

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Klančičar, M., 2015. Kinematične terestrične meritve. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Ambrožič, T., somentor Štebe, G.): 28 str.

Datum arhiviranja: 30-09-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Klančičar, M., 2015. Kinematične terestrične meritve. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Ambrožič, T., co-supervisor Štebe, G.): 28 pp.

Archiving Date: 30-09-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GEODEZIJA IN
GEOINFORMATIKA

Kandidat:

MATIC KLANČIŠAR

KINEMATIČNE TERESTRIČNE MERITVE

Diplomska naloga št.: 89/GIG

KINEMATIC TERRESTRIAL MEASUREMENTS

Graduation thesis No.: 89/GIG

Mentor:

izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič

Somentor:

asist. Gašper Štebe

Ljubljana, 10. 09. 2015

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **MATIC KLANČIŠAR** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »**Kinematične terestrične meritve**«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 24. 8. 2015

Matic Klančičar

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.3(043.2)
Avtor:	Matic Klančičar
Mentor/mentorica:	izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič
Somentor(ica):	asist. Gašper Štebe
Naslov:	Kinematične terestrične meritve
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	28 str., 9 sl., 10 pregl., 11 graf., 4 pril.
Ključne besede:	kinematične meritve, pravokotni odmik, hitrost, pospešek, komparator, metoda drsečih sredin

Izvleček

V sklopu naloge smo v laboratoriju za kompariranje nivelmanskih lat na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo izvajali kinematične meritve. Z instrumentom Leica TS30 smo merili prizmo na merilnem vozičku, ki se je premikal po komparatorju. Merili smo v dveh sklopih. Prvi sklop je zajemal meritve na prizmo, ki se je na merilnem vozičku gibala enakomerno, drugi sklop pa neenakomerno. Izmerjene točke smo najprej primerjali s premico, ki smo jo izračunali iz krajnih točk, dobljenih s statično izmero. Dobljene podatke smo uporabili za izračun odstopanj med meritvami na premikajočo se prizmo in premico. Iz izračunanih premikov med točkami in registriranih časov smo izračunali tudi hitrosti in pospeške s katerim se je gibal merilni voziček. Premike v smeri gibanja merilnega vozička smo zgladili s pomočjo metode drsečih sredin, s katero smo odstranili nepravilne vplive in šume.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	528.3(043.2)
Author:	Matic Klančičar
Supervisor:	assoc. prof. dr. Tomaž Ambrožič, Ph. D.
Co-advisor:	asist. Gašper Štebe
Title:	Kinematic terrestrial measurements
Document type:	Seminar – University studies
Notes:	28 p., 9 fig., 10 tab., 11 diag., 4 ann.
Key words:	kinematic measurements, rectangular deviation, speed, acceleration, method of moving arithmetic

Abstract

As part of the paper, we have executed the kinematic measurements in the laboratory at the Faculty of Civil Engineering. We used the instrument Leica TS30, from manufacturer Leica Geosystems. The instrument measured the prism on the measuring cart which was moving along the comparator. Measurements were made in 2 sets. In the first set the measurements included even movements of prism on the measuring cart, and the second set uneven. The measured points were compared to the line, which was calculated from the lateral points obtained with static measurement. Acquired data were used to calculate the deviation between the measurements of moving prism and the line. Speeds and accelerations of the prism on the moving measuring cart were calculated from calculated movements between points and registered time. Movements in the direction of the moving measuring cart were smoothed by the method of moving arithmetics. With the method we removed irregular effects and noise.

ZAHVALA

Za nasvete in strokovno pomoč pri nastajanju diplomske naloge bi se rad zahvalil mentorju, izr. prof. dr. Tomažu Ambrožiču in somentorju, asist. Gašperju Štebetu.

Posebna zahvala za pomoč gre sošolcem, ki so mi bili v pomoč pri diplomu in tekom študija.

Prav tako se zahvaljujem svoji družini, prijateljem in puncu Nini za vsakodnevno podporo v življenju. Hvala!

Kazalo vsebine

1	UVOD	1
2	METODA DELA	3
2.1	Opis instrumentarija	3
2.1.1	Elektronski tahimeter.....	3
2.1.2	Prizma in nosilec prizme.....	4
2.1.3	Podnožje in stativ	5
2.2	Opis komparatorja lat	7
2.3	Opis izvedbe izmere	8
3	IZRAČUN	11
3.1	Izračun premice in natančnost premice.....	11
3.2	Izračun pravokotnih odmikov in koordinat točk na premici	12
3.2.1	Koordinate točk na premici	12
3.2.2	Pravokotni odmiki	15
3.3	Hitrost in pospešek.....	20
4	GLAJENJE PODATKOV S ČASOVNIMI VRSTAMI	23
4.1	Komponente časovne vrste.....	23
4.2	Metoda drsečih sredin in uporaba metode	23
4.3	Analiza rezultatov.....	24
5	ZAKLJUČEK	27
VIRI		29

Kazalo slik

Slika 1: Prizma na komparatorju	1
Slika 2: Instrument in računalnik za vodenje prizme.....	1
Slika 3: Instrument Leica TS 30	4
Slika 4: Prizma Leica GPH1P.....	5
Slika 5: Podnožje GDF12.....	6
Slika 6: Stativ GST120-9	6
Slika 7: Merilni voziček na podstavku komparatorja	7
Slika 8: Prizma fiksirana na komparator	8
Slika 9: Instrument pri izvajanju meritev	9

Kazalo preglednic

Preglednica 1: Specifikacije instrumenta	4
Preglednica 2: Specifikacije prizme	5
Preglednica 3: Koordinate začetne in končne točke ter standardni odklon.....	9
Preglednica 4: Natančnost posameznega načina merjenja dolžin in čas merjenja točke	10
Preglednica 5: Meritve začetne in končne točke	11
Preglednica 6: Koordinate začetne in končne točke ter njuna natančnost.....	12
Preglednica 7: Koeficient in začetna vrednost premice ter koeficient pravokotnice	14
Preglednica 8: Pravokotni odmiki pri enakomernem gibanju	15
Preglednica 9: Pravokotni odmiki pri neenakomernem gibanju	16
Preglednica 10: Točki pri enakomernem in neenakomernem gibanju z največjim pravokotnim odmikom.....	18

Kazalo grafikonov

Grafikon 1: Pot komparatorja določena z začetno in končno točko	12
Grafikon 2: Prikaz odstopanja merjenih točk od premice pri enakomernem gibanju	13
Grafikon 3: Prikaz odstopanja merjenih točk 410 - 430 od premice pri enakomernem gibanju	13
Grafikon 4: Prikaz odstopanja merjenih točk od premice pri neenakomernem gibanju.....	14
Grafikon 5: Pravokotni odmiki pri enakomernem gibanju in natančnost premice v prečni smeri.....	19
Grafikon 6: Pravokotni odmiki pri neenakomernem gibanju in natančnost premice v prečni smeri.....	19
Grafikon 7: Hitrost enakomernega in neenakomernega gibanja tarče	21
Grafikon 8: Pospešek enakomernega in neenakomernega gibanja tarče	21
Grafikon 9: Drseče sredine pravokotnih premikov pri enakomernem gibanju.....	25
Grafikon 10: Drseče sredine pravokotnih premikov pri neenakomernem gibanju prvi del.....	26
Grafikon 11: Drseče sredine pravokotnih premikov pri neenakomernem gibanju drugi del...	26

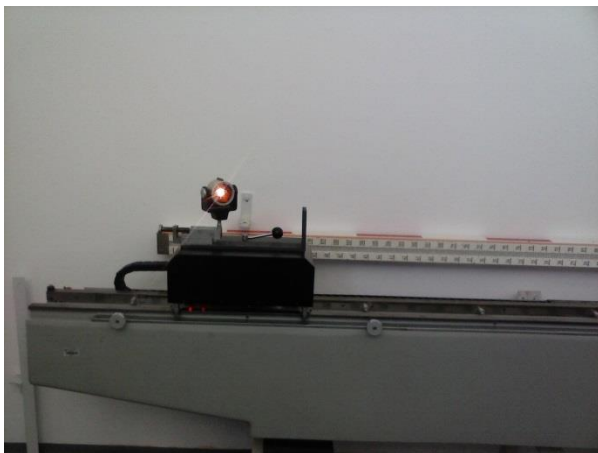
1 UVOD

Meritve se navadno izvajajo na mirujočo tarčo ali objekt. Vse bolj pa se v geodeziji pojavlja potreba po spremljanju objektov, ki se premikajo. Takšne meritve imenujemo kinematične meritve, način merjenja dolžin pa se imenuje »Tracking«. Namen te naloge je bil raziskati »Tracking« način in njegovo uporabnost v praksi.

Kinematične meritve so zelo uporabne, saj lahko z njimi posnamemo pot objekta, instrument pa ob enem beleži tudi čas, kdaj je bila točka posneta oziroma kdaj je bila meritev izvedena. Tako pridobimo podatke o 3D položaju točke in dodatno časovno dimenzijo. Vsi te podatki nam pri nadaljnji obdelavi omogočajo izračune hitrosti, pospeškov ter ostalih količin povezanih s položajem in časom.

V nalogi nas je zanimalo predvsem kako natančno lahko opišemo pot nekega objekta. Seveda, da lahko dokazuješ odstopanja, potrebuješ neke »teoretične« vrednosti, ki služijo kot podlaga nadaljnjim meritvam. Tako smo se odločili, da bomo z instrumentom izmerili pot komparatorja lat, za katerega smo predpostavili, da se giblje linearno.

Izvedba meritev je prikazana na spodnjih slikah, kjer je na sliki 1 prikazana prizma fiksirana na merilni voziček komparatorja in na sliki 2 instrument v času izvedbe meritev. Tako je bila v našem primeru teoretična pot merilnega vozička po komparatorju premica, po kateri se premika objekt - prizma, nanjo pa so se nanašala vsa odstopanja meritev v času merjenja.



Slika 1: Prizma na komparatorju



Slika 2: Instrument in računalnik za vodenje prizme

Problem kinematičnih meritev je, da ne moremo v istem trenutku opraviti nadštevilnih meritev posamezne točke, saj se objekt neprestano giblje. Posledica je, da ne moremo izvesti izravnave. V takih primerih lahko uporabimo druge statistične teste, ki omogočajo odstranitev šumov in morebitnih napak iz meritev. Mi smo uporabili metodo imenovano metoda drsečih sredin, ki temelji na analizi časovnih vrst, kar pomeni, da je uporabna za meritve, ki so časovno neodvisne.

Diplomska naloga torej temelji na izvedbi kinematičnih meritev, obdelavi teh meritev in odstranjevanju šumov iz meritev s pomočjo metode drsečih sredin.

2 METODA DELA

2.1 Opis instrumentarija

2.1.1 Elektronski tahimeter

Elektronski tahimeter je instrument za merjenje horizontalnih in vertikalnih smeri ter poševnih dolžin. Pri naši izmeri smo uporabili tahimeter Leica TS30, prikazan na sliki 3. Gre za enega najbolj natančnih produktov podjetja Leica Geosystems, ki poleg ostalih prednosti omogoča tudi možnost avtomatskega prepoznavanja tarče (APT) in avtomatskega iskanja tarče (AIT). Nekaj izbranih specifikacij instrumenta je podanih v tabeli 1.

(Leica Geosystems AG, 2013)

Pri avtomatskem prepoznavanju tarče gre za sistem, kjer instrument sam nadomesti fino viziranje operaterja, vendar pa mora operater opraviti grobo viziranje. Ta sistem sestavljata dva podsistema, in sicer: avtomatsko viziranje tarče (AVT) in avtomatsko sledenje tarče (AST). Večji del tehnologije avtomatskega prepoznavanja tarče zavzema avtomatsko viziranje tarče, saj avtomatsko sledenje tarče vsebuje večino programske in strojno opremo, ki jo uporablja avtomatsko viziranje tarče. Avtomatsko viziranje tarče fino navizira tarčo, avtomatsko sledenje tarče pa sledi premikajoči se tarči, ko je ta že fino vizirana s pomočjo avtomatskega viziranja tarče. (Mataija Valh in sod., 2008)

Drugi del avtomatizacije pa sestavlja avtomatsko iskanje tarče (AIT). Ta sistem pa nadomesti grobo viziranje operaterja. Instrument sam poišče tarčo v okolici in s tem omogoči popolnoma avtomatizirane meritve brez pomoči operaterja. (Mataija Valh in sod., 2008)

Pri naših meritvah smo uporabili način merjenja dolžin »Tracking«, ki omogoča beleženje rezultata izmerjene dolžine na izbran časovni interval ali na spremembo dolžine. Instrument beleži položaj točke v časovnih intervalih, ki jih predhodno nastavimo. V našem primeru smo interval nastavili na 1 sekundo za enakomerno gibanje in 0,2 sekunde za neenakomerno gibanje, pri čemer je potreben čas »Tracking« meritve 0,15 sekunde.

(Leica Geosystems AG, 2013)



Slika 3: Instrument Leica TS 30 (<http://www.archiproducts.com/en/products/109170/instrument-for-topographic-and-geodetic-survey-leica-nova-ts50-teorema.html>)

Preglednica 1: Specifikacije instrumenta

Specifikacije instrumenta		Natančnost
	Horizontalni in vertikalni koti $\sigma_{\text{ISO-THEO}}$	0,5"
Dolžine	merjenje z reflektorjem $\sigma_{\text{ISO-EDM}}$	0,6 mm; 1 ppm
	merjenje brez reflektorja $\sigma_{\text{ISO-EDM}}$	2 mm; 2 ppm
	Avtomatsko prepoznavanje tarče APT $\sigma_{\text{ISO-THEO}}$	1"
	Tracking način merjenja dolžin $\sigma_{\text{ISO-EDM}}$	3 mm; 1 ppm

2.1.2 Prizma in nosilec prizme

Prizme se v geodeziji uporabljajo za doseganje natančnejših meritev. Na doseg prizme, poleg ostalih lastnosti, močno vplivata njena neodbojna prevleka na sprednji in bakrena prevleka na zadnji strani, ki omogoča za 30 % večji doseg prizme. Posebna geometrija stekel, njihova dimenzija in ploskovna usmerjenost pa omogočajo, da s prizmo dosežemo večje natančnosti. Pri meritvah smo uporabili prizmo GPH1P, proizvajalca Leica Geosystems, prikazano na sliki 4. Gre za prizmo namenjeno meritvam visoke natančnosti, njena uporabnost pa obsega predvsem avtomatske meritve. Natančnost in doseg izbrane prizme sta podana v tabeli 2. (Leica Geosystems, 2015)



Slika 4: Prizma Leica GPH1P (<http://survequipment.com/leica-gph1p-precision-prism/>)

Preglednica 2: Specifikacije prizme

Prizma	Natančnost	Doseg
GPH1P	0,3 mm	3500 m

Nosilec prizme je bil izdelan po naročilu Fakultete za gradbeništvo in geodezijo. Uporablja se za specifične naloge v geodeziji. V našem primeru je zaradi svoje mase in velikosti omogočal fiksni položaj na komparatorju. Nosilec fiksiran na merilni voziček je prikazan na sliki 1, na začetku naloge.

