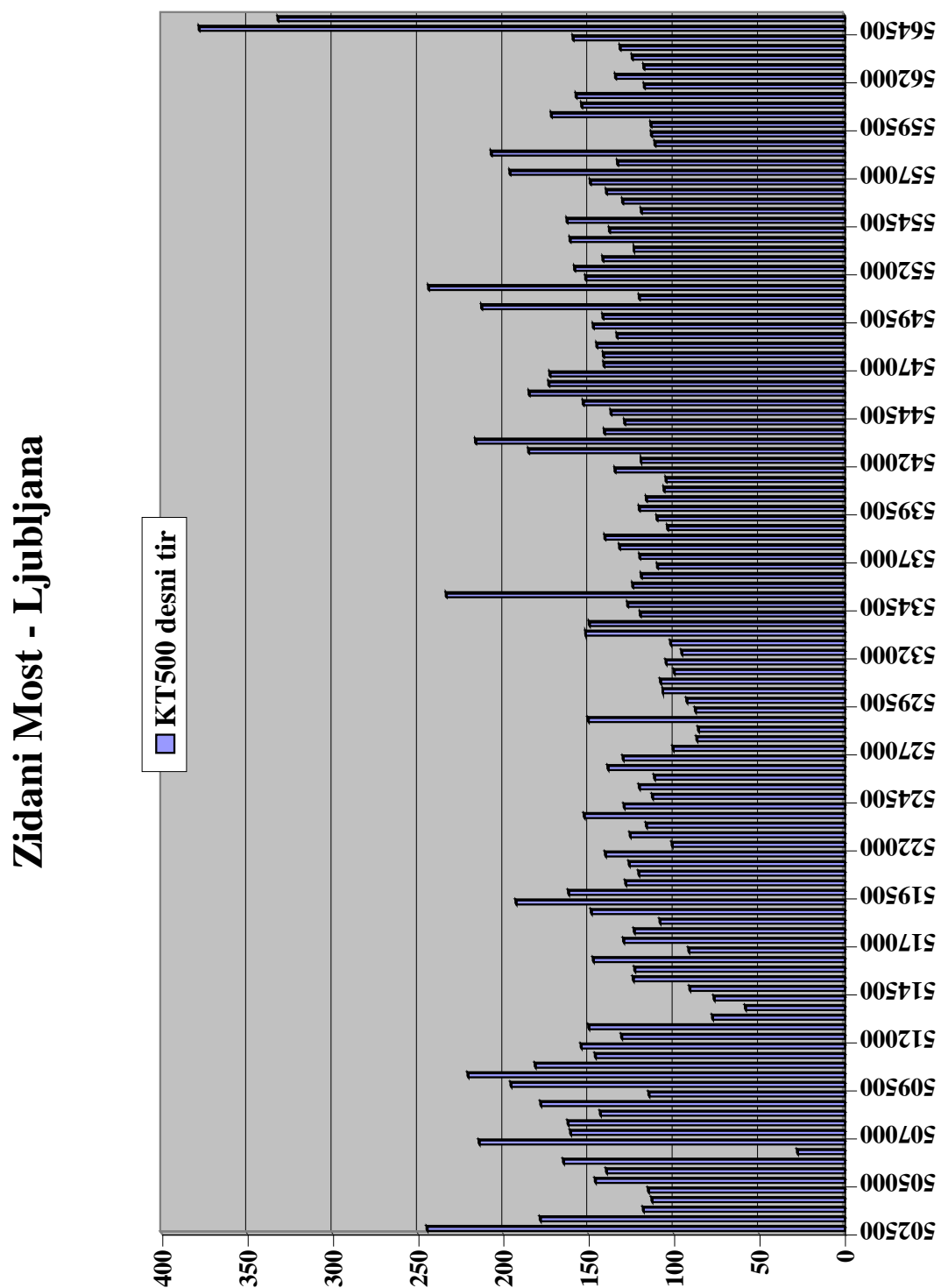
Slika 22: Grafikon merilne vožnje, dobljen z merilno drezino FMK 004.

