

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:

Moderc, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Petrovič, D.): 68 str.

Datum arhiviranja: 09-09-2016

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:

Moderc, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Petrovič, D.): 68 pp.

Archiving Date: 09-09-2016

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 GEODEZIJA
SMER GEODEZIJA

Kandidat:

JERNEJ MODERC

**PRIMERJAVA PODATKOV O SKUPNEM VZPONU
VZDOLŽ POSNETIH GPS-SLEDI GLEDE NA METODO
DOLOČITVE**

Diplomska naloga št.: 990/G

**COMPARISON OF DATA ON THE TOTAL ASCENT
ALONG THE RECORDED GPS TRACKS DEPENDING
ON THE METHOD OF DETERMINING**

Graduation thesis No.: 990/G

Mentor:

doc. dr. Dušan Petrovič

Somentorica:

doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

Ljubljana, 06. 09. 2016

I

Moderer, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve.
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

Spodaj podpisani/-a študent/-ka _____, vpisna številka _____, avtor/-ica pisnega zaključnega dela študija z naslovom:

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

- a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;

- b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: _____

Datum: _____

Podpis študenta/-ke:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.2:528.7(497.4)(043.2)
Avtor:	Jernej Moderc
Mentor:	doc. dr. Dušan Petrovič
Somentor:	doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
Naslov:	Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	68 str., 11 pregl., 35 sl., 20 graf., 2 pril.
Ključne besede:	GPS-sled, skupni vzpon, <i>Google Zemlja</i>, višinski profil

Izvilleček:

V diplomski nalogi smo obravnavali podatke o skupnem vzponu vzdolž 250 posnetih GPS-sledi, zajetih na območju zahodne Slovenije. GPS-sledi so bile posnete z enostavnim enofrekvenčnim kodnim GPS-snemalnikom *Qstarz BT-Q1000P*, s kriterijem zajema 10 m oddaljenosti od predhodno posnete točke. Iz tako posnetih GPS-sledi smo izračunali skupni vzpon na različne načine, in sicer: direktno iz posnetih elipsoidnih višin, z uporabo različnih pragov poenostavitve višinskega profila, s pomočjo programa *Google Zemlja* v načinu prikaza posnete GPS-sledi "Absolutno" oz. "Pritrjeno na tla", torej na SRTM 90 m, ter s polaganjem na podatke DMV 1 m iz nedavnega ALS snemanja Slovenije, ki smo jih uporabili kot referenčne. Ovrednotili smo ustreznost posamezne metode določitve skupnega vzpona ter empirično določili korekcijske faktorje za zagotovitev skladnosti podatkov o skupnem vzponu z referenčnimi vrednostmi ter njihove medsebojne primerljivosti. Na osnovi agregatne obdelave 250 posnetih GPS-sledi smo ugotovili, da je potrebno podatek o skupnem vzponu, izračunan iz izvorno posnete, nepopravljene GPS-sledi, v povprečju zmanjšati za 20 %, da pridobimo vrednost, primerljivo z referenčno. Podatki o skupnem vzponu, dobljeni s programom *Google Zemlja* v načinu "Pritrjeno na tla" oz. izračunani s pragom poenostavitve 15 m, pa so zaradi bolj generaliziranega modela reliefa oz. višinskega profila v povprečju premajhni in jih je zato potrebno za primerljivost z referenčnimi vrednostmi v povprečju povečati za 20 %. Vsota odstopanj od izračunanih referenčnih vrednosti skupnih vzponov pa je v povprečju najmanjša pri metodi določitve s 5-metrskim pragom poenostavitve višinskega profila.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 528.2:528.7(497.4)(043.2)
Author: Jernej Moderc
Supervisor: assist. prof. Dušan Petrovič, Ph.D.
Cosupervisor: assist. prof. Polona Pavlovčič Prešeren, Ph.D.
Title: Comparison of data on the total ascent along the recorded GPS tracks depending on the method of determining
Document type: Graduation Thesis – University studies
Scope and tools: 68 p., 11 tab., 35 fig., 20 graph., 2 ann.
Keywords: GPS track, total ascent, *Google Earth*, height profile

Abstract:

In this thesis, we discuss data on the total ascent along 250 recorded GPS tracks, situated in western Slovenia. GPS tracks were recorded with a simple single-frequency code GPS recorder *Qstarz BT-Q1000P* with distance criteria of 10 m from the previously recorded point. From all recorded GPS tracks, we calculated the total ascent in different ways, namely directly from the recorded ellipsoidal heights, using different thresholds of height profile simplification, with the help of *Google Earth* in view mode of the recorded GPS track “*Absolute*” or “*Clamped to ground*”, meaning on the SRTM 90 m, and by laying the GPS tracks on DMV 1 m data from a recent recording of Slovenia with ALS, which we used as a reference. We evaluated the suitability of a particular method of determining the total ascent and empirically determined correction factors to ensure comparability of data with reference values and their mutual comparability. Based on the aggregated processing of 250 recorded GPS tracks, we found out that the total ascent, calculated from originally recorded, uncorrected GPS tracks, has to be reduced for 20 % on average, to get a value that is comparable to the reference. Total ascents, obtained with *Google Earth* in view mode “*Clamped to ground*” or calculated by the simplification threshold of 15 m, are on average too small due to more generalized terrain model or height profile, therefore it is necessary to increase them for 20 % on average to ensure the comparison with the reference values. It turns out that the sum of deviations, calculated by comparing each total ascent to its reference value, is on average the smallest when total ascent is determined using 5 m threshold of height profile simplification.

V

Moderic, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve.
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

Zahvala

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Dušanu Petroviču za njegovo pripravljenost, odzivnost, pomoč in vodenje ter somentorici doc. dr. Poloni Pavlovčič Prešeren za skrben pregled naloge in konstruktivne predloge.

Hvaležen sem tudi Sandiju, ki mi je predstavil potencial kolesarjenja s karto in GPS-snemalnikom ter vsem prijateljem, s katerimi smo skupaj prekolesarili marsikateri vzpon, obravnavan v tej nalogi – lepo je bilo!

Nina in Marjan – največja zahvala pa gre seveda vama.

Nalogo posvečam atitu.

Kazalo vsebine

1 UVOD.....	1
1. 1 Namen in cilji naloge.....	1
1. 2 Hipoteza	2
2 METODE DOLOČITVE SKUPNEGA VZPONA NA POTI	3
2. 1 Metode izračuna skupnega vzpona.....	4
2. 1. 1 Izračun skupnega vzpona iz nepopravljenih višinskih razlik.....	4
2. 1. 2 Izračun skupnega vzpona z glajenjem (ang. <i>Smoothing</i>) višinskega profila.....	5
2. 1. 3 Izračun skupnega vzpona s poenostavljanjem višinskega profila	7
2. 1. 4 Izračun skupnega vzpona s polaganjem na DMV	7
2. 1. 5 Hkratna uporaba več metod	8
2. 2 Uporabljene metode.....	9
3 ZAJEM PODATKOV Z ROČNIMI NAPRAVAMI GNSS	10
3. 1 Opis in delovanje ročnih sprejemnikov GNSS.....	10
3. 2 Uporabljen GPS-snemalnik <i>Qstarz BT-Q1000P</i>	10
3. 3 Kriteriji zajema položajev točk.....	11
3. 4 Vplivi na kakovost meritev.....	11
3. 5 Odkrivanje in odpravljanje tipičnih napak zajema GPS-sledi	12
3. 6 Priprava podatkov za obdelavo	14
3. 7 GPX-format zapisa	15
4 IZRAČUN SKUPNEGA VZPONA S PROGRAMOM <i>TRACKAN</i>	16
4. 1 Opis programa <i>Trackan</i>	16
4. 2 PLT-format zapisa	16
4. 3 Izračun podatka o skupnem vzponu.....	17
4. 4 Izris poenostavljenega višinskega profila	18
5 IZRAČUN SKUPNEGA VZPONA S PROGRAMOM <i>GOOGLE ZEMLJA</i>	19
5. 1. Delovanje programa <i>Google Zemlja</i>	19
5. 2 KML/KMZ-format zapisa	19
5. 3 Opis modela terena SRTM.....	20

5. 4 Nastavitev višine GPS-sledi.....	21
5. 4. 1 Način prikaza “Pritrjeno na tla”	25
5. 4. 2 Način prikaza “Absolutno”	26
5. 5 Izris interaktivnega višinskega profila.....	27
6 IZRAČUN SKUPNEGA VZPONA IZ DRŽAVNEGA MODELA VIŠIN.....	30
6. 1 Opis državnega modela višin	30
6. 2 Priprava podatkov	31
6. 3 Postopek obdelave	32
7 OBRAVNAVA SKUPNEGA VZPONA.....	33
7. 1 Predstavitev značilnosti baze GPS-sledi za raziskavo	33
7. 2 Izračun skupnega vzpona po različnih metodah	35
7. 3 Izračun odstopanj glede na referenčne vrednosti iz lidarskega DMV-ja	39
7. 3. 1 Korekcijski faktorji.....	39
8 PONOVLJIVOST REZULTATOV VEČKRAT POSNETE GPS-SLEDI ISTE TRASE	45
8. 1 Primer sedemkrat ponovljene 12 km trase.....	46
8. 2 Primer petkrat ponovljene 30 km trase.....	48
9 INDIVIDUALNA OBRAVNAVA KONKRETNE GPS-SLEDI NA OBMOČJU KRASA.....	51
9. 1. Potek izračuna skupnega vzpona iz vektorskih plastnic.....	52
10 ANALIZA IN OVREDNOTENJE REZULTATOV	55
11 ZAKLJUČEK	61
11. 1 Preverba hipoteze.....	61
11. 2 Posledice ugotovitev	61
11. 3 Možnost nadaljnjih raziskav	62
VIRI.....	66

Kazalo preglednic:

Preglednica 1: Izračun geoidnih ondulacij najvišje in najnižje točke v GPS-sledi ID 199.....	24
Preglednica 2: Nivo skladnosti višinskih podatkov iz programa Google Zemlja glede na izvorno zajete podatke ter SLOG2000.....	25
Preglednica 3: Vrednosti skupnih vzponov glede na metodo določitve.....	37
Preglednica 4: Odstopanja od referenčnih vrednosti, vezanih na višine iz lidarskega DMV-ja.	39
Preglednica 5: Korekcijski faktorji.....	40
Preglednica 6: Poenostavljeni korekcijski faktorji.....	42
Preglednica 7: Kontrola ustreznosti korekcijskih faktorjev na vzorcu desetih GPS-sledi.	43
Preglednica 8: Ponovljivost podatka skupnega vzpona na primeru 12 km dolge sledi.	47
Preglednica 9: Ponovljivost podatka skupnega vzpona za 30 km dolgo sled.....	49
Preglednica 10: Skupni vzpon glede na metodo določitve.....	53
Preglednica 11: Kontrola ustreznosti formul za izračun popravkov na vzorcu desetih GPS-sledi.	59

Kazalo grafikonov:

Grafikon 1: Razvrstitev GPS-sledi po dolžini.	34
Grafikon 2: Razvrstitev GPS-sledi po skupnem vzponu (iz lidarskega DMV-ja).....	34
Grafikon 3: Razvrstitev GPS-sledi po povprečnem nagibu.	35
Grafikon 4: Razmerje med izračunanim in referenčnim skupnim vzponom glede na prag poenostavitve.....	38
Grafikon 5: Potreben korekcijski faktor glede na prag poenostavitve višinskega profila za zagotovitev skladnosti z izračunom iz višin iz lidarskega DMV-ja.	40
Grafikon 6: Odstopanja pri $PP = 0$ m.....	55
Grafikon 7: Odstopanja pri $PP = 0,3$ m.....	55
Grafikon 8: Odstopanja pri $PP = 1$ m.....	56
Grafikon 9: Odstopanja pri $PP = 5$ m.....	56
Grafikon 10: Odstopanja pri $PP = 10$ m.....	56
Grafikon 11: Odstopanja pri $PP = 15$ m.....	56
Grafikon 12: Odstopanja pri $PP = 20$ m.....	56
Grafikon 13: Odstopanja pri $PP = 25$ m.....	56
Grafikon 14: Odstopanja pri $PP = 30$ m.....	57
Grafikon 15: Odstopanja pri $PP = 35$ m.....	57
Grafikon 16: Odstopanja pri $PP = 40$ m.....	57
Grafikon 17: Odstopanja pri $PP = 50$ m.....	57
Grafikon 18: Odstopanja pri $PP = 60$ m.....	57
Grafikon 19: Odstopanja pri "Pritrjeno na tla".	58
Grafikon 20: Odstopanja pri "Absolutno".	58

Kazalo slik:

Slika 1: Metode določitve skupnega vzpona iz GPS-sledi	4
Slika 2: Glajenje preko 5 točk.....	6
Slika 3: Glajenje preko 100 točk.....	6
Slika 4: Glajenje preko 500 točk.....	6
Slika 5: Glajenje preko 1000 točk.....	6
Slika 6: Uporabljen GPS-snemalnik <i>Qstarz BT-Q1000P</i>	11
Slika 7: Napaka zajema, vidna v načinu prikaza " <i>Absolutno</i> ".....	13
Slika 8: Odpravljena napaka zajema, prikaz " <i>Absolutno</i> ".....	13
Slika 9: Napaka zajema, vidna v načinu prikaza " <i>Pritrjeno na tla</i> ".....	13
Slika 10: Odpravljena napaka zajema, prikaz " <i>Pritrjeno na tla</i> ".....	13
Slika 11: "Vozel", viden v načinu prikaza " <i>Absolutno</i> ".....	13
Slika 12: "Vozel", prikaz " <i>Pritrjeno na tla</i> ".....	13
Slika 13: Odpravljen "vozel", način prikaza " <i>Absolutno</i> ".....	14
Slika 14: "Greben", viden v načinu prikaza " <i>Absolutno</i> ".....	14
Slika 15: Napaka zajema zaradi izgube GPS-signala v predoru, vidna v načinu prikaza " <i>Absolutno</i> ".....	14
Slika 16: Napaka zajema zaradi izgube GPS-signala v predoru, način prikaza " <i>Pritrjeno na tla</i> ".....	14
Slika 17: Izgled GPX-formata zapisa GPS-sledi z označenim podatkom o elipsoidni višini posnete točke v metrih.....	15
Slika 18: Izgled PLT-formata zapisa GPS-sledi z označenim podatkom o elipsoidni višini posnete točke v čevljih.....	16
Slika 19: Višinski profil vzorčne GPS-sledi, obdelan s pragom poenostavitve 5 m.....	17
Slika 20: Višinski profil iste vzorčne GPS-sledi, obdelan s pragom poenostavitve 25 m.....	18
Slika 21: Višinski profil iste vzorčne GPS-sledi, obdelan s pragom poenostavitve 50 m.....	18
Slika 22: Izgled KML-formata zapisa GPS-sledi z označenim podatkom o elipsoidni višini posnete točke v metrih.....	19
Slika 23: Kombiniran prikaz višinskega profila ter spreminjanja hitrosti za GPS-sledi v formatu GPX ali PLT.....	20
Slika 24: Določitev nadmorske višine iz elipsoidne (GPS) višine (Režek et. al., 2015).....	22
Slika 25: Izgled GPS-sledi v načinu prikaza " <i>Pritrjeno na tla</i> ".....	26
Slika 26: Izgled GPS-sledi v načinu prikaza " <i>Absolutno</i> ".....	26
Slika 27: GPS-sled v načinu višinskega prikaza " <i>Absolutno</i> ".....	27
Slika 28: GPS-sled v načinu višinskega prikaza " <i>Pritrjeno na tla</i> ".....	27
Slika 29: Izgled GPS-sledi in njenega višinskega profila v načinu prikaza " <i>Pritrjeno na tla</i> ".....	28

Slika 30: Izgled GPS-sledi in njenega višinskega profila v načinu prikaza "Absolutno".	29
Slika 31: Prikaz obravnavanih GPS-sledi na izdelani upodobivi reliefa.	33
Slika 32: Sedemkrat posneta 12 km trasa.	46
Slika 33: Petkrat posneta 30 km trasa.	48
Slika 34: Prikaz konfiguracije terena na območju individualno obravnavane GPS-sledi v programu <i>Google Zemlja</i>	51
Slika 35: Prikaz konfiguracije terena na območju individualno obravnavane GPS-sledi s plastnicami DTK 25, položenimi na DMV 1 m.	52

SEZNAM PRILOG

- Priloga A: Preglednica z izračunanimi skupnimi vzponi glede na metodo določitve.
- Priloga B: Preglednica z izračunanimi vrednostmi odstopanj skupnega vzpona glede na vrednost skupnega vzpona, določeno iz LIDAR 1 m.

KRATICE

GNSS	ang. Global Navigation Satellite System (globalni navigacijski satelitski sistem)
GPS	ang. Global Positioning System (sistem globalnega pozicioniranja)
PLT	ang. OziExplorer Plot File (format zapisa OziExplorer Plot)
GPX	ang. GPS Exchange Format (format izmenjave GPS podatkov)
KML	ang. Keyhole Markup Language (označevalni jezik podjetja Keyhole)
KMZ	ang. Keyhole Markup Zipped (kompresirana oblika jezika KML)
LIDAR	ang. Light Detection And Ranging (zaznavanje in določanje oddaljenosti s pomočjo svetlobnega žarka)
ALS	ang. Airborne Laser Scanning (lasersko skeniranje iz zraka)
TLS	ang. Terrestrial Laser Scanning (lasersko skeniranje iz tal)
SRTM	ang. Shuttle Radar Topography Mission (radarska topografska misija s pomočjo orbitalnega plovila Shuttle)
WGS84	ang. World Geodetic System 1984 (svetovni geodetski sistem, definiran leta 1984)
NASA	ang. National Aeronautics And Space Administration (ameriška nacionalna administracija za vesolje in aeronavtiko)
GDAL	ang. Geospatial Data Abstraction Library (programska knjižnica za abstrakcijo geoprostorskih podatkov)
GIS	ang. Geographic Information System (geografski informacijski sistem)
QGIS	ang. Quantum GIS (odprtokodni geoinformacijski program)
SHP	ang. Shapefile (format zapisa vektorskih podatkov)
DMV	digitalni model višin
D96/TM	horizontalni državni koordinatni sistem, definiran leta 1996
D48/GK	star horizontalni državni koordinatni sistem, definiran leta 1848
PAS	podoba analitičnega senčenja
GRASS	ang. Geographic Resource Analysis Support System (podporni sistem programa QGIS, namenjen analizi geografskih virov)
DTK 25	državna topografska karta merila 1 : 25.000
SNR	ang. Signal To Noise Ratio (razmerje med velikostjo signala glede na šum signala)
C/A	ang. Coarse Acquisition ("groba" pridobitev, najširše dostopna različica GPS-signala)
IMU	ang. Inertial Measurement Unit (sistem za orientacijo plovila v prostoru)

Moderer, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve. Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

SLOG2000 absolutni model geoida za območje Slovenije, izračunan leta 2000
ETRS89 ang. European Terrestrial Reference System 1989 (evropski terestrični referenčni koordinatni sistem, definiran leta 1989)

1 UVOD

Z razmahom uporabe pametnih telefonov, ki so opremljeni z enostavnimi instrumenti GNSS (ang. *Global Navigation Satellite System*), pri čemer še vedno prevladujejo eno-frekvenčni kodni instrumenti GPS (ang. *Global Positioning System*), je gibanje po neznanih poteh lažje kot kdajkoli. Veliko spletnih portalov ponuja digitalne podatke o poteku poti, ki uporabnikom omogočajo enostavno sledenje in navigacijo. Medtem ko je potek trase v položajnem in dolžinskem smislu razmeroma zanesljiv, so spremljajoči podatki o skupnem vzponu ter predvidenemu času poti slabše kakovosti in lahko precej odstopajo od realnih.

Dana naloga je nastala kot posledica rešitve neprestano pojavljajočega problema med mojim turnim kolesarjenjem, s katerim se v enaki meri srečujejo tudi mnogi drugi kolesarji. Ko sem želel prekolesariti meni še neznan in vnaprej izbrano traso (ang. *Route*), ki sem jo določil s pomočjo karte ali navideznega globusa *Google Zemlja*, sem lahko potreben čas ocenil le okvirno. Velikokrat je zaradi različnih dejavnikov prihajalo do časovnih odstopanj, katerih skupni vpliv sem želel oceniti in ga upoštevati pri nadaljnjem načrtovanju drugih gorsko-kolesarskih tur. Z enostavnim GPS-sprejemnikom sem sicer najprej začel kolesariti zato, da bi lahko po zaključeni turi v programu *Google Zemlja* preveril, kje točno sem kolesaril. Naknadno sem prišel na idejo, da bi lahko uporabil tudi zabeležene čase in višine točk v posnetih sledih (ang. *Track*). Predpostavil sem namreč, da ima poleg dolžine trase skupni vzpon vzdolž poti največji vpliv na prirastek potrebnega časa za turo. Posneta sled se je položajno v mejah natančnosti metode določitve položajev točk ujemala s kartirano, zato sem podatku o dolžini trase zaupal. Bolj problematična je bila višinska predstavitev poti, saj se je izračunan skupni vzpon posnete poti precej razlikoval od odčitane s karte. Ker je skupni vzpon predstavljal enega od dveh ključnih podatkov za oceno potrebnega časa za posamezno turo, sem problemu ocene vrednosti skupnega vzpona posvetil večjo pozornost.

1. 1 Namen in cilji naloge

Pri gibanju na fizični pogon je hitrost napredovanja direktno pogojena z nagibom poti, ki je odvisen od dolžine in višinske razlike celotne ali določenega odseka trase. Podatki o skupnem vzponu vzdolž določene poti se lahko glede na uporabljeno metodo določitve zelo razlikujejo. Pri gibanju na lastni pogon je pri oceni zahtevnosti ture in potrebnega časa za posamezno pot podatek o skupnem vzponu bistvenega pomena.

Namen naloge je primerjati podatke o skupnem vzponu vzdolž posnetih sledi z enostavnim sprejemnikom GPS glede na izbrano metodo določitve in jih medsebojno ovrednotiti.

Cilj naloge je ovrednotiti ustreznost posamezne metode določitve skupnega vzpona na podlagi odstopanj vrednosti, dobljenih iz konkretnih sledi gibanja, glede na vrednosti, dobljene iz referenčne višinske podlage DMV 1 m ter zagotoviti medsebojno primerljivost podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih sledi gibanja. V ta namen smo želeli določiti povprečne korekcijske faktorje za zagotovitev medsebojne primerljivosti podatkov o skupnem vzponu, dobljeni z različnimi metodami.

1. 2 Hipoteza

Pri reševanju zgoraj opisane problematike smo postavili delovno hipotezo, ki smo jo s konkretnimi terenskimi meritvami in nadaljnjo obdelavo želeli preveriti. Izhodišče dela je temeljilo na dejstvu, da je z obravnavo skupnega vzpona vzdolž posnetih GPS-sledi mogoče ovrednotiti velikost odstopanj izračunanega skupnega vzpona iz posnetih GPS-sledi glede na referenčne vrednosti skupnega vzpona, dobljene s polaganjem GPS-sledi na referenčno višinsko podatkovno podlago DMV 1 m.

Izhajali smo iz hipotez, da:

- lahko na osnovi velike populacije različnih meritev empirično pridobimo funkcijske zveze med rezultati različnih metod določitve skupnega vzpona ter na ta način zagotovimo medsebojno primerljivost,
- lahko s polaganjem posnetih GPS-sledi na referenčno višinsko podlago DMV 1 m pridobimo verodostojen podatek o skupnem vzponu,
- ima poleg dolžine celotne trase skupni vzpon vzdolž poti največji vpliv na oceno potrebnega časa za posamezno turo.

2 METODE DOLOČITVE SKUPNEGA VZPONA NA POTI

S tehnologijo GPS lahko absolutni položaj enostavno določimo na osnovi kodnih opazovanj, natančnost takšne določitve položaja je v definicijskem območju nekaj metrov. Posledično pa se tudi višinska razlika med dvema sosednjima posnetima točkama, torej razlika njihovih elipsoidnih višin iz GPS-sledi posnete poti, ki v naravi poteka na nespremenjeni višini nad referenčno višinsko ploskvijo, vseeno spreminja v območju nekaj metrov, čeprav bi morala biti enaka 0 m.

Skupni vzpon, torej seštevek vseh pozitivnih višinskih razlik med sosednjimi točkami (gledano v smeri napredovanja), bi v takšnem primeru predstavljal vsoto vseh pozitivno predznačenih odklonov delnih vzponov od vsakokratne prave vrednosti, z izvorom v omejeni natančnosti določitve elipsoidnih višin na osnovi kodnih opazovanj z enostavnimi enofrekvenčnimi GPS-snemalniki. Podatek o skupnem vzponu je torej obremenjen s skupnim vplivom nenatančnosti določitve vseh delnih vzponov, t.j. višinskih razlik med pari sosednjih točk, od katerih je vsaka posebej določena v okviru definicijskega območja natančnosti kodne GPS-izmere z enofrekvenčnimi GPS-sprejemniki.

Če želimo takšne fiktivne višinske razlike v izračunu skupnega vzpona izločiti, moramo višinski profil ustrezno zgladiti, s čimer odpravimo ekstremna nihanja višinskih razlik med sosednjimi točkami. Če odstopanje višinskih razlik zaradi slabosti absolutnega določanja položaja s kodnim GPS-načinom obravnavamo kot šum, dejanske višinske razlike med točkami na terenu pa kot signal, se problem določitve pravičnega skupnega vzpona prevede na odpravo šuma v signalu, ki ga v inženirstvu poznamo pod pojmom SNR ali S/N (ang. *Signal To Noise Ratio*) in opisuje vrednost med referenčnim in izmerjenim signalom (Osman, 2016).

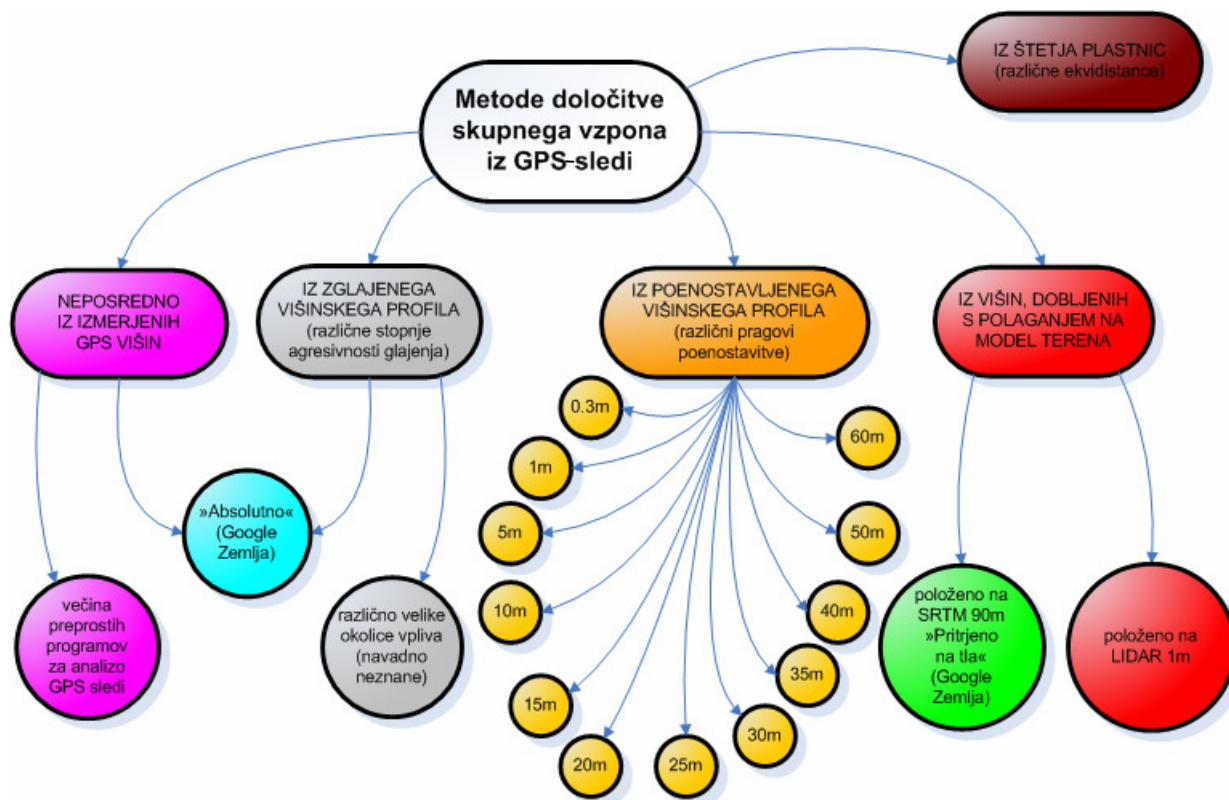
Glede na to, da je podatek o skupnem vzponu v osnovi seštevek razlik višin med posameznimi točkami, se je potrebno zavedati, da je dobljen rezultat odvisen tudi od števila točk v nizu. Več ko imamo točk, več je delnih napak, ki se skupaj seštejejo v večjo končno napako pri določitvi skupnega vzpona. Zaradi visoke gostote zajema točk, ki jo omogočajo oz. jo imajo že kar privzeto nastavljeno enostavni sprejemniki GNSS (navadno posnamejo eno točko vsako sekundo), je zato določena oblika glajenja oz. poenostavitve posnetega višinskega profila neobhodno potrebna za pravilnejši podatek o skupnem vzponu.