2.1.3 Podnožje in stativ

Preostali uporabljeni instrumentarij sestavljata še podnožje in stativ prikazana na slikah 5 in 6, na katera smo fiksirali instrument. Uporabili smo podnožje GDF121 in stativ GST120-9 proizvajalca Leica Geosystems. Skupaj omogočata grobo in fino horizontiranje instrumenta. (Leica Geosystems, 2015)



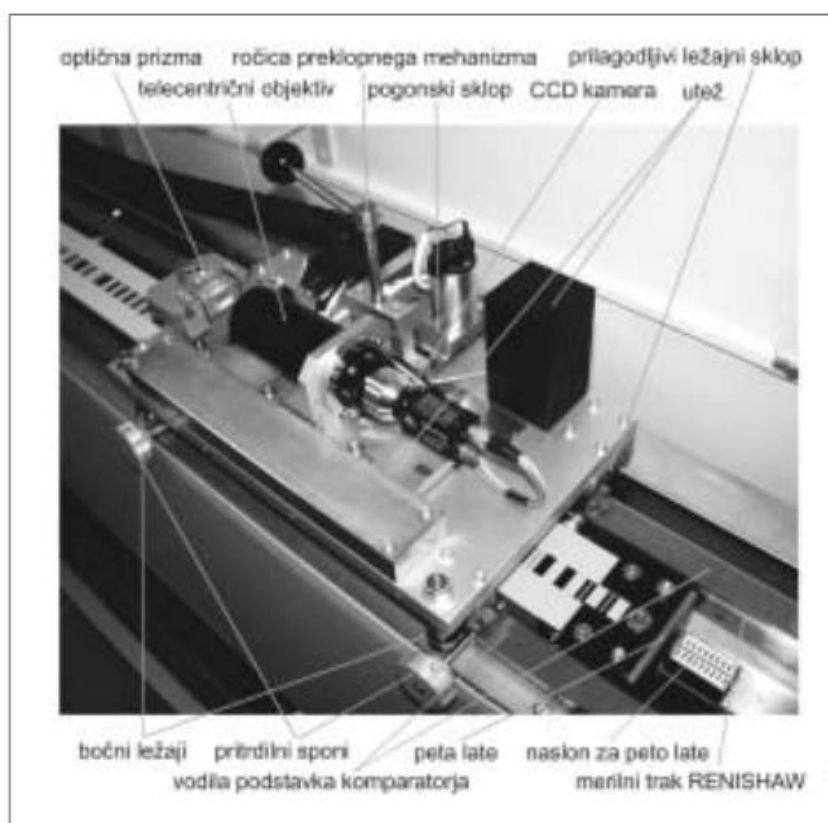
Slika 5: Podnožje GDF121 (<http://www.cansel.ca/en/products/construction/leica-total-stations/accessories/leica-geosystems-tribrach-gdf121-pro?vmcchk=1>)



Slika 6: Stativ GST120-9 (http://www.leica-geosystems.com/images/new/product_solution/GST120-9_1664-PIC-417x500.jpg)

2.2 Opis komparatorja lat

Za meritve, ki smo jih izvajali, je bilo zelo pomembno, da naprava – pripomoček opiše pot, ki jo je mogoče teoretično opisati. Pri tem nam je bil v veliko pomoč komparator nivelmanskih lat, saj se merilni voziček premika linearno po premici. Gre za napravo za kompariranje preciznih invar nivelmanskih lat, ki se uporabljajo pri metodi geometričnega nivelmana. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo ima v lasti Zeissov dolžinski komparator, ki je bil posodobljen. Zaradi napredka tehnologije so se začeli uporabljati digitalni nivelirji, ki za čitanje uporabljajo kodno nivelmansko lato. Za kompariranje teh lat pa je potreben posodobljen komparator, ki je računalniško voden. Pri prenovi starega komparatorja se je obdržalo ogrodje, nanj pa je bil nameščen nov merilni voziček, kot je prikazano na sliki 7.



Slika 7: Merilni voziček na podstavku komparatorja (Vodopivec, Kogoj, 2002)

Zaradi natančnosti izdelave in pogojev meritev je bil komparator nivelmanskih lat logična izbira premikajočega se objekta. (Vodopivec, Kogoj, 2002)

2.3 Opis izvedbe izmere

Kot je že omenjeno zgoraj, smo izmero izvedli na komparatorju lat. V laboratoriju, kjer se izvaja komparacija, je bila temperatura konstantna, in sicer 20,0 °C. Instrument smo postavili na izbrano mesto ter ga horizontirali. Orientacijskih točk nismo potrebovali, ker smo meritve izvedli v lokalnem koordinatnem sistemu. Na merilni voziček komparatorja smo s pomočjo posebnega prej opisanega nosilca prizme fiksirali prizmo kot prikazuje slika 8. S pomočjo računalnika smo vklopili komparator in ga pripravili za nadaljnje delo.



Slika 8: Prizma fiksirana na komparator

Najprej smo na instrumentu izbrali način merjenja dolžin »Precise«, ki nam omogoča najnatančnejše dolžinske meritve. Komparator smo postavili v začetni položaj in naredili 10 meritev na prizmo. Pri tem smo imeli vključeno možnost avtomatskega viziranja tarče. Te meritve so nam služile za kasnejšo določitev začetne točke in njene natančnosti. Nato smo vklopili komparator in zapeljali merilni voziček do konca ogrodja komparatorja. Tu smo ponovno izmerili 10 meritev v načinu »Precise« in tako določili zadnjo točko in njeno

natančnost. Zaradi nadštevilnih meritev smo lahko določili natančnejši in zanesljivejši položaj začetne in končne točke. Preračunane koordinate obeh točk so podane v tabeli 3.

Preglednica 3: Koordinate začetne in končne točke ter standardni odklon

Izračun	Y [m]	X [m]	H [m]	Standardni odklon [mm]
T1	999,4752	1002,5350	99,9811	0,10
T2	996,2787	1002,1900	99,9811	0,12

Med obema izmerama začetne in končne točke, ko se je merilni voziček peljal po svoji poti, pa smo za izmero vmesnih točk uporabili način »Tracking«. Ta možnost nam omogoča, da instrument sam navizira in sledi prizmi ter ob tem beleži meritve za poljuben časovni interval, ki mu ga določimo. Tako smo nastavili časovni interval in začeli s »Tracking« izmero vmesnih točk. Slika 9 prikazuje instrument in računalnik za vodenje motorčka merilnega vozička med samo »Tracking« izmero.



Slika 9: Instrument pri izvajanju meritev

Prvih nekaj meritev smo zabeležili na začetni točki, nato pa se je merilni voziček začel počasi premikati proti končni točki. Instrument je samodejno sledil prizmi in izmeril dolžino ter smer proti točki na vsako sekundo, vse do zadnje točke. Nato je na podlagi izmerjenih količin izračunal koordinate posamezne točke. Ta način izmere je sicer manj natančen od načina »Precise«, vendar mnogo hitreje opravi meritve. Če primerjamo oba načina izmere med seboj, iz tabele 4 vidimo, da instrument za eno »Precise« meritev potrebuje približno 7 sekund, za »Tracking« pa manj kot 0.15 sekunde. (Leica Geosystems, 2013)

Preglednica 4: Natančnost posameznega načina merjenja dolžin in čas merjenja točke

Metoda	Natančnost	Čas ene meritve
»Tracking« način	3 mm; 1 ppm	0,15 s
»Precise« način	0,6 mm; 1 ppm	7 s

Največja pomanjkljivost »Tracking« načina merjenja dolžin je v tem, da se tarča stalno premika in tako vsakič zavzame nov položaj, zaradi tega pa ne moremo izvesti nadštevilnih meritev na posamezno točko. V primeru, da nimamo nadštevilnih meritev pa nimamo možnosti naknadne obdelave in predvsem med meritvami ne moremo odkriti grobo pogrešenih meritev.

»Tracking« način smo uporabili dvakrat. Prvič je merilni voziček s prizmo poganjal motor komparatorja in je šlo za enakomerno gibanje, v drugem primeru pa smo voziček poganjali ročno. Pri ročnem premikanju pa voziček namenoma ni bil voden z enakomerno hitrostjo, ampak smo ga pospešeno in pojemajoče premikali po tirnici.

3 IZRAČUN

3.1 Izračun premice in natančnost premice

Kot je že omenjeno v nalogi, smo začetno in končno točko določili z načinom »Precise«. Ta izmera je najnatančnejša zmožnost meritev s tem instrumentom in dosega dolžinsko natančnost 0,6 mm; 1 ppm. Ponovili smo 10 meritev vsake točke, ki so prikazane v tabeli 5, da smo dobili nadštevilne meritve in s tem zmanjšali vplive slučajnih pogreškov na merjenje. Iz spodnje tabele je lepo razvidno, da se meritve med seboj začnejo razlikovati šele na četrti decimalki, kar pomeni, da največje odstopanje med meritvami znaša dve desetinki milimetra. Lahko pa tudi vidimo, da do grobih pogreškov v času meritev ni prišlo, saj so odstopanja od srednjih vrednosti zares majhna.

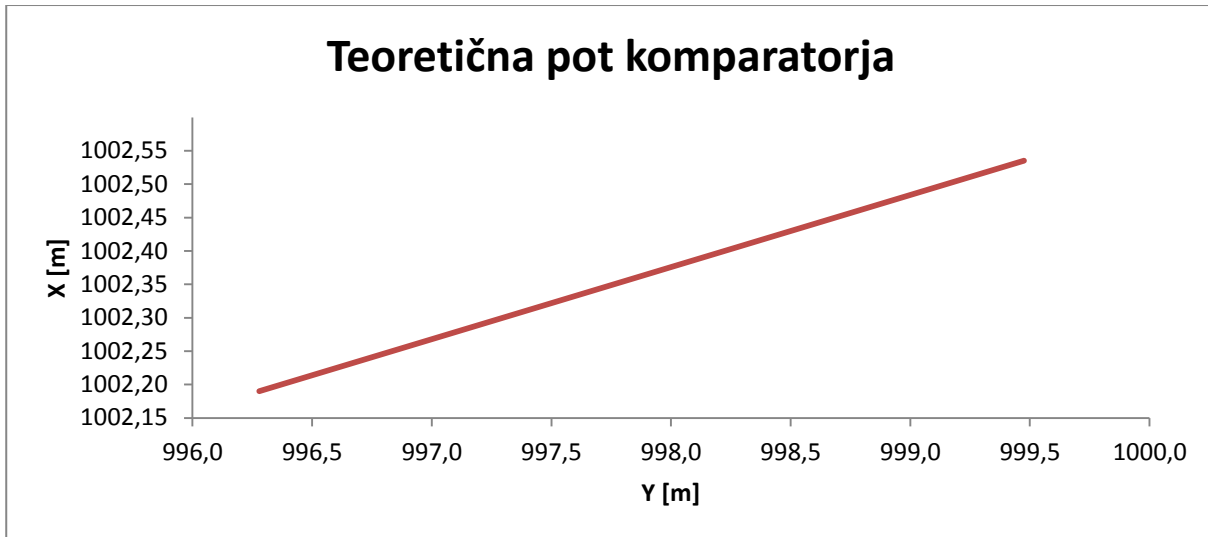
Preglednica 5: Meritve začetne in končne točke

Meritve začetne in končne točke							
Začetna točka T1	Y [m]	X [m]	H [m]	Končna točka T2	Y [m]	X [m]	H [m]
300	999,4752	1002,5349	99,9811	700	996,2789	1002,1899	99,9811
301	999,4752	1002,5349	99,9811	701	996,2787	1002,1900	99,9810
302	999,4752	1002,5350	99,9811	702	996,2788	1002,1899	99,9811
303	999,4752	1002,5351	99,9811	703	996,2786	1002,1901	99,9810
304	999,4752	1002,5351	99,9811	704	996,2785	1002,1901	99,9811
305	999,4752	1002,5352	99,9811	705	996,2787	1002,1900	99,9811
306	999,4752	1002,5350	99,9811	706	996,2788	1002,1899	99,9810
307	999,4752	1002,5351	99,9811	707	996,2787	1002,1900	99,9810
308	999,4752	1002,5351	99,9811	708	996,2786	1002,1900	99,9811
309	999,4752	1002,5352	99,9811	709	996,2787	1002,1900	99,9810

Ker je šlo za kratke dolžine, približno enake višinske razlike in stalno temperaturo, vzdrževano na 20 °C, dolžin nismo reducirali. Nadštevilne meritve so nam omogočile izračun aritmetične sredine in standardni odklon aritmetične sredine. Z izračunom aritmetične sredine smo dobili izboljšane koordinate obeh točk in zmanjšali vpliv nekaterih slučajnih pogreškov, standardni odklon pa nam je pokazal, s kakšno natančnostjo je določena izračunana točka. Tabela 6 prikazuje aritmetične sredine obeh točk ter njun standardni odklon.

Preglednica 6: Koordinate začetne in končne točke ter njuna natančnost

Izračun	Y [m]	X [m]	Standardni odklon [mm]
T1	999,4752	1002,5350	0,10
T2	996,2787	1002,1900	0,12



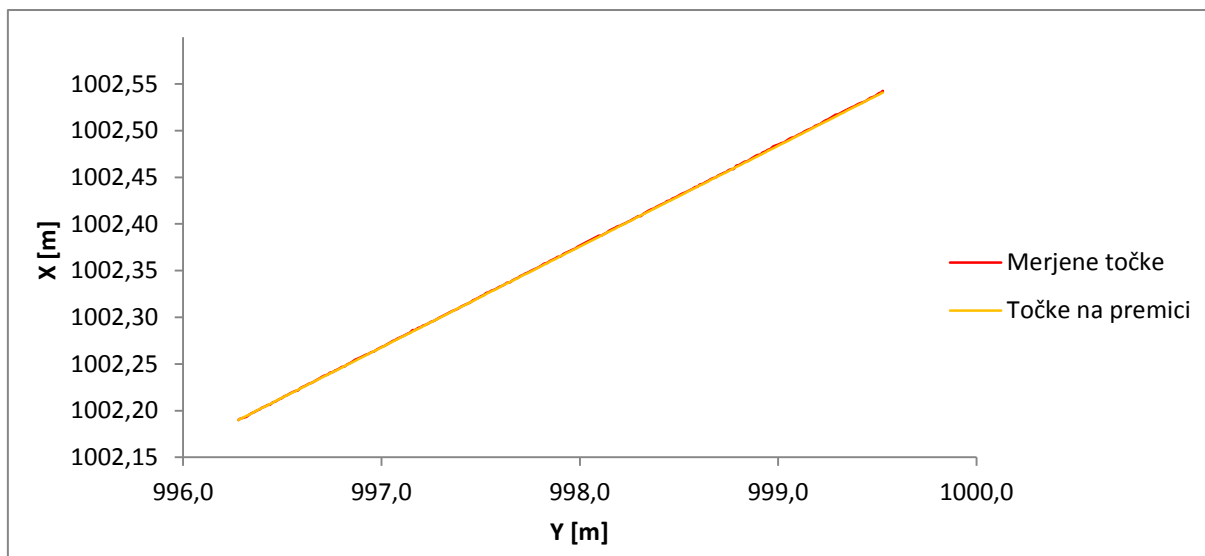
Grafikon 1: Pot komparatorja določena z začetno in končno točko

Ker naj bi bilo ogrodje kompenzatorja horizontalno, višine pri nadaljnjih izračunih nismo upoštevali. Standardni odklon se zato nanaša le na ravninski koordinati y in x. Na grafikonu 1 je podana tudi grafično opisana pot komparatorja med začetno in končno točko, ki nam je služila kot teoretično definirana premica s standardnim odklonom posamezne točke podanim v tabeli 6.