6.3.3 Indeks kvalitete tira (KT500)

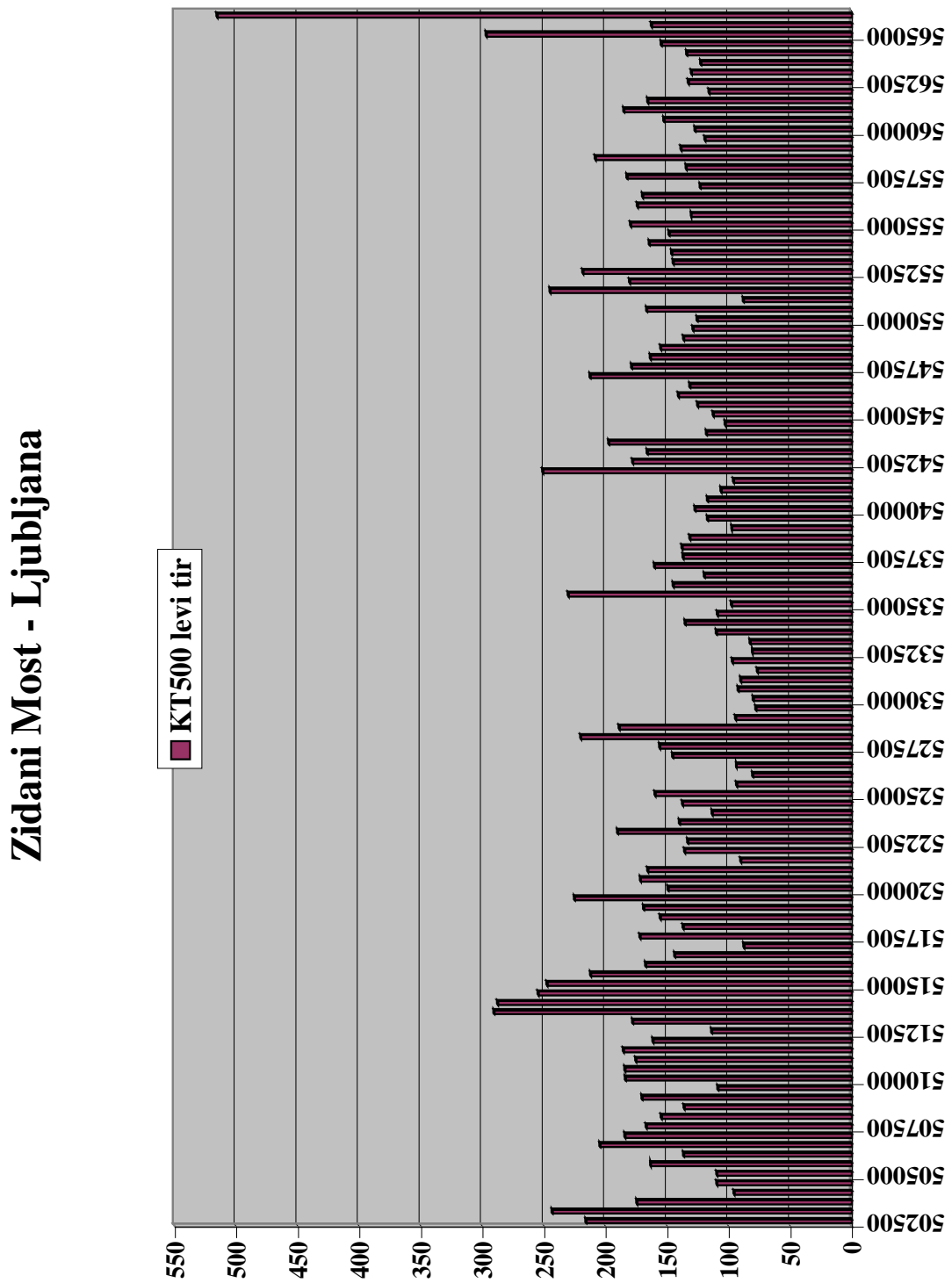
Kvaliteta tira na 500 metrskem odseku (KT500) združuje stabilnost, smer in vegavost tira. Te tri parametre, ki vsak predstavlja ploščino na določenem odseku dolžine 500 metrov, moramo sešteti in deliti s tri. Število KT500 nam pove, za kakšno kvaliteto tira gre na določenem odseku (dober tir, zadovoljiv tir, vzdrževalni ukrepi) in kako moramo ukrepati (strojno podbijanje, vzdrževalni ukrepi).