Skupni vzpon je torej vsota vseh prirastkov višinskih razlik med sosednjimi točkami, gledano v smeri napredovanja. Določitev posamezne višinske razlike pa je odvisna od izbrane metode.

2. 1 Metode izračuna skupnega vzpona

Na sliki 1 prikazujemo različne metode določitve vzponov iz GPS-sledi in sicer to lahko določimo iz:

- skupnega vzpona iz nepopravljenih višinskih razlik,
- skupnega vzpona z glajenjem višinskega profila,
- skupnega vzpona s poenostavljanjem višinskega profila,
- iz višin, dobljenih iz digitalnega modela višin,
- z izračunom višinskih razlik iz plastnic oziroma
- iz kombinacije vseh naštetih metod.



Slika 1: Metode določitve skupnega vzpona iz GPS-sledi.

2. 1. 1 Izračun skupnega vzpona iz nepopravljenih višinskih razlik

V kolikor posameznih višinskih razlik ne popravljamo, je izračunani skupni vzpon običajno večji od dejanskega. Splošno večina preprostih programov za analizo GPS-sledi podatek o skupnem vzponu računa na ta način, torej neposredno sešteje vse pozitivne višinske razlike med sosednjimi točkami.

Ne glede na to, da je tako pridobljen podatek o skupnem vzponu obremenjen s celotnim vplivom nenatančnosti določitve položaja z eno-frekvenčnimi kodnimi sprejemniki GPS, se

podatek, dobljen na ta način, na spletu pojavlja najpogosteje in uporabniki z njim pogosto nekritično razpolagajo. Zato smo želeli ovrednotiti nivo nezanesljivosti tega podatka in za izračun ocene vrednosti uporabili brezplačen program *GPS-Track-Analyse.NET 6* avtorja Dietmarja Domina (*GPS-Track-Analyse.NET 6*, 2016). S programom smo pridobili povsem enako vrednost skupnega vzpona, kot smo jo pridobili z lastnim izračunom v programu *MS Excel*. Podariti velja, da smo kot vhodni podatek uporabili z GPS pridobljene elipsoidne višine točk.

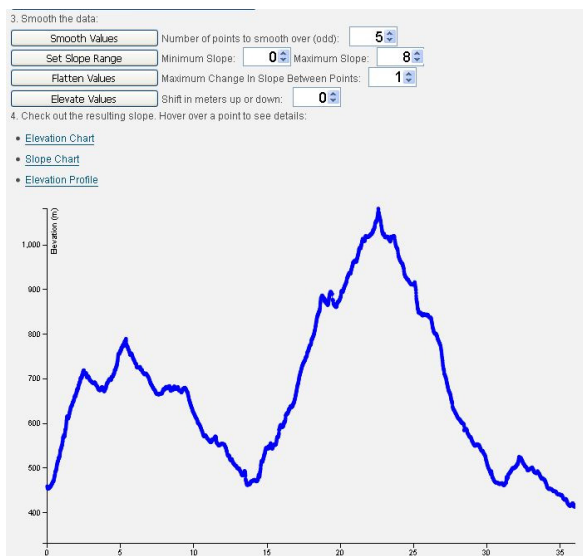
Naprednejši programi za izračun skupnega vzpona že uporabljajo določen algoritem glajenja, ki ga v podrobnosti ne predstavljajo. V principu gre za povprečenje posameznih višinskih razlik glede na različno široko območje sosednjih višinskih razlik oz. za aproksimacijo izmerjenega višinskega profila z zleпки (ang. *Spline*).

2. 1. 2 Izračun skupnega vzpona z glajenjem (ang. *Smoothing*) višinskega profila

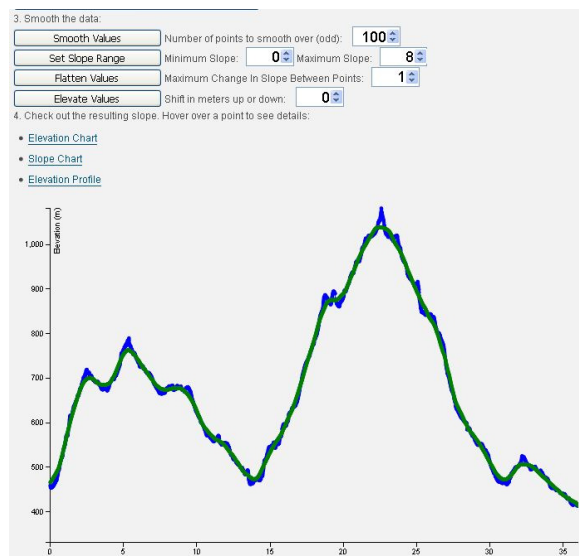
Razen teoretično se v nalogi s to metodo izračuna skupnega vzpona nismo ukvarjali, ker gre za rešitev, pogojeno z različnimi, v konkretnih primerih navadno nedokumentiranimi parametri in zato rezultati ne bi bili širše uporabni in preverljivi. Vedeti je potrebno, da parametri funkcije glajenja, ki jo uporablja določen program, navadno niso znani. Podoben učinek kot aproksimacija poteka višinskega profila z gladkimi krivuljami, ima polaganje GPS-sledi na model reliefa. Ker je ta postopek določitve skupnega vzpona bolj v skladu z dejansko naravo problema, referenčni višinski podatki pa so obče dostopni, smo "glajenje" višinskega profila opravili na ta način in pridobili bolj reprezentativne ter obče uporabne podatke.

Na spletu obstaja več aplikacij, ki omogočajo "glajenje" podatkov GPS-sledi ter izris zglajenega višinskega profila kar v grafičnem uporabniškem vmesniku (ang. *GUI*) na spletu, neposredno po nalaganju sledi GPS, navadno v formatu zapisa GPX. Ena od teh je tudi spletna aplikacija *Lunicus GPX Smoother* (*Lunicus GPX Smoother*, 2016), ki omogoča enostavno glajenje višinskega profila ter izvoz tako popravljene GPS-sledi v podatkovnem formatu GPX. Na slikah 2 do 5 za primer predstavljamo rezultate glajenja, pridobljene s to aplikacijo. Šlo je za isto GPS-sled, zglajeno na podlagi vse večjega števila točk vzdolž GPS-sledi, ki jih vključimo v glajenje (upoštevanih 5, 100, 500 in 1000 točk v okolici glajenja).

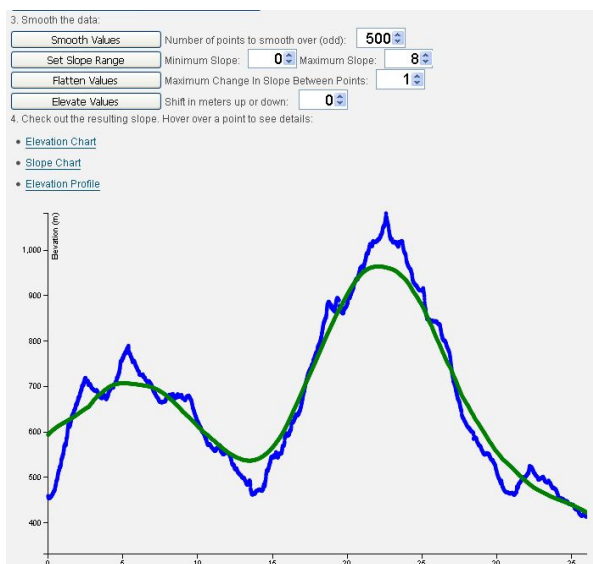
Moderc, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve. Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.



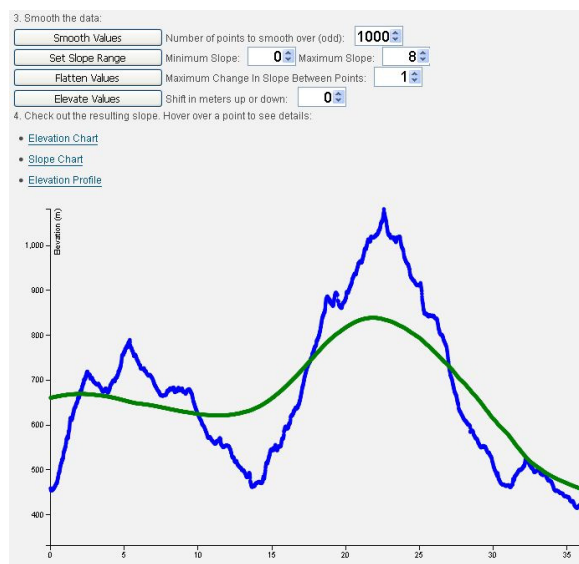
Slika 2: Glajenje preko 5 točk.



Slika 3: Glajenje preko 100 točk.



Slika 4: Glajenje preko 500 točk.



Slika 5: Glajenje preko 1000 točk.

Pri izbiri jakosti glajenja višinskega profila nas ne sme zavesti vizualna ocena, pogojena z debelino črt izvornega in zglajenega višinskega profila, pač pa moramo biti pozorni na razmerje SNR, torej na rang velikosti delnih vzponov glede na rang natančnosti določitve elipsoidnih višin s kodnim GPS-snemalnikom. Bolj ko je to razmerje izenačeno, bolj smiselno je agresivneje zgladiti višinski profil.

V konkretnem primeru zgoraj vidimo, da izmed opravljenih štirih jakosti glajenja najbolj merodajen rezultat dobimo pri glajenju preko 100 točk, saj se na ta način ponazoritev konfiguracije terena vzdolž posnete trase praktično ne generalizira preveč (elipsoidne višine na generaliziranem višinskem profilu se od izvorno posnetih razlikujejo le do 30 m) -

posledično je tako odpravljen predvsem šum signala (slednji se nahaja v velikostnem rangju 10 m). Potem, ko je opravljeno glajenje višinskega profila, program *Lunicus GPX Smoother* ne omogoča izračuna vrednosti skupnega vzpona, pač pa le izvoz zglajene GPS-sledi, iz katere lahko skupni vzpon na podlagi tako korigiranih podatkov izračunamo z drugimi programi, na način, kot ga želimo (*Lunicus GPX Smoother*, 2016).

2. 1. 3 Izračun skupnega vzpona s poenostavljanjem višinskega profila

Tretja možnost je poenostavitev višinskega profila za daljše odseke konstantnih vzponov oz. spustov glede na določen višinski prag poenostavitve. Višinski prag 20 m pomeni, da se vzpon v obravnavi prekine šele takrat, ko posamezne višinske razlike spusta v zaporednem nizu neposredno po vzponu znašajo skupaj več kot 20 m. Po tej metodi deluje tudi program *Trackan* (*Trackan*, 2016), s katerim smo obdelali z GPS posnete sledi.

2. 1. 4 Izračun skupnega vzpona s polaganjem na DMV

Četrta možnost je polaganje GPS-sledi na modele reliefa, izdelane iz različnih virov, različnih gostot in različnih ponudnikov ter pripisovanje vsaki posamezni posneti točki vrednosti istoležnih višin iz modela reliefa, na podlagi katerih se nato izračuna skupni vzpon. Takšne višine so lahko določene z različnimi načini interpolacij okoliških vrednosti v modelu reliefa (bilinearna, bikubična interpolacija). Glede na vse omenjene parametre pridobimo pri isti GPS-sledi različne vrednosti skupnega vzpona (*The TopoFusion Climbing Analysis Dialog*, 2016).

Metoda določitve skupnega vzpona s polaganjem posnete GPS-sledi na dovolj kvaliteten digitalni model višin v splošnem daje precej merodajne rezultate, njena glavna hiba pa se pokaže pri kombinaciji slabše položajne natančnosti posnete GPS-sledi ter razgibanega terena, po katerem sled poteka. V takšnem primeru se namreč lahko točkam iz GPS-sledi pripišejo tudi precej drugačne vrednosti višin, kot bi se morale, saj točke padejo na DMV drugam (višje/nizje) kot bi dejansko morale. Posebej velike nerealne delne višinske razlike na ta način nastajajo pri prečenju strmih pobočij ali grap po plastnici.

V našem primeru so bile posnete GPS-sledi položene enkrat na privzeti model reliefa SRTM v programu *Google Zemlja* ter drugič na bistveno gostejši ter natančnejši digitalni model višin za območje Slovenije, izračunan iz podatkov nedavno zaključenega zajema območja celotne Slovenije s tehnologijo ALS. Čeprav je tudi slednji višinski podatkovni sloj obremenjen s številnimi vplivi z izvorom v sami metodi ter parametrih pridobitve, je točnost ter natančnost vsebovanih absolutnih višinskih vrednosti ter s tem verodostojnost ponazoritve reliefa območja obravnave v primerjavi z drugimi podatkovnimi sloji vseeno precej boljša. Glede na

visoko višinsko natančnost ter prostorsko ločljivost podatkovnega sloja LIDAR smo zato podatke o skupnem vzponu, pridobljene s polaganjem GPS-sledi na ta podatkovni sloj, v raziskavi obravnavali kot referenčne vrednosti, glede na katere smo ugotavljali odstopanja rezultatov vseh ostalih metod.

2. 1. 5 Hkratna uporaba več metod

V zadnjem času se vse bolj uveljavljajo naprednejše aplikacije za spremljanje aktivnosti oz. treniranja športnikov na podlagi podatkov, zbranih s pametnimi mobilnimi telefoni. Aplikacije vsaka na svoj način rešujejo problematiko določitve skupnega vzpona ter primerljivosti tega podatka ne glede na območje posnete GPS-sledi ter konkretno napravo, s katero se je izvajal zajem. Večinoma pri tem uporabljajo kombinacijo več metod "čiščenja" oz. korekcije vrednosti posnetih višin točk ter medsebojne navzkrižne primerjave delnih rezultatov, na osnovi katerih se nato določi skupni vzpon.

Posneta GPS-sled je v teh primerih obdelana tako z metodo praga poenostavitve (pri tem je prag poenostavitve višinskega profila pogosto nastavljen na 10 m kot nek kompromis med doslednostjo odprave šuma, a ob tem neobhodno tudi ignoriranjem dejanskih delnih višinskih razlik, ki so po velikosti pod tem pragom), z metodo glajenja višinskega profila (a podatek o številu točk, ki vplivajo na glajenje, praviloma ni znan), kot tudi z metodo pripisovanja višin točkam na podlagi polaganja na izbran digitalni model višin. Uporabljen je lahko nek javni/svetovni DMV (npr. SRTM), lahko pa tudi interni/lokalni, mestoma modificiran na podlagi večjega števila posnetih GPS-sledi na tistem območju (po možnosti podkrepjenih z barometrično pridobljenimi višinami), ki jih v skladu s pogoji uporabe aplikacije od uporabnikov pridobiva upravitelj aplikacije. Ne v tem primeru in ne v primeru, da interni/lokalni DMV zagotovi upravitelj aplikacije sam, pa vir, natančnost in prostorska ločljivost referenčnih višinskih podatkov, ki se uporabljajo kot osnova za izračun skupnih vzponov, navadno ni specificirana.

V kolikor je naprava vzporedno z GNSS-določanjem položaja na vsaki točki merila tudi zračni tlak (primer zmogljivejših pametnih telefonov, ki so praviloma opremljeni tako z GNSS čipom kot tudi s senzorjem zračnega tlaka), naprednejše aplikacije pri določitvi skupnega vzpona opravljene poti upoštevajo tudi barometrično določeno višino, pri čemer jim v postopku izračuna celo dodelijo posebno veliko utež, saj niso tako obremenjeni s šumom (ang. *Noise*) (Strava, 2016).

2. 2 Uporabljene metode

Iz posnetih GPS-sledi smo določili:

- podatek o skupnem vzponu neposredno iz višinskih razlik med sosednjimi točkami, brez nadaljnje obdelave,
- podatek o skupnem vzponu na podlagi različnih pragov poenostavitve in sicer: 0,3 m, 1 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m, 35 m, 40 m, 50 m in 60 m,
- podatek o skupnem vzponu, kot ga za uvoženo GPS-sled prikaže program *Google Zemlja*, za naslednja dva načina: "Pritrjeno na tla" in "Absolutno",
- vse te podatke smo primerjali s podatkom o vzponu, pridobljenem s polaganjem posnete GPS-sledi na digitalni model višin iz lidarskega snemanja (gostota modela 1 m).

Skupni vzpon vzdolž posnetih GPS-sledi smo določili z uporabo različne programske opreme:

- brezplačni program *GPS-Track-Analyse.NET 6* smo uporabili za izračun skupnega vzpona direktno iz višin v GPS- sledi brez obdelave,
- brezplačni program *Trackan*, ki omogoča nastavitve praga poenostavitve višinskega profila posnete GPS-sledi ter izračun ustrezno korigirane vrednosti skupnega vzpona,
- brezplačni navidezni globus *Google Zemlja*, ki omogoča izračun skupnega vzpona na način "Absolutno" oz. "Pritrjeno na tla" (pritrjene na model SRTM 90 m),
- za izračun skupnega vzpona vzdolž poti, projicirane lidarski model višin, smo uporabili brezplačen odprtokodni geoinformacijski program *QGIS*.

3 ZAJEM PODATKOV Z ROČNIMI NAPRAVAMI GNSS

3.1 Opis in delovanje ročnih sprejemnikov GNSS

Večina ročnih sprejemnikov GNSS sprejema le signal satelitov GPS, zato jih lahko imenujemo kar sprejemniki GPS. Ročni GPS-sprejemnik je v splošnem naprava, ki omogoča absolutno določitev položaja na osnovi eno-frekvenčnih kodnih opazovanj in posredno izračuna psevdorazdalje med vsakim od nadobzornih satelitov ter sprejemnikom. Uporabo metode absolutne določitve položaja omogočajo že najcenejši instrumenti, ki obdelujejo opazovanja vsem uporabnikom dostopne civilne kode C/A (ang. *Coarse Acquisition*), ki jo GPS-sateliti oddajajo na frekvenci L1 (Knop, 2006).

GPS-snemalnik (ang. *Logger*) imenujemo GPS-sprejemnik s pomnilnikom, ki omogoča beleženje in shranjevanje položaja v času. Večina GPS-sprejemnikov ima prednastavljen interval beleženja, navadno časovni. Boljši GPS-snemalniki omogočajo nastavljanje časovnega intervala zajema (na 1 s, 2 s, 3 s...). Redkejši pa so tisti GPS-snemalniki, ki omogočajo nastavljanje gostote beleženja tudi po drugih kriterijih, na primer glede na kriterij oddaljenosti med zaporedno posnetimi točkami oz. glede na spremembo hitrosti gibanja (npr. pogostejši zajem v primeru, da hitrost gibanja preseže nastavljen prag).

GPS-sled snemalnikov, ki beležijo položaj na osnovi časovnega kriterija, ni direktno uporabna. Na mestih postankov se namreč pojavljajo "vozli", saj snemalniki svoj položaj po vsakem pretečenem časovnem intervalu določijo in posnamejo na novo. Čeprav sprejemnik miruje, se tako njegov položaj določa in beleži vedno znova, pri čemer zaradi omejene natančnosti kodnih GPS-opazovanj prihaja do odstopanj izračunanega položaja tako v položajnem kot v višinskem smislu, na ta način pa nastaja razdalja in višinska razlika, ki dejansko ni bila opravljena.

3.2 Uporabljen GPS-snemalnik *Qstarz BT-Q1000P*

Pri zajemu vseh obravnavanih sledi smo uporabili enostaven eno-frekvenčni kodni GPS-snemalnik znamke *Qstarz*, model *BT-Q1000P*, ki je opremljen s kakovostnim GPS-čipom tipa MTK in ga prikazujemo na sliki 6. Sprejemnik ob vsaki posneti točki omogoča tudi beleženje večjega števila spremljajočih atributov, kot so število trenutno vidnih satelitov, podatki o natančnosti zajema, ter izvedene attribute, kot so hitrost, razdalja in smer napredovanja. V našem primeru smo ob vsaki posneti točki v pomnilnik snemalnika shranili le 3D položaj točke v obliki geografske širine φ , dolžine λ in elipsoidne višine h , ter čas

zajema in na ta način omogočili, da se je v pomnilnik naprave shranilo večje število točk, kot bi se jih sicer lahko shranilo v primeru beleženja še dodatnih atributov na vsaki točki.



Slika 6: Uporabljen GPS-snemalnik *Qstarz BT-Q1000P*

Deklarirana natančnost, s katero naj bi bil GPS-snemalnik *Qstarz BT-Q1000P* sposoben določati svoj položaj v prostoru, je 3 m (Qstarz, 2016). V praksi pa se izkaže, da je ob dobri razporeditvi satelitov in neoviranemu sprejemu signala natančnost določitve položaja celo okoli 1 m, ki pa lahko hitro zaniha proti 10, tudi 20 ali 30 m odstopanj v horizontalnem smislu, v višinskem pa še 2 do 3-krat toliko v primeru kakršnekoli motnje ali krajše izgube signala.

3. 3 Kriteriji zajema položajev točk

Zajem točk smo izvajali izključno po kriteriju razdalje, in sicer na vsakih 10 m oddaljenosti od predhodno posnete točke. Na ta način smo dosegli še vedno dobro predstavitev sledi za nadaljnji prikaz in obdelavo, hkrati pa smo razpoložljiv notranji pomnilnik naprave uporabljali sorazmerno varčno. Za potrebe prikaza v programu *Google Zemlja* je bila gostota zajema povsem ustrezna, posneta GPS-sled pa je bila manj obremenjena s šumom, ki bi nastal zaradi bolj gostega zajema položajev točk.

3. 4 Vplivi na kakovost meritev

Kar predstavlja oviro za vidno svetlobo, predstavlja oviro tudi za signal GPS. Posledično je sprejem GPS-signala v gozdu, pod krošnjami, v globelih ali pod strmimi pobočji in previsnimi stenami sorazmerno omejen, v predorih, daljših podvozih oz. različnih zaprtih prostorih pa povsem onemogočen. Položaj, izračunan na osnovi GPS-opazovanj v slabših razmerah, je zato grobo pogrešen oz. ga sploh ni mogoče določiti, ker opazovanj v določenem časovnem intervalu ni bilo mogoče izvajati. Položaj GPS-sprejemnika, izračunan na osnovi signala s satelitov, ki se v trenutku določitve nahajajo blizu horizonta, je določen slabše, saj pri taki razporeditvi satelitov glede na sprejemnik elektromagnetno valovanje skozi atmosfero opravi

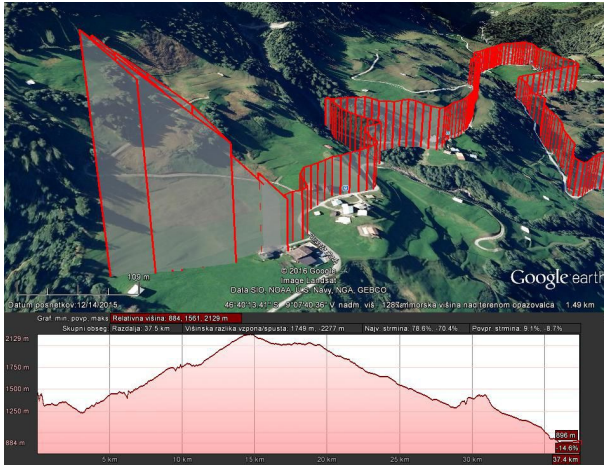
daljšo pot (Kotnik, 2009). Kakovost sprejema GPS-signala je odvisna tudi od občutljivosti GPS-senzorja v napravi.

3. 5 Odkrivanje in odpravljanje tipičnih napak zajema GPS-sledi

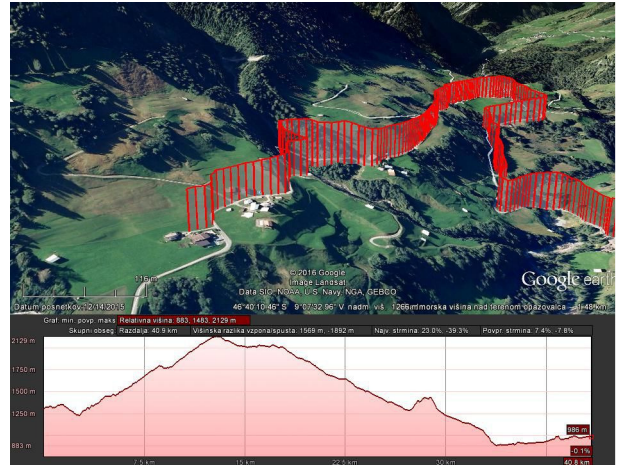
Pri odkrivanju napak zajema si lahko zelo pomagamo s programom *Google Zemlja* z višinskim prikazom posnete GPS-sledi v načinu "*Absolutno*" v kombinaciji s prikazom višinskega profila. Na ta način hitro identificiramo ne samo položajna, ampak tudi višinska odstopanja, ki imajo bistven vpliv na vrednost in pravilnost podatka o skupnem vzponu. Šele ko odpravimo vse takšne grobo pogrešene zajeme, lahko sledi obravnavamo na nivoju "šuma" določitve položaja.

Tipične napake zajema GPS-sledi so naslednje:

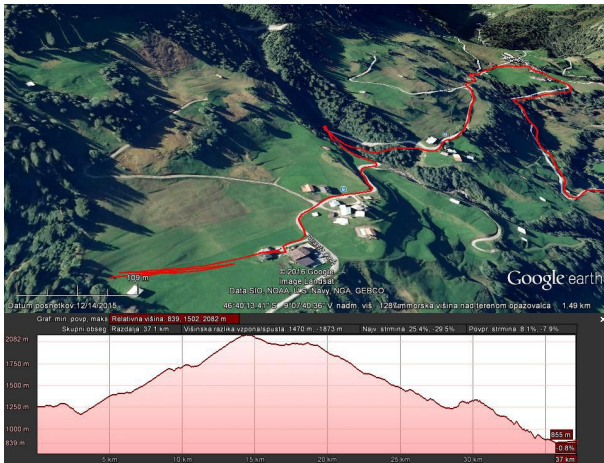
- grobo pogrešen niz opazovanj v prvih minutah po vklopu GPS-sprejemnika, ko njegov položaj še ni določen z ustrezno natančnostjo, a se vrednosti položajev že beležijo (sliki 7 in 9, v primerjavi s slikama 8 in 10),
- "vozli", ki ob nastavljenem kriteriju gostote zajema, vezanem na čas (npr. zajem točke na vsakih 5 s), nastanejo zaradi omejene natančnosti določitve položaja na točki, kjer mirujemo, saj se položaj določa na novo po vsakem pretečenem časovnem intervalu (slike 11 do 13),
- "greben", ki nastane ob slabšem sprejemu GPS-signala, npr. ko se nahajamo na dnu ozke doline; GPS-sled se še vedno beleži, a s precej slabšo natančnostjo, v višinskem smislu navadno še bolj kot v položajnem – takšno napako, ki zelo vpliva na izračun skupnega vzpona, zato nedvoumno prepoznamo šele ob vklopu prikaza "*Absolutno*" (slika 14),
- napaka zaradi začasne izgube GPS-signala, ki navadno nastane pri gibanju skozi predore, podvoze, zaprte prostore ali zelo ozke prehode (sliki 15, 16). Gibanje pod vegetacijskim pokrovom iz praktičnih izkušenj ne predstavlja večje ovire za sprejem GPS-signala, seveda pa na slednje vpliva tako gostota olistenosti konkretnega območja v času gibanja skozenj, kot tudi kakovost in občutljivost GPS-čipa, uporabljenega v GPS-sprejemniku. Začasna izguba GPS-signala lahko nastane tudi zaradi premajhnega števila nadobzornih satelitov na dani lokaciji, kar pa se danes zaradi dobre pokritosti s sateliti ob idealnih pogojih za izmero (odprtost horizonta) dogaja vse manj.



Slika 7: Napaka zajema, vidna v načinu prikaza "Absolutno".



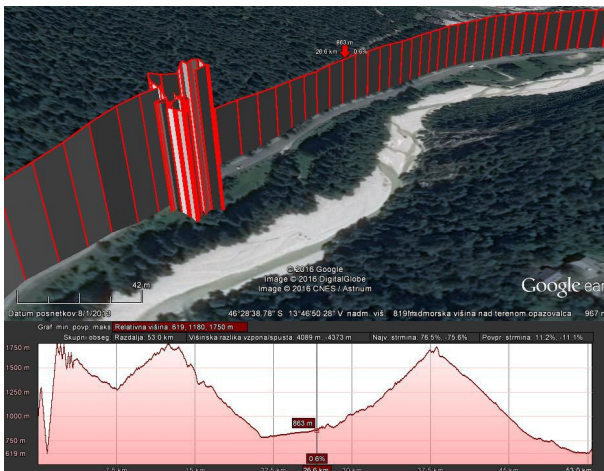
Slika 8: Odpravljena napaka zajema, prikaz "Absolutno".