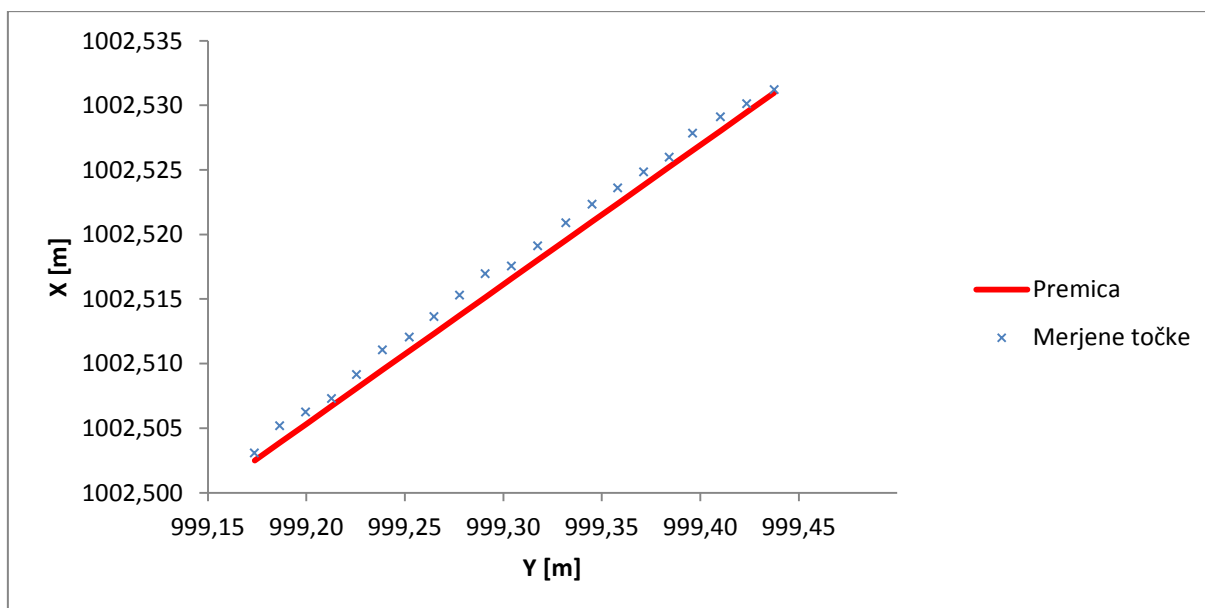
3.2 Izračun pravokotnih odmikov in koordinat točk na premici

3.2.1 Koordinate točk na premici

Premico, ki smo jo podali kot teoretično pot komparatorja, smo primerjali s koordinatami merjenih vmesnih točk, saj nas je zanimalo, kakšna so odstopanja od premice. Ker gre za meritve izmerjene na razdalji dolgi približno 3 m in pa za odstopanja okrog milimetra, so razlike na grafikonu 2 slabo vidne. Zato je v grafikonu 3 prikazan krajši izsek iz meritev.



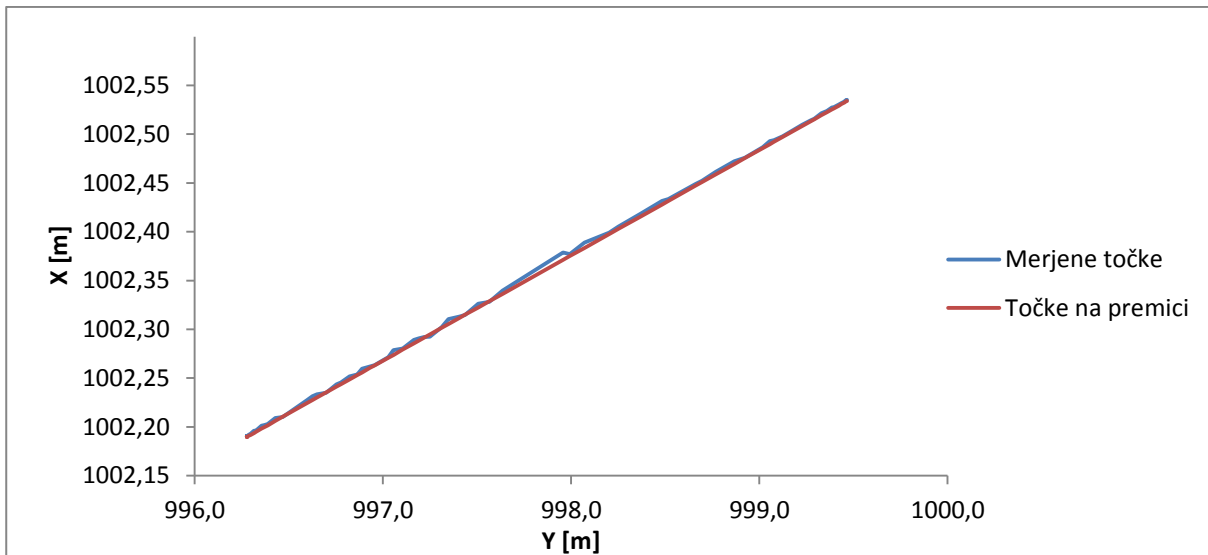
Grafikon 2: Prikaz odstopanja merjenih točk od premice pri enakomernem gibanju



Grafikon 3: Prikaz odstopanja merjenih točk 410 - 430 od premice pri enakomernem gibanju

Iz grafikona 2 izgleda, da so merjene točke na teoretični premici. Iz grafikona 3 pa vidimo, da temu ni tako. Vidimo, da je odstopanje od premice prisotno, in sicer točke odstopajo okrog milimetra. V grafikonu 3 je zaradi povečave in boljše preglednosti prikazan le del poti enakomernega gibanja med točkami 410 – 430. Odstopanja so bila pri enakomernem gibanju zelo majhna in celo manjša kot smo pričakovali.

Predvidevali smo, da se bodo odstopanja povečala pri neenakomernem gibanju, predvsem zaradi povečane hitrosti gibanja. Grafikon 4 prikazuje meritve točk pri neenakomernem gibanju in njihova odstopanja se bolj razlikujejo od teoretične premice, saj je instrument težje sledil tarči.



Grafikon 4: Prikaz odstopanja merjenih točk od premice pri neenakomernem gibanju

Za preslikavo merjenih točk na premico je bilo potrebno poznati enačbo premice ter njenih pravokotnic skozi posamezno točko. Ker gre za ravninski pravokotni sistem, smo premico obravnavali kot linearno funkcijo in jo zapisali s pomočjo enačbe: $y = kx + n$, kjer je k smerni koeficient premice, n pa začetna vrednost. Zanimala sta nas k in n , ki smo ju preračunali iz koordinat začetne in končne točke po enačbah: $k = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$ in $n = kx - y$.

Smerni koeficient k pravokotnice na neko premico, dobimo iz enačbe: $k_2 = -\frac{1}{k_1}$, kjer k_1 predstavlja smerni koeficient premice in k_2 smerni koeficient pravokotnice na to premico. Izračunana koeficienta premice in pravokotnice ter začetna vrednost premice sta podana v tabeli 7.

Preglednica 7: Koeficient in začetna vrednost premice ter koeficient pravokotnice

Smerna koeficienta premice in pravokotnice ter začetna vrednost premice		
k1	n1	k2
9,26	-8287,45	-0,11

Dobljeni smerni koeficient je veljal za vse pravokotnice skozi merjene točke, vsaki točki se je spremenila le začetna vrednost. Tako smo lahko s pomočjo pravokotnic preračunali koordinati merjene točke preslikane na premico. Seznam preračunanih koordinat točk na premici je podan v prilogah C in D.

3.2.2 Pravokotni odmiki

Kot je že omenjeno v prejšnjem poglavju so se pri meritvah pojavila neka odstopanja od premice, ki naj bi prikazovala teoretično pot premikajočega objekta, v našem primeru merilnega vozička komparatorja. V tabelah 8 in 9 so podani pravokotni odmiki pri enakomernem in pri neenakomernem gibanju.

Preglednica 8: Pravokotni odmiki pri enakomernem gibanju

Pravokotni odmiki pri enakomernem gibanju									
Točka	Odmik [mm]	Točka	Odmik [mm]	Točka	Odmik [mm]	Točka	Odmik [mm]	Točka	Odmik [mm]
1	0,69	51	0,35	101	0,39	151	0,22	201	0,29
2	0,69	52	1,32	102	0,11	152	0,53	202	0,22
3	1,68	53	1,26	103	0,22	153	0,11	203	0,13
4	0,69	54	1,13	104	0,51	154	0,07	204	0,69
5	1,19	55	0,53	105	1,05	155	0,21	205	0,06
6	1,22	56	0,33	106	0,85	156	0,17	206	0,57
7	0,49	57	1,30	107	0,99	157	0,24	207	0,74
8	0,42	58	0,89	108	1,12	158	0,04	208	0,43
9	0,97	59	0,64	109	0,28	159	0,35	209	0,17
10	0,60	60	1,54	110	0,06	160	0,35	210	0,13
11	0,22	61	0,60	111	0,01	161	0,34	211	0,04
12	0,64	62	0,57	112	1,40	162	0,20	212	0,46
13	1,06	63	0,87	113	0,81	163	0,18	213	0,13
14	1,30	64	0,12	114	0,44	164	0,22	214	0,56
15	0,75	65	0,50	115	0,84	165	0,09	215	0,43
16	1,00	66	0,68	116	0,62	166	0,05	216	0,73
17	1,19	67	0,81	117	0,88	167	0,36	217	0,09
18	1,31	68	0,08	118	1,08	168	0,20	218	0,44
19	1,32	69	0,83	119	0,05	169	0,05	219	0,33
20	1,10	70	0,80	120	0,89	170	0,63	220	0,06
21	0,96	71	0,63	121	0,61	171	0,34	221	0,48
22	1,80	72	0,55	122	0,61	172	0,85	222	0,32
23	1,57	73	0,41	123	0,72	173	0,03	223	0,10
24	1,29	74	1,14	124	0,12	174	1,36	224	0,10

25	1,05	75	0,14	125	0,97	175	0,26	225	0,18
26	1,54	76	0,91	126	0,39	176	0,35	226	0,86
27	1,05	77	0,33	127	0,41	177	0,36	227	0,31
28	0,56	78	0,55	128	0,46	178	0,41	228	0,04
29	0,94	79	0,52	129	0,53	179	0,62	229	0,28
30	1,29	80	0,83	130	0,42	180	0,27	230	0,13
31	0,58	81	1,07	131	0,35	181	0,53	231	0,26
32	0,74	82	0,53	132	0,91	182	0,21	232	0,07
33	0,92	83	0,74	133	0,36	183	0,22	233	0,26
34	0,88	84	1,11	134	0,74	184	0,00	234	0,01
35	0,48	85	0,27	135	0,31	185	0,20	235	0,93
36	0,88	86	1,31	136	0,49	186	0,38	236	0,01
37	0,77	87	0,57	137	0,23	187	0,04	237	0,49
38	0,64	88	0,80	138	0,11	188	0,25	238	0,01
39	1,36	89	0,76	139	0,66	189	0,30	239	0,02
40	1,13	90	0,70	140	0,33	190	0,28	240	0,02
41	0,89	91	0,42	141	0,15	191	0,47	241	0,02
42	0,26	92	1,09	142	0,58	192	0,66	242	0,03
43	0,93	93	0,82	143	0,27	193	0,75	243	0,04
44	1,29	94	0,75	144	0,46	194	0,74	244	0,04
45	1,58	95	0,47	145	0,66	195	0,92	245	0,03
46	1,92	96	0,45	146	0,37	196	0,40	246	0,03
47	0,86	97	0,63	147	1,05	197	0,44	247	0,03
48	1,08	98	0,27	148	0,26	198	0,48	248	0,04
49	1,05	99	0,59	149	0,57	199	0,31	249	0,02
50	1,31	100	0,28	150	0,18	200	0,62	250	0,02

Preglednica 9: Pravokotni odmiki pri neenakomernem gibanju

Pravokotni odmiki pri neenakomernem gibanju							
Točka	Odmik [mm]	Točka	Odmik [mm]	Točka	Odmik [mm]	Točka	Odmik [mm]
1	0,99	51	0,81	101	1,15	151	1,06
2	0,39	52	3,10	102	1,12	152	4,05
3	0,41	53	7,66	103	1,09	153	0,10
4	0,41	54	1,94	104	1,40	154	4,41
5	0,40	55	5,47	105	0,67	155	0,38
6	0,41	56	1,55	106	1,08	156	4,13
7	0,41	57	2,34	107	1,43	157	0,23
8	0,41	58	3,05	108	0,62	158	2,28
9	0,41	59	3,61	109	0,71	159	0,24
10	0,39	60	1,98	110	1,03	160	0,48
11	0,40	61	1,69	111	0,45	161	0,88