Števila KT500 so s programom Excel prikazana v grafični obliki. Grafikon 2 prikazujeta KT500, merjen s kontaktno merilno drezino, grafikon 3 prikazuje KT500 merjen z brezkontaktno merilno drezino, grafikon 4 združuje prva dva grafikona in s tem prikazuje razlike med enim in drugim merjenjem, grafikon 5 pa prikazuje procentualni delež KT500.

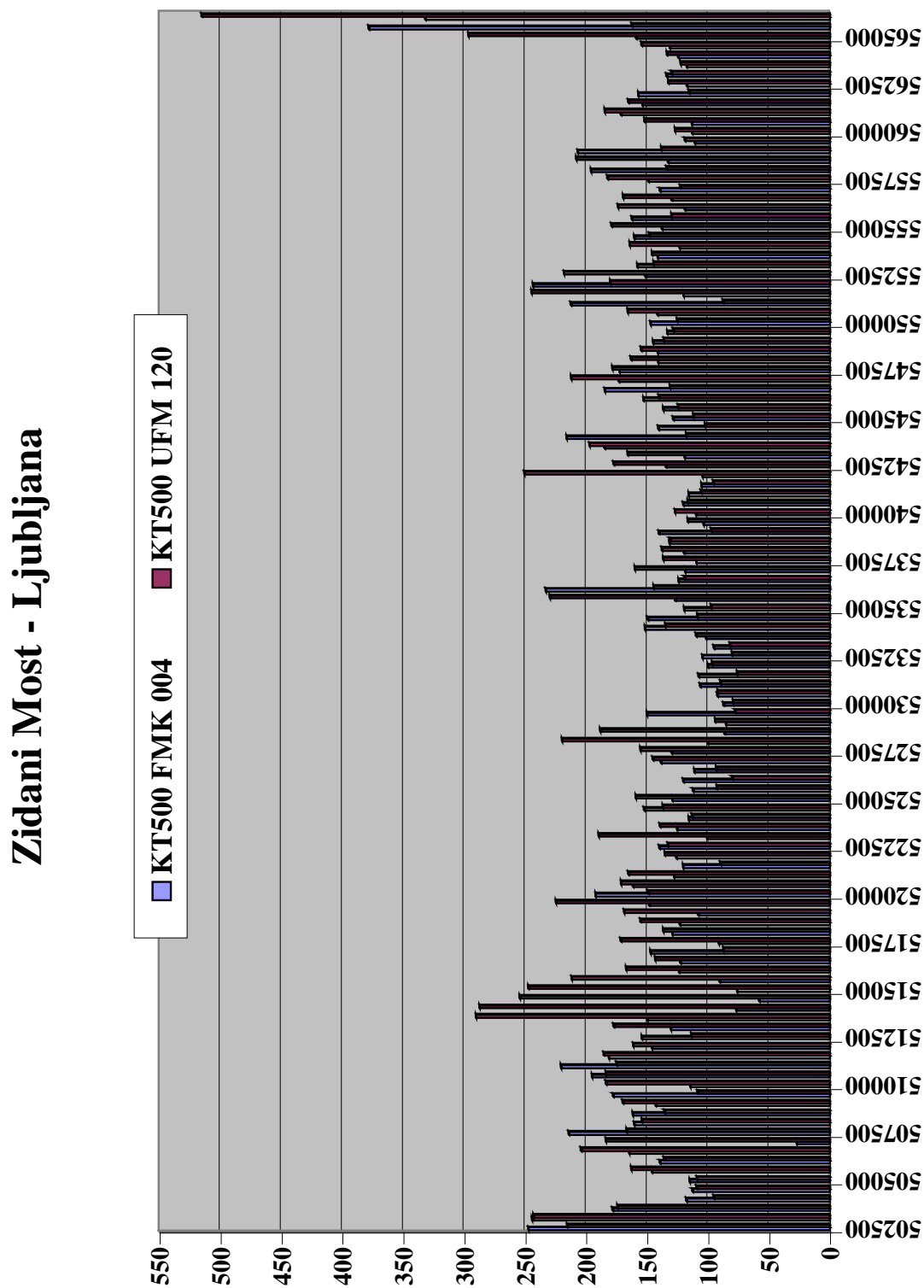
Grafikon 2: KT500 na progi Zidani Most – Ljubljana, levi tir. Geometrija tira je bila izmerjena s kontaktno merilno drezino FMK 004.