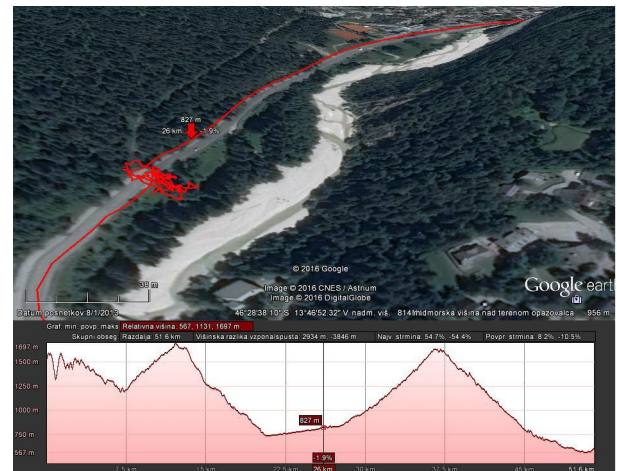
Slika 9: Napaka zajema, vidna v načinu prikaza "Pritrjeno na tla".



Slika 10: Odpravljena napaka zajema, prikaz "Pritrjeno na tla".

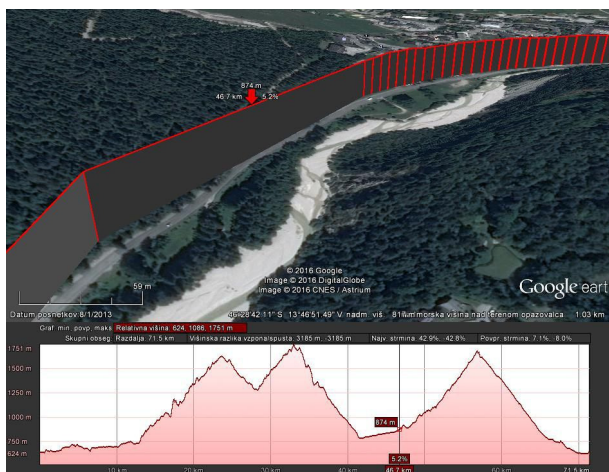


Slika 11: "Vozel", viden v načinu prikaza "Absolutno".

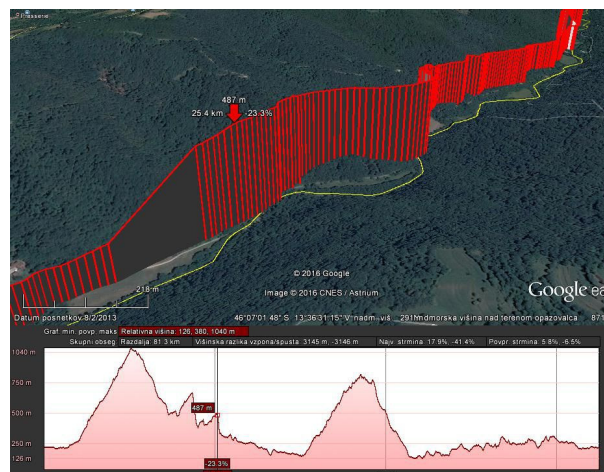


Slika 12: "Vozel", prikaz "Pritrjeno na tla".

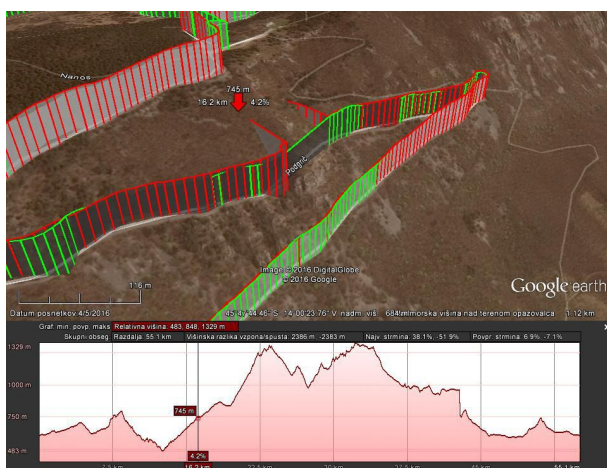
Moderc, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve. Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.



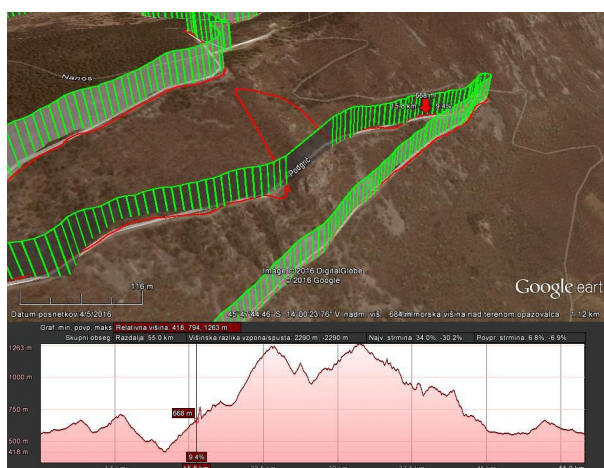
Slika 13: Odpravljen “vozel”, način prikaza “Absolutno”.



Slika 14: “Greben”, viden v načinu prikaza “Absolutno”.



Slika 15: Napaka zajema zaradi izgube GPS-signala v predoru, vidna v načinu prikaza “Absolutno”.



Slika 16: Napaka zajema zaradi izgube GPS-signala v predoru, način prikaza “Pritrjeno na tla”.

3. 6 Priprava podatkov za obdelavo

Ker smo se ukvarjali z obravnavo višinskih razlik, so nas bolj kot vrednosti absolutnih višin točk zanimala razlike med njimi. Absolutne višine točk, določene z GPS-sprejemniki, se sicer nanašajo na globalni referenčni elipsoid (GRS-80 ali WGS-84) in kot take predstavljajo višine točk nad njim (t.i. elipsoidne višine). Površje geoida se v splošnem nahaja nad površjem globalnega referenčnega elipsoida, višina geoida nad elipsoidom v konkretni točki je dana z vrednostjo geoidne undulacije. Vpliv spremembe geoidne undulacije na območju posamezne posnete GPS-sledi je glede na rang natančnosti GPS-opazovanj ter želen rang primerljivosti podatkov o skupnem vzponu glede na metodo določitve zanemarljiv, zato tega odstopanja v obravnavi nismo upoštevali.

V nalogi smo na različne načine obravnavali skupni vzpon, izračunan iz GPS-sledi. Ker je GPX v osnovi datoteka ASCII, lahko do zabeleženih podatkov, ki smo jih pridobili z ročnim sprejemnikom GPS, enostavno dostopamo z različnimi programi in jih poljubno obdelujemo. Primer datoteke GPX prikazujemo na sliki 17.

3. 7 GPX-format zapisa

GPX (ang. *GPS Exchange Format*) je lahki XML podatkovni format odprtega tipa za izmenjavo GPS-položajev in atributov (točke/poti/sledi) med različnimi programi in napravami (Topografix, 2016).

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
2 <gpx
3 version="1.0"
4 creator="OziMapConverter, http://www.ada.ru/GPS/OziMapConverter/"
5 xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
6 xmlns="http://www.topografix.com/GPX/1/0"
7 xsi:schemaLocation="http://www.topografix.com/GPX/1/0 http://www.
8 <desc>Track2013/03/17_10:36 Track imported from:I:\PLT_MTB\245_20
9 <trk>
10 <name>245_2013.03.17. - Portorož, Ronsek, Dared, Grintovec, sv.Peti
11
12 <trkseg>
13
14
15 <trkpt lat="45.499920" lon="13.589189">
16 <ele>55.473600</ele>
17 <time>2013-03-17T09:45:56Z</time>
18 </trkpt>
19
20 <trkpt lat="45.499943" lon="13.589062">
21 <ele>55.168800</ele>
22 <time>2013-03-17T09:46:00Z</time>
23 </trkpt>
24
25 <trkpt lat="45.499967" lon="13.588928">
26 <ele>55.168800</ele>
27 <time>2013-03-17T09:46:04Z</time>
28 </trkpt>
29
30 <trkpt lat="45.499975" lon="13.588798">
31 <ele>53.949600</ele>
32 <time>2013-03-17T09:46:08Z</time>

```

Slika 17: Izgled GPX-formata zapisa GPS-sledi z označenim podatkom o elipsoidni višini posnete točke v metrih.

Posneto sled smo obdelali v programu *Qstarz GPS Travel Recorder PC Utility*, ki je namenjen nastavljanju parametrov GPS-snemalnika *Qstarz BT-Q1000P*, izvozu posnetih GPS-sledi iz naprave ter obdelavi le-teh. Na podlagi prikaza posnete sledi smo identificirali motnje v zajemu in sled ustrezno "očistili". To pomeni, da mo izbrisali točke, ki evidentno niso izkazovale dejanskega stanja, tako v smislu pretiranih položajnih kot tudi višinskih odstopanj. Pri identifikaciji grobih višinskih odstopanj/napak smo si pomagali z začasnim izvozom sledi v program *Google Zemlja* ob vklopljenem prikazu GPS-sledi v absolutnem višinskem smislu. Ko je bila sled očiščena grobih napak, smo jo izvozili iz programa in shranili v formatu GPX ter KMZ.

4 IZRAČUN SKUPNEGA VZPONA S PROGRAMOM *TRACKAN*

4.1 Opis programa *Trackan*

Trackan je preprost, brezplačen program iz leta 2003, katerega avtor je Tino Irman. Program je namenjen izračunu različnih statistik iz posnete GPS-sledi, ki mora biti podana v formatu zapisa PLT. Ključna odlika tega programa je, da omogoča popolno kontrolo nad vertikalnim pragom poenostavljanja posnete GPS-sledi. Program ne omogoča izračuna skupnega vzpona direktno iz podatkov GPS-sledi, saj tako izračunan skupni vzpon ter ostale izvedene statistike, vezane na višine, ne bi bile merodajne – minimalni prag poenostavitve višinskega profila je torej 0,3 m, na osnovi avtorjevih osebnih izkušenj pa prednastavljena vrednost praga poenostavitve ob zagonu programa znaša 15 m (Trackan, 2016).

4.2 PLT-format zapisa

```

1 OziExplorer Track Point File Version 2.1
2 WGS 84
3 Altitude is in Feet
4 Reserved 3
5 0,2,255,Track2013/03/17_10:36,0,0,2,8421376
6 0
7 45.499920,13.589189,1182,41350.4068981,,
8 45.499943,13.589062,0,181,41350.4069444,,
9 45.499967,13.588928,0,181,41350.4069907,,
10 45.499975,13.588798,0,177,41350.4070370,,
11 45.499930,13.588646,0,175,41350.4070949,,
12 45.499882,13.588537,0,175,41350.4071296,,
13 45.499872,13.588200,0,176,41350.4071644,

```

Slika 18: Izgled PLT-formata zapisa GPS-sledi z označenim podatkom o elipsoidni višini posnete točke v čevljih.

PLT (ang. *Plot*) je format avstralskega kartografskega oz. navigacijskega programa *OziExplorer*, ki služi za prikaz, prenos in zapis GPS-sledi. Izgled zapisa prikazujemo na sliki 18. Posebnost je, da je podatek o elipsoidni (GPS) višini zapisan v anglosaški merski enoti čevljev (ang. *Foot*, 1 ft = 0,3048 m). V konkretnem zgoraj prikazanem primeru je elipsoidna višina prve posnete točke enaka 182 čevljev, torej $182 * 0,3048$ m, kar znaša 55,47 m, kot je sicer izvirno zapisana v GPX-datoteki. Če ob tem upoštevamo še višino geoida nad elipsoidom na območju slovenske obale ($N = 44,2$ m), kjer je bila posneta sled, pridemo na vrednost normalne-ortometrične višine ali laično znane nadmorske višine 11 m, kar se sklada z dejansko situacijo (Triglav Čekada et. al., 2010; in Koler, B. et. al., 2007).

Za uvoz GPS-sledi v formatu PLT v program *Trackan* je posneto sled torej treba najprej pretvoriti iz formata GPX v format PLT, pri čemer se spremenijo merske enote zapisa elipsoidne višine iz metrov v čevlje. Program *Trackan* to upošteva in vse statistike ponovno izrazi v metričnih enotah (nazaj v metrih). Za pretvorbo GPX v PLT smo uporabili enostaven brezplačen program *GPX2Ozi* (*OziExplorer*, 2016).

4. 3 Izračun podatka o skupnem vzponu

Program *Trackan* izračuna skupni vzpon vzdolž posnete GPS-sledi na podlagi podane vrednosti višinskega praga poenostavitve, ki je privzeto nastavljen na 15 m. Gre za poenostavitve izračuna skupnega vzpona, ki ima podoben učinek kot izračun višinskih razlik iz zglajenega višinskega profila. Program iz izmerjenih elipsoidnih višin točk izračuna višinske razlike med sosednjimi točkami, nato pa celotno sled razdeli na odseke, na katerih vsota posameznih višinskih razlik narašča neprekinjeno, vse dokler skupna višinska razlika vmesnih zaporednih spustov ne preseže vsaj 15 m v enem zveznem kosu.

Na slikah 19, 20 in 21 predstavljamo višinski profil vzorčne GPS-sledi, kjer smo uporabili različne prage poenostavitve. Rdeča črta prikazuje vzpone, zelena pa spuste.



Slika 19: Višinski profil vzorčne GPS-sledi, obdelan s pragom poenostavitve 5 m.

Moderc, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve. Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.



Slika 20: Višinski profil iste vzorčne GPS-sledi, obdelan s pragom poenostavitve 25 m.



Slika 21: Višinski profil iste vzorčne GPS-sledi, obdelan s pragom poenostavitve 50 m.

4. 4 Izris poenostavljenega višinskega profila

Program omogoča izris višinskega profila, torej grafikona spreminjanja višine po času ali pa po razdalji. Program *Trackan* ob izrisu višinskega profila nazorno izriše tudi linije poenostavljenega višinskega profila, na osnovi katerih je določen skupni vzpon in vse druge statistike, pogojene z višinskimi razlikami. Poleg tega program obarva odseke rdeče ali zeleno glede na to, ali gre za vzpon ali spust. Dodatno so na višinskem profilu obarvani tudi odseki največjega nagiba pri spustu in največjega nagiba pri vzponu ter še nekateri drugi specifični odseki.

5 IZRAČUN SKUPNEGA VZPONA S PROGRAMOM GOOGLE ZEMLJA

5. 1. Delovanje programa *Google Zemlja*

Google Zemlja je program za interaktivno delo s foto-realističnim navideznim hiper globusom-modelom Zemlje. Delo z njim je zelo intuitivno, informativnost prikaza zaradi kopice vsebovanih slojev različnih prostorskih podatkov pa je zelo velika, zato je program zelo priljubljen in razširjen. Poleg privzete primarne zbirke podatkovnih slojev, vključenih v prikaz, je mogoče v programu prikazovati in analizirati tudi raznovrstne lastne uvožene in geolocirane podatke (kartografske podlage, sloje, zaznamke,...).

Navigacija po navideznem modelu Zemlje poteka z miško in/ali tipkovnico. Med pregledovanjem se glede na območje in merilo trenutnega pogleda s strežnikov sproti prenašajo ustrezni generalizirani in podrobni podatki o tamkajšnjih vsebinah aktivnih podatkovnih slojev (cestno omrežje, imena naselij, relief, večja ločljivost satelitskih podob,...). Glede na to, da je relief za določeno območje v izhodišču prikazan le v precej grobi ločljivosti, moramo za večjo ločljivost in natančnost prikaza reliefa vklopiti prikaz podrobnejšega reliefa ter območje interesa navidezno preleteti s pogledom od blizu, da se na tistem območju v predpomnilnik računalnika naložijo podrobnejši podatki, saj so tako pridobljeni-naloženi podatki nato uporabljeni tudi za izračun skupnega vzpona vzdolž poti, ki jo bodisi uvozimo v program kot posneto GPS-sled, bodisi jo šele načrtujemo s pomočjo navideznega modela Zemlje (Google Zemlja, 2016).

5. 2 KML/KMZ-format zapisa

KML format zapisa (ang. *Keyhole Markup Language*) je v osnovi XML shema za označevanje geolociranih podatkov, vezanih na prikaz v programu *Google Zemlja*.

```

33     </Icon>
34     <hotSpot x="20" y="2" xunits="pixels" yunits="pixels"/>
35   </IconStyle>
36   <LineStyle>
37     <color>ff0000ff</color>
38     <width>3</width>
39   </LineStyle>
40 </Style>
41 <Placemark>
42   <name>245_2013.03.17. - Portorož, Ronek, Šared, Grintovec, sv.Peter, Špilugola - MTB</name>
43   <styleUrl>#m_y1w-pushpin0001000</styleUrl>
44   <LineString>
45     <extrude>1</extrude>
46     <tessellate>1</tessellate>
47     <coordinates>
48       13.589189,45.49992,55.337116 13.589062,45.499943,55.300980000000001 13.588928,45.499967,55.270434999999999 13.58
49     </coordinates>
50   </LineString>
51 </Placemark>
52 </Document>
53 </kml>
54