12	0,41	62	1,55	112	0,57	162	3,13
13	0,40	63	2,89	113	1,08	163	0,76
14	1,00	64	3,06	114	0,88	164	2,56
15	0,39	65	0,48	115	1,38	165	0,13
16	0,41	66	1,18	116	1,50	166	1,10
17	0,89	67	3,15	117	0,29	167	0,63
18	0,37	68	1,75	118	0,67	168	0,98
19	0,99	69	0,68	119	0,99	169	0,03
20	1,07	70	1,16	120	0,58	170	0,24
21	2,04	71	1,36	121	0,73	171	0,82
22	1,39	72	0,84	122	1,34	172	0,82
23	2,98	73	0,83	123	0,36	173	0,81
24	2,15	74	1,98	124	2,26	174	0,82
25	1,26	75	1,21	125	0,50	175	0,82
26	3,04	76	1,91	126	0,15	176	0,83
27	0,07	77	1,28	127	1,04	177	0,83
28	3,06	78	1,28	128	0,31	178	0,83
29	4,23	79	1,14	129	1,54		
30	3,31	80	0,86	130	1,78		
31	0,21	81	1,35	131	3,80		
32	2,46	82	1,04	132	0,64		
33	1,79	83	1,13	133	0,49		
34	3,05	84	1,15	134	0,13		
35	0,71	85	1,15	135	1,28		
36	4,03	86	1,15	136	1,70		
37	1,64	87	1,15	137	1,93		
38	0,30	88	1,15	138	0,99		
39	0,51	89	1,15	139	1,80		
40	4,89	90	2,14	140	0,26		
41	1,21	91	2,14	141	1,28		
42	3,78	92	2,14	142	0,20		
43	2,54	93	2,14	143	1,71		
44	0,73	94	1,15	144	0,65		
45	2,30	95	1,15	145	5,31		
46	0,82	96	1,15	146	0,04		
47	5,13	97	1,15	147	2,73		
48	1,51	98	1,15	148	2,01		
49	0,20	99	1,15	149	0,32		
50	3,86	100	2,14	150	1,71		

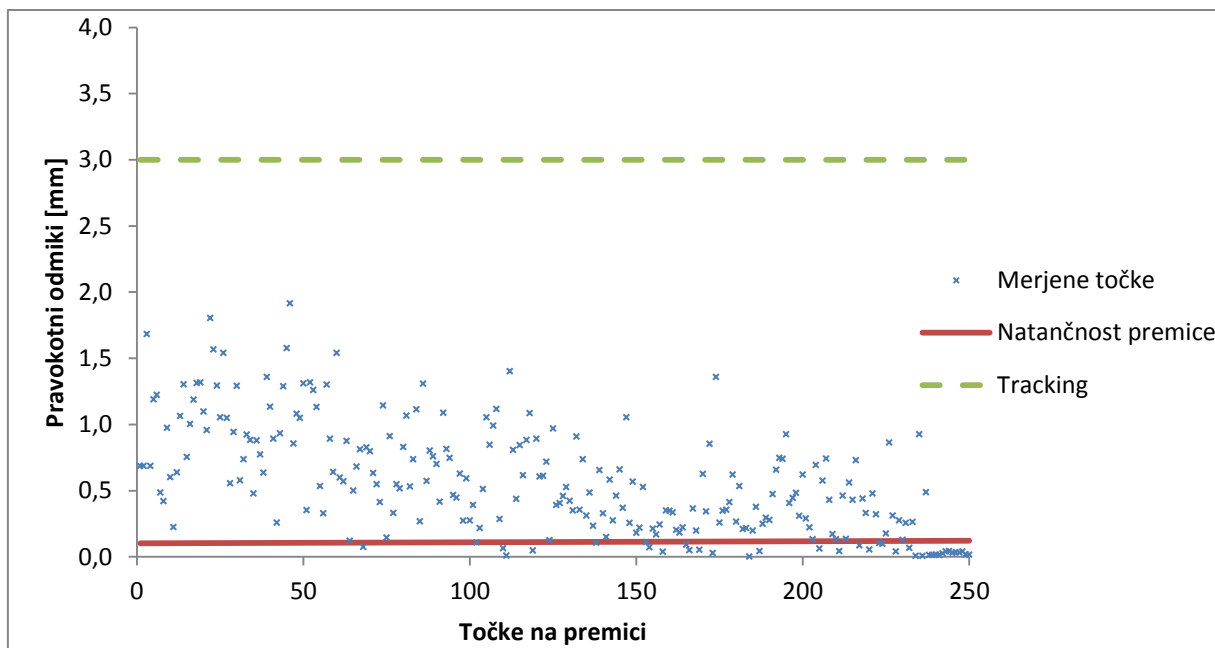
Do večji odstopanj je prišlo pri neenakomernem oziroma pospešeno-pojemajočem gibanju, kar smo nekako tudi pričakovali, saj so bile hitrosti in pospeški večji. Tako znaša največji pravokotni odmik pri enakomernem gibanju 1,92 mm, pri neenakomernem gibanju pa 7,66 mm. V tabeli 10 podajamo točko, pri kateri je prišlo do maksimalnega premika in pa računsko hitrost ter pospešek v tej točki.

Preglednica 10: Točki pri enakomernem in neenakomernem gibanju z največjim pravokotnim odkikom

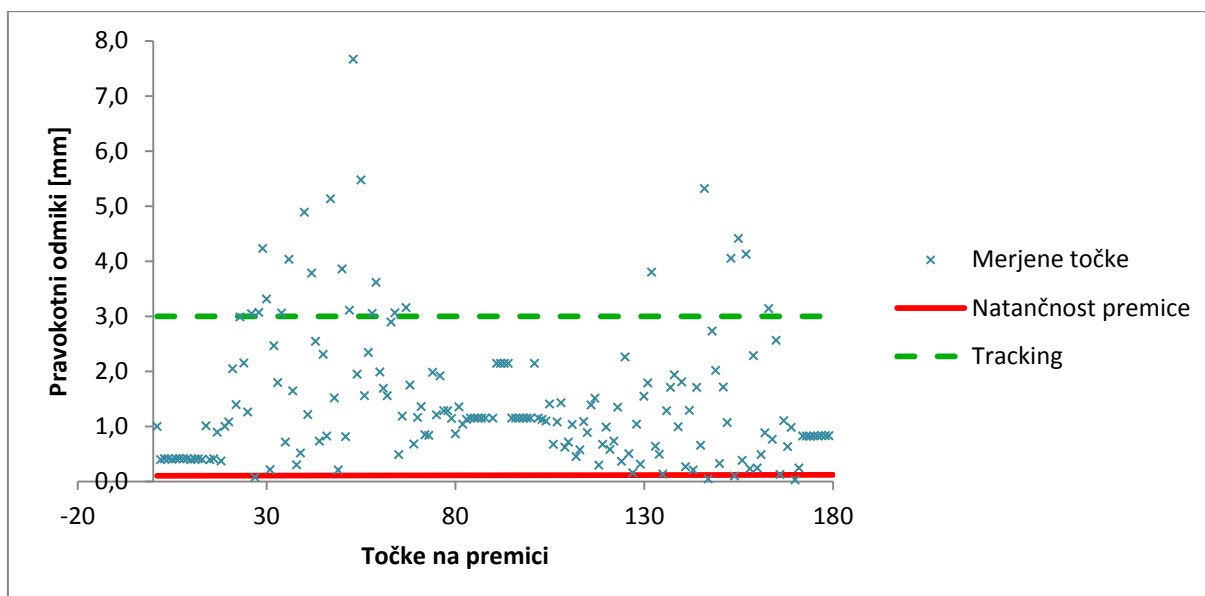
Gibanje	Točka	Pravokotni premik [mm]	Hitrost [mm/s]	Pospešek [mm/s ²]
Enakomerno	46	1,92	12,25	0
Neenakomerno	53	7,66	566,47	776,54

V prvem primeru je računsko hitrost okrog centimetra na sekundo, pospešek pa je enak 0 mm/s², saj gre za enakomerno gibanje. Velika razlika pa se pokaže v drugem primeru, saj sta računsko hitrost in pospešek velika. Vidno je, da je velik pravokotni odmik med drugim lahko tudi posledica hitrejšega in pospešenega gibanja. S te tabele lahko razumemo, da je natančnejše meritve mogoče dobiti na primeru počasnejših premikov objekta.

Glede na to, da je premica izračunana iz meritev in je podana z neko natančnostjo, nas je zanimalo, koliko točk leži znotraj natančnosti določitve te premice. Že iz tabel pravokotnih odkikov smo pričakovali, da točke ne odstopajo več od natančnosti določitve premice pri enakomernem gibanju.



Grafikon 5: Pravokotni odmiki pri enakomernem gibanju in natančnost premice v prečni smeri



Grafikon 6: Pravokotni odmiki pri neenakomernem gibanju in natančnost premice v prečni smeri

Iz grafikona 5 lahko vidimo, da je bilo kar nekaj točk znotraj natančnosti določitve premice, predvsem proti koncu meritev. Vendar pa je potrebno vedeti, da so bile prve in zadnje meritve narejene, ko je tarča mirovala. Pri neenakomernem gibanju tarče, kot prikazuje grafikon 6, pa je bilo znotraj natančnosti določitve premice le nekaj meritev, ostale meritve so veliko slabše kot v prvem primeru. Natančnost »Tracking« načina merjenja dolžin znaša 3 mm; 1 ppm in

vse meritve iz grafikona 5 so natančnejše od te vrednosti, v grafikonu 6 pa je kar nekaj meritev slabših, saj gre tu za točke v katerih je merilni voziček najbolj pospeševal. Zanje pa še vedno obstaja možnost, da so bile grobo pogrešene.

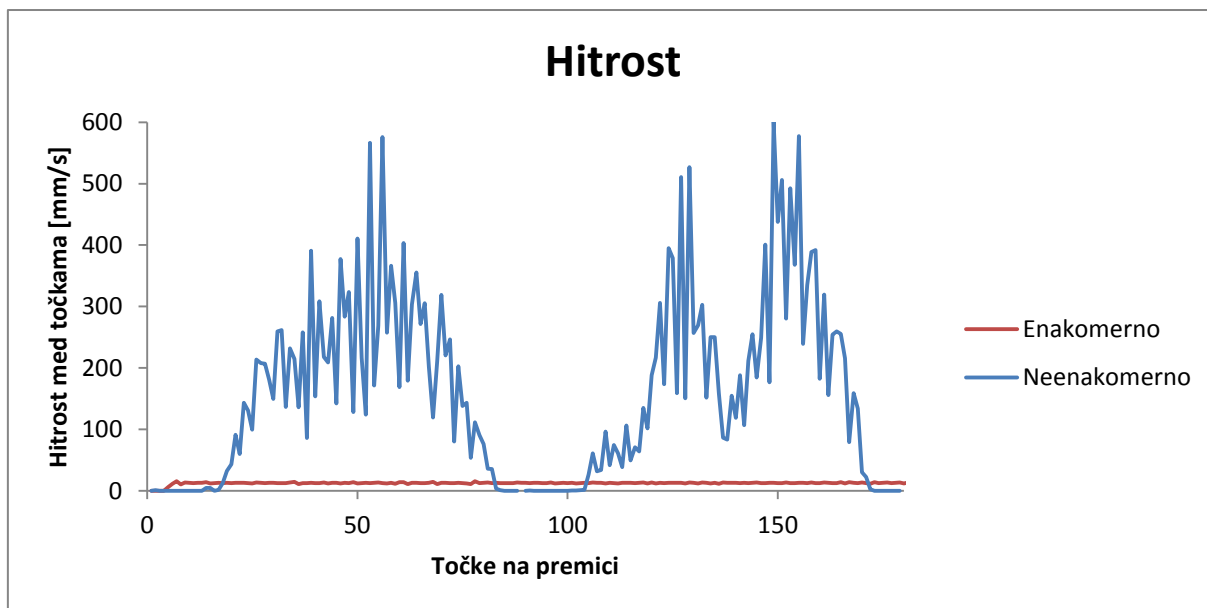
3.3 Hitrost in pospešek

Meritve smo izvajali v dveh delih. V prvem delu smo merilni voziček peljali s pomočjo komparatorja s konstanto hitrostjo, v drugem primeru pa smo ga poganjali ročno in pri tem poizkušali izvesti večje in manjše pospeške ter enakomerno gibati tarčo.

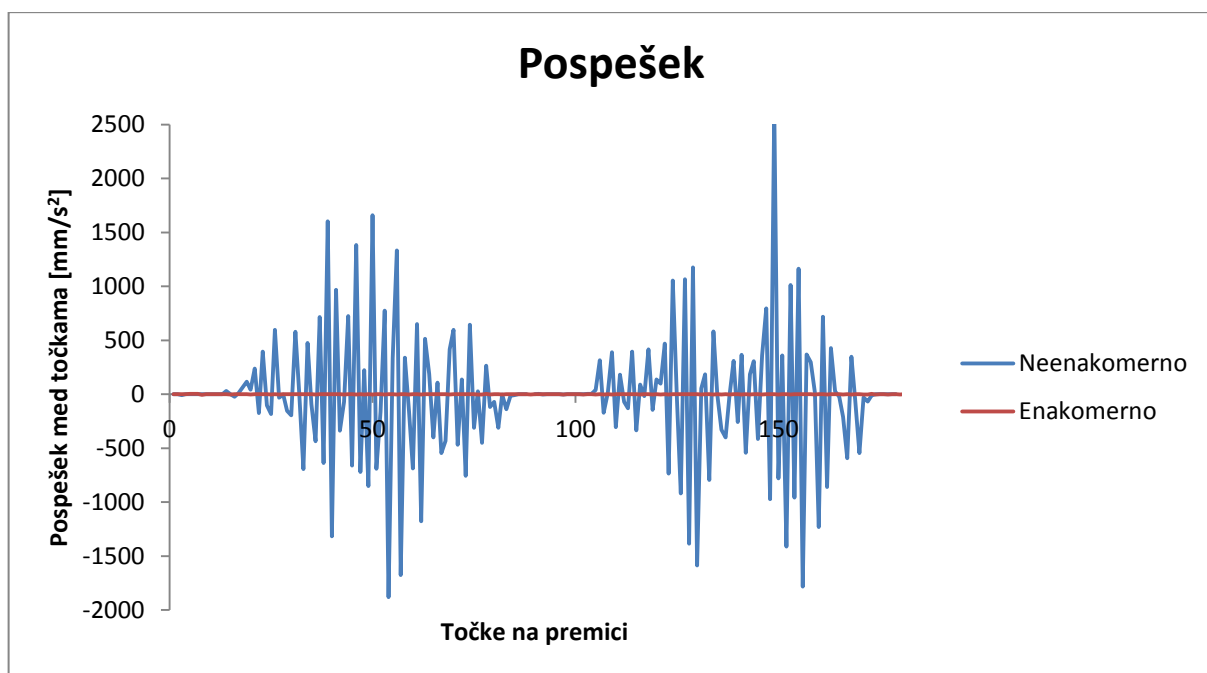
Predvidevali smo, da bo hitrost v prvem primeru, ko je voziček poganjal motorček komparator enaka skozi celotno pot, pospešek pa bo enak 0 m/s^2 . Seveda je bilo pričakovati manjša odstopanja, že zaradi samih pogreškov pri meritvah. Hitrost smo preračunali po enačbi: $v = \frac{s}{t}$, kjer je v hitrost, s pot, ki jo je opravila prizma med dvema zaporednima meritvama ter t čas med zaporednima meritvama. Pospešek pa je bil izračunan po enačbi: $a = \frac{\Delta v}{t}$, kjer je a pospešek, Δv razlika hitrosti med zaporednima meritvama in t čas med zaporednima meritvama.