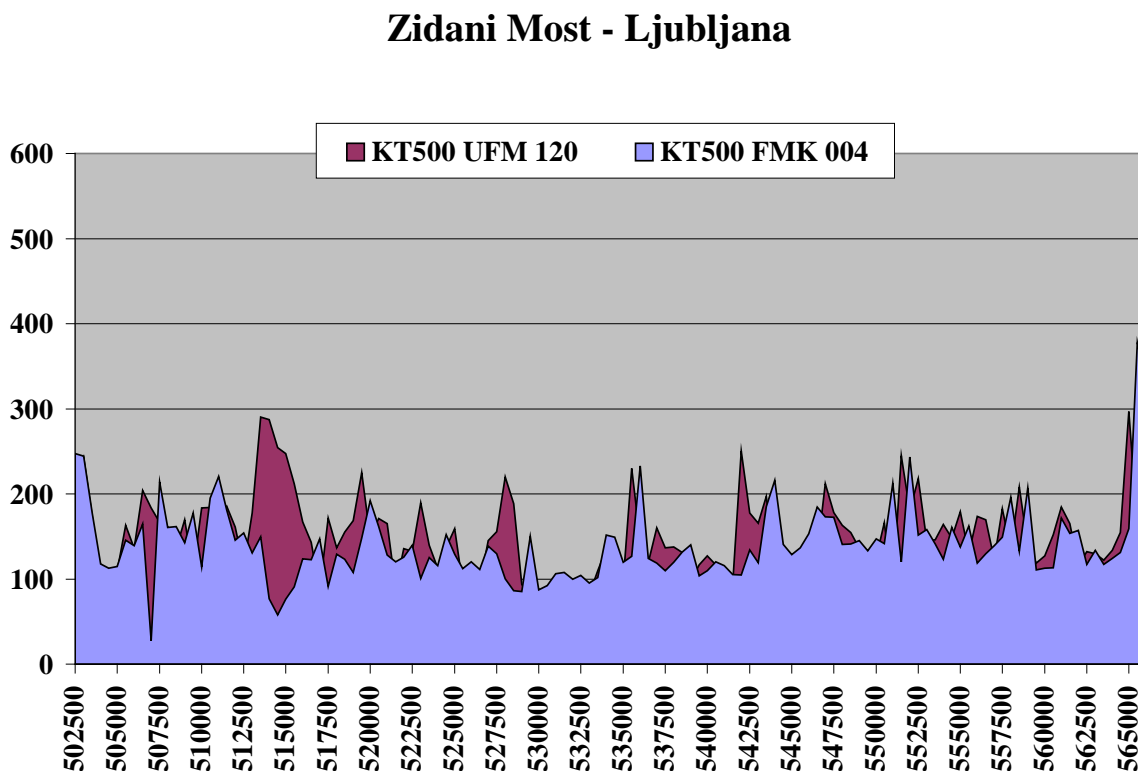
Grafikon 3: KT500 na progi Zidani Most – Ljubljana, levi tir. Geometrija tira je bila izmerjena z bretkontaktno merilno drezino UFM 120.



Grafikon 4: Primerjava diagramov KT500 na progi Zidani Most – Ljubljana, levi tir.



Grafikon 5: Odstopanje KT500 na progi Zidani Most – Ljubljana, levi tir.



Iz zgornjega diagrama je razvidno, da čeprav je povprečna vrednost indeksa kvalitete tira KT500 pri obeh merjenjih podobne velikosti, so odstopanja na določenih odsekih kar precejšnja.