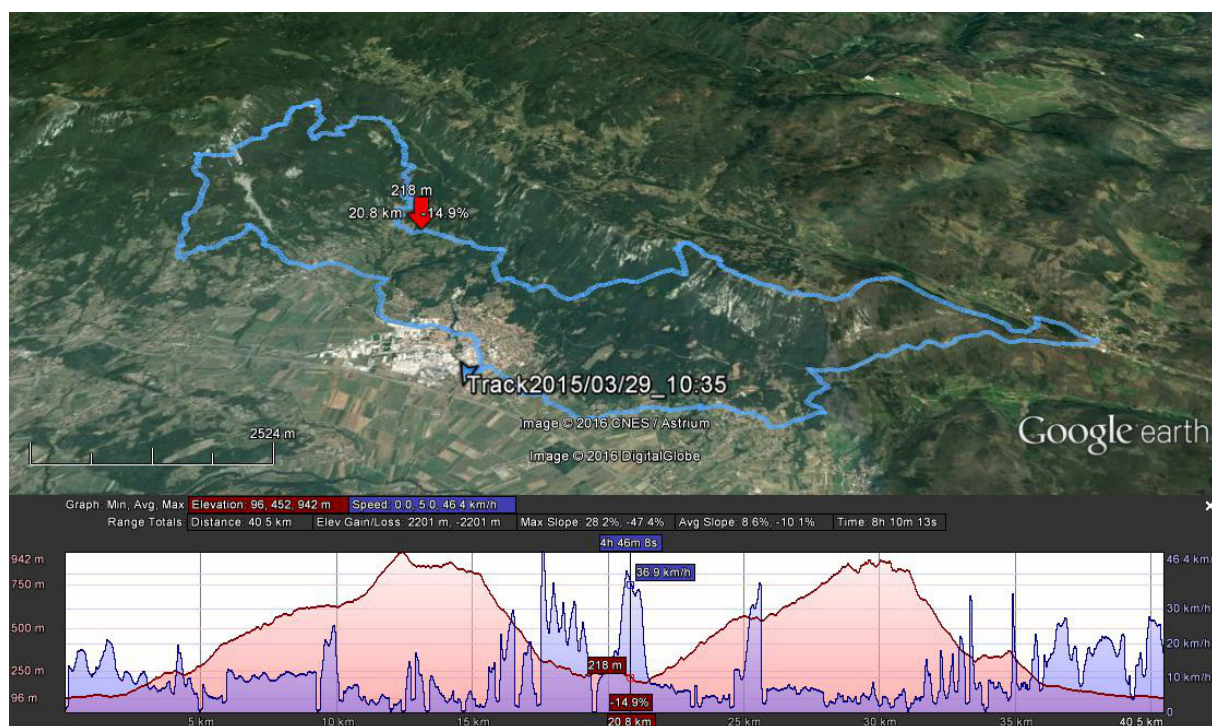
```

Slika 22: Izgled KML-formata zapisa GPS-sledi z označenim podatkom o elipsoidni višini posnete točke v metrih.

Moderc, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve. Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

V praksi je za izmenjavo podatkov za ogled v programskem okolju *Google Zemlja* bolj uveljavljen format zapisa KMZ (ang. *Keyhole Markup Zipped*), ki pa je le stisnjena oblika zapisa KML-formata. Na ta način se vsi povezani podatki nahajajo znotraj ene datoteke, s čimer je delo z datotekami bolj pregledno, podatki pa skupaj zasedajo manj prostora.

Program *Google Zemlja* omogoča tudi uvoz in prikaz podatkov, zapisanih v formatu GPX ali PLT, pri čemer je v tem primeru pred uvozom potrebno izrecno označiti, ali naj se višine točk prilagodijo terenu SRTM, ali naj bodo prikazane njihove posnete, torej nespremenjene vrednosti. Za podatke v GPX-formatu ali PLT-formatu je preko interaktivnega višinskega profila (rdeče barve) izrisano tudi spreminjanje hitrosti z razdaljo (modre barve), ob grafikonu pa se interaktivno izpisujejo še nekatere dodatne statistike, vezane na hitrost oz. čas, kot je razvidno iz slike 23.



Slika 23: Kombiniran prikaz višinskega profila ter spreminjanja hitrosti za GPS-sledi v formatu GPX ali PLT.

5. 3 Opis modela terena SRTM

V programu *Google Zemlja* so za prikaz reliefa uporabljeni podatki SRTM (ang. *Shuttle Radar Topography Mission*), ki jih je leta 2000 ustvarila ameriška vesoljska agencija NASA. Podatki so bili z izjemo nekaterih manjših območij na skrajnih geografskih širinah zajeti za celo Zemljo, in sicer z gostoto ene ločne sekunde, kar na površini Zemlje predstavlja 30-metrsko položajno ločljivost. Ne glede na to ločljivost so bili podatki za območja zunaj ZDA,

namenjeni javni uporabi, dani na razpolago z gostoto treh ločnih sekund, torej v mreži višinskih točk z medsebojnim razmikom 90 m. SRTM višinski model podaja vrednosti višin s 16-metrsko natančnostjo v absolutnem višinskem smislu ter 10-metrsko natančnostjo v relativnem višinskem smislu, absolutna natančnost pozicioniranja višinskih točk pa je 20 m (NASA, 2016). Podatki v izhodiščni ločljivosti 30 m naj bi pred nekaj leti postali javno dostopni tudi za druga območja Zemlje, a v *Google Zemlji* navedenega podatka o dejanski ločljivosti uporabljenega modela reliefa na območju trenutnega prikaza ni. Obstaja le možnost nastavitve višje ali nižje kakovosti modela reliefa v relativnem smislu s pomočjo drsnika. Glavni namen te funkcije je v optimizaciji prikazovanja reliefa glede na hitrost podatkovne povezave in zmogljivost grafične kartice.

Google Zemlja razen v plačljivi različici "Enterprise" ne omogoča uvoza lastnega natančnejšega modela reliefa, s katerim bi nadomestili privzeti model SRTM, zato smo omejeni z 90-metrsko velikostjo celic modela SRTM ter 16-metrsko natančnostjo po višini. Za naše namene uporabe reliefa v *Google Zemlji* smo z drsnikom kljub temu nastavili nalaganje, prikaz in uporabo reliefa najvišje kakovosti.

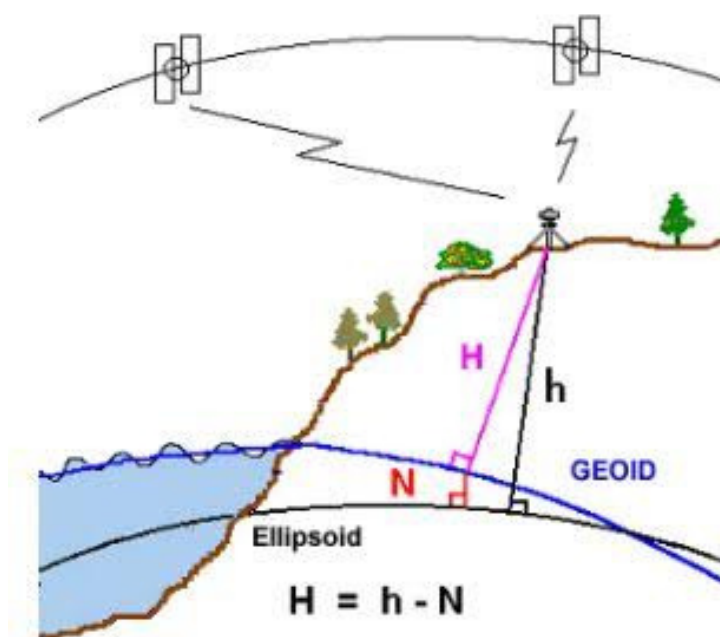
5. 4 Nastavitev višine GPS-sledi

Program *Google Zemlja* omogoča prikaz uvožene GPS-sledi v višinskem smislu na več načinov, od katerih sta zanimiva oz. praktično uporabna predvsem dva: "*Pritrjeno na tla*" in "*Absolutno*". Pri prvem načinu imamo opravka z nadmorskimi višinami točk, pri drugem pa z elipsoidnimi višinami točk.

Nadmorske višine (H) izračunamo tako, da vrednost elipsoidne višine (h) zmanjšamo za vrednost višine geoida nad elipsoidom (N) v tej točki. Višino geoida nad elipsoidom imenujemo geoidna ondulacija, njena vrednost pa se od točke do točke zvezno spreminja, saj je ničelna nivojska ploskev geoida pogojena z razporeditvijo gostote zemeljskih mas, torej fizikalno, ploskev referenčnega rotacijskega elipsoida, na katero se nanašajo elipsoidne višine, dobljene z GPS-izmero, pa je določena matematično (Triglav Čekada et. al., 2010).

$$N_i = h_i - H_i$$

$$H_i = h_i - N_i$$



Slika 24: Določitev nadmorske višine iz elipsoidne (GPS) višine (Režek et. al., 2015)

Višinsko razliko med dvema sosednjima točkama v GPS-sledi izračunamo iz zabeleženih podatkov o elipsoidnih višinah, določenih z GPS-izmero. Na ta način pridobimo relativno elipsoidno višino (dh). Višinsko razliko med točkama pa lahko izračunamo tudi kot razliko med njunima nadmorskima višinama, s čimer pridobimo relativno nadmorsko višino (dH).

$$dh_i^{i+1} = h_{i+1} - h_i$$

$$dH_i^{i+1} = H_{i+1} - H_i$$

Relativna elipsoidna višina in relativna nadmorska višina sta med seboj enaki le v primeru, da sta vrednosti geoidnih ondulacij v obeh točkah enaki, kar se sicer v splošnem redko zgodi. Ker pa se vrednosti geoidnih ondulacij z oddaljevanjem od izbrane točke spreminjajo zvezno in relativno počasi, lahko predpostavimo, da je sprememba vrednosti geoidne ondulacije na oddaljenosti 10 m med sosednjima točkama, kolikor je znašal kriterij zajema med snemanjem GPS-sledi, praktično zanemarljiva. Posledično lahko kot enaki štejejo tudi relativno elipsoidno višino ter relativno nadmorsko višino, izračunano iz para sosednjih posnetih točk.

Skupni vzpon vzdolž posnete GPS-sledi izračunamo kot vsoto pozitivnih višinskih razlik med sosednjimi posnetimi točkami, gledano v smeri napredovanja.

$$SV_1^n = \sum_{i=1}^n \text{pozit}.dH_i^{i+1}$$

$$SV_1^n = \sum_{i=1}^n \text{pozit}.dh_i^{i+1}$$

kjer je:

n ... število posnetih točk v GPS-sledi

SV_1^n ... skupni vzpon vzdolž posnete GPS-sledi

$\text{pozit}.dH_i^{i+1}$... relativna nadmorska višina med dvema sosednjima posnetima točkama v GPS-sledi, katere vrednost je pozitivna (gledano v smeri napredovanja)

$\text{pozit}.dh_i^{i+1}$... relativna elipsoidna višina med dvema sosednjima posnetima točkama v GPS-sledi, katere vrednost je pozitivna (gledano v smeri napredovanja)

Glede na naravo problema, ki ga naslavljamo, lahko predpostavimo tudi, da je vsota vseh razlik vrednosti geoidnih undulacij med pari zaporednih točk vzdolž celotne posnete poti v primerjavi z vrednostjo skupnega vzpona vzdolž te poti zanemarljiva.

$$dN_i^{i+1} = N_{i+1} - N_i$$

$$\sum_{i=1}^n dN_i^{i+1} \ll SV_1^n$$

Direktna posledica te predpostavke je, da lahko podatek o skupnem vzponu vzdolž iste poti obravnavamo kot enak ne glede na tip relativnih višin, iz katerih je izračunan.

Zgornjo predpostavko smo preverili s pomočjo spletne aplikacije *SiTraNet* (2016), s katero smo za naključno izbrano testno GPS-sled ID 199 izračunali vrednosti nadmorskih višin najvišje in najnižje ležeče posnete točke ter na ta način posredno prišli do vrednosti geoidnih undulacij v teh dveh točkah, ki jih je na podlagi podatkov aktualnega absolutnega modela geoida Slovenije SLOG2000 interpoliral program *SiTraNet*. Uporabljeni model geoida Slovenije je v okviru doktorske disertacije leta 2000 izračunal Boško Pribičević. Rezultate podajamo v preglednici 1.

	φ (ETRS89)	λ (ETRS89)	h (ETRS89)	H (D96)	N (SLOG2000)
Najvišja točka	46° 03' 18,2"	13° 46' 05,8"	1034 m	987,499 m	46,501 m
Najnižja točka	45° 59' 58,5"	13° 40' 38,6"	310 m	264,154 m	45,846 m
Razlika			724 m	723,345 m	0,655 m

Preglednica 1: Izračun geoidnih undulacij najvišje in najnižje točke v GPS-sledi ID 199.

Iz preglednice 1 je razvidno, da se vrednost interpolirane geoidne undulacije med konkretnima točkama, ki sta po višini razmaknjeni za 724 m, po položaju pa nekaj manj kot 10 km, razlikuje za 65,5 cm, kar je nekajkrat manj kot znaša natančnost določanja višin z enostavnimi eno-frekvenčnimi kodnimi GPS-sprejemniki. Ko smo na identičen način določili razlike geoidnih undulacij najvišje in najnižje točke tudi v nekaj drugih naključno izbranih GPS-sledih, se je izkazalo, da ima oddaljenost med točkama večji vpliv na spremembo vrednosti geoidne undulacije kot pa višinska razlika med točkama oz. njuna absolutna višina. V vseh primerih pa so bile razlike vrednosti geoidnih undulacij manjše kot 1 m, saj je bila oddaljenost med karakterističnima točkama omejena z dolžino GPS-sledi. V ekstremnem primeru je bila razlika geoidnih undulacij celo negativna – nižje ležeča točka je imela za 12 cm večjo vrednost interpolirane geoidne undulacije kot višje ležeča točka, kar je mogoče razložiti s tem, da se je nižje ležeča točka nahajala tik ob vznožju velikega gorskega masiva (kraj Moste pod goro Stol), najvišja točka pa se je nahajala na oddaljeni manjši osameli vzpetini (Dobrča). Ne glede na to pa ostaja dejstvo, da je velikostni rang razlik geoidnih undulacij zanemarljiv tako glede na natančnost uporabljene metode zajema točk kot tudi glede na rang velikosti skupnih vzponov, ki nas v osnovi zanimajo.

Elipsoidno ter nadmorsko višino najvišje in najnižje točke v obravnavani testni GPS-sledi ID 199 smo za primerjavo odčitali še direktno v programu *Google Zemlja*, rezultate prikazujemo v preglednici 2.

	h (ETRS89)	H (D96)	N (SLOG2000)	h (Google Zemlja)	H (Google Zemlja)	N (Google Zemlja)
Najvišja točka	1034 m	987,499 m	46,501 m	1026 m	969 m	57 m
Najnižja točka	310 m	264,154 m	45,846 m	323 m	284 m	39 m
Razlika	724 m	723,345 m	0,655 m	703 m	685 m	18 m

Preglednica 2: Nivo skladnosti višinskih podatkov iz programa Google Zemlja glede na izvorno zajete podatke ter SLOG2000.

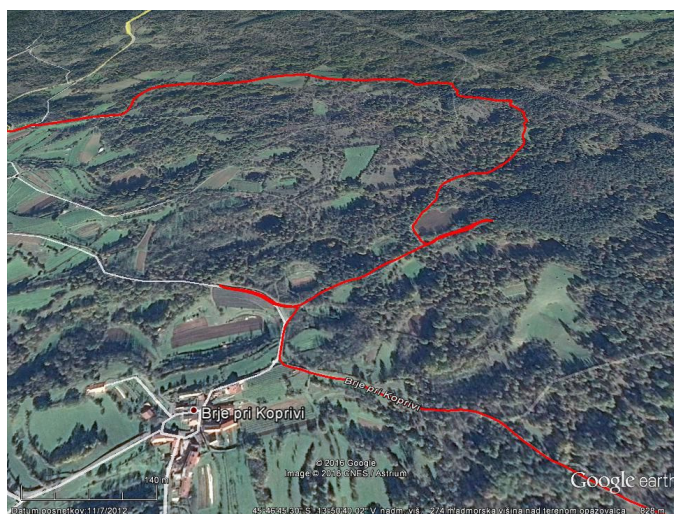
Kot je razvidno iz preglednice 2, se vrednosti absolutnih višin, dobljene s programom *Google Zemlja*, od dejansko posnetih oz. določenih s programom *SiTraNet* razlikujejo v rangi ± 20 m, kar je torej nekoliko slabše od deklarirane 16-metrске absolutne višinske natančnosti uporabljenega SRTM modela reliefa. Opozoriti je potrebno tudi na manjše razhajanje med vrednostjo izvorno posnetih elipsoidnih višin ter vrednostjo odčitanih elipsoidnih višin po uvozu podatkov iz GPS-sledi v program *Google Zemlja* ter prikazu le-teh v načinu "Absolutno", kar daje slutiti, da so izvorni podatki po uvozu v program vseeno nekoliko obdelani. Vrednosti, zbrane v preglednici 2, omogočajo okvirno predstavo o dosegljivi natančnosti določanja absolutnih višin s pomočjo programa *Google Zemlja*, bolj merodajne vrednosti pa bi seveda dobili na podlagi tovrstne obravnave večjega števila točk. Iz podatkov, prikazanih v preglednici 2, je mogoče dobiti tudi osnovni občutek o nivoju skladnosti podatkov iz modela geoida ter geoidnih ondulacij, izračunanih iz podatkov SRTM. Ob tem velja poudariti, da so bile vrednosti nadmorskih višin iz programa *Google Zemlja* odčitane pri vklopljenem prikazu reliefa SRTM v visoki kakovosti ter šele potem, ko so se podatki na območju interesa v celoti prenesli s spleta.

5. 4. 1 Način prikaza "Pritrjeno na tla"

"Pritrjeno na tla" je privzet način prikazovanja GPS-sledi in s tem tudi višin ter višinskega profila GPS-sledi v programu *Google Zemlja* (slika 25). GPS-sled je pri tem načinu prikaza položajno locirana glede na globalne geografske koordinate točk, ki so zabeležene v datoteki, podatki o višinah točk pa so nadomeščeni z interpoliranimi vrednostmi trenutno naloženega SRTM 90 m modela reliefa.

Višine na SRTM 90 m modelu reliefa so nadmorske višine, zato je podatek o višini iz programa *Google Zemlja* v načinu "Pritrjeno na tla" direktno primerljiv z višinami, podanimi v državnem višinskem sistemu normalnih-ortometričnih višin, torej tudi z višinami na

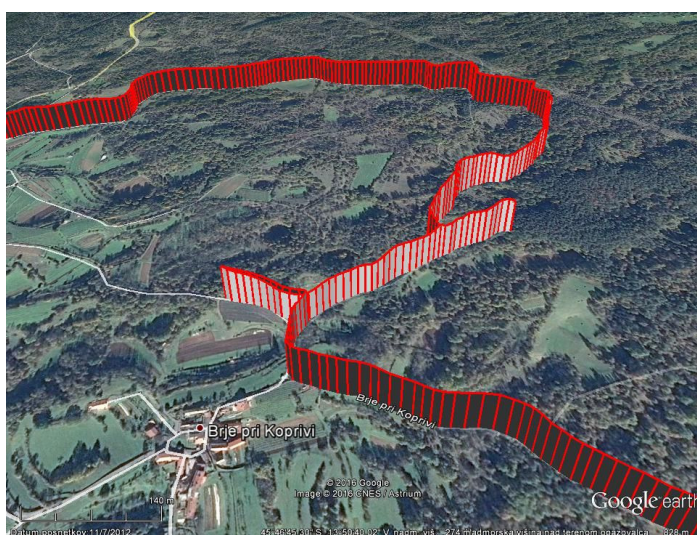
topografskih kartah (seveda v okviru ločljivosti in natančnosti SRTM modela) (E-prostor, 2016).



Slika 25: Izgled GPS-sledi v načinu prikaza "Pritrjeno na tla".

5. 4. 2 Način prikaza "Absolutno"

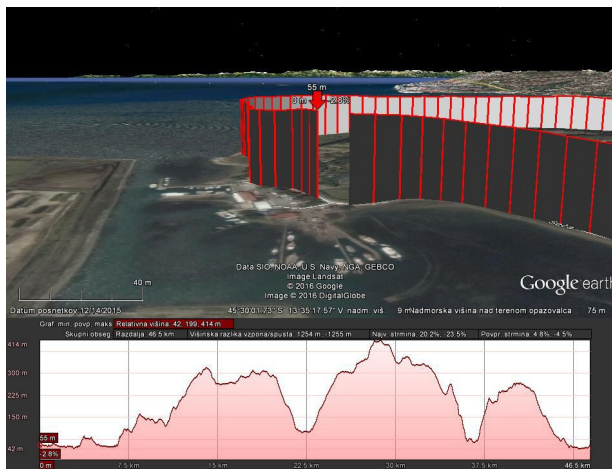
Google Zemlja omogoča tudi prikaz GPS-sledi v načinu "Absolutno" (slika 26), ki nas je zanimal z vidika merodajnosti izračuna skupnega višinskega vzpona na osnovi drugega tipa višin, torej izvornih elipsoidnih (GPS) višin namesto pripisanih nadmorskih višin iz SRTM 90 m.



Slika 26: Izgled GPS-sledi v načinu prikaza "Absolutno".

Ta dva načina prikaza smo primerjali s pomočjo GPS-sledi, ki je potekala tik ob morski gladini, torej praktično na ničelni višinski nivojski ploskvi. Izkazalo se je, da so višine, podane v načinu "Pritrjeno na tla", dejansko blizu 0 m nadmorske višine, višine v prikazu "Absolutno"

pa so nad nivo morja glede na prejšnje dvignjene še za višino geoida nad elipsoidom, torej za vrednost geoidne ondulacije.



Slika 27: GPS-sled v načinu višinskega prikaza "Absolutno". Slika 28: GPS-sled v načinu višinskega prikaza "Pritrjeno na tla".

Na sliki 27 je GPS-sled prikazana z elipsoidnimi višinami, razlika do modela reliefa pod njo pa predstavlja okvirno vrednost geoidne ondulacije na tem območju. Pri sliki 28 so višine sledi izračunane z interpolacijo višin v modelu SRTM in predstavljajo normalne ortometrične višine.

5. 5 Izris interaktivnega višinskega profila

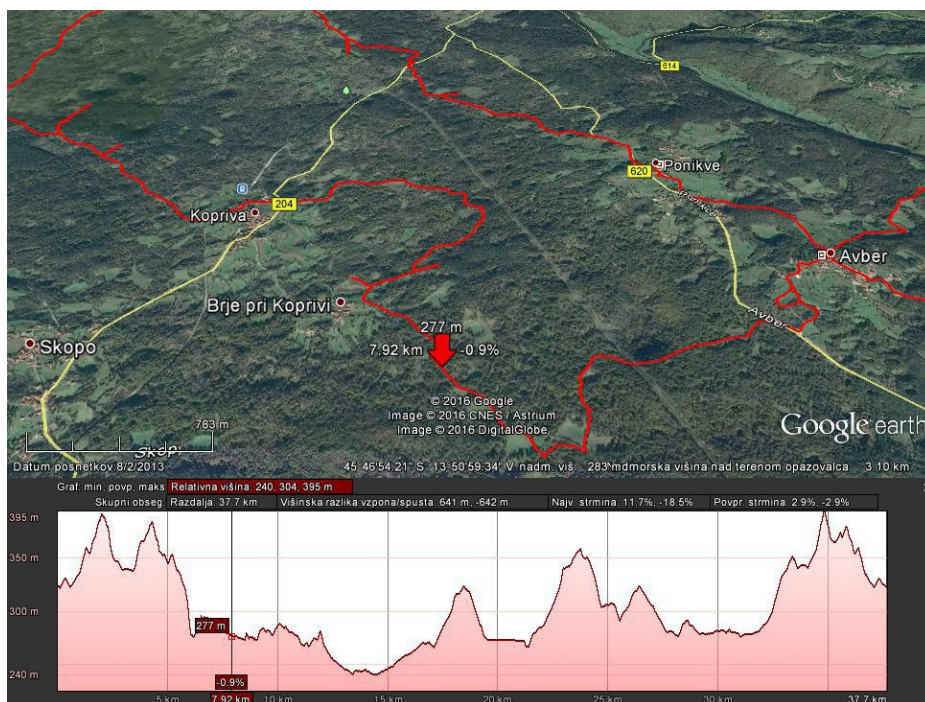
Program *Google Zemlja* omogoča izris višinskega profila uvožene GPS-sledi, pri čemer so višine točk vzete bodisi iz podatkov SRTM v primeru prikaza "Pritrjeno na tla" (slika 29) oz. predstavljajo absolutne elipsoidne višine v primeru prikaza "Absolutno" (slika 30). Slednje pojasni "lebdeči" položaj prikazane GPS-sledi nad modelom reliefa.

Višinski profil se izrisuje sproti glede na novo pridobljene podrobnejše podatke o reliefu na izbranem območju in se tako vedno bolj približuje njegovi končni obliki. V podoknu višinskega profila je iz podatkov izračunanih nekaj osnovnih statistik, med njimi tudi skupni vzpon ter spust. Vse statistike je mogoče v realnem času interaktivno pridobiti tudi le za del celotne sledi, s potegom prek zelenega dela višinskega profila celotne trase. Ob tem se samodejno izriše poligon za izbrani odsek, ki pa je praviloma zajet bolj grobo, zaradi česar so tudi statistike, izračunane na njegovi osnovi, manj zanesljive.

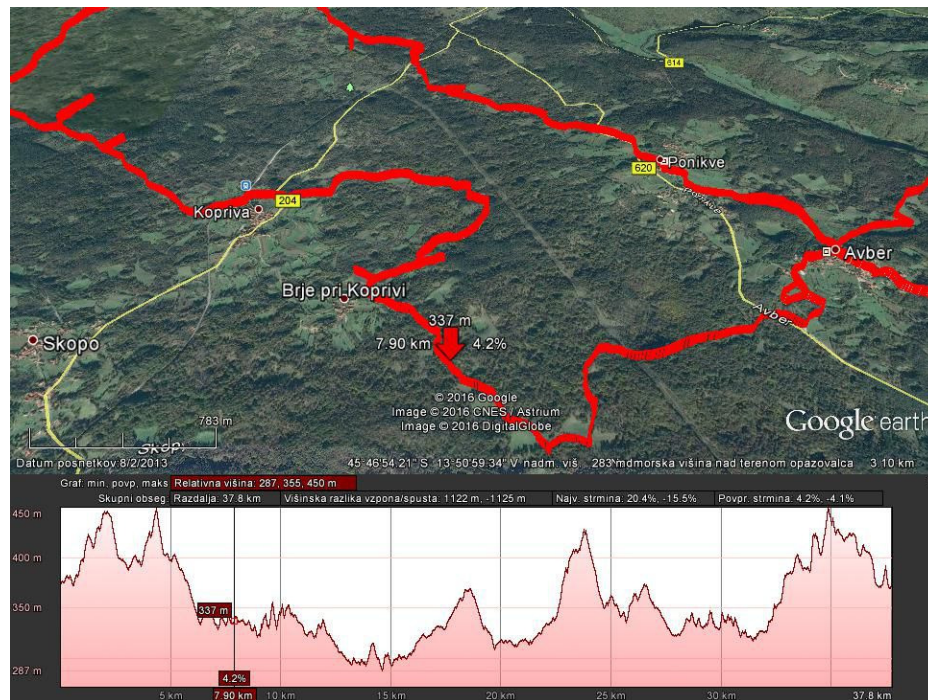
Nenavadno pri izračunu, kar tudi uporabniki programa *Google Zemlje* pogosto kritizirajo, je, da se podatek o skupnem vzponu vzdolž poti očitno izračuna/določi na osnovi grafičnega višinskega profila in je vezan na njegovo ločljivost prikaza v pikslih. To pomeni, da se

Moderer, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve. Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

podatek o vzponu do določene mere razlikuje glede na to, kako velik oz. s koliko piksli je prikazan/izrisan višinski profil. Prikazan višinski profil se s pomanjšavo programskega okna *Google Zemlje* sorazmerno zmanjša, posledično pa je podatek o skupnem vzponu na ta način določen bolj grobo (iz manjšega števila pikslov). Direktna posledica tega je, da smemo med seboj primerjati le skupne vzpone, odčitane pri isti velikosti programskega okna – če se tega držimo, so rezultati boljši in praktično uporabni.



Slika 29: Izgled GPS-sledi in njenega višinskega profila v načinu prikaza "Pritrjeno na tla".



Slika 30: Izgled GPS-sledi in njenega višinskega profila v načinu prikaza "Absolutno".

Možnost prikaza GPS-sledi v absolutnem smislu je zanimiva z vidika prikaza posnete trajektorije gibanja v zraku, predvsem pri letalstvu, padalstvu, balonarstvu, modelarstvu in zračnem snemanju. Za prikaz višinskega profila poti ter izračun skupnega vzpona je ta možnost manj primerna, saj je višinski profil prikazan neposredno iz izvornih oziroma nepopravljenih-nezglajenih podatkov o višinah posnetih točk. Tako določen podatek o skupnem vzponu je večinoma zavajajoč – prevelik zaradi že omenjene odsotnosti vsakega glajenja posnetih višin točk oz. višinskega profila, torej odprave šuma zaradi nenatančnosti z izvorom v omejeni natančnosti določitve absolutnega položaja na podlagi kodnih GPS-opazovanj.

Izrazit zamik posnete GPS-sledi po višini glede na izbran način višinskega prikaza v programu *Google Zemlja* ima jasen geometrični pomen: višinski zamik v vsaki posamezni posneti točki predstavlja razliko med elipsoidno ter nadmorsko višino v tej točki, torej geoidno ondulacijo oz. višino geoida nad referenčnim elipsoidom v tej točki. Kljub omogočenemu preprostem spreminjanju načina višinskega prikaza posnete GPS-sledi v programu *Google Zemlja* pa velika večina laičnih uporabnikov ne pozna razlike med elipsoidno ter nadmorsko oz. normalno ortometrično višino, zaradi česar lahko pri uporabnikih pogosto pride do napačnih razlag izvora višinsko različnega poteka GPS-sledi pri uporabljenih različnih načinih višinskega prikaza.

6 IZRAČUN SKUPNEGA VZPONA IZ DRŽAVNEGA MODELA VIŠIN

6.1 Opis državnega modela višin

Za pripisovanje absolutnih višin posnetim točkam smo uporabili nov, najpodrobnejši državni digitalni model višin, ki je bil izdelan na podlagi podatkov, pridobljenih z nedavno zaključenim ALS snemanjem celotnega območja Slovenije.

Lidar (ang. *Light Detection And Ranging*) je ena od tehnologij daljinskega zaznavanja in temelji na uporabi laserskega skenerja. Glede na to, kje se nahaja laserski skener, delimo lidar tehnologijo na ALS (ang. *Airborne Laser Scanning*), če je laserski skener nameščen na zračno plovilo oz. TLS (ang. *Terrestrial Laser Scanning*), če se laserski skener nahaja na tleh, bodisi mirujoč na trinožnem stativu bodisi premičen na strehi vozila. Po enakem principu kot poteka določanje koordinat točk z elektronskimi tahimetri so tudi s to tehnologijo položaji točk izračunani na osnovi posrednega določanja oddaljenosti s pomočjo laserskega žarka in merjenjem časa, ki ga žarek potrebuje, da se po odboju od terena/strehe/krošnje drevesa ipd. vrne nazaj do laserskega skenerja v zraku (Triglav Čekada, 2009).

Na ta način pridobimo oblak točk, ki v naravi predstavljajo tudi krošnje dreves, strehe objektov, avtomobile ter ostale, nad reliefom prisotne objekte, zato je potrebno do točk, ki predstavljajo izključno teren, priti šele z ustreznimi algoritmi, ki z dovolj veliko zanesljivostjo klasificirajo, filtrirajo in odstranijo vse ostale zajete točke, ki ne predstavljajo reliefa Zemlje (Triglav Čekada, 2009).

Ko rezultat takšne obdelave osnovnega oblaka točk prevzorčimo v pravokotno celično mrežo, v konkretnem primeru mrežo celic s stranico 1 m, pridobimo digitalni model višin prostorske ločljivosti 1 m (DMV 1 m). Slednji nam je služil kot referenčna ploskev površja Zemlje pri določanju skupnega vzpona vzdolž GPS-sledi, pri čemer smo zaradi nedvoumnosti o izvoru tega podatkovnega sloja v nadaljevanju naloge to, za nas referenčno višinsko podlago, imenovali kar LIDAR 1 m (Izvedba laserskega skeniranja Slovenije, 2011).

Uporabljeni lidarski podatki so na voljo kot klasificiran in georeferenciran oblak točk, pa tudi v različici s pravokotno celično mrežo 1 m x 1 m, katere vrednosti predstavljajo zgolj točke reliefa. Podatki so brezplačno dostopni prek portala eVode Ministrstva za okolje in prostor RS, in sicer v izhodiščni ločljivosti 1 m. Natančnost določitve položaja v horizontalni ravnini je pri podatkih ALS zajema območja Slovenije zaradi transformacije koordinat točk med koordinatnimi sistemi sicer lahko tudi slabša od 1 m, v višinskem smislu pa podatki lahko odstopajo tudi 50 cm, saj so lidarski podatki umeščeni na matematično definirano referenčno ploskev rotacijskega elipsoida, katere potek se razlikuje od poteka ploskve geoida. Poleg