Hitrost in pospešek smo preračunavali dvakrat, in sicer prvič med točkami, ki so bile direktno merjene z instrumentom, drugič pa smo jih računali s koordinat točk, preračunanih na premico.

V primeru direktno merjenih točk se pojavi problem prečnih odmikov. Problem je v tem, da sta pospešek in hitrost v tem primeru izračuna med točkama, koordinati teh dveh točk pa sta izračunani iz slučajno pogrešenih izmerjenih horizontalnih kotov in dolžin. Sicer pa gre za linearni premik merilnega vozička. Hitrosti in pospeške prizme prikazujemo na spodnjih grafikonih, kjer grafikon 7 prikazuje hitrost, grafikon 8 pa pospešek prizme pri enakomernem in neenakomernem gibanju



Grafikon 7: Hitrost enakomernega in neenakomernega gibanja tarče



Grafikon 8: Pospešek enakomernega in neenakomernega gibanja tarče

Ker je v prvem primeru, kjer je šlo za enakomerno gibanje, gibanje merilnega vozička potekalo počasi, smo časovni interval registracije vmesnih točk nastavili na 1 sekundo. Ko pa je šlo za neenakomerno gibanje z velikimi razlikami v pospeševanju in pojemanju, pa smo interval nastavili na 0,2 sekundi.

Pri enakomernem gibanju vidimo, da so točke natančneje določene, saj je izračunana hitrost skoraj konstantna. Pri neenakomernem gibanju pa trdimo, da so točke določene z manjšo natančnostjo, kar je razvidno iz grafa, ki prikazuje hitrost in posledično pospešek.

4 GLAJENJE PODATKOV S ČASOVNIMI VRSTAMI

4.1 Komponente časovne vrste

Pri tehnikah glajenja podatkov gre za postopke izločanja in odkrivanja slučajnih I , cikličnih C in periodičnih komponent P ter trendov T . Trendi se pojavijo kadar gre za daljše časovno obdobje in predstavljajo dolgoročno gibanje pojava. Sezonsko komponento na primer odkrivamo zaradi njenega ponavljanja oziroma periodičnosti. Njena velikost je konstantna in možno jo je predvideti. Pri ciklični komponenti pa spremembe niso periodične in cikli nimajo določene velikosti, so pa cikli daljša časovna obdobja. Vse vplive, ki pa jih s temi tremi komponentami ne moremo razložiti, pa uvrščamo pod slučajno komponento. (Korenjak Černe, 2015)

Ni nujno, da gre pri časovni vrsti za delovanje vseh komponent, lahko je prisotna le ena komponenta. Vsaka časovna vrsta vsebuje slučajno komponento, trend in sezonskost pa sta zelo pogosta. Namen teorije časovnih vrst pa je prepoznavanje komponent, njihovo razumevanje in uporabnost. Časovne vrste v splošnem delimo na več modelov, najbolj poznana pa sta:

- aditivni: $Y_t = T_t + C_t + P_t + I_t$ in
- multiplikativni: $Y_t = T_t \times C_t \times P_t \times I_t$,

kjer je T_t trend, C_t ciklična komponenta, P_t periodična komponenta in I_t slučajna komponenta. (Korenjak Černe, 2015)

4.2 Metoda drsečih sredin in uporaba metode

Metoda drsečih sredin je ena izmed tehnik glajenja podatkov. Uporabili smo jo za glajenje koordinat merjenih točk, preračunanih na našo teoretično premico. S tem, ko smo koordinate točk prestavili na premico, smo že grobo zgladili podatke. Z metodo drsečih sredin smo želeli iz koordinat vmesnih točk, ki smo jih dobili iz naših meritev, izločiti različne šume ali nepravilne vplive. Če vzamemo, da so bile koordinate točk na premici izračunane za nek določen časovni trenutek, potem smo naši začetni časovni vrsti prilagajali časovno vrsto drsečih sredin.

Ker vsaka metoda glajenja podatkov temelji na neki velikosti vzorca, smo se odločili, da bomo metodo uporabili pri različnih velikostih vzorca in opazovali spremembe, ki so se pri tem pojavile. Velikost vzorcev si lahko poljubno izberemo, pazimo le, da ni večji od celotne populacije. Velikost vzorca imenujemo red drsečih sredin. Red drsečih sredin se preračunava na dva različna načina, in sicer:

- če je r liho število ($r = 2i + 1$): $Y_k^r = \frac{1}{r}(y_{k-i} + y_{k-i+1} + \dots + y_k + \dots + y_{k+i-1} + y_{k+i})$
- če je r sodo število ($r = 2i$): $Y_k^r = \frac{1}{r}(\frac{1}{2}y_{k-i} + y_{k-i+1} + \dots + y_k + \dots + y_{k+i-1} + \frac{1}{2}y_{k+i})$,

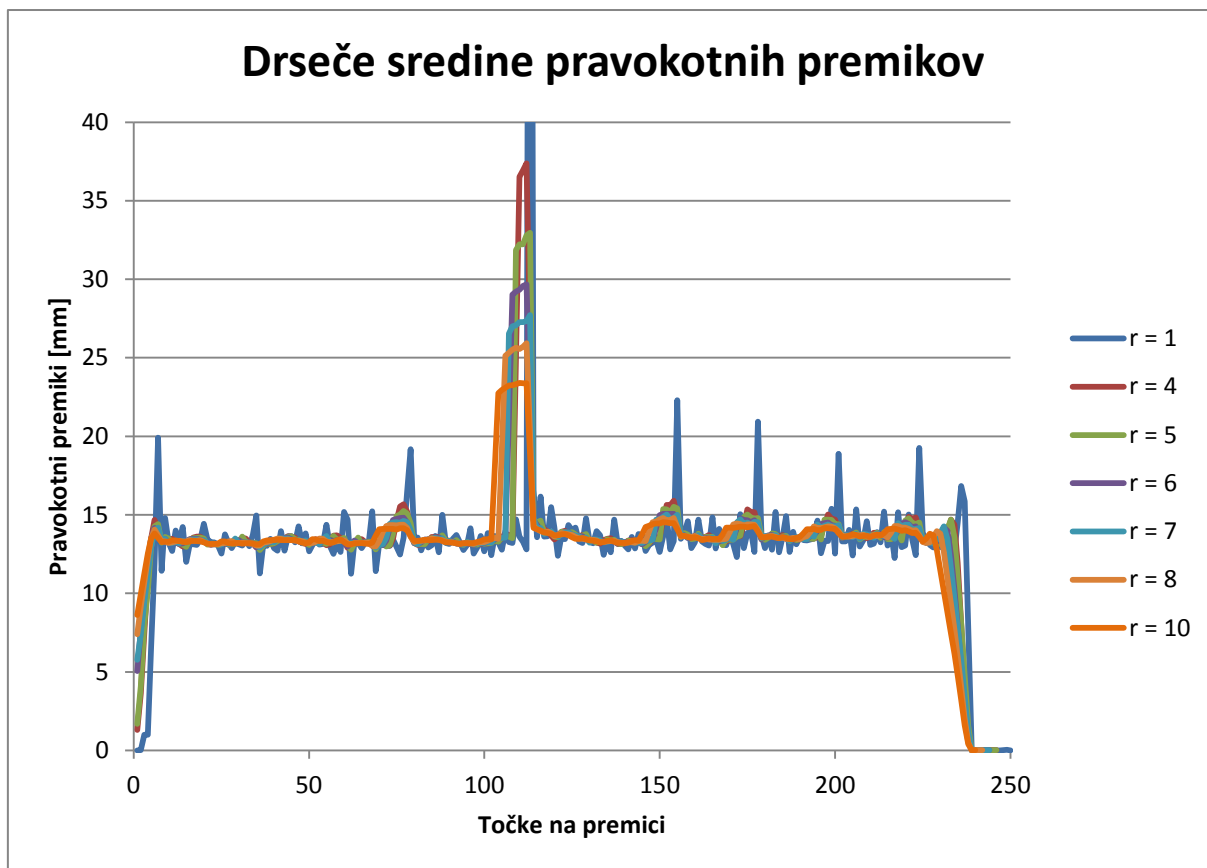
kjer je r red drsečih sredin in y posamezna meritev.

Večji kot je red drsečih sredin r , bolj naj bi se zgladila osnovna časovna vrsta, časovna vrsta pa je s tem tudi vedno krajša. (Kovačič, 2015)

4.3 Analiza rezultatov

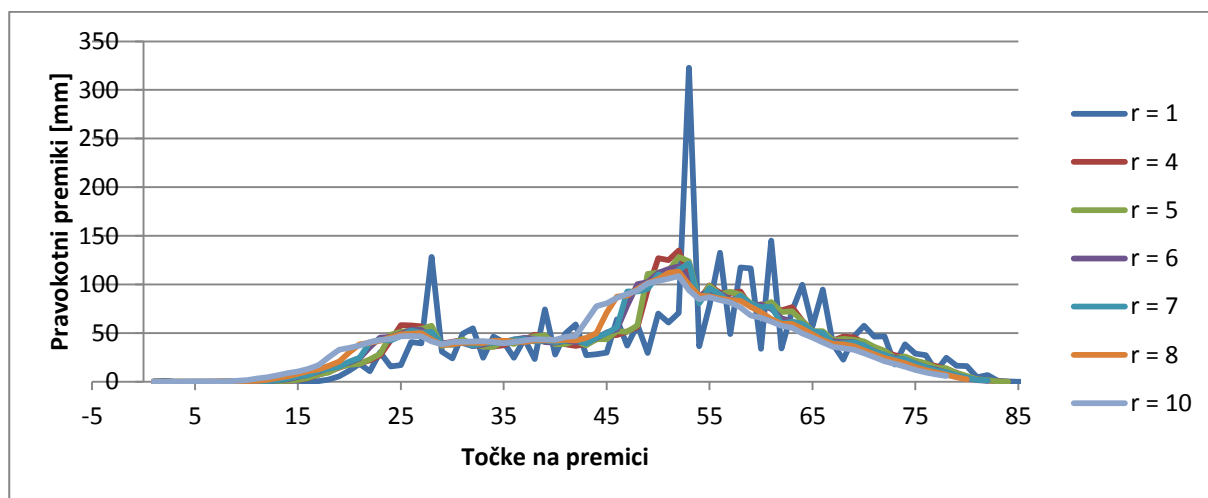
Kot je omenjeno že prej smo za glajenje podatkov najprej uporabili preračun koordinat vmesnih točk na teoretično podano premico in nato metodo drsečih sredin. Iz dobljenih koordinat na premici smo preračunali premike med sosednjimi točkami v smeri premice. Razlog, za preračunavanje teh premikov je bil v tem, da je instrument v določenem časovnem intervali izmeril točko. Ker se je tarča premikala, je točka vedno dobila novo koordinato. V prvem primeru, kjer je šlo za enakomerno gibanje, naj bi se točka premaknila vedno za enako vrednost, v primeru neenakomernega gibanja pa za različno.

Z metodo drsečih sredin pa smo te premike želeli zgladiti, jim odstraniti neželene vplive in nato iz zglajenih premikov izračunati koordinate novih, z drsečimi sredinami določenih točk na premici. Metodo smo uporabili trikrat, in sicer enkrat pri enakomernem in dvakrat neenakomernem gibanju, kjer je šlo za dva poskusa, ki naj bi bila med seboj ločena. V obeh primerih smo uporabili različne redove drsečih sredin in spremljali kako se podatki gladijo z večanjem reda. Drseče sredine smo izračunali za redove 4, 5, 6, 7, 8 in 10, kjer posamezen red predstavlja število meritev iz katerih je preračunana ena drseča sredina.

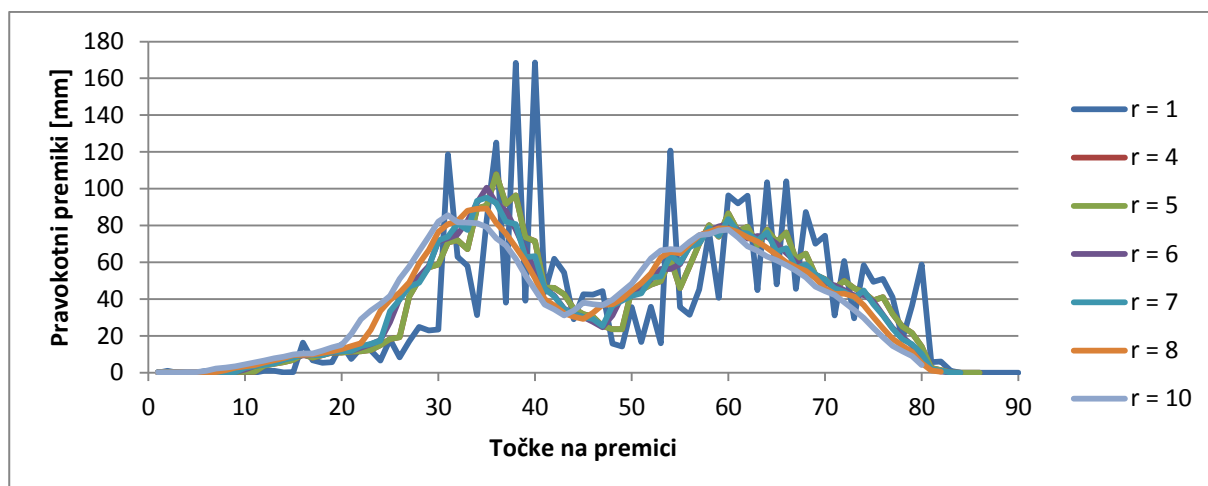


Grafikon 9: Drseče sredine pravokotnih premikov pri enakomernem gibanju

V prvem primeru, kjer je šlo za enakomerno gibanje tarče in enak časovni interval pri snemanju točk, smo pričakovali, da bodo premiki enakomerni. Zaradi različnih vplivov so se meritve med seboj seveda razlikovale in potrebno jih je bilo med seboj zgladiti. Iz grafikona 9 lahko jasno vidimo, da z večanjem reda bolj zgladimo podatke. Na določenih delih grafikona pride do zelo velikih odstopanj, kar nakazuje na grobe ali slučajne pogreške, ki pa jih s to metodo zmanjšujemo in (skoraj) odstranimo njihov vpliv. Na sredini grafikona pa je bil storjen velik pogrešek, ki pa smo ga z večanjem redov tudi vse bolj zgladili. Podobno je tudi pri grafikoni 10 in 11, kjer pa gre za neenakomerno gibanje in so velikosti odmikov še večje.