6.4 Ugotovitve

Digitalne izpise meritev kvalitete tira na 500 metrskem odseku (KT500) dobljene z brezkontaktno merilno drezino UFM 120 in s kontaktno merilno drezino FMK 004, sem s pomočjo programa Excel spremenil v grafične. Grafe sem nato primerjal med seboj in opazil, da se v povprečju vrednost števila KT500 ne razlikuje veliko, da pa je na določenih odsekih razlika precejšnja. Na stacionaži od 515.000 do 515.500 je vrednost števila KT500, izmerjena z brezkontaktno merilno drezino UFM 120, znašala 211,855, vrednost števila KT500, izmerjena s kontaktno merilno drezino FMK 004, pa 123,657. Ta odsek je predstavljal

največjo razliko na celotni progi. Razlika vrednosti je znašala 41,63%. Povprečna vrednost števila KT500 na stacionaži od 502.500 do 565.500, to je celotni del proge, ki sem ga primerjal, merjen s kontaktno merilno drezino FMK 004, je 140,8029, merjena z brezkontaktno merilno drezino pa 153,4966. Razlika na stacionaži od 502.500 do 565.500 je znašala 8,25% in če bi zajel večjo dolžino proge, bi se ta razlika še zmanjšala.

Na stacionaži od 515.000 do 515.500 je znašala razlika števila KT500, izmerjena z eno in drugo merilno drezino, 41,63%. Vrednost števila KT500 211,855 nam pove, da je potrebna sanacija tira že pri hitrosti 61 in 80 km/h. Progovna hitrost na tem delu proge pa znaša 90 km/h. Zato se je na tem odseku izvajala med prvo in drugo meritvijo sanacija tira in tako je vrednost števila KT500 pri drugi meritvi znašala 123,657, kar pa ga je uvrstilo v območje zadovoljivega tira.

Razlika povprečne vrednosti števila KT500 na stacionaži od 502.500 do 565.500, ki je znašala 8,25%, nam pove, da je mehanska metoda merjenja geometrije tira primerljiva z lasersko metodo merjenja, kajti drugače bi se povprečje na takšni razdalji proge bolj razlikovalo.

Ugotovitve, ki sledijo, so na podlagi primerjave obeh merjenj sledeče:

1. Na določenih odsekih je število KT500 večje pri mehanskem merjenju. Na teh odsekih sanacija tira ni bilo, kajti lasersko merjenje je bilo opravljeno pred mehanskim merjenjem.
2. Na določenih odsekih je število KT500 večje pri laserskem merjenju. Na teh odsekih so tir sanirali, kajti lasersko merjenje se je izvajalo pred mehanskim merjenjem.
3. Poprečje števila KT500 je bilo pri laserskem merjenju malo večje kot pri mehanskem merjenju. Pri laserskem merjenju je povprečni indeks števila KT500 znašal 153.4966, pri mehanskem merjenju pa je povprečni indeks KT500 znašal 140.8029.

Povprečna vrednost števila KT500 dobljena z merjenjem z mehansko merilno drezino, je primerljiva povprečni vrednosti števila KT500, dobljeni z merjenjem z lasersko merilno drezino. S tem je potrjena hipoteza: **Rezultati, dobljeni z merjenjem z mehansko merilno drezino, so podobni rezultatom, dobljenim z merjenjem z lasersko merilno drezino.**

7 ZAKLJUČEK

Namen diplomske naloge je bila predstavitev merjenja geometrije tira, primerjava med kontaktno in brezkontaktno merilno drezino, opis parametrov, ki predstavljajo geometrijo tira, in kateri od teh parametrov so potrebni za kvalitetno število KT500.

Osnovni cilj naloge pa je bil na osnovi kvalitetnih števil KT500 ugotoviti, ali kontaktna merilna drezina FMK 004 meri geometrijo tira tako natančno kot brezkontaktna merilna drezina UFM 120. Glede na to, da je med prvim in drugim merjenjem preteklo kar nekaj časa, bi točno ugotovitev, da merilni drezini merita geometrijo tira z enako natančnostjo, zelo težko podal. Hipotezo, da merilni drezini merita geometrijo tira z enako natančnostjo bi točno lahko potrdili ali pa zanikali, če bi merilni drezini merili geometrijo tira tako druga za drugo.