tega je položajna in višinska natančnost rezultatov ALS odvisna tudi od različnih dejavnikov med samim zajemom, gostote in točnosti določitve oslonilnih točk, točnosti GNSS in IMU sistemov v plovilu ipd. (Petrovič, 2016; Fras, 2009).

6. 2 Priprava podatkov

Pripravo podatkov smo izvedli deloma s programom *QGIS*, deloma pa kar direktno z ukazi iz programske knjižnice "ogr2ogr" za delo s prostorskimi podatki v vektorski obliki oz. z ukazi programske knjižnice "GDAL" (ang. *Geospatial Data Abstraction Library*) za delo s prostorskimi podatki v rastrski obliki. Ukaze iz teh programskih knjižnic za obdelavo podatkovnih slojev se sicer podaja v programskem jeziku Python, bodisi direktno preko ukazne vrstice "Run" oz. združene v formatu zapisa BAT (ang. *Batch*), v primeru kompleksnejše obdelave podatkov z več zaporednimi fazami. Identični Python ukazi pa so uporabljeni tudi v odprtokodnem GIS-programu *QGIS*, s katerim je delo zaradi uporabniku prijaznejšega grafičnega vmesnika bolj nazorno in pregledno kot direktno programiranje funkcijskih ukazov (GDAL, 2016).

Vsako od 250 posnetih GPS-sledi smo z namenom nadaljnje hitrejše – avtomatske obdelave pretvorili v podatkovni sloj SHP (ang. *Shapefile*) in pri tem ohranili le horizontalne koordinate točk ter pripadajoče izvorno posnete elipsoidne višine.

Pridobili smo torej 250 točkovnih datotek SHP, ki smo jih nato združili v enoten sloj z ukazom "Qgis → Vector → Merge shapefiles into one". Da pa smo točke, ki pripadajo posamezni GPS-sledi, še vedno ločili od drugih točk, smo točkam glede na GPS-sled, ki ji pripadajo, pripisali dodaten atribut (identifikator), vrstni red točk znotraj posamezne GPS-sledi pa se je ob tem ohranil. Nato smo celoten SHP-sloj GPS-sledi transformirali v državni koordinatni sistem D96/TM, saj so v tem koordinatnem sistemu izvorno locirani tudi uporabljeni podatki DMV 1 m (DMV 1 m je sicer na voljo tudi v starem horizontalnem državnem koordinatnem sistemu D48/GK, a je zaradi izvedene transformacije iz obstoječega v star koordinatni sistem njegova natančnost do določene mere prizadeta). Na ta način smo dobili en točkovni SHP-sloj z vsemi GPS-sledmi, pripravljen za polaganje na lidarski digitalni model višin DMV 1 m (eVode, 2016).

Podatke o poteku površja v položajni ločljivosti 1 m smo pridobili iz spletnega pregledovalnika lidarskih podatkov na spletni strani Ministrstva za okolje in prostor, eVode (2016). Prenesli smo DMV datoteke, razdeljena na območja 1 km x 1 km v tekstovnem formatu zapisa ASC za celotno območje Slovenije zahodno od koordinate E 480.000, kar je nanese 72 GB podatkov. Podatke smo nato pretvorili v enovit georeferenciran raster GEOTIFF, katerega piksli so v naravi predstavljali 1 m x 1 m veliko območje, njihova višinska

vrednost pa je ustrezala povprečni nadmorski višini na tistem območju. Velikost tako izdelanega GEOTIFF-a za celotno območje obravnave je znašala 53 GB, kar govori o procesorski zahtevnosti in časovnem obsegu tega postopka.

Za potrebe prikaza obravnavanih GPS-sledi na upodobitvi reliefa (slika 31) smo z ukazom "hillshade" iz programske knjižnice "GDAL" za delo z rastrmi ustvarili PAS (podobo analitičnega senčenja) s privzeto smerjo navidezne osvetlitve. Vzoredno smo izdelan GEOTIFF raster sivinskih vrednosti obarvali na podlagi višinske barvne lestvice ter tako pridobljena položajno identična rastra prikazali hkrati, seveda ob določeni stopnji prosojnosti. Na tako izdelani podlagi smo prikazali še vse sledi v enotnem SHP-sloju, v katerem so bili nizi zaporednih točk, pripadajočih posameznim posnetim GPS-sledem, predhodno povezani v linije.

6. 3 Postopek obdelave

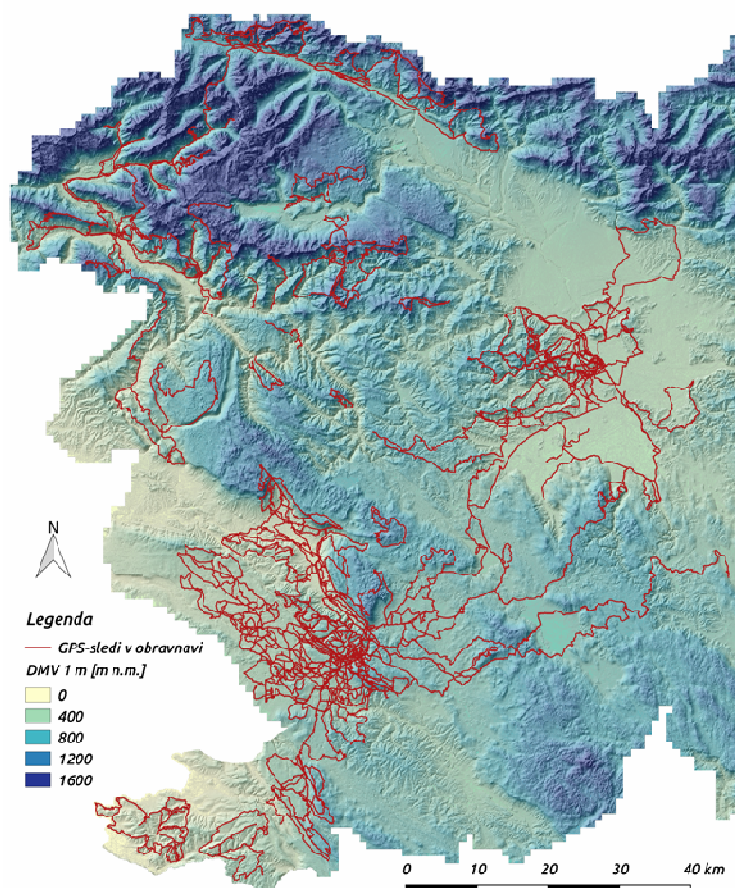
Za izračun skupnega vzpona za vsako posamezno GPS-sled na podlagi lidarskih podatkov ločljivosti 1 m smo uporabili predhodno pripravljen enoten točkovni SHP-sloj, ki je vseboval posnete točke (cca. 700.000) vseh 250 GPS-sledi v obravnavi, med seboj ločenih z identifikatorji, ter predhodno pripravljen GEOTIFF raster sivinskih vrednosti, ki so ustrezale dejanskim višinam iz lidarskega DMV-ja. Oba sloja sta bila georeferencirana v novem državnem koordinatnem sistemu D96/TM, tako da so GPS-sledi iz sloja SHP pri polaganju na raster padle na istoležne, odgovarjajoče nadmorske višine terena. Pomembno je bilo, da smo predhodno poskrbeli za enakost koordinatnih sistemov obeh podatkovnih slojev, saj so se le tako lahko točkam iz GPS-sledi pripisale pravilne nadmorske višine, iz katerih smo nato lahko izračunali višinske razlike, iz njih pa naprej skupni vzpon.

Z ukazom "point sampling tool" smo torej samodejno vsaki točki vsake GPS-sledi iz SHP-datoteke pripisali atribut – podatek o višini iz GEOTIFF rastra za tisti piksel, na katerem se je točka iz GPS-sledi nahajala. Iz tako dobljenih nizov višin pripisanih točkam smo nato s pomočjo programske knjižnice "PANDAS" za delo z relacijskimi tabelami za vsako turo posebej samodejno izračunali višinske razlike med sosednjimi točkami. Pri izračunu skupnega vzpona smo nato seveda upoštevali le tiste višinske razlike ki so bile v nizu glede na smer napredovanja pozitivne. Dobljene rezultate, torej vrednost skupnega vzpona vzdolž vsake GPS-smeri, izračunanega iz podatkov DMV 1 m, katerega vir so bili lidarski podatki, smo zaradi položajne in višinske kakovosti tako uporabljene višinske podatkovne podlage v nadaljevanju naloge obravnavali kot referenčne vrednosti, glede na katere smo primerjali podatke o skupnem vzponu, določene z drugimi metodami.

7 OBRAVNAVA SKUPNEGA VZPONA

7. 1 Predstavitev značilnosti baze GPS-sledi za raziskavo

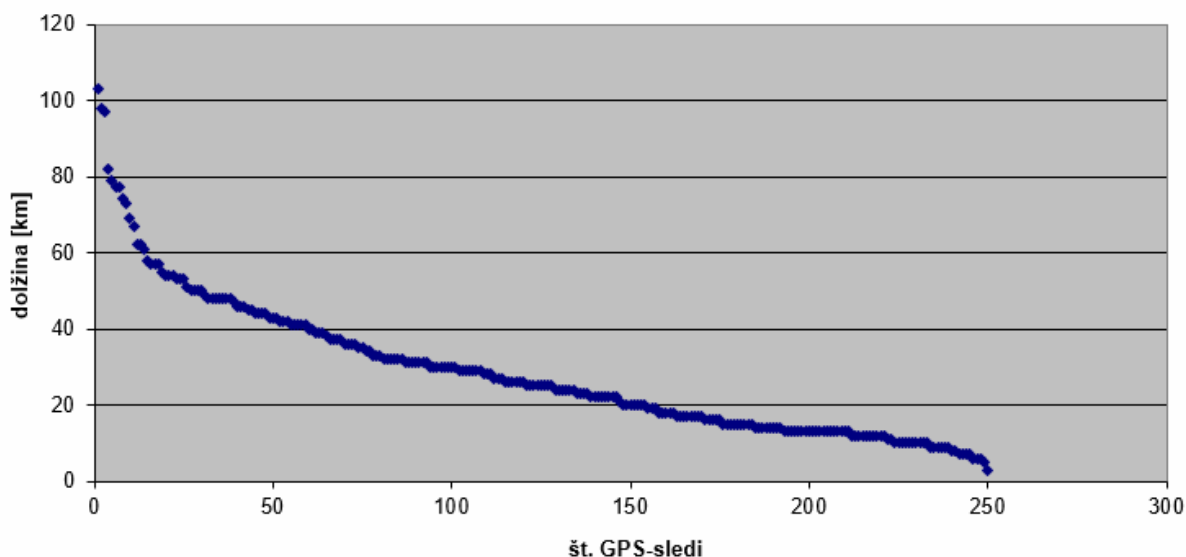
V obdobju 2009 – 2016 smo z gostoto zajema nastavljeno na 10 m, z GPS-snemalnikom *Qstarz BT-Q1000P* med turnim kolesarjenjem posneli 250 GPS-sledi (slika 31) v skupni dolžini nekaj več kot 7000 km ter vsoto skupnih vzponov v intervalu med 321.000 m in 163.000 m, odvisno od uporabljene metode izračuna skupnega vzpona. Razlika med navedenima vrednostma vsote skupnih vzponov torej govori v prid smiselnosti bolj podrobne analize pridobljenih podatkov o skupnem vzponu. Zaradi dostopnosti podatkov DMV v največji ločljivosti 1 m smo se za potrebe analize sprva omejili zgolj na področje Slovenije; ker pa je bila količina podatkov v obravnavi kljub temu še vedno zelo velika, smo se nato dodatno omejili le na zahodni del države. Višinsko referenčno podlago za obdelavo sledi so predstavljali podatki višine iz lidarskega DMV-ja ter SRTM-model reliefa gostote 90 m, ki ga za prikaz terena, izris višinskih profilov ter izračune podatkov o skupnem vzponu uporablja program *Google Zemlja*.



Slika 31: Prikaz obravnavanih GPS-sledi na izdelani upodobivi reliefa.

Izmed 250 GPS-sledi v obravnavi jih je bilo 20% daljših od 40 km in 40% krajših od 20 km, kar podrobneje prikazujemo na grafikonu 1.

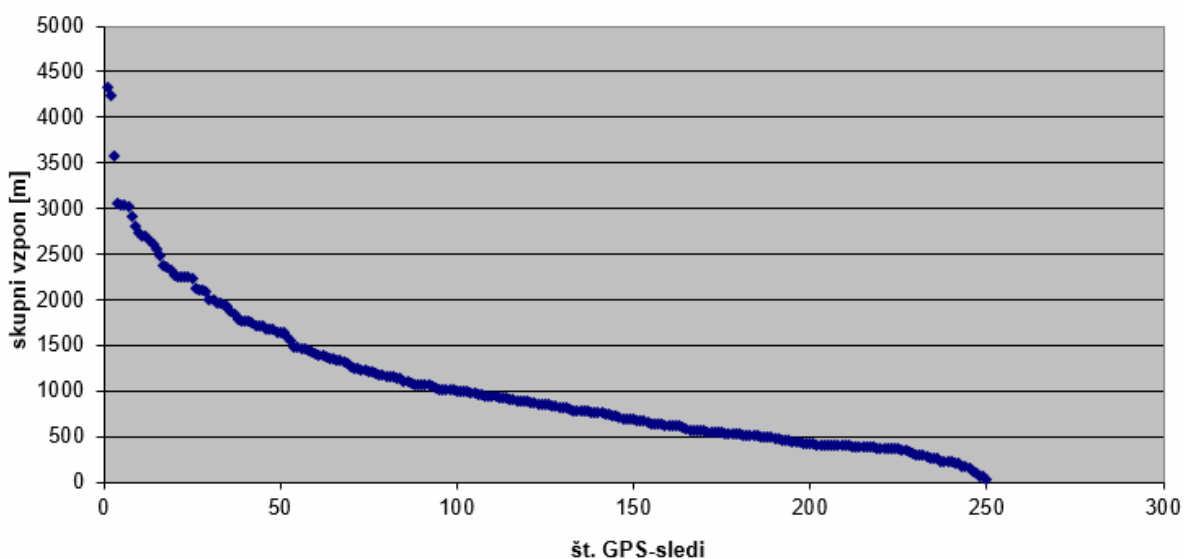
Razvrstitev GPS-sledi po dolžini



Grafikon 1: Razvrstitev GPS-sledi po dolžini.

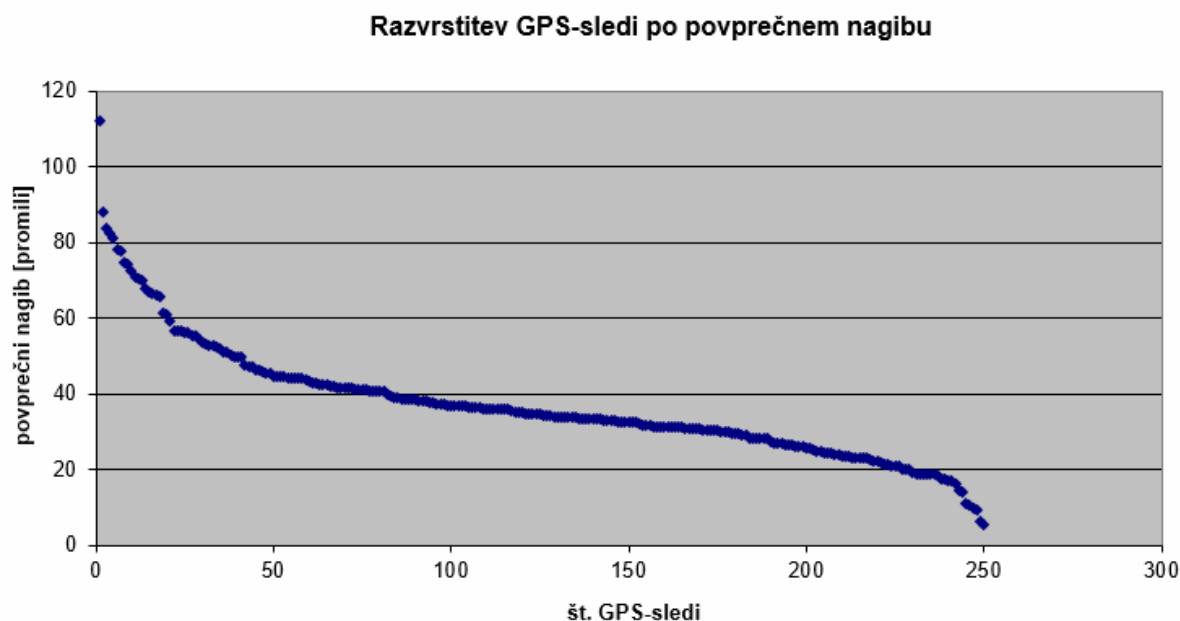
Izmed 250 GPS-sledi v obravnavi jih je imelo 20% skupni vzpon višji od 1.500 m (določeno na podlagi referenčne metode – iz lidarskega DMV-ja) ter 20% vzpon manjši od 500 m (grafikon 2).

Razvrstitev GPS-sledi po skupnem vzponu (iz lidarskega DMV-ja)



Grafikon 2: Razvrstitev GPS-sledi po skupnem vzponu (iz lidarskega DMV-ja).

Povprečni nagib GPS-sledi smo izračunali kot razmerje med skupnim vzponom v metrih in dolžino GPS-sledi v kilometrih in ga nadalje izražamo v promilih. Povprečni nagib večine od 250 GPS-sledi v obravnavi se je nahajal na intervalu med 30 in 50 promili, kar prikazujemo na grafikonu 3.



Grafikon 3: Razvrstitev GPS-sledi po povprečnem nagibu.

7. 2 Izračun skupnega vzpona po različnih metodah

Skupni vzpon vzdolž GPS-sledi smo izračunali na več načinov in sicer:

- brez popravljanja GPS-sledi – izračun skupnega vzpona neposredno iz vsote pozitivnih višinskih razlik, gledano v smeri napredovanja,
- odčitek iz programa *Trackan* na podlagi nastavljenega praga poenostavitve višinskega profila, in sicer pri vrednostih: 0,3 m, 1 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m, 35 m, 40 m, 50 m, 60 m,
- odčitek iz programa *Google Zemlja* v načinu prikaza GPS-sledi “*Pritrjeno na tla*” (ang. *Clamped to ground*), pri katerem je bila sled položena na model reliefa SRTM, ter v načinu “*Absolutno*”, pri katerem so vse točke GPS-sledi ohranile absolutni položaj v prostoru,
- izračun s polaganjem GPS-sledi na lidarski DMV ločljivosti 1 m x 1 m.

V zbranih rezultatih smo vrednosti, pri katerih se je podatek o skupnem vzponu stabiliziral ne glede na povečanje praga poenostavitve, za boljšo preglednost v preglednici označili z vijolično barvo (Priloga A). Iz razporeditve obarvanih celic izhaja, da se vrednost podatka o skupnem vzponu z naraščanjem praga poenostavitve vse bolj stabilizira, to pa se večinoma prične dogajati od praga poenostavitve 15 m naprej. To je deloma pogojeno s konfiguracijo terena in s potekom konkretne posnete trase, saj večina dejanskih vmesnih vzponov na trasi zvezno poteka v precej večjem višinskem intervalu kot le 15, 20 ali 25 m. Drugače povedano: v enovitem vzponu se navadno premaga večjo višinsko razliko kot pa znaša velikost praga poenostavitve. Vse manjše vmesne vzpone, katerih velikost je v rangu "šuma" GPS-signala, z metodo praga poenostavitve izgubimo ter neobhodno izločimo iz obravnave. Bolj monoton kot je vzpon, bolj je višinski profil "odporen" na poenostavljanje. V primeru enega dolgega zveznega neprekinjenega vzpona dobimo enak podatek o skupnem vzponu ne glede na velikost praga poenostavitve, da je le prag poenostavitve manjši kot vrednost tega vzpona.

V nadaljevanju tabelarično podajamo naslednje vrednosti:

- vsoto vseh skupnih vzponov posamezne GPS-sledi za vsako od metod določitve skupnega vzpona,
- povprečni skupni vzpon vseh 250 tur, izračunan za vsako od metod določitve kot povprečje vseh skupnih vzponov,
- standardno deviacijo populacije, torej mero razpršenosti vrednosti skupnih vzponov, za vsako od metod določitve skupnega vzpona.

Ker smo imeli večje število posnetih GPS-sledi (250), smo razpršenost rezultatov skupnega vzpona ter odstopanj od referenčne vrednosti za te sledi v agregatu določili na podlagi enačbe za izračun standardne deviacije populacije:

$$x_{SR} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$STDEVP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{SR})^2}{n}}, n > 10$$

V preglednici 3 podajamo rezultate vrednosti vsot skupnih vzponov v agregatu, in sicer za vsako od metod določitve posebej. Poleg nominalnih vrednosti so izračunane še povprečne vrednosti skupnih vzponov za vseh 250 tur v obravnavi, s podano mero razpršenosti okrog srednje vrednosti.

prag poenostavitve	Vzpon [m] (rawgpx)	Vzpon [m] (PP=0,3)	Vzpon [m] (PP=1)	Vzpon [m] (PP=5)	Vzpon [m] (PP=10)	Vzpon [m] (PP=15)	Vzpon [m] (PP=20)	Vzpon [m] (PP=25)	Vzpon [m] (PP=30)	Vzpon [m] (PP=35)	Vzpon [m] (PP=40)	Vzpon [m] (PP=50)	Vzpon [m] (PP=60)	Vzpon [m] (čiatgno)	Vzpon [m] (abs)	Vzpon [m] (LIDAR 1m)
SUM	320765	316610	297129	256775	231956	214371	202722	193096	186370	181491	177117	169842	163613	214934	259185	261367
AVG	1283	1266	1189	1027	928	857	811	772	745	726	708	679	654	860	1037	1045
STDEVP	801	786	746	659	606	566	537	518	501	489	483	467	453	545	596	760

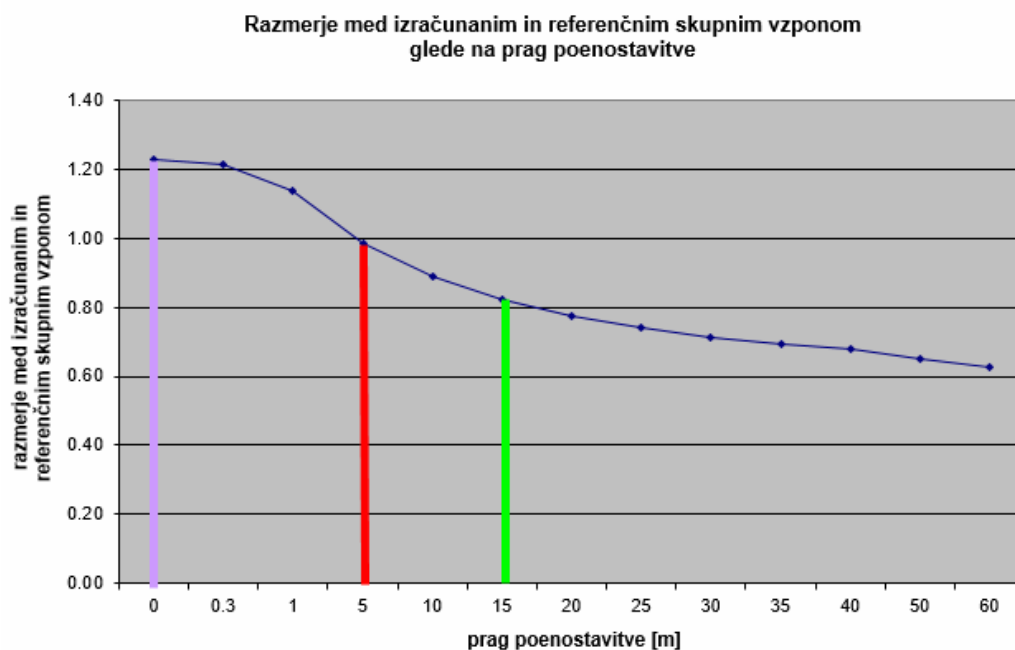
Preglednica 3: Vrednosti skupnih vzponov glede na metodo določitve.

Iz preglednice 3 je razvidno postopno manjšanje vrednosti tako skupnega kot povprečnega vzpona, ki je odvisna od jakosti metode poenostavitve. Način izračuna skupnega vzpona v programu *Google Zemlja* "Pritrjeno na tla" daje v povprečju rezultate, primerljive z izračunom skupnega vzpona ob pragu poenostavitve 15 m. Način *Google Zemlja* "Absolutno" ter način praga poenostavitve 5 m pa se v povprečju približata vrednostim, določenim na referenčni višinski podlagi lidarskega DMV-ja.

Razpršenost vrednosti skupnih vzponov z večanjem agresivnosti metode poenostavitve se pričakovano manjša.

Vsaki od metod določitve skupnega vzpona je z namenom večje preglednosti dodeljena barva, ki se uporablja skozi celotno nalogo v preglednicah, grafih in prilogah. Metode izračuna so obarvane po naslednjem ključu:

- vijolična: izračun skupnega vzpona neposredno iz razlik elipsoidnih višin med posnetimi sosednjimi točkami, torej brez vsake obdelave,
- oranžna: izračun skupnega vzpona ob uporabi metode poenostavitve višinskega profila, in sicer z 12 različnimi vrednostmi praga poenostavitve višinskega profila (0,3 m, 1 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m, 35 m, 40 m, 50 m, 60 m),
- zelena: izračun skupnega vzpona v programu *Google Zemlja* na podlagi polaganja GPS-sledi na model reliefa SRTM 90 m (način prikaza "Pritrjeno na tla"),
- modra: izračun skupnega vzpona v programu *Google Zemlja* na podlagi absolutnega položaja posnetih točk vzdolž GPS-sledi (način prikaza "Absolutno"),
- rdeča: izračun skupnega vzpona na podlagi polaganja GPS-sledi na lidarski model reliefa ločljivosti 1 m x 1 m (te vrednosti smo zaradi kakovosti višinske podatkovne podlage skozi celoten proces obdelave obravnavali kot referenčne).



Grafikon 4: Razmerje med izračunanim in referenčnim skupnim vzponom glede na prag poenostavitve.

Z grafikona 4 je razvidno, da se vrednost skupnega vzpona v povprečju zelo hitro zmanjša in sicer kot posledica neupoštevanja manjših delnih višinskih razlik. Od praga poenostavitve 15 m naprej pa se izrazito manjšanje vrednosti umiri, saj vzdolž posnetih GPS-sledi ostaja vedno manj delnih višinskih razlik, ki so tik nad pragom poenostavitve. Na ta način se na višinskem profilu postopno oblikujejo vse bolj generalizirane delne višinske razlike, ki se nanašajo na daljše odseke posnete GPS-sledi. Število takšnih delnih višinskih razlik se z naraščanjem praga poenostavitve zmanjšuje, njihove vrednosti pa naraščajo, in sicer vse do takrat, ko vzdolž višinskega profila še obstajajo vmesne delne višinske razlike, manjše od nameravanega praga poenostavitve, ki se zato postopno prištevajo generaliziranim delnim višinskim razlikam. Ko takšnih manjših delnih višinskih razlik vzdolž višinskega profila ni več, se naraščanje vrednosti generaliziranih delnih višinskih razlik ustavi, in sicer vse dokler vrednost praga poenostavitve ne postane tako velika kot sama generalizirana višinska razlika – kar pa v praksi nima več smisla. Ker torej vrednost takšnih vse bolj generaliziranih delnih višinskih razlik z naraščanjem praga poenostavitve postaja vse večja, jih nadaljnje postopno povečevanje praga poenostavitve ne zajame več – njihove vrednosti kljub nadaljnjem naraščanju praga poenostavitve ostajajo enake, posledično pa tudi vrednosti iz njih izračunanih skupnih vzponov vzdolž posnetih GPS-sledi, kar je v preglednici 3 razvidno kot obarvane enake-ustaljene vrednosti skupnih vzponov, ki se pri večjih pragovih poenostavitve pojavljajo v neprekinjenem nizu. Dinamika opisanega spreminjanja vrednosti

generaliziranih delnih višinskih razlik vzdolž višinskega profila je tesno pogojena s konkretno konfiguracijo oz. razgibanostjo terena, po katerem poteka posneta GPS-sled.

Pri pragu poenostavitve 5 m se v povprečju zgodi prevoj: takrat vrednosti skupnega vzpona v povprečju postanejo manjše od izračunanih referenčnih. Vrednosti, obdelane s pragom poenostavitve manj kot 5 m, pa v povprečju izkazujejo večjo vrednost kot je zanje referenčna.

7. 3 Izračun odstopanj glede na referenčne vrednosti iz lidarskega DMV-ja

prag poenostavitve	Vzpon [m] (rawgpx)	Vzpon [m] (PP=0,3)	Vzpon [m] (PP=1)	Vzpon [m] (PP=5)	Vzpon [m] (PP=10)	Vzpon [m] (PP=15)	Vzpon [m] (PP=20)	Vzpon [m] (PP=25)	Vzpon [m] (PP=30)	Vzpon [m] (PP=35)	Vzpon [m] (PP=40)	Vzpon [m] (PP=50)	Vzpon [m] (PP=60)	Vzpon [m] (clatgnd)	Vzpon [m] (abs)	Vzpon [m] (LIDAR 1m)
f_SUM	59398	55243	35762	4592	29411	46996	58645	68271	74997	79876	84250	91525	97754	46433	2182	0
f_AVG	-238	-221	-143	18	118	188	235	273	300	320	337	366	391	186	9	0
STDEVP_f	293	293	266	245	254	272	293	310	324	336	344	360	372	277	266	0

Preglednica 4: Odstopanja od referenčnih vrednosti, vezanih na višine iz lidarskega DMV-ja.

V preglednici 4 prikazujemo vrednosti odstopanj za vsoto skupnih vzponov ter povprečje skupnih vzponov glede na vrednosti, ki smo jih določili iz lidarskega DMV-ja in smo jih v obravnavi vzeli za referenčne. Razvidno je, da je vsota odstopanj od izračunanih referenčnih vrednosti skupnega vzpona v povprečju za vseh 250 GPS-sledi v povprečju najmanjša pri metodi izračuna s pragom poenostavitve 5 m. Takrat rezultati v povprečju odstopajo za manj kot 20 m, pri čemer razpršenost teh odstopanj znaša +/- 245 m, kar daje osnovno predstavo o nivoju skladnosti z referenčnimi vrednostmi, ki je v povprečju dosegljiv.

7. 3. 1 Korekcijski faktorji

Ugotovljeno odstopanje smo izrazili še z razmerjem, ki kot tako predstavlja povprečni korekcijski faktor za posamezno metodo izračuna skupnega vzpona, da na ta način v povprečju pridemo na vrednosti, skladne z vrednostmi iz lidarskega DMV-ja.

Določitev korekcijskega faktorja ter izračun skupnega vzpona, ki je v povprečju skladen z rezultatom referenčne metode, opisujeta naslednji dve enačbi:

$$kf_{METODA_i} = \frac{SV_{LIDAR_1m}}{SV_{METODA_i}}$$

$$SV_{LIDAR_1m} = kf_{METODA_i} \cdot SV_{METODA_i}$$

kjer je:

kf ... korekcijski faktor za izbrano metodo določitve skupnega vzpona

SV ... skupni vzpon vzdolž posnete GPS-sledi, določen z izbrano metodo

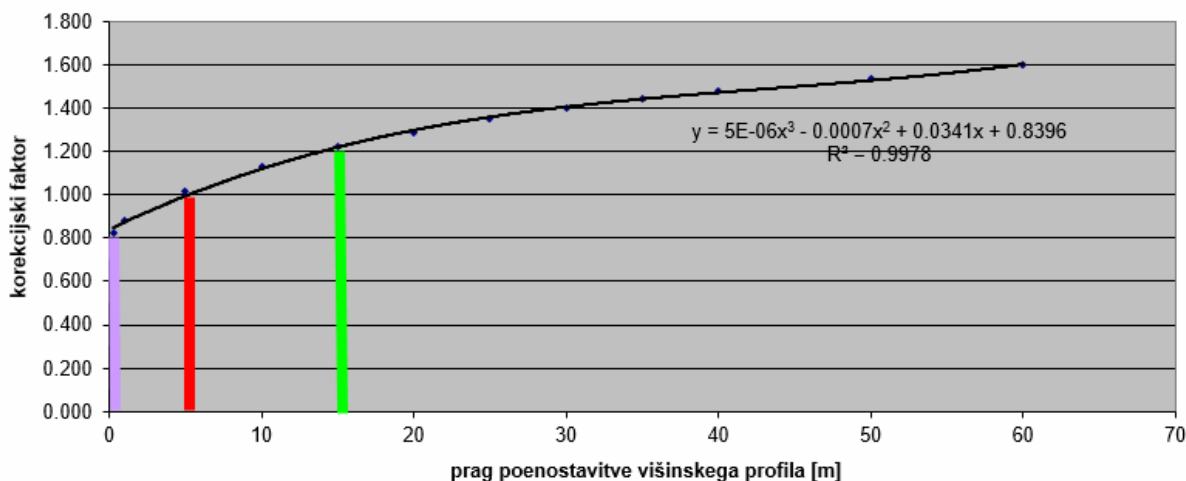
Po zgornji enačbi smo prišli do vrednosti povprečnih korekcijskih faktorjev za vsako od metod določitve skupnega vzpona, kar podajamo v preglednici 5.

prag poenostavitve	Vzpon [m] (rawgpx)	Vzpon [m] (PP=0,3)	Vzpon [m] (PP=1)	Vzpon [m] (PP=5)	Vzpon [m] (PP=10)	Vzpon [m] (PP=15)	Vzpon [m] (PP=20)	Vzpon [m] (PP=25)	Vzpon [m] (PP=30)	Vzpon [m] (PP=35)	Vzpon [m] (PP=40)	Vzpon [m] (PP=50)	Vzpon [m] (PP=60)	Vzpon [m] (clatgnd)	Vzpon [m] (abs)	Vzpon [m] (LIDAR 1m)
kor. faktor	0,84	0,85	0,87	0,99	1,12	1,21	1,28	1,33	1,37	1,39	1,40	1,42	1,45	1,22	1,01	1,00

Preglednica 5: Korekcijski faktorji

Vrednosti korekcijskih faktorjev iz preglednice 5 smo prikazali še grafično v grafikonu 5.

Potreben korekcijski faktor glede na prag poenostavitve višinskega profila za zagotovitev skladnosti z izračunom iz višin iz lidarskega DMV-ja



Grafikon 5: Potreben korekcijski faktor glede na prag poenostavitve višinskega profila za zagotovitev skladnosti z izračunom iz višin iz lidarskega DMV-ja.

Na grafikonu 5 prikazujemo naraščanje povprečne vrednosti korekcijskega faktorja z večanjem praga poenostavitve višinskega profila. Grafikon 5 je zelo informativen in predstavlja ključen člen pri razumevanju povprečnega učinka naraščajoče stopnje poenostavljanja višinskega profila na določitev vrednosti skupnega vzpona. Grafikon 5 predstavlja osnovo tako za občutek o medsebojni primerljivosti podatkov o skupnem vzponu, izračunanih z različnimi metodami, kot tudi za zagotovitev primerljivosti v praksi, gledano v