Grafikon 10: Drseče sredine pravokotnih premikov pri neenakomernem gibanju prvi del



Grafikon 11: Drseče sredine pravokotnih premikov pri neenakomernem gibanju drugi del

Z grafikonov lahko razberemo, da pride tako v grafikonu 10 kot tudi v grafikonu 11 zaradi večjih pospeškov do večjih premikov, ki pa tudi niso več tako konstantni kot v primeru enakomernega gibanja. Pri grafikonu 9 enakomernega gibanja je razvidno, da se z glajenjem podatkov vse bolj približujemo enaki vrednosti premika prizme okrog 14 mm, medtem ko v primeru neenakomernega gibanja tega ne moremo doseči. Lahko pa vidimo na katerih delih komparatorja je merilni voziček bolj pospeševal oziroma pojema. Tudi v obeh primerih neenakomernega gibanja smo z metodo drsečih sredin lepo zgladili rezultate.

5 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo izvedli meritve na premikajočo se tarčo, ki je bila s pomočjo posebnega podstavka fiksirana na merilni voziček komparatorja nivelmanskih lat. Iz opravljenih meritev smo želeli dobiti čim več podatkov, ki bi lahko bili uporabni v praksi.

Meritve smo glede na možnost delovanja instrumenta razdelili v dve skupini, v »Precise« in »Tracking« način. Pri »Precise« načinu gre za najnatančnejše meritve instrumenta na mirujočo tarčo in v tem načinu smo določili začetni in končni položaj tarče na merilnem vozičku. Pri »Tracking« načinu pa gre za možnost meritev dolžin na premikajoči se objekt ob predhodno nastavljenem časovnem intervalu registriranja točk. Nato smo meritve v sklopu »Tracking« načina razdelili še na dva dela. Prvi del so bile meritve, kjer je bil merilni voziček računalniško voden in se je premikal z enakomerno hitrostjo, v drugem delu meritev pa smo ga poganjali ročno in tako simulirali različno neenakomerno gibanje.

Po meritvah sta sledila pregled in obdelava podatkov. Pri pregledu podatkov smo ugotovili kaj smo izmerili in katere vrednosti je instrument zabeležil. Kasneje je sledila odločitev, katere informacije so pomembne in jih bomo uporabili za nadaljnjo obdelavo.

Odločili smo se, da najprej iz meritev izmerjenih z načinom »Precise« izračunamo podatke o premici, po kateri naj bi se peljal merilni voziček. Tako smo s pomočjo aritmetične sredine pridobili začetno in končno točko poti tarče in skozi njiju postavili premico. Izračunali smo tudi natančnost določitve premice, da smo lahko primerjali odstopanja merjenih vmesnih točk z natančnostjo premice. Koordinate točk, dobljene z načinom merjenja dolžin »Tracking« so bistveno manjše natančnosti. Želeli smo narediti primerjavo, koliko odstopajo meritve na premikajočo se tarčo od »teoretične« premice, ki smo jo prej določili. Izračunali smo pravokotne odmike merjenih točk od premice in jih s pomočjo grafov primerjali z natančnostjo premice. Ugotovili smo, da so bila odstopanja večine točk večja kot je natančnost določitve premice, kar je pričakovan rezultat, saj smo premico izračunali iz »Precise« meritev začetne in končne točke, vmesne točke pa smo določili v »Tracking« načinu. S pomočjo prečnih odklikov smo izračunali točke na premici in izračunali njihove nove koordinate. S tem smo opravili neke vrste grobo glajenje.

Iz podatkov smo poleg vseh odstopanj izračunali tudi s kakšno hitrostjo in pospeškom se je premikal merilni voziček. Ker je instrument avtomatiziran, smo v načinu »Tracking« izbrali le časovni interval, ki pove, na koliko časa naj instrument izmeri točko. Nastavili smo instrument tako, da je vsako sekundo izmeril tarčo. Ker se je tarča premikala, smo lahko iz koordinat točk preračunali njeno pot ter iz nastavljenega časovnega intervala izračunali še hitrosti in pospeške. V prvem primeru, kjer je šlo za enakomerni gibanje, je bila hitrost bolj ali manj konstantna. Neenakomerno gibanje pa je potekalo veliko bolj dinamično in je gibanje vsebovalo veliko različnih pospeševanj in pojemanj. Zaradi velikih razlik v hitrosti smo časovni interval nastavili na 0,2 s. Ugotovili pa smo tudi, da z večjimi pospeški dobimo manj natančno določene točke (saj neenakomernim in hitrejšim premikom instrument težje sledi).

V zadnjem delu smo se osredotočili na premike v smeri premice. Pri enakomernem gibanju bi morala tarča v enakem času opraviti enak premik, vendar pa je zaradi neizogibnih slučajnih pogreškov prišlo do manjših odstopanj, ki pa smo jih želeli zgladiti. Za glajenje podatkov smo uporabili metodo drsečih sredin, ki se uporablja za analizo časovnih vrst. S pomočjo metode smo zmanjšali pogreške in nekako približali premike točk obliki premice. Metoda se je izkazala za uporabno tudi pri neenakomernem gibanju, saj smo lahko velike spremembe pospeškov nekako zgladili in dobili vpogled, kako so pospeški rastli in padali.

VIRI

Korenjak Černe, S. 2015. Statistične metode. Analiza časovnih vrst.

<http://physics.fe.uni-lj.si/members/blaz/StatMet11.pdf> (Pridobljeno 24. 8. 2015.)

Kovačič, G. 2015. Časovne vrste. Kvantitativne metode v geografiji in uvod v GIS.

http://studentski.net/gradivo/upr_fhs_ge1_kmg_sno_casovne_vrste_01?r=1 (Pridobljeno 24. 8. 2015.)

Leica Geosystems AG. 2013. Leica TS30/TM30 User Manual.

<http://surveyequipment.com/assets/index/download/id/220/> (Pridobljeno 24. 8. 2015.)

Leica Geosystems. 2015.

<http://www.leica-geosystems.com/en/index.htm> (Pridobljeno 21. 8. 2015.)

Mataija Valh, M., Marjetič, A., Ježovnik, V., Kogoj, D. 2008. Avtomatski elektronski tahimetri ali kam vodi razvoj TPS sistemov. Geodetski vestnik 52, 3: 487 – 494.

Vodopivec, F., Kogoj, D. 2002. Prvi komparator za kompariranje kodiranih nivelmanskih lat v Sloveniji. Geodetski vestnik 46, 1/2: 11 – 21.

SEZNAM PRILOG

Priloga A: Koordinate in čas merjenih točk pri enakomernem gibanju

Priloga B: Koordinate in čas merjenih točk pri neenakomernem gibanju

Priloga C: Koordinate točk preračunane na premico pri enakomernem gibanju

Priloga D: Koordinate točk preračunane na premico pri neenakomernem gibanju

Priloga A: Koordinate in čas merjenih točk pri enakomernem gibanju

Točka	Koordinate			Ure	Čas	
	Y [m]	X [m]	H [m]		Minute	Sekunde
400	999,527	1002,541	99,981	10	38	17,74
401	999,527	1002,541	99,981	10	38	19,01
402	999,527	1002,542	99,981	10	38	20,04
403	999,527	1002,541	99,981	10	38	21,33
404	999,521	1002,541	99,981	10	38	22,36
405	999,509	1002,540	99,981	10	38	23,42
406	999,489	1002,537	99,981	10	38	24,68
407	999,478	1002,536	99,981	10	38	25,75
408	999,463	1002,535	99,981	10	38	26,86
409	999,450	1002,533	99,981	10	38	27,89
410	999,438	1002,531	99,981	10	38	28,92
411	999,424	1002,530	99,981	10	38	29,98
412	999,410	1002,529	99,981	10	38	31,01
413	999,396	1002,528	99,981	10	38	32,03
414	999,384	1002,526	99,981	10	38	33,05
415	999,371	1002,525	99,981	10	38	34,08
416	999,358	1002,524	99,981	10	38	35,10
417	999,345	1002,522	99,981	10	38	36,13
418	999,332	1002,521	99,981	10	38	37,16
419	999,318	1002,519	99,981	10	38	38,33
420	999,304	1002,518	99,981	10	38	39,35
421	999,291	1002,517	99,981	10	38	40,38
422	999,278	1002,515	99,981	10	38	41,41
423	999,265	1002,514	99,981	10	38	42,44
424	999,252	1002,512	99,981	10	38	43,48
425	999,239	1002,511	99,981	10	38	44,50
426	999,226	1002,509	99,981	10	38	45,53
427	999,213	1002,507	99,981	10	38	46,56
428	999,200	1002,506	99,981	10	38	47,58
429	999,187	1002,505	99,981	10	38	48,60
430	999,174	1002,503	99,981	10	38	49,62
431	999,160	1002,502	99,981	10	38	50,69
432	999,147	1002,501	99,981	10	38	51,73
433	999,134	1002,499	99,981	10	38	52,75
434	999,119	1002,497	99,981	10	38	53,78
435	999,108	1002,496	99,981	10	38	54,80
436	999,095	1002,495	99,981	10	38	55,83
437	999,082	1002,493	99,981	10	38	56,85
438	999,068	1002,492	99,981	10	38	57,88

439	999,055	1002,491	99,981	10	38	58,90
440	999,043	1002,489	99,981	10	38	59,92
441	999,029	1002,487	99,981	10	39	0,94
442	999,016	1002,486	99,981	10	39	1,98
443	999,003	1002,485	99,981	10	39	3,04
444	998,989	1002,484	99,981	10	39	4,08
445	998,976	1002,483	99,981	10	39	5,16
446	998,962	1002,480	99,981	10	39	6,24
447	998,949	1002,479	99,981	10	39	7,29
448	998,935	1002,478	99,981	10	39	8,29
449	998,922	1002,477	99,981	10	39	9,33
450	998,910	1002,474	99,981	10	39	10,37
451	998,896	1002,474	99,981	10	39	11,38
452	998,883	1002,472	99,981	10	39	12,42
453	998,870	1002,471	99,981	10	39	13,43
454	998,856	1002,469	99,981	10	39	14,48
455	998,843	1002,467	99,981	10	39	15,53
456	998,831	1002,467	99,981	10	39	16,56
457	998,817	1002,465	99,981	10	39	17,58
458	998,805	1002,463	99,981	10	39	18,66
459	998,790	1002,463	99,981	10	39	19,75
460	998,775	1002,459	99,981	10	39	20,78
461	998,764	1002,459	99,981	10	39	21,79
462	998,751	1002,458	99,981	10	39	22,83
463	998,738	1002,456	99,981	10	39	23,85
464	998,725	1002,455	99,981	10	39	24,86
465	998,712	1002,453	99,981	10	39	25,90
466	998,699	1002,452	99,981	10	39	26,93
467	998,684	1002,450	99,981	10	39	27,98
468	998,672	1002,449	99,981	10	39	29,00
469	998,659	1002,448	99,981	10	39	30,03
470	998,646	1002,446	99,981	10	39	31,05
471	998,633	1002,445	99,981	10	39	32,08
472	998,620	1002,443	99,981	10	39	33,10
473	998,607	1002,442	99,981	10	39	34,13
474	998,594	1002,440	99,981	10	39	35,15
475	998,581	1002,439	99,981	10	39	36,18
476	998,568	1002,437	99,981	10	39	37,43
477	998,552	1002,436	99,981	10	39	38,48
478	998,533	1002,434	99,981	10	39	39,99
479	998,519	1002,433	99,981	10	39	41,03
480	998,506	1002,431	99,981	10	39	42,04

481	998,493	1002,430	99,981	10	39	43,06
482	998,480	1002,428	99,981	10	39	44,10
483	998,467	1002,427	99,981	10	39	45,13
484	998,454	1002,425	99,981	10	39	46,15
485	998,440	1002,425	99,981	10	39	47,24
486	998,428	1002,423	99,981	10	39	48,26
487	998,413	1002,421	99,981	10	39	49,35
488	998,400	1002,420	99,981	10	39	50,38
489	998,387	1002,418	99,981	10	39	51,40
490	998,373	1002,417	99,981	10	39	52,48
491	998,360	1002,416	99,981	10	39	53,51
492	998,347	1002,414	99,981	10	39	54,54
493	998,334	1002,413	99,981	10	39	55,56
494	998,321	1002,411	99,981	10	39	56,60
495	998,307	1002,408	99,981	10	39	57,63
496	998,295	1002,408	99,981	10	39	58,65
497	998,282	1002,406	99,981	10	39	59,68
498	998,268	1002,405	99,981	10	40	0,73
499	998,256	1002,404	99,981	10	40	1,74
500	998,242	1002,402	99,981	10	40	2,78
501	998,229	1002,401	99,981	10	40	3,80
502	998,216	1002,399	99,981	10	40	4,87
503	998,203	1002,398	99,981	10	40	5,89
504	998,190	1002,397	99,981	10	40	6,93
505	998,176	1002,396	99,981	10	40	7,95
506	998,163	1002,394	99,981	10	40	8,98
507	998,150	1002,393	99,981	10	40	10,00
508	998,135	1002,391	99,981	10	40	11,24
509	998,122	1002,389	99,982	10	40	12,28
510	998,109	1002,387	99,982	10	40	13,32
511	998,096	1002,388	99,980	10	40	14,36
512	997,991	1002,376	99,981	10	40	22,46
513	997,975	1002,374	99,981	10	40	23,74
514	997,962	1002,372	99,981	10	40	24,76
515	997,945	1002,371	99,981	10	40	26,06
516	997,932	1002,369	99,981	10	40	27,09
517	997,918	1002,368	99,981	10	40	28,11
518	997,903	1002,365	99,981	10	40	29,41
519	997,889	1002,365	99,981	10	40	30,45
520	997,877	1002,363	99,981	10	40	31,48
521	997,863	1002,362	99,981	10	40	32,51
522	997,850	1002,360	99,981	10	40	33,58