V diplomski nalogi sem se osredotočil na regionalno progo Zidani Most – Ljubljana, stacionaža 502.500 do 565.500. To je 63 km proge ali 126 števil kvalitete tira KT500.

Na delih odseka, kjer so se vrednosti števila KT500 zelo razlikovale, sem prišel do sklepa, da je na teh odsekih prišlo do vzdrževanja proge ali pa samo do tako velike obrabljenosti proge med prvim in drugim merjenjem. Če je bila vrednost števila KT500 pri prvem merjenju manjša kot pri drugem merjenju, sem sklepal, da se na tem odseku ni izvajalo nobeno vzdrževanje proge. Če pa je bila vrednost števila KT500 pri prvem merjenju večja kot pri drugem merjenju, sem sklepal, da se je na tem odseku izvajalo vzdrževanje proge.

Postavil sem hipotezo in jo tudi potrdil, da mehanska merilna drezina meri geometrijo tira enako dobro kot laserska merilna drezina. Do takšnega sklepa sem prišel na podlagi povprečne vrednosti števila KT500, ki je bila pri mehanskem merjenju za 8,25% manjša kot pri laserskem merjenju. Hkrati pa sem prepričan, da bi bila razlika povprečne vrednosti števila KT500 manjša, če bi naredil primerjavo med eno in drugo merilno drezino na daljšem odseku proge.

Kljub temu mislim, da bodo v prihodnosti, na podlagi hitrejšega merjenja, večjega števila podatkov o celotni progi in pa večjega udobja za upravljalce, laserske merilne drezine povsem zamenjale mehanske merilne drezine.

VIRI

Eurailscout, <http://www.Eurailscout.com> (19.10.2006).

Kostiov L., Černe B. 2004. Primerjava uporabnosti betonskega in lesenega praga v konstrukciji zgornjega ustroja železniških prog, 7. SLOVENSKI KONGRES O CESTAH IN PROMETU, Prtorož 06. Prtorož, 22. do 25. oktober 2006. Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije: 1 el. optični disk (CD-ROM).

MAV Central Rail and Track Inspection Ltd., <http://www.mavkv.hu> (21.11.2006).

Navodilo 339 o enotnih kriterijih za kontrolo stanja prog na mreži JŽ. 1988. Beograd.

Poročilo o opravljenih meritvah geometrijskih karakteristik prog na območju republike Slovenije z merilno drezino MAV EM 120. 2005, Ljubljana, Prometni inštitut Ljubljana: 68 str.

Pravilnik o pogojih za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje zgornjega ustroja železniških prog. UR RS št. 2610-1/2003.

Previnšek R. 2003. Razvoj metod za ocenjevanje kvalitete tira na podlagi meritev geometrijske lege tira. Diplomsko naloga, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Odelek za gradbeništvo, Prometnotehnična smer: 67 str.

Slovenske železnice, <http://www.slo-zeleznice.si> (12.11.2006).

Šturm J., Kranjec P. 2002. Ocena velikosti dinamičnih parametrov proge na osnovi meritev geometrije tira, 6. SLOVENSKI KONGRES O CESTAH IN PROMETU, Prtorož 02. Portorož, 20. do 22. oktober 2002. Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije: 1 el. optični disk (CD-ROM).

Verlič P. 2002. Zasnova integriranega sistema planiranja vzdrževalnih del na železniški infrastrukturi s pomočjo aplikativnih metod za dinamično ocenjevanje kvalitete tira. Magisterska disertacija, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Odelek za gradbeništvo, Prometnotehnična smer: 179 str.

Zakon o varnosti v železniškem prometu. UR RS št. 326-03/97-8/12.

Zaletelj M., Flerin G. 2004. Inovativne metode vzdrževanja železniškega zgornjega ustroja, 7. SLOVENSKI KONGRES O CESTAH IN PROMETU, Prtorož 04. Prtorož, 22. do 25. oktober 2006. Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije: 1 el. optični disk (CD-ROM).

Zgonc B. 1996. Železnice 1, Projektiranje, gradnja in vzdrževanje prog, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 225 str.