povprečju. Izkaže se, da je potrebno skupni vzpon, ki ga določimo iz neobdelanega višinskega profila GPS-sledi, v povprečju zmanjšati za 20 %, da pridobimo podatek, primerljiv z referenčnim skupnim vzponom, ki ga izračunamo iz lidarskega DMV-ja. Podatki o skupnem vzponu, dobljeni z *Google Zemljo* v načinu "Pritrjeno na tla" pa so zaradi prevelike generalizacije reliefa (ločljivost SRTM le 90 m) v povprečju premajhni in jih je potrebno za primerljivost z referenčnimi podatki v povprečju povečati za 20 %.

Z grafikona 5 lahko vidimo, da se vrednost korekcijskega faktorja, potrebnega glede na uporabljen prag poenostavitve višinskega profila, spreminja zvezno po gladki funkciji, iz česar je bilo mogoče določiti tudi njeno analitično enačbo. Na območju praga poenostavljanja od 0 – 60 m, kar je v praksi še smiselno, lahko spreminjanje vrednosti korekcijskega faktorja opišemo s polinomom 3. stopnje in sicer:

$$kf_{PP_i} = 0,000005 \cdot (PP_i)^3 - 0,0007 \cdot (PP_i)^2 + 0,0341 \cdot (PP_i) + 0,8396$$

kjer je:

PP ... uporabljen prag poenostavitve višinskega profila

Ker je bila funkcija izračunana na osnovi podatkov, dobljenih z metodami praga poenostavitve 1, 5, 10 itn. metrov, smo vrednost praga poenostavitve, pri katerem dobimo podatke v povprečju enake kot iz lidarskega DMV-ja ločljivosti 1 m, izračunali analitično na podlagi zgornje aproksimacijske funkcije.

Ugotovitve:

- Na podlagi aproksimacijske funkcije smo dobili vrednost praga poenostavitve za zagotovitev skladnosti podatkov o skupnem vzponu z referenčnimi vrednostmi iz lidar 1 m enako **5,25 m**, a glede na naravo problema zadošča, če se zavedamo, da torej z neupoštevanjem vseh delnih vzponov, ki skupaj v nizu ne znašajo vsaj 5 m, pridemo do podatka o skupnem vzponu, v povprečju primerljivega z referenčnim, določenim iz lidarskega DMV-ja.
- Na enak način smo izračunali potreben prag poenostavitve višinskega profila, da pridobimo podatke, primerljive s tistimi v programu *Google Zemlja* s polaganjem GPS-sledi na model SRTM (90 m, najvišja kakovost). Ta prag poenostavitve znaša **15,35 m** in ponovno se lahko za prakso zadovoljimo z zavedanjem, da je skupni vzpon, določen s programom *Google Zemlja*, v povprečju enak rezultatu poenostavitve višinskega profila neobdelane GPS-sledi s 15 m pragom

poenostavitve, pri čemer je oba (tako rezultat, dobljen s pragom poenostavitve 15 m, kot rezultat iz programa *Google Zemlja* v načinu prikaza "*Pritrjeno na tla*") potrebno povečati za 20 %, če želimo podatke o skupnem vzponu primerjati z referenčnimi vrednostmi iz lidarskega DMV 1 m.

Poenostavljene vrednosti korekcijskih faktorjev za zagotovitev medsebojne primerljivosti (v povprečju!) podatkov o skupnem vzponu glede na najpogosteje uporabljane in uveljavljene metode določitve skupnega vzpona vzdolž GPS-sledi prikazujemo v preglednici 6.

skupni vzpon, pridobljen direktno iz GPS-sledi	• 0,8 =	skupni vzpon na LIDAR 1 m
skupni vzpon, pridobljen s pragom poenostavitve 5 m	• 1,0 =	skupni vzpon na LIDAR 1 m
skupni vzpon, pridobljen s pragom poenostavitve 15 m	• 1,2 =	skupni vzpon na LIDAR 1 m
Skupni vzpon, pridobljen z načinom " <i>Pritrjeno na tla</i> "	• 1,2 =	skupni vzpon na LIDAR 1 m
Skupni vzpon, pridobljen z načinom " <i>Absolutno</i> "	• 1,0 =	skupni vzpon na LIDAR 1 m

Preglednica 6: Poenostavljeni korekcijski faktorji.

Iz preglednice 6 je razvidno:

- da je skupni vzpon, izračunan iz neobdelanih GPS-sledi, potrebno v povprečju zmanjšati za 20 %, da pridobimo podatek, skladen z vrednostjo, dobljeno iz lidarskega DMV-ja ločljivosti 1 m,
- s 5 m pragom poenostavitve višinskega profila očitno odpravimo "šum signala" oz. slabost določitve položaja na osnovi kodnih GPS-opazovanj, in pridobimo vrednosti, v povprečju enake referenčnim, "gladkim" vrednostim,
- s 15 m pragom poenostavitve višinskega profila pridobimo vrednosti, ki so v povprečju skladne z vrednostmi iz programa *Google Zemlja* v načinu prikaza GPS-sledi "*Pritrjeno na tla*" (polaganje sledi na referenčno ploskev je po svojem učinku podobno kot glajenje višinskega profila); vrednosti skupnega vzpona, določene na ta dva načina, so glede na vrednosti iz lidarskega DMV-ja premajhne; da zagotovimo primerljivost, jih je zato potrebno v povprečju povečati za 20 %,
- možnost prikaza GPS-sledi v programu *Google Zemlja* v načinu "*Absolutno*" se je izkazala kot v povprečju primerljiva z referenčnimi podatki, iz česar je mogoče sklepati, da *Google Zemlja* vseeno nekoliko zgladi višinski profil, saj je le-ta manjši kot pridobljen neposredno iz neobdelanih podatkov GPX.

Ne glede na zgoraj povzete ugotovitve se je potrebno zavedati, da so ocene pridobljene iz primerjave povprečij celotne populacije meritev, torej rezultatov vseh 250 posnetih GPS-sledi v obravnavi.

Zgornje ocene, izhajajoče iz empiričnih vrednosti korekcijskih faktorjev, določenih na podlagi agregatne obravnave 250 GPS-sledi, smo praktično preverili na vzorcu vrednosti skupnih vzponov desetih GPS-sledi, naključno izbranih izmed vseh obravnavanih. Rezultati so podani v preglednici 7.

ID GPS-sledi	≈ LIDAR 1 m		≈ GE CLATGND		≈ PP=15 m		≈ LIDAR 1 m		LIDAR 1 m	≈ LIDAR 1 m		≈ LIDAR 1 m	
	RAW GPX	PP=5 m	PP=15 m	GE CLATGND	GE ABS	RAW GPX - 20 %	PP=15 m +20 %	GE CLATGND +20 %					
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]		[m]			
16	2406	1967	1756	1649	1953	2276	1925	2107	1979				
38	704	626	534	419	666	509	563	641	503				
51	1357	976	671	634	1043	830	1086	805	761				
83	433	299	228	266	390	303	346	274	319				
109	3607	2770	2205	1973	2219	2559	2886	2646	2368				
122	1844	1118	898	911	1162	1194	1475	1078	1093				
150	968	691	477	595	729	728	774	572	714				
171	1586	1064	722	703	1036	1011	1269	866	844				
218	521	426	397	418	477	422	417	476	502				
240	2042	1344	1059	1177	1376	1347	1634	1271	1412				
SUM	15468	11281	8947	8745	11051	11179	12374	10736	10494				
AVG	1547	1128	895	875	1105	1118	1237	1074	1049				

Preglednica 7: Kontrola ustreznosti korekcijskih faktorjev na vzorcu desetih GPS-sledi.

Iz preglednice 7 je razvidno, da so empirično ugotovljene ocene razhajanja vrednosti ter potrebnih korekcij za skladnost z referenčnimi vrednostmi, veljavne tudi za manjše vzorce, čeprav so bile pridobljene na osnovi agregatne obravnave 250 GPS-sledi. Pri korekcijah posameznih vrednosti so sicer mogoča tudi nekoliko večja odstopanja, a v splošnem lahko trdimo, da z ugotovljenimi korekcijskimi faktorji dovolj dobro popravimo vrednosti izračunanih skupnih vzponov, da je na ta način zagotovljena njihova primerljivost z referenčnimi vrednostmi, vsaj glede na predviden namen nadaljnje uporabe teh podatkov.

Ker je skupni vzpon vsota vmesnih pozitivnih višinskih razlik, se odstopanje glede na referenčno vrednost z večanjem vrednosti skupnega vzpona povečuje. Velikost korekcije skupnega vzpona je torej funkcija velikosti skupnega vzpona – večji skupni vzpon potrebuje večji popravek, da zagotovimo skladnost z referenčnim podatkom. Naraščanje popravka, pogojenega z velikostjo skupnega vzpona, ne narašča linearno s korekcijskim faktorjem, pač pa po trendu, ki ga zadovoljivo opisuje polinom druge stopnje. Trend smo ugotovili

Moderer, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve. Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

empirično, na podlagi množice opravljenih meritev ter določili konkretne funkcije za izračun velikosti popravka glede na skupni vzpon vzdolž poti, ki smo ga določili s posamezno metodo. Rezultate predstavljamo v poglavju 10 – Analiza in ovrednotenje rezultatov.

8 PONOVLJIVOST REZULTATOV VEČKRAT POSNETE GPS-SLEDI ISTE TRASE

Za potrebe ugotavljanja medsebojne primerljivosti oz. ponovljivosti podatka o skupnem vzponu v primeru večkrat posnete GPS-sledi iste trase smo z že omenjenim enostavnim eno-frekvenčnim kodnim GPS-snemalnikom *Qstarz BT-Q1000P* ob nastavljenem dolžinskem kriteriju zajema 10 m sedemkrat posneli isto traso dolžine 12 km ter petkrat drugo traso dolžine 30 km.

Ker smo 12 km traso posneli sedemkrat (slika 32) in 30 km traso petkrat (slika 33), smo razpršenost rezultatov skupnega vzpona ter odstopanj od referenčne vrednosti za ti dve trasi določili na podlagi enačbe za standardno deviacijo vzorca, ki jo uporabljamo takrat, ko vzorec šteje do 10 vrednosti:

$$x_{SR} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$STDEV = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{SR})^2}{n-1}}, 2 \leq n \leq 10$$

Vrednosti, pri katerih se je podatek o skupnem vzponu stabiliziral ne glede na povečanje praga poenostavitve, smo za boljšo preglednost v razpredelnici za vsako turo posebej označili z vijolično barvo. Enako smo naredili tudi za primer druge večkrat posnete trase ter pri vseh 250 GPS-sledih v obravnavi (Priloga A).

Rezultate izračunov na podlagi ponovljenih zajemov vsake od tras podajamo v nadaljevanju, kot tudi odstopanja le-teh glede na referenčne vrednosti skupnih vzponov, dobljene s polaganjem posnetih GPS-sledi na lidar 1 m.

KOREKCIJSKI FAKTOR, IZRAČUNAN IZ 250
GPS-sledi

prag poenostavitve	Vzpon [m] (rawgpx)	Vzpon [m] (PP=0,3)	Vzpon [m] (PP=1)	Vzpon [m] (PP=5)	Vzpon [m] (PP=10)	Vzpon [m] (PP=15)	Vzpon [m] (PP=20)	Vzpon [m] (PP=25)	Vzpon [m] (PP=30)	Vzpon [m] (PP=35)	Vzpon [m] (PP=40)	Vzpon [m] (PP=50)	Vzpon [m] (PP=60)	Vzpon [m] (clatgnd)	Vzpon [m] (abs)	Vzpon [m] (LIDAR 1m)
kor. faktor	0,83	0,85	0,87	0,99	1,12	1,21	1,28	1,33	1,37	1,39	1,4	1,42	1,45	1,22	1,01	1,00

Odstopanja glede na LIDAR
1m

AVG	-110	-110	-45	22	47	62	67	67	71	71	71	71	71	38	-34	0
STDEV	64	63	34	42	37	33	33	33	27	27	27	27	27	27	22	0
SUM	-773	-768	-314	157	332	434	467	467	496	496	496	496	496	265	-238	0
ID GPS- sledi	Vzpon [m] (rawgpx)	Vzpon [m] (PP=0,3)	Vzpon [m] (PP=1)	Vzpon [m] (PP=5)	Vzpon [m] (PP=10)	Vzpon [m] (PP=15)	Vzpon [m] (PP=20)	Vzpon [m] (PP=25)	Vzpon [m] (PP=30)	Vzpon [m] (PP=35)	Vzpon [m] (PP=40)	Vzpon [m] (PP=50)	Vzpon [m] (PP=60)	Vzpon [m] (clatgnd)	Vzpon [m] (abs)	Vzpon [m] (LIDAR 1m)
103	-56	-56	-26	10	34	34	51	51	51	51	51	51	51	14	-34	0
104	-72	-72	-50	-7	7	46	46	46	46	46	46	46	46	19	-50	0
105	-85	-84	-60	-16	29	51	51	51	51	51	51	51	51	16	-60	0
112	-92	-92	1	65	83	98	98	98	98	98	98	98	98	70	-25	0
113	-109	-108	-82	-27	7	20	20	20	49	49	49	49	49	16	-44	0
114	-112	-110	-10	64	98	111	111	111	111	111	111	111	111	75	9	0
117	-248	-247	-88	67	73	73	89	89	89	89	89	89	89	54	-35	0

Preglednica 8: Ponovljivost podatka skupnega vzpona na primeru 12 km dolge sledi.

Iz preglednice 8 je razvidno, da so podatki o skupnem vzponu, dobljeni na osnovi enake metode določitve med GPS-sledmi v različnih časih medsebojno primerljivi. Podatek se stabilizira ob pragu poenostavitve 15 m, razpršenost vrednosti iz posameznih GPS-sledi je takrat že zelo majhna. Izračunani korekcijski faktorji za primerljivost z referenčno vrednostjo, določeno s podatki iz lidarskega DMV-ja, so za vsako od metod določitve dokaj dobro določeni že na podlagi sedmih meritev (vrednosti korekcijskih faktorjev, izračunane zgolj iz sedmih meritev, so obarvane modro) – za metode izračuna višinskega profila s pragom poenostavitve 0 m (= brez poenostavitve) do vključno 15 m so vrednosti korekcijskih faktorjev zelo skladne z vrednostmi, pridobljenimi na osnovi določitve z upoštevanjem vseh 250 GPS-sledi (vrednosti teh definitivnih korekcijskih faktorjev so obarvane rdeče).

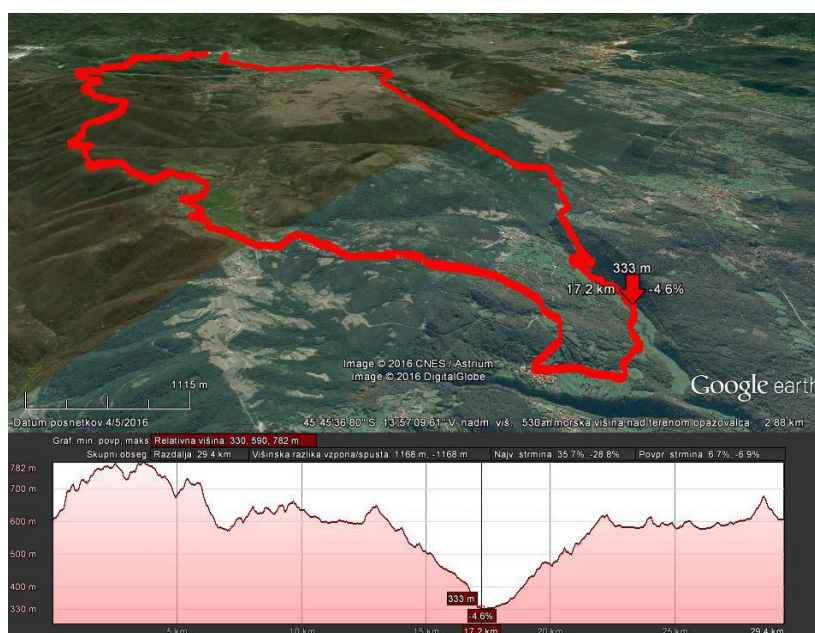
Zaradi relativno kratke dolžine ter monotonega poteka trase je bilo mogoče skupni vzpon vzdolž te poti razmeroma hitro in enostavno določiti tudi s štetjem prečkanj plastnic ekvidistance 10 m na topografski podlagi DTK 25 – na ta način smo prišli do podatka o skupnem vzponu 350 m, kar je skladno s podatki, določenimi iz poenostavljenega višinskega profila ob pragu poenostavitve 15m in več (slednje je mogoče zaradi omenjene specifične

konfiguracije terena vzdolž trase, torej odsotnosti vmesnih manjših spustov tekom vzpenjanja). S pomočjo kot, t.j. točk z znanimi nadmorskimi višinami, označenih na topografski podlagi, smo podatek o skupnem vzponu lahko še izboljšali: nadmorska višina najnižje in hkrati začetne točke na trasi je bila 550 m n.m., najvišja točka na trasi pa je sovpadala s koto 914 m n.m.; ker je trasa z izjemo vmesnega spusta za 10 m vse do najvišje točke potekala bodisi horizontalno, bodisi monotono navzgor, smo vrednost skupnega vzpona izračunali na naslednji način:

$$SV = (914m - 550m) + 2 \cdot 10m = 384m$$

Tako izračunana vrednost je še bližje referenčni vrednosti ter skladna s podatki, dobljenimi na osnovi določitve iz višinskega profila, poenostavljenega s 5 m oz. 10 m pragom poenostavitve.

8. 2 Primer petkrat ponovljene 30 km trase



Slika 33: Petkrat posneta 30 km trasa.

Enako kot 12 km traso smo obdelali tudi 30 km traso, ki je bila glede na konfiguracijo terena precej drugačna kot prva. Ni šlo namreč za monoton vzpon in nato spust, ampak za grebensko prečenje z vmesnim prečkanjem doline. Glede na to smo pričakovali, da se bodo vrednosti skupnega vzpona stabilizirale šele pri večjem pragu poenostavitve, kar se je tudi potrdilo (vrednosti, obarvane z vijolično barvo). Rezultate podajamo v preglednici 9.

AVG	1539	1536	1335	1103	987	921	875	813	803	803	780	696	629	917	1146	1149
STDEV	194	194	118	82	99	85	88	71	71	71	62	70	49	31	81	74
SUM	7694	7678	6675	5515	4937	4604	4374	4067	4013	4013	3900	3478	3145	4583	5728	5744
ID GPS-sledi	Vzpon [m] (rawgpx)	Vzpon [m] (PP=0,3)	Vzpon [m] (PP=1)	Vzpon [m] (PP=5)	Vzpon [m] (PP=10)	Vzpon [m] (PP=15)	Vzpon [m] (PP=20)	Vzpon [m] (PP=25)	Vzpon [m] (PP=30)	Vzpon [m] (PP=35)	Vzpon [m] (PP=40)	Vzpon [m] (PP=50)	Vzpon [m] (PP=60)	Vzpon [m] (clatgnd)	Vzpon [m] (abs)	Vzpon [m] (LIDAR 1m)
108	1443	1438	1368	1207	1083	994	957	912	886	886	848	757	700	972	1248	1138
115	1582	1579	1307	1097	991	917	867	802	802	802	802	753	641	897	1122	1156
116	1499	1496	1220	977	831	793	758	737	709	709	709	615	564	905	1027	1224
120	1326	1325	1258	1116	1060	1002	966	856	856	856	821	727	614	898	1169	1031
122	1844	1840	1522	1118	972	898	826	760	760	760	720	626	626	911	1162	1194
f_SUM	-1950	-1934	-931	229	807	1140	1370	1677	1731	1731	1844	2266	2599	1161	16	0
f_AVG kor. faktor	-390	-387	-186	46	161	228	274	335	346	346	369	453	520	232	3	0
STDEV_f	157	156	124	134	162	152	157	133	136	136	126	130	99	79	134	0

KOREKCIJSKI FAKTOR, IZRAČUNAN IZ 250 GPS-sledi

prag poenostavitve	Vzpon [m] (rawgpx)	Vzpon [m] (PP=0,3)	Vzpon [m] (PP=1)	Vzpon [m] (PP=5)	Vzpon [m] (PP=10)	Vzpon [m] (PP=15)	Vzpon [m] (PP=20)	Vzpon [m] (PP=25)	Vzpon [m] (PP=30)	Vzpon [m] (PP=35)	Vzpon [m] (PP=40)	Vzpon [m] (PP=50)	Vzpon [m] (PP=60)	Vzpon [m] (clatgnd)	Vzpon [m] (abs)	Vzpon [m] (LIDAR 1m)
kor. faktor	0,83	0,85	0,87	0,99	1,12	1,21	1,28	1,33	1,37	1,39	1,40	1,42	1,45	1,22	1,01	1,00

Odstopanja glede na LIDAR 1m

AVG	-390	-387	-186	46	161	228	274	335	346	346	369	453	520	232	3	0
STDEV	157	156	124	134	162	152	157	133	136	136	126	130	99	79	134	0
SUM	-1950	-1934	-931	229	807	1140	1370	1677	1731	1731	1844	2266	2599	1161	16	0
ID GPS-sledi	Vzpon [m] (rawgpx)	Vzpon [m] (PP=0,3)	Vzpon [m] (PP=1)	Vzpon [m] (PP=5)	Vzpon [m] (PP=10)	Vzpon [m] (PP=15)	Vzpon [m] (PP=20)	Vzpon [m] (PP=25)	Vzpon [m] (PP=30)	Vzpon [m] (PP=35)	Vzpon [m] (PP=40)	Vzpon [m] (PP=50)	Vzpon [m] (PP=60)	Vzpon [m] (clatgnd)	Vzpon [m] (abs)	Vzpon [m] (LIDAR 1m)
108	-305	-300	-230	-69	55	144	181	226	252	252	290	381	438	166	-110	0
115	-426	-423	-151	59	165	239	289	354	354	354	354	403	515	259	34	0
116	-275	-272	4	247	393	431	466	487	515	515	515	609	660	319	197	0
120	-295	-294	-227	-85	-29	29	65	175	175	175	210	304	417	133	-138	0
122	-650	-646	-328	76	222	296	368	434	434	434	474	568	568	283	32	0

Preglednica 9: Ponovljivost podatka skupnega vzpona za 30 km dolgo sled.

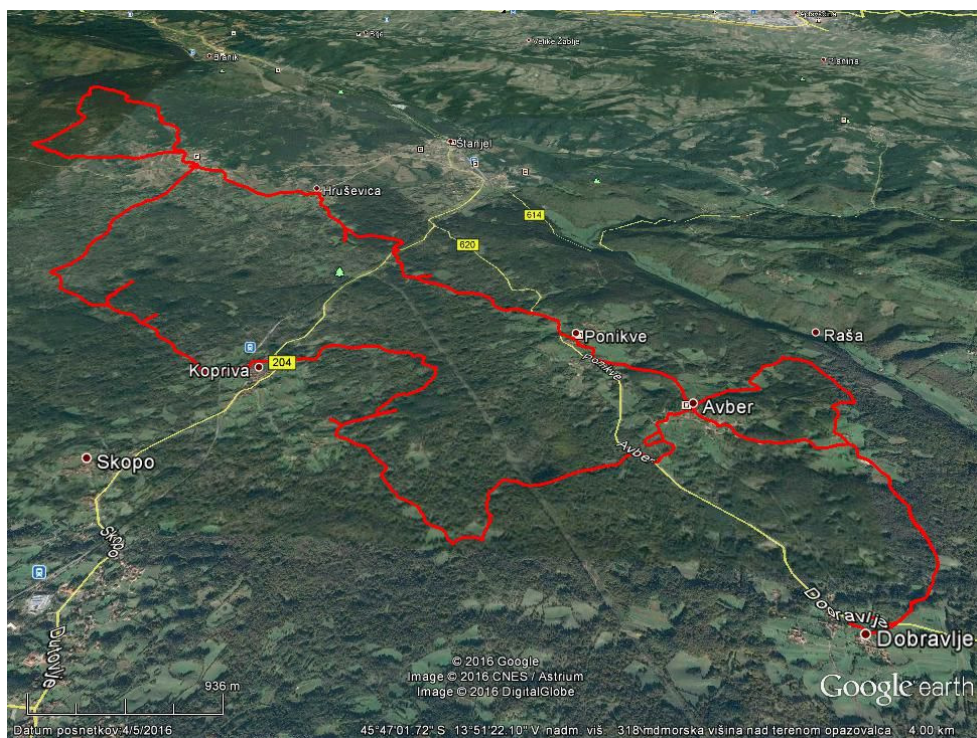
Zaradi manjših vzponov in spustov na trasi se pri večjem pragu poenostavitve vrednost skupnega vzpona ponovno manjša, saj poenostavitve nekatere manjše dejanske vmesne vzpone poreže. Ne glede na to pa so tudi v tem primeru vrednosti korekcijskih faktorjev,

Moderer, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve. Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

dobljene na osnovi vzorca petih GPS-sledi (obarvane modro), že precej podobne vrednostim, dobljenih iz obravnave vseh 250 GPS-sledi (obarvane rdeče).

9 INDIVIDUALNA OBRAVNAVA KONKRETNE GPS-SLEDI NA OBMOČJU KRASA

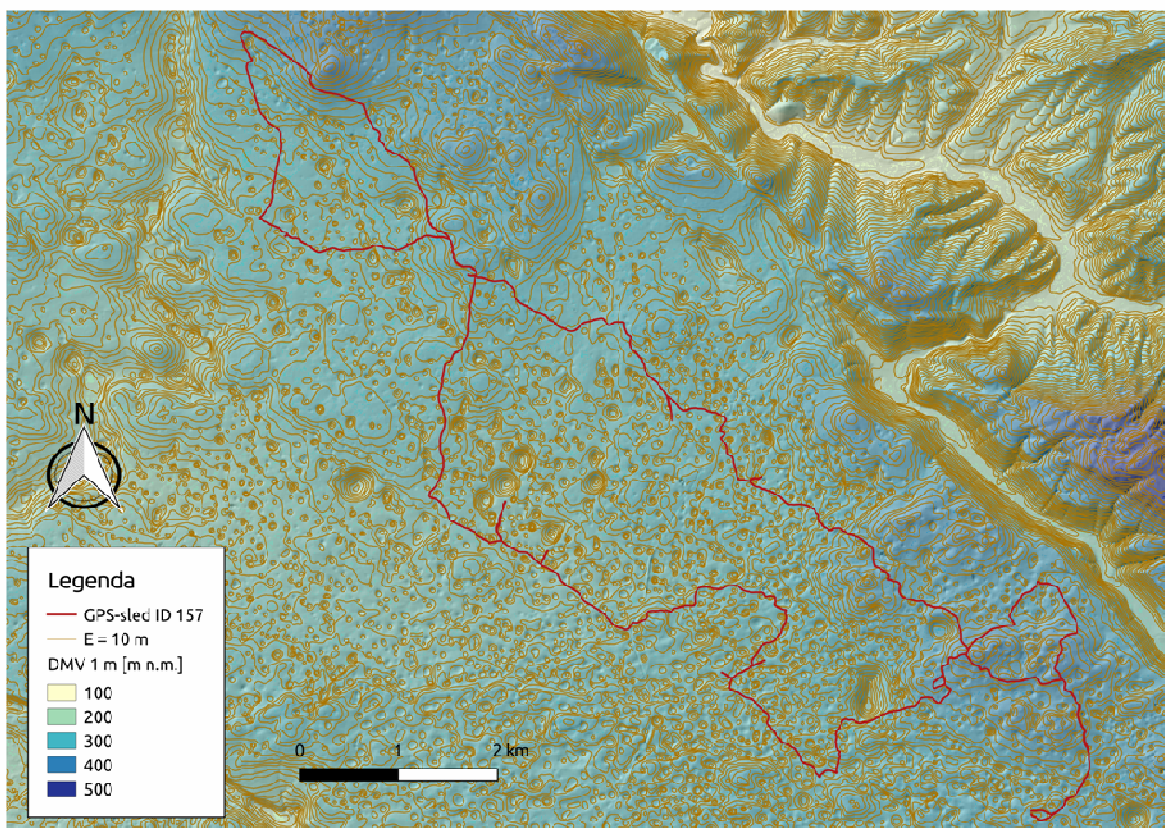
Za individualno obravnavo skupnega vzpona glede na metodo določitve smo izbrali GPS-sled dolžine 38 km, ki se je v celoti nahajala na planotastem kraškem terenu, gosto posejanem z vrtačami (sliki 34 in 35). Višinske razlike med točkami so bile majhne, v rangu šuma (10 m) določitve položaja zaradi nenatančnosti kodnih GPS-opazovanj. Pričakovano odstopanje vrednosti skupnega vzpona, določenega z različnimi metodami, je bilo zato veliko.



Slika 34: Prikaz konfiguracije terena na območju individualno obravnavane GPS-sledi v programu *Google Zemlja*.

Skupni vzpon na obravnavani GPS-sledi je bil po različnih metodah določitve izračunan že v sklopu poročila skupnega vzpona za celoten skupek vseh GPS-sledi. Dodatno je bil za to sled skupni vzpon izračunan še iz podatkov plastnic Državne topografske karte 1 : 25 000 (DTK 25) z ekvidistanco 10 m. Uporabili smo podatke plastnic v vektorski obliki, v formatu SHP. Prikaz reliefa je na DTK 25 seveda ustrezno generaliziran, a glede na izvorni namen karte, ki naj bi služila predvsem orientaciji na terenu, je prikaz reliefa po vseh kriterijih kakovosti (položajna horizontalna in atributna višinska točnost, ustreznost prikaza oblik ter medsebojnih razmerij) na večini območij zelo zanesljiv, kar se je potrdilo tudi skozi leta

raznovrstne praktične uporabe te karte s strani različnih skupin uporabnikov, tudi najzahtevnejših.



Slika 35: Prikaz konfiguracije terena na območju individualno obravnavane GPS-sledi s plastnicami DTK 25, položenimi na DMV 1 m.

9. 1. Potek izračuna skupnega vzpona iz vektorskih plastnic

V osnovi smo želeli pridobiti podatek o skupnem vzponu, ki bi ga dobili s štetjem prečkanj GPS-sledi s plastnicami ekvidistance 10 m. Ker bi bilo štetje plastnic v dolžini 38 km pri takšni gostoti detajla zelo zamudno, smo poskušali skupni vzpon na podlagi štetja plastnic opraviti z ustreznim avtomatskim postopkom, a tega nismo uspeli v popolnosti realizirati.

Problem smo zato rešili na drugačen način.

Vektorska sloja plastnic za območji listov DTK 25 147–Branik ter 148–Vipava, na katerih se nahaja izbrana GPS-sled, smo uvozili v program *QGIS* in ju združili. Pri tem je bilo treba poskrbeti, da so bili podatki iz vseh treh datotek prikazani v istem koordinatnem sistemu.

Iz plastnic ekvidistance 10 m smo s pomočjo programskega modula "GRASS" (ang. *Geographic Resource Analysis Support System*) programa *QGIS* izračunali model reliefa z

velikostjo celice 10 m. Na ta način smo skušali simulirati manjšo ločljivost prikaza reliefa, ki jo plastnice z ekvidanco 10 m ponujajo glede na DMV 1 m.