523	997,835	1002,358	99,981	10	40	34,70
524	997,821	1002,357	99,981	10	40	35,78
525	997,807	1002,355	99,981	10	40	36,86
526	997,794	1002,354	99,981	10	40	37,90
527	997,781	1002,353	99,981	10	40	38,98
528	997,766	1002,351	99,981	10	40	40,07
529	997,753	1002,350	99,981	10	40	41,09
530	997,740	1002,348	99,981	10	40	42,18
531	997,726	1002,347	99,981	10	40	43,20
532	997,713	1002,345	99,981	10	40	44,23
533	997,700	1002,344	99,981	10	40	45,25
534	997,687	1002,342	99,981	10	40	46,28
535	997,674	1002,341	99,981	10	40	47,36
536	997,660	1002,339	99,981	10	40	48,43
537	997,647	1002,338	99,981	10	40	49,45
538	997,633	1002,337	99,981	10	40	50,48
539	997,620	1002,335	99,981	10	40	51,49
540	997,608	1002,334	99,981	10	40	52,53
541	997,594	1002,333	99,981	10	40	53,56
542	997,581	1002,331	99,981	10	40	54,59
543	997,568	1002,330	99,981	10	40	55,65
544	997,554	1002,328	99,981	10	40	56,68
545	997,541	1002,327	99,981	10	40	57,70
546	997,528	1002,326	99,981	10	40	58,73
547	997,515	1002,324	99,981	10	40	59,75
548	997,502	1002,323	99,981	10	41	0,78
549	997,489	1002,321	99,981	10	41	1,81
550	997,476	1002,319	99,981	10	41	2,88
551	997,461	1002,318	99,981	10	41	3,98
552	997,449	1002,316	99,981	10	41	5,01
553	997,435	1002,315	99,981	10	41	6,08
554	997,413	1002,313	99,981	10	41	7,78
555	997,400	1002,311	99,981	10	41	8,81
556	997,386	1002,309	99,981	10	41	9,90
557	997,371	1002,308	99,981	10	41	10,99
558	997,359	1002,307	99,981	10	41	12,02
559	997,345	1002,305	99,981	10	41	13,10
560	997,331	1002,304	99,981	10	41	14,18
561	997,318	1002,302	99,981	10	41	15,22
562	997,305	1002,301	99,981	10	41	16,29
563	997,292	1002,300	99,981	10	41	17,33
564	997,277	1002,298	99,981	10	41	18,40

565	997,264	1002,296	99,981	10	41	19,49
566	997,250	1002,295	99,981	10	41	20,50
567	997,237	1002,294	99,981	10	41	21,52
568	997,224	1002,292	99,981	10	41	22,55
569	997,210	1002,291	99,981	10	41	23,58
570	997,197	1002,289	99,981	10	41	24,61
571	997,185	1002,289	99,981	10	41	25,69
572	997,170	1002,286	99,981	10	41	26,76
573	997,157	1002,286	99,981	10	41	27,78
574	997,144	1002,284	99,981	10	41	28,82
575	997,130	1002,282	99,981	10	41	29,85
576	997,117	1002,281	99,981	10	41	30,88
577	997,096	1002,279	99,981	10	41	32,51
578	997,083	1002,277	99,981	10	41	33,54
579	997,070	1002,276	99,981	10	41	34,59
580	997,056	1002,274	99,981	10	41	35,61
581	997,044	1002,273	99,981	10	41	36,69
582	997,029	1002,271	99,981	10	41	37,79
583	997,016	1002,270	99,981	10	41	38,81
584	997,003	1002,268	99,981	10	41	39,89
585	996,988	1002,267	99,981	10	41	40,99
586	996,975	1002,265	99,981	10	41	42,01
587	996,961	1002,263	99,981	10	41	43,06
588	996,948	1002,263	99,981	10	41	44,07
589	996,935	1002,261	99,981	10	41	45,14
590	996,921	1002,260	99,981	10	41	46,15
591	996,908	1002,259	99,981	10	41	47,20
592	996,895	1002,257	99,981	10	41	48,26
593	996,881	1002,256	99,981	10	41	49,29
594	996,867	1002,254	99,981	10	41	50,39
595	996,854	1002,253	99,981	10	41	51,41
596	996,841	1002,251	99,981	10	41	52,44
597	996,828	1002,250	99,981	10	41	53,49
598	996,813	1002,247	99,981	10	41	54,59
599	996,800	1002,247	99,981	10	41	55,62
600	996,781	1002,245	99,981	10	41	57,15
601	996,768	1002,243	99,981	10	41	58,15
602	996,755	1002,242	99,981	10	41	59,19
603	996,741	1002,241	99,981	10	42	0,23
604	996,729	1002,239	99,981	10	42	1,29
605	996,713	1002,237	99,981	10	42	2,39
606	996,700	1002,236	99,981	10	42	3,42

607	996,687	1002,235	99,981	10	42	4,49
608	996,673	1002,233	99,981	10	42	5,59
609	996,660	1002,231	99,981	10	42	6,61
610	996,647	1002,230	99,981	10	42	7,65
611	996,633	1002,229	99,981	10	42	8,68
612	996,620	1002,227	99,981	10	42	9,80
613	996,604	1002,226	99,981	10	42	10,89
614	996,592	1002,224	99,981	10	42	11,91
615	996,578	1002,222	99,981	10	42	12,93
616	996,566	1002,221	99,981	10	42	14,00
617	996,551	1002,220	99,981	10	42	15,10
618	996,538	1002,218	99,981	10	42	16,12
619	996,525	1002,217	99,981	10	42	17,22
620	996,510	1002,215	99,981	10	42	18,28
621	996,497	1002,213	99,981	10	42	19,31
622	996,484	1002,212	99,981	10	42	20,33
623	996,465	1002,210	99,981	10	42	21,85
624	996,451	1002,209	99,981	10	42	22,87
625	996,438	1002,206	99,981	10	42	23,90
626	996,425	1002,206	99,981	10	42	24,93
627	996,412	1002,204	99,981	10	42	25,96
628	996,398	1002,203	99,981	10	42	26,99
629	996,386	1002,201	99,981	10	42	28,01
630	996,372	1002,200	99,981	10	42	29,04
631	996,359	1002,199	99,981	10	42	30,05
632	996,346	1002,197	99,981	10	42	31,08
633	996,333	1002,196	99,981	10	42	32,10
634	996,319	1002,193	99,981	10	42	33,13
635	996,302	1002,192	99,981	10	42	34,59
636	996,286	1002,191	99,981	10	42	35,69
637	996,279	1002,190	99,981	10	42	36,71
638	996,279	1002,190	99,981	10	42	37,73
639	996,279	1002,190	99,981	10	42	38,76
640	996,279	1002,190	99,981	10	42	39,79
641	996,279	1002,190	99,981	10	42	40,89
642	996,279	1002,190	99,981	10	42	41,91
643	996,279	1002,190	99,981	10	42	42,99
644	996,279	1002,190	99,981	10	42	44,09
645	996,279	1002,190	99,981	10	42	45,11
646	996,279	1002,190	99,981	10	42	46,50
647	996,279	1002,190	99,981	10	42	47,55
648	996,279	1002,190	99,981	10	42	48,60

649	996,279	1002,190	99,981	10	42	49,70
------------	---------	----------	--------	----	----	-------

Priloga B: Koordinate in čas merjenih točk pri neenakomernem gibanju

Točka	Koordinate			Ure	Čas	
	Y [m]	X [m]	H [m]		Minute	Sekunde
1001	996,277	1002,191	99,981	10	45	35,18
1002	996,278	1002,190	99,981	10	45	35,79
1003	996,278	1002,190	99,981	10	45	35,96
1004	996,278	1002,190	99,981	10	45	36,12
1005	996,278	1002,190	99,981	10	45	36,34
1006	996,278	1002,190	99,981	10	45	36,55
1007	996,278	1002,190	99,981	10	45	36,73
1008	996,278	1002,190	99,981	10	45	36,91
1009	996,278	1002,190	99,981	10	45	37,07
1010	996,278	1002,190	99,981	10	45	37,39
1011	996,278	1002,190	99,981	10	45	37,69
1012	996,278	1002,190	99,981	10	45	38,09
1013	996,278	1002,190	99,981	10	45	38,20
1014	996,277	1002,191	99,981	10	45	38,36
1015	996,278	1002,190	99,981	10	45	38,52
1016	996,278	1002,190	99,981	10	45	38,74
1017	996,278	1002,191	99,981	10	45	38,94
1018	996,280	1002,190	99,981	10	45	39,11
1019	996,285	1002,192	99,981	10	45	39,28
1020	996,297	1002,193	99,981	10	45	39,54
1021	996,315	1002,196	99,981	10	45	39,74
1022	996,325	1002,196	99,981	10	45	39,92
1023	996,355	1002,201	99,981	10	45	40,13
1024	996,371	1002,202	99,981	10	45	40,25
1025	996,388	1002,203	99,981	10	45	40,42
1026	996,428	1002,209	99,981	10	45	40,61
1027	996,468	1002,210	99,981	10	45	40,80
1028	996,595	1002,227	99,981	10	45	41,42
1029	996,625	1002,232	99,981	10	45	41,59
1030	996,649	1002,233	99,981	10	45	41,75
1031	996,698	1002,235	99,981	10	45	41,94
1032	996,753	1002,244	99,981	10	45	42,15
1033	996,777	1002,246	99,981	10	45	42,33
1034	996,823	1002,252	99,981	10	45	42,53
1035	996,864	1002,254	99,981	10	45	42,72
1036	996,888	1002,260	99,981	10	45	42,90
1037	996,932	1002,262	99,981	10	45	43,07
1038	996,955	1002,263	99,981	10	45	43,34
1039	997,029	1002,271	99,981	10	45	43,53

1040	997,056	1002,279	99,981	10	45	43,71
1041	997,105	1002,280	99,981	10	45	43,87
1042	997,164	1002,289	99,981	10	45	44,14
1043	997,191	1002,291	99,981	10	45	44,27
1044	997,219	1002,292	99,981	10	45	44,37
1045	997,249	1002,292	99,981	10	45	44,58
1046	997,312	1002,302	99,981	10	45	44,75
1047	997,349	1002,311	99,981	10	45	44,88
1048	997,407	1002,313	99,981	10	45	45,06
1049	997,436	1002,315	99,981	10	45	45,29
1050	997,505	1002,326	99,981	10	45	45,46
1051	997,566	1002,328	99,981	10	45	45,74
1052	997,636	1002,340	99,981	10	45	46,31
1053	997,957	1002,379	99,981	10	45	46,88
1054	997,993	1002,377	99,981	10	45	47,09
1055	998,070	1002,389	99,981	10	45	47,38
1056	998,202	1002,399	99,981	10	45	47,61
1057	998,251	1002,405	99,981	10	45	47,80
1058	998,367	1002,419	99,981	10	45	48,12
1059	998,483	1002,432	99,981	10	45	48,50
1060	998,517	1002,434	99,981	10	45	48,70
1061	998,661	1002,449	99,981	10	45	49,06
1062	998,695	1002,452	99,981	10	45	49,25
1063	998,767	1002,462	99,981	10	45	49,49
1064	998,866	1002,472	99,981	10	45	49,77
1065	998,923	1002,476	99,981	10	45	49,98
1066	999,017	1002,487	99,981	10	45	50,29
1067	999,055	1002,493	99,981	10	45	50,48
1068	999,078	1002,494	99,981	10	45	50,67
1069	999,124	1002,498	99,981	10	45	50,89
1070	999,181	1002,504	99,981	10	45	51,07
1071	999,227	1002,510	99,981	10	45	51,28
1072	999,274	1002,514	99,981	10	45	51,47
1073	999,291	1002,516	99,981	10	45	51,69
1074	999,330	1002,521	99,981	10	45	51,88
1075	999,358	1002,524	99,981	10	45	52,09
1076	999,385	1002,527	99,981	10	45	52,28
1077	999,396	1002,528	99,981	10	45	52,48
1078	999,420	1002,530	99,981	10	45	52,70
1079	999,437	1002,532	99,981	10	45	52,88
1080	999,453	1002,533	99,981	10	45	53,09
1081	999,457	1002,534	99,981	10	45	53,22

1082	999,464	1002,535	99,981	10	45	53,41
1083	999,465	1002,535	99,981	10	45	53,64
1084	999,465	1002,535	99,981	10	45	53,82
1085	999,465	1002,535	99,981	10	45	54,01
1086	999,465	1002,535	99,981	10	45	54,18
1087	999,465	1002,535	99,981	10	45	54,37
1088	999,465	1002,535	99,981	10	45	54,54
1100	999,465	1002,535	99,981	10	46	30,29
1101	999,465	1002,536	99,981	10	46	30,44
1102	999,465	1002,536	99,981	10	46	30,67
1103	999,465	1002,536	99,981	10	46	30,84
1104	999,465	1002,536	99,981	10	46	31,00
1105	999,465	1002,535	99,981	10	46	31,54
1106	999,465	1002,535	99,981	10	46	31,71
1107	999,465	1002,535	99,981	10	46	31,86
1108	999,465	1002,535	99,981	10	46	32,04
1109	999,465	1002,535	99,981	10	46	32,22
1110	999,465	1002,535	99,981	10	46	32,40
1111	999,465	1002,536	99,981	10	46	32,64
1112	999,465	1002,535	99,981	10	46	32,87
1113	999,465	1002,535	99,981	10	46	33,06
1114	999,464	1002,535	99,981	10	46	33,22
1115	999,448	1002,534	99,981	10	46	33,84
1116	999,442	1002,532	99,981	10	46	33,95
1117	999,436	1002,532	99,981	10	46	34,12
1118	999,430	1002,532	99,981	10	46	34,29
1119	999,415	1002,529	99,981	10	46	34,45
1120	999,408	1002,528	99,981	10	46	34,63
1121	999,394	1002,527	99,981	10	46	34,81
1122	999,382	1002,525	99,981	10	46	35,01
1123	999,376	1002,525	99,981	10	46	35,18
1124	999,358	1002,523	99,981	10	46	35,35
1125	999,349	1002,522	99,981	10	46	35,52
1126	999,332	1002,521	99,981	10	46	35,76
1127	999,307	1002,518	99,981	10	46	36,15
1128	999,285	1002,514	99,981	10	46	36,32
1129	999,261	1002,513	99,981	10	46	36,55
1130	999,144	1002,498	99,981	10	46	37,18
1131	999,081	1002,492	99,981	10	46	37,47
1132	999,023	1002,487	99,981	10	46	37,66
1133	998,992	1002,484	99,981	10	46	37,84
1134	998,910	1002,474	99,981	10	46	38,05