Iz tako pridobljenega DMV 10 m smo nato po istem postopku kot pri izračunu s polaganjem sledi na DMV 1 m (iz lidarskega DMV-ja), izračunali skupni vzpon tudi vzdolž te GPS-sledi: vsaki točki smo pripisali vrednost višine iz generiranega DMV na tistem mestu, nato pa v smeri napredovanja sešteli vse pozitivne višinske razlike med sosednjimi točkami (Spatialstuff, 2016). Razen tega, da so bile vektorske plastnice ekvidistance 10 m uporabljene za rekonstrukcijo DMV 10 m, je šlo torej za povsem drugačno metodo določitve skupnega vzpona kot pa je metoda zaporednega štetja presečišč posnete GPS-sledi s plastnicami vzdolž njene celotne dolžine, zato smo posledično pričakovali do določene mere drugačen rezultat. Nenazadnje lahko na osnovi štetja plastnic z znano ekvidanco pridobimo podatek o skupnem vzponu, omejen oz. zaokrožen le na vrednost ekvidance, medtem ko je podatek o skupnem vzponu, izračunan na podlagi podrobneje določenih vrednosti višin točk, dobljenih z interpolacijo DMV, sorazmerno natančnejši in zato bolj merodajen.

ID GPS-sledi	Vzpon [m] (rawgpx)	Vzpon [m] (PP=0,3) Vzpon [m] (PP=1) Vzpon [m] (PP=5) Vzpon [m] (PP=10) Vzpon [m] (PP=15) Vzpon [m] (PP=20) Vzpon [m] (PP=25) Vzpon [m] (PP=30) Vzpon [m] (PP=35) Vzpon [m] (PP=40) Vzpon [m] (PP=50) Vzpon [m] (PP=60)													Vzpon [m] (clatgrid)	Vzpon [m] (abs)	Vzpon [m] (LIDAR 1m)	Vzpon [m] (plastnice 10m)
skupni vzpon	[m]	1506	1489	1375	1078	904	777	688	598	547	547	471	471	412	698	1068	894	1203
f glede na LIDAR 1m	[m]	-612	-595	-481	-184	-10	117	206	296	347	347	423	423	482	196	-174	0	-309
f glede na LIDAR 1m	[%]	-41%	-40%	-35%	-17%	-1%	15%	30%	50%	63%	63%	90%	90%	117%	28%	-16%	0%	-26%

Preglednica 10: Skupni vzpon glede na metodo določitve.

Skupni vzpon, določen na osnovi podatkov iz 10 m plastnic, obdelanih na predhodno opisan način, se po odstopanju glede na referenčno vrednost iz lidarskega DMV-ja ločljivosti 1 m umešča približno na sredino med rezultate, dobljene z metodo poenostavitve višinskega profila z višinskim pragom 1 m oz. 5 m. To je po svoje dokaj presenetljivo, saj bi na osnovi uporabljenega sorazmerno grobega DMV pričakovali manjšo vrednost skupnega vzpona, primerljivo z vrednostjo, dobljeno pri pragu poenostavitve višinskega profila 5 – 15 m. Glede na to, da je bila na ta način obdelana le ena sled, rezultati tudi niso neposredno merodajni.

Ker na tem intervalu glajenja šum določitve GPS-položaja še ni popolnoma odpravljen, je temu primerno večji tudi podatek o vzponu, določen iz plastnic, ki se torej ne sklada z realnostjo. Da pridemo do realne vrednosti skupnega vzpona, moramo podatek, dobljen na osnovi rekonstrukcije modela reliefa iz vektorskih plastnic z ekvidistanco 10 m, množiti s korekcijskim faktorjem 0,74. Glede na to, da je bila na ta način obravnavana le ena sled, korekcijskega faktorja ne moremo uporabiti splošno, ampak bi ga veljalo določiti tudi na drugih sledih in morda iz večjega vzorca določiti splošen korekcijski faktor.

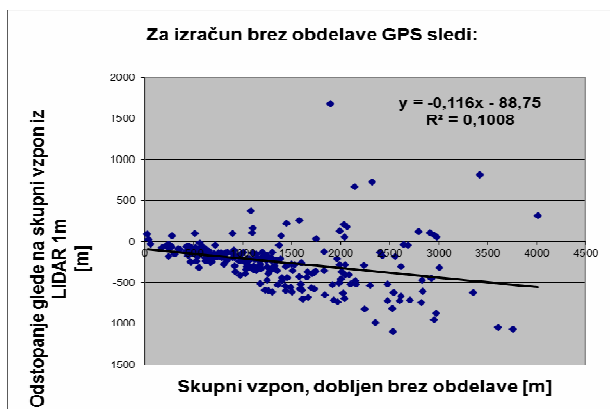
10 ANALIZA IN OVREDNOTENJE REZULTATOV

GPS-položaji, določeni z eno-frekvenčnimi kodnimi instrumenti, so obremenjeni s šumom, zato je za potrebe izračuna skupnega vzpona določen nivo glajenja oz. poenostavitve višinskih podatkov neobhodno potreben. Izkaže se, da podatke, ki so v povprečju najbolj primerljivi s tistimi, ki jih pri istih GPS-sledih pokaže program *Google Zemlja* v načinu "Pritrjeno na tla", dobimo s pragom poenostavitve okrog 15 m, ko je torej dosežen še najboljši kompromis med odstranitvijo šuma določitve položaja (kar želimo) ter odstranitvijo po velikosti sicer manjših, a realnih višinskih razlik (česar pa ne želimo). Za potrebe primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi smo skupni vzpon določili še iz lidarskih podatkov. Na grafikonih od 6 do 20 so za vsako izmed metod določitve skupnega vzpona prikazana odstopanja izračunanega skupnega vzpona glede na referenčni skupni vzpon, določen iz lidarskega DMV-ja ločljivosti 1 m x 1 m. Odstopanja (f) predstavljajo razliko med referenčno vrednostjo ("MORA") ter izračunano vrednostjo ("JE"):

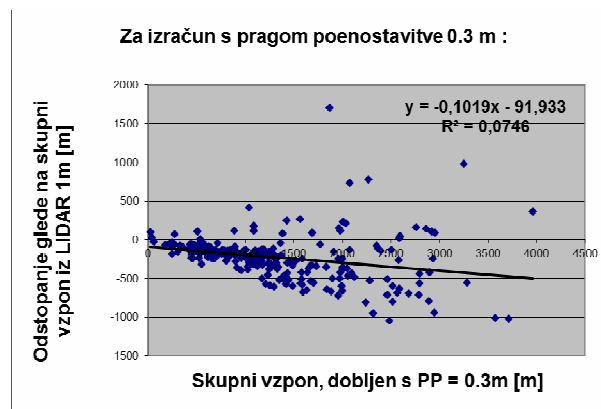
$$f = MORA - JE$$

$$MORA = JE + f$$

Odstopanja prevelikih vrednosti skupnih vzponov so torej negativna, premajhnih pa pozitivna. Odstopanja so razvrščena po naraščajočem skupnem vzponu, izračunanem po posamezni metodi, da je omogočeno ugotavljanje morebitnega trenda ter na ta način direktno popravljanje podatka o skupnem vzponu, ki ga izračunamo z uporabo posamezne metode, v skladu z ugotovljenim trendom. Grafikoni si sledijo po naraščajočem pragu poenostavitve, ki je bil uporabljen za izračun skupnega vzpona.

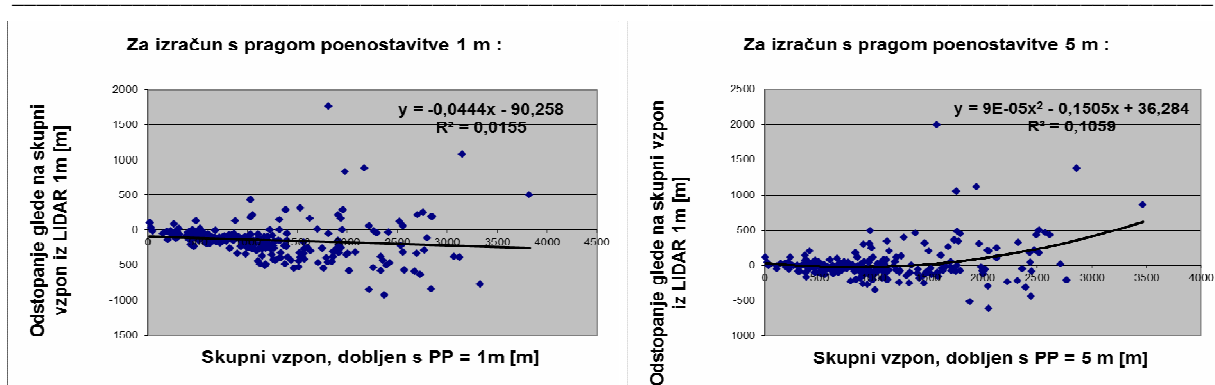


Grafikon 6: Odstopanja pri PP = 0 m.



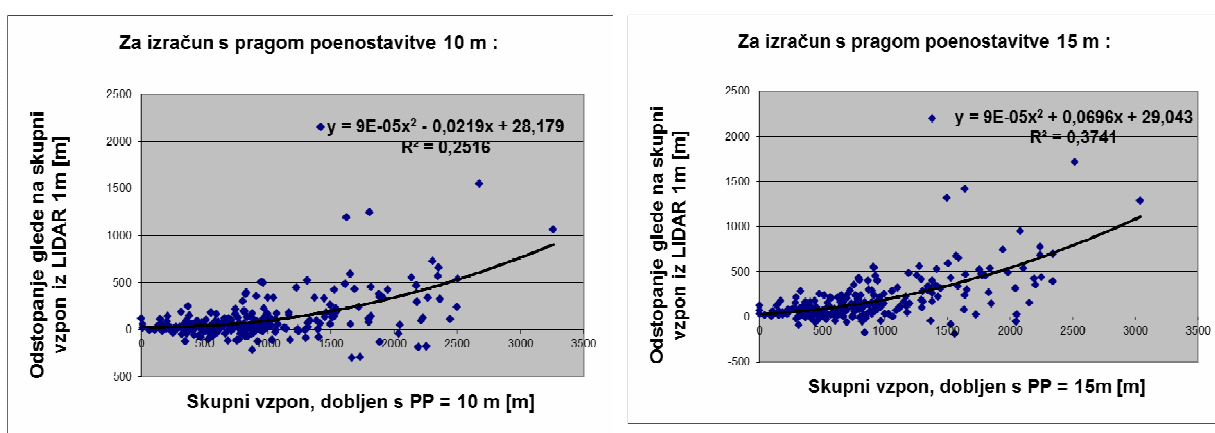
Grafikon 7: Odstopanja pri PP = 0,3 m.

Moderc, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve. Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.



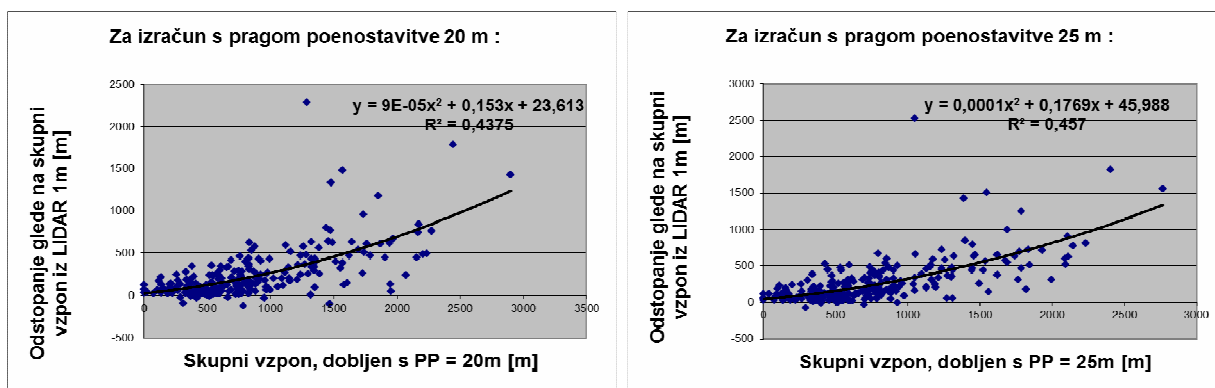
Grafikon 8: Odstopanja pri PP = 1 m.

Grafikon 9: Odstopanja pri PP = 5 m.



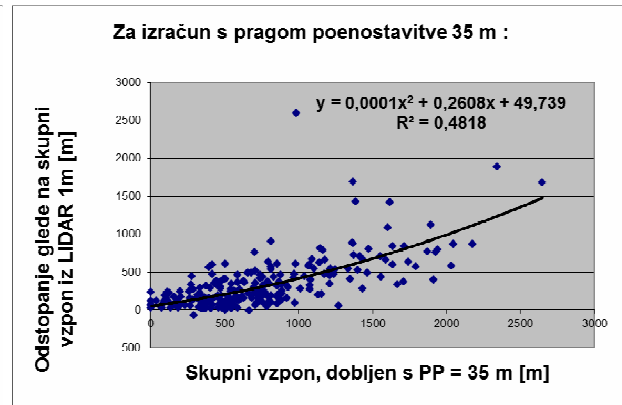
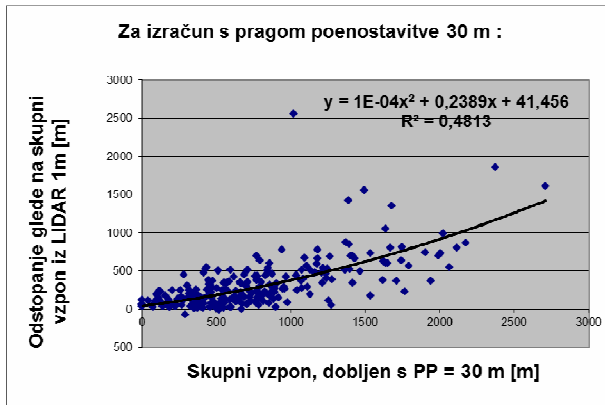
Grafikon 10: Odstopanja pri PP = 10 m.

Grafikon 11: Odstopanja pri PP = 15 m.



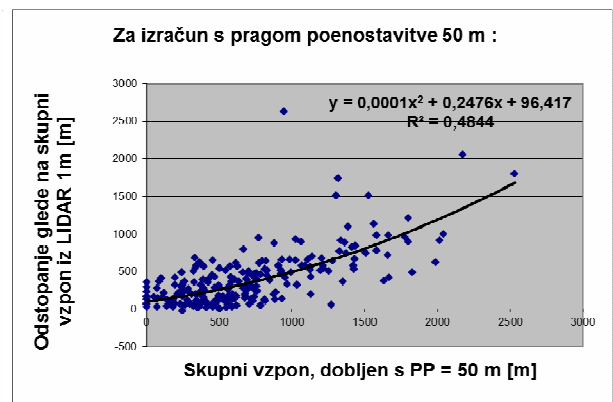
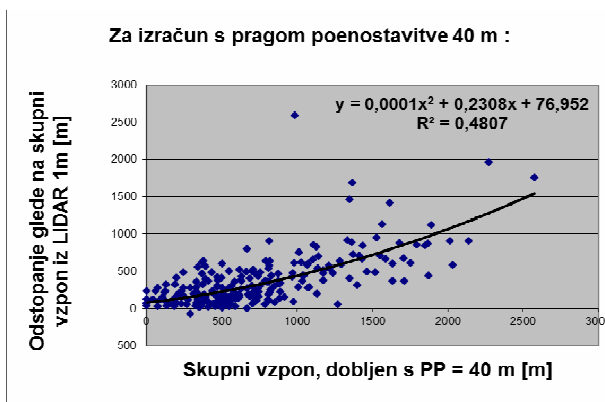
Grafikon 12: Odstopanja pri PP = 20 m.

Grafikon 13: Odstopanja pri PP = 25 m.



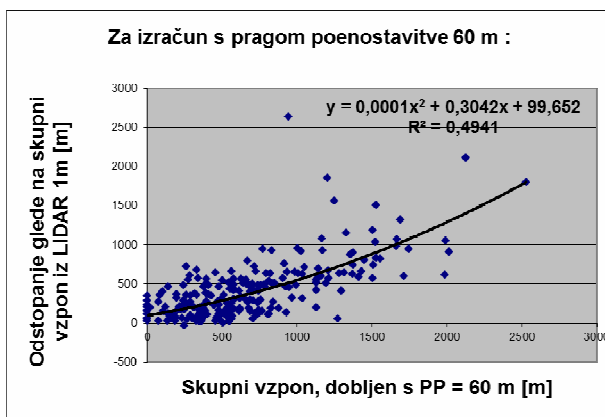
Grafikon 14: Odstopanja pri PP = 30 m.

Grafikon 15: Odstopanja pri PP = 35 m.



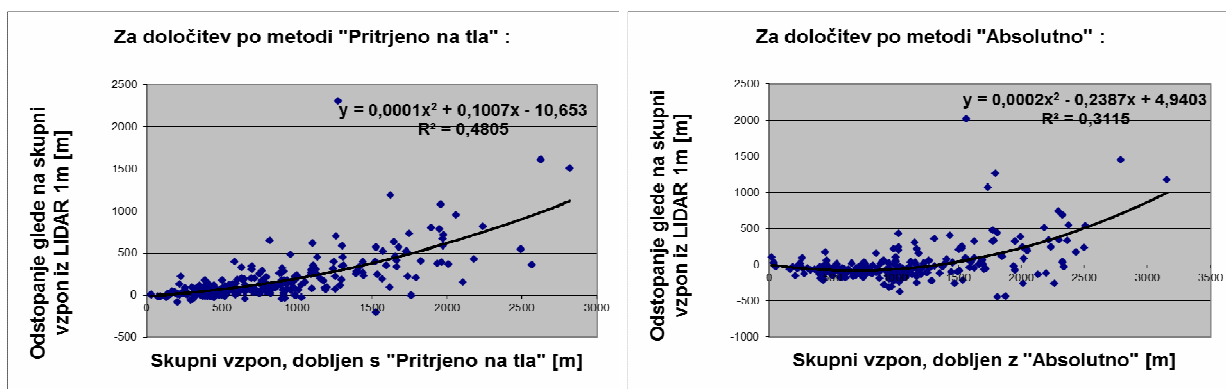
Grafikon 16: Odstopanja pri PP = 40 m.

Grafikon 17: Odstopanja pri PP = 50 m.



Grafikon 18: Odstopanja pri PP = 60 m.

Moderc, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve. Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.



Grafikon 19: Odstopanja pri "Pritrjeno na tla". Grafikon 20: Odstopanja pri "Absolutno".

Kljub relativno veliki razpršenosti grafično prikazanih odstopanj je iz grafikonov vseeno mogoče prepoznati določen trend povečevanja odstopanj z naraščanjem vrednosti skupnega vzpona.

Z večanjem praga poenostavitve ter večanjem vrednosti skupnega vzpona potrebuje podatek o skupnem vzponu vedno večji popravek, da je skladen z referenčno vrednostjo.

Pri prvih treh metodah, kjer je uporabljen majhen prag poenostavitve ($PP = 0$ m, $PP = 0,3$ m, $PP = 1$ m), je izračunan skupni vzpon v splošnem prevelik, a so vrednosti odstopanj precej razpršene, zato na njihovi osnovi ni mogoče določiti praktično uporabnih empiričnih krivulj trenda.

Za vsako od preostalih metod določitve skupnega vzpona pa v nadaljevanju podajamo empirično določene enačbe za izračun odstopanja od referenčne vrednosti skupnega vzpona, določenega iz lidarskega DMV-ja. Z njimi torej izračunamo konkretno vrednost popravka, ki ga skupni vzpon, izračunan po določeni metodi, glede na nominalno vrednost potrebuje za večjo primerljivost in skladnost s podatkom, določenim na osnovi referenčnih višinskih podatkov.

$$SV_{LIDAR_1m} = SV_{METODA_i} + dSV_{METODA_i}$$

$$dSV_{PP=5m} = 0,00009 \cdot (SV_{PP=5m})^2 - 0,1505 \cdot (SV_{PP=5m}) + 36,284$$

$$dSV_{PP=10m} = 0,00009 \cdot (SV_{PP=10m})^2 - 0,0219 \cdot (SV_{PP=10m}) + 28,179$$

$$dSV_{PP=15m} = 0,00009 \cdot (SV_{PP=15m})^2 + 0,0696 \cdot (SV_{PP=15m}) + 29,043$$

$$dSV_{PP=20m} = 0,00009 \cdot (SV_{PP=20m})^2 + 0,153 \cdot (SV_{PP=20m}) + 23,613$$

$$dSV_{PP=25m} = 0,0001 \cdot (SV_{PP=25m})^2 + 0,1769 \cdot (SV_{PP=25m}) + 45,988$$

$$dSV_{PP=30m} = 0,0001 \cdot (SV_{PP=30m})^2 + 0,2389 \cdot (SV_{PP=30m}) + 41,456$$

$$dSV_{PP=35m} = 0,0001 \cdot (SV_{PP=35m})^2 + 0,2608 \cdot (SV_{PP=35m}) + 49,739$$

$$dSV_{PP=40m} = 0,0001 \cdot (SV_{PP=40m})^2 + 0,2308 \cdot (SV_{PP=40m}) + 76,952$$

$$dSV_{PP=50m} = 0,0001 \cdot (SV_{PP=50m})^2 + 0,2476 \cdot (SV_{PP=50m}) + 96,417$$

$$dSV_{PP=60m} = 0,0001 \cdot (SV_{PP=60m})^2 + 0,3042 \cdot (SV_{PP=60m}) + 99,652$$

$$dSV_{\text{"Pritrjeno_na_tla"}} = 0,0001 \cdot (SV_{\text{"Pritrjeno_na_tla"}})^2 + 0,1007 \cdot (SV_{\text{"Pritrjeno_na_tla"}}) - 10,653$$

$$dSV_{\text{"Absolutno"}} = 0,0002 \cdot (SV_{\text{"Absolutno"}})^2 - 0,2387 \cdot (SV_{\text{"Absolutno"}}) + 4,9403$$

Tri od zgornjih empiričnih enačb za izračun popravkov, ki so v praksi najbolj uporabne, smo konkretno preverili z istim, že predhodno uporabljenim testnim vzorcem vrednosti skupnih vzponov desetih GPS-sledi, naključno izbranih izmed vseh obravnavanih. Rezultati so podani v preglednici 11.

ID GPS- sledi	≈ LIDAR 1m	≈ GE CLATGND	≈ PP=15m	LIDAR 1m	dSV PP=5m	dSV PP=15m	dSV GE CLATGND	≈ LIDAR 1m	≈ LIDAR 1m	≈ LIDAR 1m
	SV PP=5m	SV PP=15m	SV GE CLATGND					SV PP=5m + dSV PP=5m	SV PP=15m + dSV PP=15m	SV GE CLATGND + dSV GE CLATGND
	[m]	[m]	[m]					[m]	[m]	[m]
16	1967	1756	1649	2276	88	429	427	2055	2185	2076
38	626	534	419	509	-23	92	49	603	626	468
51	976	671	634	830	-25	116	93	951	787	727
83	299	228	266	303	-1	50	23	298	278	289
109	2770	2205	1973	2559	310	620	577	3080	2825	2550
122	1118	898	911	1194	-19	164	164	1099	1062	1075
150	691	477	595	728	-25	83	85	666	560	680
171	1064	722	703	1011	-22	126	110	1042	848	813
218	426	397	418	422	-11	71	49	415	468	467
240	1344	1059	1177	1347	-3	204	246	1341	1263	1423
SUM	11281	8947	8745	11179	269	1954	1824	11550	10901	10569
AVG	1128	895	875	1118	27	195	182	1155	1090	1057

Preglednica 11: Kontrola ustreznosti formul za izračun popravkov na vzorcu desetih GPS-sledi.

Iz preglednice 11 je razvidno, da so vrednosti skupnih vzponov po upoštevanih popravkih, pogojenih z velikostjo posameznega skupnega vzpona, v povprečju precej bližje referenčnim vrednostim, s čimer je verodostojnost empirično pridobljenih formul za izračun popravkov potrjena. Izjema so le izračuni nekaterih vrednosti popravkov skupnih vzponov, določenih z metodo poenostavitve višinskega profila s 5-metrskim pragom, saj vrednosti nekaterih od teh skupnih vzponov po upoštevanju izračunanih pripadajočih popravkov odstopajo bolj, kot so pred tem. Razlog za to anomalijo gre iskati v sorazmerno še vedno veliki razpršenosti odstopanj od referenčnih vrednosti pri uporabi metode izračuna skupnega vzpona s $PP = 5$ m, na podlagi katerih je določena pripadajoča empirična funkcija za izračun popravkov, ter posledično manj izrazitem trendu glede na ostali dve preverjeni metodi oz. glede na metode z večjim pragom poenostavitve višinskega profila. Potek krivulje trenda je za večje vrednosti skupnih vzponov manj zanesljiv, saj je na tem območju določen iz manjšega števila podatkov. V konkretnem naboru vrednosti skupnih vzponov iz vzorca desetih GPS-sledi so zato določene od njih dobile neustrezne popravke, kar pa bi z večanjem števila elementov v naključnem testnem vzorcu v povprečju imelo vse manjši pomen, z večanjem števila meritev na območju večjih vrednosti skupnih vzponov pa bi bile prek posledično boljše določene krivulje trenda merodajnejše tudi izračunane vrednosti posameznih popravkov večjih vrednosti skupnih vzponov.

11 ZAKLJUČEK

11. 1 Preverba hipoteze

Na osnovi rezultatov, pridobljenih z uporabo ugotovljenega algoritma obdelave, lahko izhodiščne hipoteze vsekakor potrdimo – na osnovi tako velike populacije različnih meritev je mogoče empirično priti do merodajnih zvez med rezultati različnih metod določitve skupnega vzpona ter na ta način zagotoviti njihovo medsebojno primerljivost. Ker pa smo v izračunih uporabili tudi referenčne višine točk iz lidarskega DMV-ja ločljivosti 1 m x 1 m, je bila na ta način zagotovljena tudi primerljivost dobljenih rezultatov z referenčnimi vrednostmi. Glede na to, da pred ALS zajemom celotnega območja Slovenije tako podrobnih in natančnih podatkov o reliefu naše države še ni bilo, jih lahko do nadaljnjega brez oklevanja obravnavamo kot absolutno referenčne.

11. 2 Posledice ugotovitev

Ugotovitve iz diplomske naloge lahko predstavljajo osnovo za medsebojno usklajitev in zagotovitev primerljivosti podatkov o skupnem vzponu, izračunanem na različne načine. Na podlagi ugotovitev bi bilo mogoče odpraviti ali vsaj omejiti trenutno velika odstopanja, če ne celo zavajanja pri podanih podatkih o skupnem vzponu (skupnih višinskih metrih) vzdolž določene poti. Glede na to, da je skupni vzpon izveden podatek, na merodajnost katerega zaradi vplivov na GPS-opazovanja bistveno vpliva izbrana metoda določitve ter velikost skupnega vzpona, je hkrati ob podajanju vrednosti tega podatka za potrebe merodajnosti nujno potrebno pojasniti še, na kakšen način je bil podatek pridobljen in na katero izhodišče se nanaša.

Ugotovitve iz diplomske naloge so veljavne za GNSS-sledi ne glede na način pridobitve oz. namen uporabe. Ne glede na to, da smo GPS-sledi pridobili izključno na podlagi snemanja med turnim kolesarjenjem, so lahko ugotovitve uporabne tudi drugim (pohodniki, gorski tekači, jahači itn.), ki jim je podatek o skupnem vzponu vzdolž določene poti pomemben za določitev individualne ocene zahtevnosti poti in potrebnega časa.

Uporabniki različnih aplikacij za analizo GNSS-sledi lahko enostavno ugotovijo okvirno stopnjo interne obdelave (glajenja ali poenostavljanja) GPS-sledi na podlagi razmerja med podatkom o skupnem vzponu, dobljenim neposredno iz aplikacije, ter vzponom, pridobljenim s polaganjem GNSS-sledi na model reliefa SRTM 90 m v programu *Google Zemlja* v načinu prikaza "Pritrjeno na tla", za katerega smo ugotovili, da predstavlja v povprečju 20 % večjo vrednost od referenčne.

Predpogoj za pravilno določitev skupnega vzpona je odkritje ter odstranitev vseh nepravilnosti v posneti GNSS-sledi zaradi izpada ali motenega sprejema GNSS-signalov. Zaradi časovne zamudnosti tovrstnega početja so na razpolago različni polsamodejni do samodejni algoritmi "čiščenja" posnete GNSS-sledi, ki praviloma "prizadenejo" tudi nesporne segmente posnete GNSS-sledi. Program *Google Zemlja* se v tem primeru kaže kot enostavna in dobra možnost za hitro kontrolo kakovosti zajema bodisi izvirne posnete GNSS-sledi, bodisi z neznanim algoritmom "očiščene" GNSS-sledi, pridobljene s spleta, ali z neznanim GNSS-snemalnikom ali ustvarjene z GIS-programi na podlagi uporabljenega neznanega digitalnega višinskega modela.

V primeru, da se s "čiščenjem" GNSS-sledi ne nameravamo ukvarjati, niti nam naprava GNSS tega ne naredi samodejno, nam dokaj dobro oceno skupnega vzpona še vedno omogoča program *Google Zemlja* v načinu "*Pritrjeno na tla*", saj se na ta način fiktivne višinske razlike zaradi napak v določitvi položaja z GNSS-sprejemnikom zelo zmanjšajo – prevedejo na nivo višinskih razlik med napačno določenimi točkami, izračunanih na modelu terena SRTM 90 m. Tak postopek zmanjševanja fiktivnih višinskih razlik ima torej podoben učinek kot glajenje višinskega profila.

11. 3 Možnost nadaljnjih raziskav

V današnjem času je dostopnost GNSS-sprejemnikov, ki hkrati sprejemajo in obdelujejo signal satelitov z več globalnih navigacijskih satelitskih sistemov, vse večja. Hkrati se z večanjem ponudbe in cenovne dostopnosti tovrstnih GNSS-sprejemnikov pod vprašaj postavlja kakovost čipov za sprejem GNSS-signalov kot tudi kakovost obdelave signala. Zanimivo bi bilo preučiti, ali sočasen sprejem signala z večjega števila v tistem trenutku nadobzornih satelitov različnih globalnih navigacijskih satelitskih sistemov zadovoljivo nadomesti natančnost določitve položaja oziroma "šum" zaradi uporabljene manj zmogljive strojne ter programske opreme.

Večina neprofesionalnih uporabnikov namreč ne vidi razloga, ki bi upravičeval nakup namenskega, a praviloma sorazmerno dražjega samostojnega sprejemnika GNSS z možnostjo snemanja, saj njihovim potrebam v večini primerov zadosti že GNSS-sprejemnik, integriran v pametni mobilni telefon, poleg tega pa na ta način ne potrebujemo še ene dodatne naprave. Pametni mobilni telefoni danes s pomočjo ustreznih namenskih aplikacij lahko hitro postanejo že dokaj sposoben GNSS-snemalnik. Pomanjkljivost uporabe mobilnega telefona kot snemalnika GNSS je trenutno še predvsem v njegovi omejeni energijski avtonomiji – smiselno pa bi bilo raziskati tudi ustreznost kakovosti določanja položaja s pametnim telefonom, ki je direktno pogojena z vgrajenim modelom GNSS-čipa in

uporabljenim algoritmom obdelave signala GNSS. Ugotoviti bi bilo potrebno, ali je "šum" določitve položaja s pametnim telefonom primerljiv s "šumom" določanja položaja z namenski napravami GNSS, za katere sklepamo, da imajo vgrajene GNSS-čipe višje kakovosti ter naprednejše algoritme obdelave GNSS-signala (glej Genorio, 2014). Na ta način bi potrdili ali ovrgli ustreznost povprečnih korekcijskih faktorjev, določenih v tej diplomski nalogi na podlagi meritev z namensko GPS-napravo, tudi za obdelavo posnetih GNSS-sledi z mobilnimi telefoni z namenom pridobitve merodajnih in medsebojno skladnih podatkov o skupnem vzponu.

Ker so naprednejši pametni telefoni pogosto opremljeni tudi s senzorjem za zračni tlak, bi bilo zanimivo obravnavati tudi razlike o skupnem vzponu, dobljenim iz podatkov višinskih razlik, izmerjenih z GNSS-metodo ter dodatno določenih z barometrom pametnega telefona ter jih primerjati z vrednostmi, vzporedno pridobljenimi z izbranim namenskim referenčnim barometrom nekajkrat višjega kakovostnega ranga, ki bi zagotavljal veliko stabilnost rezultata ter možnost naknadne odstranitve vplivov na določitev višin zaradi spreminjajočih se razmer v atmosferi.

Program *Google Zemlja* je pogosto prva izbira za določitev skupnega vzpona vzdolž neznane planirane poti, saj je uporaba programa intuitivna in rezultati tudi glede na namen uporabe dokaj merodajni. Z raziskavo smo uspeli kakovost podatkov o skupnem vzponu, pridobljenih z uporabo programa *Google Zemlja*, še kvantitativno ovrednotiti in zagotoviti primerljivost s podatki, pridobljenimi direktno iz posnetih GPS-sledi. Stopnjo skladnosti rezultatov z referenčnimi vrednostmi iz lidarskega DMV-ja ločljivosti 1 m x 1 m ter stopnjo medsebojne primerljivosti teh dveh, v praksi najhitrejših, najenostavnejših in posledično najpopularnejših metod določitve skupnega vzpona za potrebe prostočasnih aktivnosti in planiranja gibanja v naravi, je bilo potrebno šele ugotoviti in na podlagi ugotovljenih korekcijskih faktorjev zagotoviti dovolj dobro povezavo med njimi. Povezava namreč ni evidentna in je zato večinoma ostajala pri individualnih ocenah odstopanj.

V kolikor se poslužimo katerega od spletnih portalov, ki ponujajo že splanirane poti za prenos na osebni računalnik ali pametni telefon, navadno v formatu GPX ali KML, praviloma ne poznamo načina pridobitve podatkov, zato je najustreznejše, da tako pridobljene podatke preračunamo na referenco, ki ustreza nivoju kakovosti določitve skupnega vzpona glede na naše potrebe. Portali, kot je Outdooractive (Outdooractive, 2016) in drugi lokalni, regionalni, državni ali svetovni spletni turistični portali poleg GPS-sledi poti navadno podajajo tudi okvirno potreben čas, da opravimo opisane ture. Problem je, da ne poznamo ciljne skupine uporabnikov, za katere je bil podatek o potrebnem času določen, in nadalje, kako je bil opredeljen navedeni čas; lahko predstavlja čas gibanja ali celotni čas aktivnosti, pri čemer pa

je spet vprašljivo, katere od spremljajočih dejavnosti so v tej oceni potrebovanega časa predvidene in katere ne (npr. čas za malico, počitek, čas za ogled znamenitosti ob poti, čas za servisna opravila, ipd.).

Takšno zunanjo oceno časa lahko za individualno uporabo precej izboljšamo, v kolikor vzpostavimo povezavo med povprečnim nagibom opravljene trase ter povprečno hitrostjo gibanja oziroma povprečno hitrostjo s postanki iz različnih razlogov vred, velikokrat tudi nepredvidenih. Podatka o teh dveh povprečnih hitrostih podaja večina programov za spremljanje fizičnih aktivnosti oziroma treniranja športnikov in jih izračunajo iz posnete GNSS-sledi. Povprečno hitrost lahko določimo tudi sami na podlagi razdalje, izračunane iz podatkov GNSS-sledi, ter trenutka začetka in konca trajanja aktivnosti, ki ju zabeležimo s pomočjo ure.