1135	998,786	1002,458	99,981	10	46	38,38
1136	998,747	1002,456	99,981	10	46	38,62
1137	998,580	1002,439	99,981	10	46	38,95
1138	998,541	1002,435	99,981	10	46	39,21
1139	998,373	1002,416	99,981	10	46	39,53
1140	998,330	1002,410	99,981	10	46	39,70
1141	998,268	1002,407	99,981	10	46	39,93
1142	998,214	1002,403	99,981	10	46	40,11
1143	998,185	1002,396	99,981	10	46	40,30
1144	998,143	1002,392	99,981	10	46	40,47
1145	998,101	1002,387	99,982	10	46	40,64
1146	998,057	1002,381	99,981	10	46	40,92
1147	998,041	1002,382	99,981	10	46	41,10
1148	998,027	1002,381	99,981	10	46	41,27
1149	997,992	1002,376	99,981	10	46	41,50
1150	997,975	1002,375	99,981	10	46	41,64
1151	997,940	1002,370	99,981	10	46	41,83
1152	997,924	1002,369	99,981	10	46	41,98
1153	997,804	1002,355	99,981	10	46	42,55
1154	997,769	1002,349	99,981	10	46	42,69
1155	997,737	1002,348	99,981	10	46	42,86
1156	997,693	1002,337	99,981	10	46	43,04
1157	997,617	1002,334	99,981	10	46	43,23
1158	997,576	1002,333	99,981	10	46	43,46
1159	997,481	1002,318	99,981	10	46	43,62
1160	997,389	1002,310	99,981	10	46	43,83
1161	997,294	1002,298	99,981	10	46	44,02
1162	997,249	1002,296	99,981	10	46	44,18
1163	997,147	1002,280	99,981	10	46	44,39
1164	997,099	1002,279	99,981	10	46	44,52
1165	996,996	1002,263	99,981	10	46	44,70
1166	996,950	1002,262	99,981	10	46	44,89
1167	996,864	1002,249	99,981	10	46	45,15
1168	996,794	1002,245	99,981	10	46	45,33
1169	996,720	1002,235	99,981	10	46	45,52
1170	996,689	1002,234	99,981	10	46	45,69
1171	996,629	1002,228	99,981	10	46	45,88
1172	996,600	1002,224	99,981	10	46	46,07
1173	996,542	1002,215	99,981	10	46	46,30
1174	996,492	1002,212	99,981	10	46	46,49
1175	996,442	1002,205	99,981	10	46	46,69
1176	996,401	1002,203	99,981	10	46	46,88

1177	996,383	1002,202	99,981	10	46	47,11
1178	996,347	1002,197	99,981	10	46	47,34
1179	996,288	1002,192	99,981	10	46	47,78
1180	996,282	1002,190	99,981	10	46	47,97
1181	996,276	1002,190	99,981	10	46	48,24
1182	996,275	1002,190	99,981	10	46	48,53
1183	996,275	1002,190	99,981	10	46	48,76
1184	996,275	1002,190	99,981	10	46	48,94
1185	996,275	1002,190	99,981	10	46	49,13
1186	996,275	1002,190	99,981	10	46	49,44
1187	996,275	1002,190	99,981	10	46	49,62
1188	996,275	1002,190	99,981	10	46	49,90
1189	996,275	1002,190	99,981	10	46	50,10

Priloga C: Koordinate točk preračunane na premico pri enakomernem gibanju

Točka	y [m]	x [m]	Točka	y [m]	x [m]	Točka	y [m]	x [m]
400	999,528	1002,541	484	998,454	1002,425	568	997,224	1002,292
401	999,528	1002,541	485	998,441	1002,423	569	997,210	1002,291
402	999,527	1002,541	486	998,428	1002,422	570	997,197	1002,289
403	999,527	1002,541	487	998,413	1002,420	571	997,185	1002,288
404	999,521	1002,540	488	998,400	1002,419	572	997,170	1002,286
405	999,509	1002,539	489	998,387	1002,418	573	997,157	1002,285
406	999,489	1002,537	490	998,374	1002,416	574	997,144	1002,283
407	999,478	1002,535	491	998,360	1002,415	575	997,130	1002,282
408	999,463	1002,534	492	998,347	1002,413	576	997,117	1002,280
409	999,450	1002,532	493	998,334	1002,412	577	997,096	1002,278
410	999,438	1002,531	494	998,321	1002,410	578	997,083	1002,277
411	999,424	1002,529	495	998,307	1002,409	579	997,070	1002,275
412	999,411	1002,528	496	998,295	1002,408	580	997,056	1002,274
413	999,396	1002,527	497	998,282	1002,406	581	997,044	1002,273
414	999,384	1002,525	498	998,268	1002,405	582	997,029	1002,271
415	999,371	1002,524	499	998,256	1002,403	583	997,016	1002,270
416	999,358	1002,522	500	998,242	1002,402	584	997,003	1002,268
417	999,345	1002,521	501	998,230	1002,401	585	996,988	1002,267
418	999,332	1002,520	502	998,216	1002,399	586	996,975	1002,265
419	999,318	1002,518	503	998,203	1002,398	587	996,961	1002,264
420	999,304	1002,517	504	998,190	1002,396	588	996,948	1002,262
421	999,291	1002,515	505	998,176	1002,395	589	996,935	1002,261
422	999,278	1002,514	506	998,163	1002,393	590	996,921	1002,259
423	999,265	1002,512	507	998,150	1002,392	591	996,908	1002,258
424	999,253	1002,511	508	998,135	1002,390	592	996,895	1002,256
425	999,239	1002,510	509	998,122	1002,389	593	996,881	1002,255
426	999,226	1002,508	510	998,109	1002,388	594	996,867	1002,253
427	999,213	1002,507	511	998,096	1002,386	595	996,854	1002,252
428	999,200	1002,505	512	997,992	1002,375	596	996,841	1002,251
429	999,187	1002,504	513	997,975	1002,373	597	996,828	1002,249
430	999,174	1002,502	514	997,962	1002,372	598	996,813	1002,248
431	999,160	1002,501	515	997,946	1002,370	599	996,800	1002,246
432	999,148	1002,500	516	997,932	1002,368	600	996,781	1002,244
433	999,134	1002,498	517	997,918	1002,367	601	996,768	1002,243
434	999,119	1002,497	518	997,903	1002,365	602	996,755	1002,241
435	999,108	1002,495	519	997,889	1002,364	603	996,741	1002,240
436	999,095	1002,494	520	997,877	1002,362	604	996,729	1002,239
437	999,082	1002,493	521	997,863	1002,361	605	996,713	1002,237
438	999,068	1002,491	522	997,850	1002,360	606	996,701	1002,236
439	999,056	1002,490	523	997,835	1002,358	607	996,687	1002,234

440	999,043	1002,488	524	997,822	1002,357	608	996,673	1002,233
441	999,029	1002,487	525	997,807	1002,355	609	996,660	1002,231
442	999,016	1002,486	526	997,794	1002,354	610	996,647	1002,230
443	999,003	1002,484	527	997,781	1002,352	611	996,633	1002,228
444	998,989	1002,483	528	997,766	1002,351	612	996,620	1002,227
445	998,976	1002,481	529	997,753	1002,349	613	996,605	1002,225
446	998,962	1002,480	530	997,740	1002,348	614	996,592	1002,224
447	998,949	1002,478	531	997,726	1002,346	615	996,578	1002,222
448	998,935	1002,477	532	997,713	1002,345	616	996,566	1002,221
449	998,923	1002,475	533	997,700	1002,343	617	996,551	1002,219
450	998,910	1002,474	534	997,687	1002,342	618	996,538	1002,218
451	998,896	1002,473	535	997,674	1002,341	619	996,525	1002,217
452	998,883	1002,471	536	997,660	1002,339	620	996,510	1002,215
453	998,870	1002,470	537	997,647	1002,338	621	996,496	1002,213
454	998,856	1002,468	538	997,633	1002,336	622	996,484	1002,212
455	998,843	1002,467	539	997,620	1002,335	623	996,465	1002,210
456	998,831	1002,465	540	997,608	1002,333	624	996,451	1002,209
457	998,817	1002,464	541	997,594	1002,332	625	996,438	1002,207
458	998,805	1002,463	542	997,581	1002,331	626	996,425	1002,206
459	998,790	1002,461	543	997,568	1002,329	627	996,412	1002,204
460	998,775	1002,459	544	997,554	1002,328	628	996,399	1002,203
461	998,764	1002,458	545	997,541	1002,326	629	996,386	1002,202
462	998,751	1002,457	546	997,528	1002,325	630	996,372	1002,200
463	998,738	1002,455	547	997,515	1002,323	631	996,359	1002,199
464	998,725	1002,454	548	997,502	1002,322	632	996,346	1002,197
465	998,712	1002,453	549	997,489	1002,321	633	996,333	1002,196
466	998,699	1002,451	550	997,476	1002,319	634	996,319	1002,194
467	998,684	1002,450	551	997,461	1002,318	635	996,302	1002,193
468	998,672	1002,448	552	997,449	1002,316	636	996,286	1002,191
469	998,659	1002,447	553	997,435	1002,315	637	996,279	1002,190
470	998,646	1002,446	554	997,413	1002,312	638	996,279	1002,190
471	998,633	1002,444	555	997,400	1002,311	639	996,279	1002,190
472	998,620	1002,443	556	997,386	1002,310	640	996,279	1002,190
473	998,607	1002,441	557	997,371	1002,308	641	996,279	1002,190
474	998,594	1002,440	558	997,359	1002,307	642	996,279	1002,190
475	998,582	1002,439	559	997,345	1002,305	643	996,279	1002,190
476	998,568	1002,437	560	997,331	1002,304	644	996,279	1002,190
477	998,552	1002,435	561	997,318	1002,302	645	996,279	1002,190
478	998,533	1002,433	562	997,305	1002,301	646	996,279	1002,190
479	998,519	1002,432	563	997,292	1002,299	647	996,279	1002,190
480	998,506	1002,430	564	997,277	1002,298	648	996,279	1002,190
481	998,493	1002,429	565	997,264	1002,296	649	996,279	1002,190

482	998,480	1002,428	566	997,250	1002,295
483	998,467	1002,426	567	997,237	1002,293

Priloga D: Koordinate točk preračunane na premico pri neenakomernem gibanju

Točka	y [m]	x [m]	Točka	y [m]	x [m]	Točka	y [m]	x [m]
1001	996,277	1002,190	1061	998,661	1002,447	1132	999,023	1002,486
1002	996,278	1002,190	1062	998,695	1002,451	1133	998,992	1002,483
1003	996,278	1002,190	1063	998,768	1002,459	1134	998,910	1002,474
1004	996,278	1002,190	1064	998,867	1002,469	1135	998,785	1002,461
1005	996,278	1002,190	1065	998,923	1002,475	1136	998,747	1002,456
1006	996,278	1002,190	1066	999,017	1002,486	1137	998,580	1002,438
1007	996,278	1002,190	1067	999,055	1002,490	1138	998,541	1002,434
1008	996,278	1002,190	1068	999,078	1002,492	1139	998,373	1002,416
1009	996,278	1002,190	1069	999,124	1002,497	1140	998,330	1002,411
1010	996,278	1002,190	1070	999,181	1002,503	1141	998,268	1002,405
1011	996,278	1002,190	1071	999,227	1002,508	1142	998,214	1002,399
1012	996,278	1002,190	1072	999,274	1002,513	1143	998,185	1002,396
1013	996,278	1002,190	1073	999,291	1002,515	1144	998,143	1002,391
1014	996,277	1002,190	1074	999,330	1002,519	1145	998,101	1002,387
1015	996,278	1002,190	1075	999,358	1002,522	1146	998,057	1002,382
1016	996,278	1002,190	1076	999,386	1002,525	1147	998,041	1002,380
1017	996,278	1002,190	1077	999,396	1002,527	1148	998,027	1002,379
1018	996,280	1002,190	1078	999,421	1002,529	1149	997,992	1002,375
1019	996,286	1002,191	1079	999,437	1002,531	1150	997,975	1002,373
1020	996,297	1002,192	1080	999,453	1002,533	1151	997,940	1002,369
1021	996,315	1002,194	1081	999,457	1002,533	1152	997,924	1002,368
1022	996,326	1002,195	1082	999,464	1002,534	1153	997,804	1002,355
1023	996,355	1002,198	1083	999,465	1002,534	1154	997,768	1002,351
1024	996,371	1002,200	1084	999,465	1002,534	1155	997,737	1002,347
1025	996,388	1002,202	1085	999,465	1002,534	1156	997,693	1002,343
1026	996,428	1002,206	1086	999,465	1002,534	1157	997,617	1002,334
1027	996,468	1002,210	1087	999,465	1002,534	1158	997,577	1002,330
1028	996,595	1002,224	1088	999,465	1002,534	1159	997,481	1002,320
1029	996,626	1002,227	1100	999,465	1002,534	1160	997,390	1002,310
1030	996,649	1002,230	1101	999,465	1002,534	1161	997,294	1002,300
1031	996,698	1002,235	1102	999,465	1002,534	1162	997,249	1002,295
1032	996,753	1002,241	1103	999,465	1002,534	1163	997,146	1002,284
1033	996,777	1002,244	1104	999,465	1002,534	1164	997,099	1002,279
1034	996,824	1002,249	1105	999,465	1002,534	1165	996,996	1002,267
1035	996,864	1002,253	1106	999,465	1002,534	1166	996,950	1002,262
1036	996,888	1002,256	1107	999,465	1002,534	1167	996,864	1002,253
1037	996,932	1002,260	1108	999,465	1002,534	1168	996,794	1002,246
1038	996,955	1002,263	1109	999,465	1002,534	1169	996,720	1002,238
1039	997,029	1002,271	1110	999,465	1002,534	1170	996,689	1002,234

1040	997,056	1002,274	1111	999,465	1002,534	1171	996,629	1002,228
1041	997,106	1002,279	1112	999,465	1002,534	1172	996,600	1002,225
1042	997,164	1002,286	1113	999,465	1002,534	1173	996,541	1002,218
1043	997,191	1002,288	1114	999,465	1002,534	1174	996,492	1002,213
1044	997,219	1002,291	1115	999,448	1002,532	1175	996,442	1002,208
1045	997,249	1002,295	1116	999,442	1002,531	1176	996,401	1002,203
1046	997,312	1002,302	1117	999,436	1002,531	1177	996,383	1002,201
1047	997,349	1002,306	1118	999,430	1002,530	1178	996,347	1002,197
1048	997,407	1002,312	1119	999,415	1002,529	1179	996,288	1002,191
1049	997,436	1002,315	1120	999,408	1002,528	1180	996,282	1002,190
1050	997,506	1002,322	1121	999,394	1002,526	1181	996,276	1002,190
1051	997,566	1002,329	1122	999,382	1002,525	1182	996,275	1002,190
1052	997,636	1002,337	1123	999,376	1002,524	1183	996,275	1002,190
1053	997,957	1002,371	1124	999,358	1002,522	1184	996,275	1002,190
1054	997,993	1002,375	1125	999,349	1002,521	1185	996,275	1002,190
1055	998,071	1002,383	1126	999,332	1002,520	1186	996,275	1002,190
1056	998,203	1002,398	1127	999,308	1002,517	1187	996,275	1002,190
1057	998,251	1002,403	1128	999,285	1002,514	1188	996,275	1002,190
1058	998,368	1002,415	1129	999,262	1002,512	1189	996,275	1002,190
1059	998,483	1002,428	1130	999,144	1002,499			
1060	998,517	1002,432	1131	999,081	1002,492			