Povprečni nagib poti določimo iz ustrezno pridobljenega podatka o skupnem vzponu, katerega vrednost je, kot izkazano v nalogi, zelo odvisna od metode določitve ter dolžine opravljene poti, katere vrednost se ne glede na način določitve medsebojno zanemarljivo razlikuje, sploh z ozirom na njen vpliv pri določitvi povprečnega nagiba poti.

Izkaže se, da sta tako povprečna hitrost golega gibanja kot tudi povprečna hitrost celokupnega napredovanja zvezno funkcijsko odvisni od povprečnega nagiba trase ter da sta vezani na posameznikov slog napredovanja oz. njegovo kondicijsko pripravljenost. Z večanjem števila parov podatkov (povprečni nagib, povprečna hitrost), dobljenih na osnovi prehojenih, pretečenih, prekolesarjenih ali prejahanih poti po različnih konfiguracijah terena, je krivulja trenda, ki količini funkcijsko povezuje, bolj določena. Posledično je bolj zanesljivo tudi ocenjevanje časov, potrebnih za izvedbo planiranih poti, ki so nam še nepoznane, a imamo znano njihovo dolžino ter določen skupni vzpon na podlagi metode, ki smo jo izbrali kot referenčno glede na svoje potrebe.

Z obravnavo odstopanj med podatki o skupnem vzponu, pridobljenimi na osnovi posnetih GPS-sledi, iz programa *Google Zemlja* ter iz lidarskega DMV-ja ločljivosti 1 m x 1 m tako številnih in po konfiguraciji terena tako raznolikih GPS-sledi, smo pridobili korekcijske faktorje, primerne tudi za splošno uporabo.

V diplomski nalogi smo se bolj kot s predstavitvijo širine obravnave problematike s spremljajočimi teoretičnimi osnovami opredelili za obravnavo konkretnega problema, ki je med rekreativci pogosto vroča tema pogovorov, a navadno dlje od golih domnev ti pogovori ne pridejo. S tem smo naslovili precej praktičen problem, namreč ovrednotenje merodajnosti podatkov o skupnem vzponu, ki so zaradi enostavnosti njihove določitve najpogosteje v obtoku (skupni vzpon, izračunan direktno iz GPS-sledi brez vsake obdelave ter skupni

vzpon, odčitani iz programa *Google Zemlja* v načinu prikaza “*Pritrjeno na tla*”), ter uskladitev le-teh z referenčnimi višinskimi vrednostmi, dobljenimi iz zelo dobrih višinskih podatkov lidarskega snemanja, ki predstavljajo izjemno podrobno ponazoritev reliefa na celotnem območju Slovenije. Za brezplačno dostopne podatke lidarskega snemanja celotne Slovenije bi zato lahko rekli, da predstavljajo “biser” med prostorskimi podatki, svojevrsten dosežek in posebnost v svetovnem merilu. Najmanj, kar lahko zato naredimo, je to, da se potrudimo te podatke čim bolj koristno in inovativno uporabiti ter jim na ta način dodati vrednost – primer tega lahko predstavlja tudi pričujoča diplomska naloga.

VIRI

E-prostor. Prostorski portal. Ministrstvo za okolje in prostor. Geodetska uprava Republike Slovenije. Višinski državni koordinatni sistem.

http://www.eprostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/drzavni_koordinatni_sistem/

(Pridobljeno 8. 7. 2016.)

Triglav Čekada, M., Mesner N., Bajec K., Berk S., Stopar B., Kuhar M., Koler B., Mozetič B., Medved, K., Komadina Ž.. 2010. Navodilo za določanje višin z uporabo globalnih navigacijskih sistemov. Ljubljana: Geodetska uprava Slovenije. http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/projekti/DGS/2010p/Navodilo_za_GNSS-visinomerstvo_r2.pdf

(Pridobljeno 9. 7. 2016.)

Triglav Čekada, M. 2009. Optimizacija metodologije obdelave in analiza natančnosti letalskega laserskega skeniranja pri zajemu geodetskih podatkov za lokalno prostorsko planiranje. Doktorska disertacija. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Triglav Čekada): 202 f.

Režek, J., Berk, S., Grilc, M. 2015. Lahko slabi prostorski podatki "spremenijo tok vode"? Prispevek na konferenci. V: 26. Sedlarjevo srečanje Vizije prostorskega razvoja - urejanje voda, konferenčni zbornik. http://www.gurs-egp.si/files/editor/ddba074d_Rezek_Sedlarjeva_zdru%C5%BEeno_poned_poslana.pdf

(Pridobljeno 9. 7. 2016.)

Petrovič, Dušan. 2016. Lidar kot podatkovni vir za topografijo. Prispevek na strokovni konferenci LIDAR 23. 6. 2016.

http://www.gurs-egp.si/files/editor/5377e15f_LIDAR_Petrovi%C4%8D.pdf (Pridobljeno 1. 7. 2016.)

Kosmatin Fras, M. 2009. Zračno lasersko skeniranje. Gradivo za strokovne izpite, IZS. http://dev.tend.si/izs/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/Zra_no_lasersko_skenirani_e.pdf (Pridobljeno 3. 8. 2016.)

Koler, B., Medved, K., Kuhar, M. 2007. Uvajanje sodobnega višinskega sistema v Sloveniji. V: Geodetski vestnik, letnik 51, št. 4, str. 777-792. http://www.geodetski-vestnik.com/51/4/gv51-4_777-792.pdf (Pridobljeno 19. 6. 2016.)

Kotnik, J. 2009. Analiza kakovosti baze planinskih poti. Diplomsko delo. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba J. Kotnik): 64 f.

Knop, J. 2006. Uporaba GPS tehnologije v zahtevnem gorskem svetu. Diplomski naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba J. Knop): 55 f.

Genorio, G. Dopolnjevanje spletne baze GPS sledi. 2008. Diplomski naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba G. Genorio): 69 f.

Pribičević, B. 2000. Uporaba geološko-geofizičnih in geodetskih baz podatkov za računanje ploskve geoida Republike Slovenije. Doktorska disertacija. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba B. Pribičević): 179 f.

Izvedba laserskega skeniranja Slovenije. Geodetski inštitut Slovenije, 2011. http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/novice/Teksti_novic/LIDAR_opis.pdf (Pridobljeno 2. 7. 2016.)

Spletni pregledovalnik podatkov LIDAR. <http://evode.arso.gov.si/indexd022.html?q=node/12> (Pridobljeno 20. 5. 2016.)

Trackan – Track Analyzer – Help. <https://people.ksp.sk/~tino/gps/help.html> (Pridobljeno 2. 7. 2016.)

GPX: the GPS Exchange Format. <http://www.topografix.com/gpx.asp> (Pridobljeno 1. 7. 2016.)

Qstarz Products. <http://www.qstarz.com/Products/GPS%20Products/BT-Q1000P-F.htm> (Pridobljeno 15. 5. 2016.)

OziExplorer File Formats. <http://www.oziexplorer3.com/eng/help/fileformats.html> (Pridobljeno 30. 5. 2016.)

Google Zemlja. <https://www.google.com/intl/sl/earth/> (Pridobljeno 3. 4. 2016.)

Shuttle Radar Topography Mission. <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/> (Pridobljeno 20. 5. 2016.)

GDAL - Geospatial Data Abstraction Library. <http://www.gdal.org/> (Pridobljeno 3. 7. 2016.)

The TopoFusion Climbing Analysis Dialog. <http://topofusion.com/climb.php> (Pridobljeno 15. 6. 2016.)

Strava. Elevation for Your Activity. 2013. <https://support.strava.com/hc/en-us/articles/216919447-Elevation-for-Your-Activity> (Pridobljeno 15. 6. 2016.)

Moderer, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve. Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

Osman, I. 2016. GPS data smoothing. <https://sites.google.com/site/oisvan/interests/gps-data-smoothing> (Pridobljeno 30. 6. 2016.)

Spatialstuff. 2013. QGIS – using contours to create a shaded relief. Spatialstuff blog, objavljen 22. 1. 2013. <https://spatialstuff.wordpress.com/2013/01/22/contours2shadedrelief/> (Pridobljeno 5. 7. 2016.)

Program GPS-Track-Analyse.NET 6. <http://www.gps-track-analyse.de/> (Pridobljeno 3. 7. 2016.)

Lunicus GPX Smoother. <http://www.lunicus.org/tacx/GPXsmoother.htm> (Pridobljeno 3. 7. 2016.)

Outdooractive. <http://www.outdooractive.com/de/> (Pridobljeno 20. 6. 2016.)

SiTraNet. <http://193.2.92.129/> (Pridobljeno 4. 8. 2016.)

Priloga A: Preglednica z izračunanimi skupnimi vzponi glede na metodo določitve.

AVG	1266	1189	1027	928	857	811	772	745	726	708	679	654	860	1037	1283	1045
STDEVP	786	746	659	606	566	537	518	501	489	483	467	453	545	596	801	760
SUM	316610	297129	256775	231956	214371	202722	193096	186370	181491	177117	169842	163613	214934	259185	320765	261367
ID GPS-sledi	Vzpon [m] (PP=0,3)	Vzpon [m] (PP=1)	Vzpon [m] (PP=5)	Vzpon [m] (PP=10)	Vzpon [m] (PP=15)	Vzpon [m] (PP=20)	Vzpon [m] (PP=25)	Vzpon [m] (PP=30)	Vzpon [m] (PP=35)	Vzpon [m] (PP=40)	Vzpon [m] (PP=50)	Vzpon [m] (PP=60)	Vzpon [m] (clatgnd)	Vzpon [m] (abs)	Vzpon [m] (rawgpx)	Vzpon [m] (LIDAR 1m)
1	1584	1394	1137	1003	944	927	902	877	877	877	831	831	1098	1186	1600	1341
2	3713	3066	2471	2139	1944	1734	1691	1638	1604	1565	1565	1505	1894	2184	3760	2691
3	706	650	571	485	485	468	422	394	394	394	353	353	412	623	709	551
4	715	680	599	586	558	558	537	537	537	498	498	447	504	656	718	675
5	565	536	461	382	368	368	346	346	346	346	346	346	425	530	582	531
6	1249	1195	1062	967	934	881	817	792	758	686	686	686	915	1110	1253	1089
7	3962	3822	3467	3261	3041	2900	2764	2712	2647	2574	2529	2529	2818	3154	4012	4326
8	2077	1979	1757	1623	1495	1480	1388	1388	1388	1351	1304	1249	1626	1736	2141	2813
9	1688	1621	1467	1447	1380	1350	1303	1247	1247	1211	1211	1211	1539	1532	1749	1782
10	2934	2798	2515	2366	2252	2205	2090	1990	1927	1850	1802	1744	1978	2362	3006	2690
11	2079	1950	1685	1530	1417	1382	1318	1262	1167	1128	1027	1027	1598	1627	2240	1950
12	2370	2269	2038	1911	1774	1742	1677	1621	1589	1589	1504	1447	1732	2010	2424	2253
13	526	491	408	336	297	264	264	239	206	206	206	206	323	483	546	375
14	246	230	187	156	156	156	156	156	156	156	156	156	192	235	246	216
15	2098	2003	1753	1528	1363	1327	1306	1278	1212	1136	1089	1038	1314	1720	2147	1668
16	2352	2219	1967	1819	1756	1643	1621	1537	1472	1435	1435	1376	1649	1953	2406	2276
17	891	855	753	711	659	607	586	560	528	528	528	528	572	819	897	698
18	2004	1910	1707	1538	1449	1359	1316	1174	1142	1107	1107	1050	1309	1695	2044	1763
19	1007	977	880	814	736	718	718	662	662	627	579	579	793	941	1011	881
20	1872	1808	1580	1420	1377	1289	1048	1019	985	985	944	944	1276	1562	1899	3576
21	2124	1992	1715	1511	1378	1347	1277	1164	1103	1029	987	987	1246	1705	2158	1642
22	3289	3124	2715	2497	2344	2239	2111	2003	1938	1866	1778	1667	1953	2500	3354	2735
23	1170	1103	966	877	807	749	701	618	588	550	504	504	702	1003	1239	1046
24	1771	1698	1502	1371	1293	1237	1237	1237	1237	1237	1195	1195	1439	1504	1831	1707
25	2487	2370	2052	1733	1526	1350	1189	1068	973	973	927	714	958	1878	2536	1443
26	1333	1231	1027	901	835	800	754	728	728	728	679	627	851	1075	1398	958
27	309	280	218	169	120	103	40	40	40	40	0	0	141	279	309	156
28	1287	1250	1091	998	874	827	803	777	681	742	699	699	897	1160	1305	1174
29	659	632	509	437	392	374	374	319	319	246	198	198	397	608	665	520
30	1236	1205	1088	969	898	777	733	708	708	633	545	545	772	1131	1279	1062
31	1243	1194	1036	987	922	904	884	826	758	758	758	758	931	1113	1255	1060
32	1031	932	724	611	541	541	488	437	375	375	375	316	579	796	1034	693
33	698	670	550	493	405	370	349	321	290	290	247	196	388	628	709	564
34	987	956	861	805	749	733	687	687	687	687	687	687	824	927	988	844
35	1084	1041	910	842	819	750	706	706	706	706	706	706	711	988	1115	768
36	899	860	766	693	648	597	576	576	544	544	500	500	642	820	913	814
37	1978	1857	1634	1493	1381	1299	1213	1213	1213	1176	1131	1131	1244	1591	2009	1553
38	702	681	626	570	534	517	517	517	484	444	401	401	419	666	704	509

Moderc, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve.
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

39	652	627	549	499	443	410	385	385	352	313	313	313	453	608	659	511
40	1092	1051	963	913	866	831	831	831	831	831	831	779	1189	1027	1106	1269
41	1145	1031	848	745	708	608	429	429	395	395	395	395	631	906	1170	960
42	621	593	517	471	449	401	308	278	278	278	278	223	301	567	621	393
43	1385	1318	1121	966	909	836	794	768	704	668	668	668	821	1154	1392	1463
44	1367	1321	1209	1170	1155	1155	1131	1131	1131	1131	1131	1131	1530	1268	1373	1327
45	1965	1905	1774	1686	1647	1489	1467	1415	1415	1415	1373	1373	1656	1786	1989	2118
46	1569	1524	1380	1314	1276	1259	1259	1178	1178	1142	1142	1142	1439	1434	1581	1838
47	1114	1091	992	924	805	768	747	652	618	618	618	618	721	1033	1130	796
48	2591	2555	2430	2268	2190	2157	2093	2064	2032	2032	1988	1988	2180	2435	2643	2609
49	985	937	825	723	662	610	566	540	540	503	503	393	603	877	988	783
50	971	914	807	713	664	613	589	563	563	563	563	563	763	859	974	818
51	1350	1254	976	807	671	603	557	446	446	370	325	274	634	1043	1357	830
52	586	578	560	531	505	505	505	505	505	505	505	505	520	611	624	509
53	1066	1047	957	875	851	786	786	786	786	786	786	729	795	1006	1067	835
54	2596	2521	2322	2178	2105	1972	1931	1903	1871	1796	1664	1664	1974	2300	2687	2644
55	1293	1260	1138	1066	1031	999	977	977	977	977	929	929	978	1203	1299	1066
56	1671	1627	1462	1405	1370	1319	1271	1271	1271	1271	1271	1271	1259	1539	1713	1325
57	2798	2695	2449	2232	2046	1908	1845	1791	1791	1755	1581	1527	1966	2326	2831	2359
58	2946	2838	2439	2190	2051	1953	1819	1767	1667	1632	1632	1410	1667	2261	2952	2000
59	2579	2538	2360	2215	2155	2069	1998	1941	1911	1872	1829	1715	1938	2337	2619	2312
60	1340	1271	1095	1019	950	915	890	890	890	890	890	839	935	1185	1345	1111
61	1168	1135	1008	922	900	883	883	854	854	854	812	812	911	1085	1171	933
62	1982	1931	1740	1616	1507	1458	1458	1431	1431	1431	1431	1431	1576	1773	2042	2097
63	1429	1384	1277	1229	1192	1160	1160	1105	1073	1073	1027	917	1444	1314	1452	1675
64	3253	3150	2859	2676	2515	2444	2402	2374	2343	2271	2175	2124	2627	2787	3419	4231
65	1041	1026	969	950	913	876	856	856	856	821	821	821	1109	1027	1083	1458
66	277	259	222	200	186	186	186	186	186	186	186	186	205	267	277	214
67	2033	1955	1765	1653	1589	1443	1399	1369	1369	1334	1334	1168	1678	1810	2068	2244
68	2901	2770	2434	2184	1985	1866	1775	1668	1637	1527	1385	1330	1749	2233	2928	2477
69	449	427	399	364	353	353	353	353	353	353	353	353	364	432	449	374
70	440	422	369	358	346	346	346	346	346	346	346	346	363	423	440	374
71	1348	1263	1082	950	913	863	842	813	813	813	764	707	936	1134	1351	1000
72	434	410	374	356	356	356	356	356	356	356	356	356	360	418	435	375
73	1175	1109	957	872	765	714	689	664	634	634	634	579	750	999	1197	1001
74	2867	2759	2514	2354	2238	2170	2105	2023	1893	1893	1800	1690	2060	2327	2910	3014
75	697	638	539	478	416	336	336	336	336	336	295	295	460	611	701	520
76	1069	1013	910	835	746	731	707	678	678	678	678	678	784	949	1074	865
77	2054	1917	1629	1451	1303	1220	1130	1075	982	982	933	933	1136	1629	2105	1588
78	2318	2216	1883	1667	1557	1467	1309	1252	1155	1082	953	851	1095	1811	2354	1365
79	2014	1897	1662	1462	1343	1271	1158	1130	1067	1067	1067	1007	1305	1604	2050	1645
80	1896	1787	1488	1316	1170	1119	1052	968	968	968	926	926	1094	1492	1918	1392
81	828	757	637	563	528	491	469	469	469	469	380	380	552	691	844	617
82	725	650	520	445	386	368	368	368	368	329	245	245	461	604	726	535
83	431	395	299	274	228	212	180	180	180	180	180	180	266	390	433	303
84	1683	1601	1408	1321	1200	1149	1129	1075	1075	1075	1034	1034	1156	1445	1728	1351

85	2518	2353	2000	1803	1585	1517	1451	1399	1399	1283	1283	1283	1524	1940	2542	1920
86	1164	1079	966	871	799	746	725	725	725	725	682	577	757	986	1176	883
87	2522	2260	1794	1530	1257	1124	1056	942	814	814	772	772	1104	1627	2530	1718
88	551	465	318	225	185	169	121	121	0	0	0	0	292	431	553	232
89	2242	2016	1590	1336	1103	995	931	794	794	794	794	794	1127	1510	2249	1430
90	1064	1010	893	828	745	689	641	641	578	578	578	578	658	951	1070	756
91	631	596	521	503	474	458	458	458	458	458	458	458	455	588	635	487
92	1305	1219	1040	896	839	771	727	699	699	699	609	555	881	1094	1322	999
93	2053	1933	1700	1500	1344	1344	1234	1208	1208	1173	1128	1128	1398	1668	2087	1681
94	1173	1108	941	775	673	617	570	542	479	439	395	395	550	975	1182	672
95	2467	2335	2047	1886	1731	1608	1495	1414	1350	1350	1255	1144	1417	2016	2477	1755
96	516	484	408	360	290	271	202	202	202	129	87	87	229	478	521	447
97	244	197	108	64	42	23	0	0	0	0	0	0	77	210	244	61
98	2571	2388	2003	1803	1641	1556	1444	1365	1334	1295	1206	1206	1301	1950	2602	1881
99	1268	1178	1022	907	872	837	816	816	816	816	816	766	825	1066	1278	919
100	1246	1182	1035	879	818	748	612	586	586	586	586	480	771	1068	1279	946
101	1393	1318	1125	1035	969	951	927	901	807	807	807	807	828	1174	1399	922
102	489	462	406	390	379	362	362	362	362	362	362	362	390	462	489	397
103	454	424	388	364	364	347	347	347	347	347	347	347	384	432	454	398
104	476	454	411	397	358	358	358	358	358	358	358	358	385	454	476	404
105	478	454	410	365	343	343	343	343	343	343	343	343	378	454	479	394
106	617	582	493	454	420	420	399	372	372	336	290	290	313	569	627	388
107	745	711	635	600	547	547	547	547	547	547	547	547	540	698	747	568
108	1438	1368	1207	1083	994	957	912	886	886	848	757	700	972	1248	1443	1138
109	3573	3328	2770	2445	2205	1943	1832	1747	1716	1679	1582	1523	1973	2219	3607	2559
110	806	727	604	546	494	458	389	389	389	389	340	340	494	688	807	534
111	2591	2425	1985	1718	1530	1324	1235	1179	1148	1110	1062	1003	1261	1849	2620	1958
112	543	450	386	368	353	353	353	353	353	353	353	353	381	476	543	451
113	507	481	426	392	379	379	379	350	350	350	350	350	383	443	508	399
114	565	465	391	357	344	344	344	344	344	344	344	344	380	446	567	455
115	1579	1307	1097	991	917	867	802	802	802	802	753	641	897	1122	1582	1156
116	1496	1220	977	831	793	758	737	709	709	709	615	564	905	1027	1499	1224
117	684	525	370	364	364	348	348	348	348	348	348	348	383	472	685	437
118	772	745	674	627	602	602	582	555	555	555	555	555	563	723	779	638
119	446	427	386	361	361	361	361	361	361	361	361	361	377	425	446	386
120	1325	1258	1116	1060	1002	966	856	856	856	821	727	614	898	1169	1326	1031
121	903	782	622	515	443	395	395	366	335	335	262	262	520	693	920	622
122	1840	1522	1118	972	898	826	760	760	760	720	626	626	911	1162	1844	1194
123	675	544	425	371	347	347	347	347	347	347	347	347	378	508	679	440
124	579	540	470	435	435	435	411	411	411	411	411	356	454	544	581	496
125	462	439	407	393	353	353	353	353	353	353	353	353	365	446	462	395
126	525	433	296	202	150	119	98	98	98	61	0	0	248	408	526	289
127	537	514	464	420	369	369	345	345	345	345	297	297	338	508	538	361
128	846	803	686	647	647	614	590	590	590	590	590	479	653	757	847	716
129	25	20	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	203	21	27	121
130	2011	1953	1793	1656	1571	1472	1449	1393	1362	1362	1362	1362	1739	1773	2033	2244

Moderc, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve. Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

131	1106	1045	885	823	760	741	718	718	718	718	674	619	769	962	1109	814
132	737	694	628	591	532	515	515	515	515	475	475	475	527	685	739	561
133	580	547	499	463	451	415	415	415	415	415	415	361	483	549	580	481
134	2795	2553	2125	1884	1778	1690	1690	1634	1634	1634	1415	1356	1829	2047	2840	2235
135	823	768	712	650	600	600	555	555	555	555	555	555	654	725	823	686
136	1234	1177	1050	991	935	884	884	884	884	884	884	825	963	1060	1244	1013
137	342	313	254	216	216	216	216	185	185	144	144	144	242	305	344	259
138	451	429	380	347	312	312	292	292	292	292	247	247	217	429	471	219
139	1194	1168	1089	1027	966	966	919	919	919	919	877	877	1015	1107	1204	1070
140	1136	1106	1019	954	921	848	802	802	768	729	689	689	990	1041	1139	987
141	41	37	23	12	0	0	0	0	0	0	0	0	90	40	41	69
142	1244	1171	1023	957	884	815	768	738	707	668	668	668	792	1016	1248	939
143	462	447	305	251	177	177	156	130	130	130	80	19	185	407	468	220
144	664	617	530	478	440	421	336	336	336	336	257	257	417	568	669	490
145	469	313	336	307	257	202	158	158	158	122	122	122	255	397	469	334
146	1997	1846	1529	1398	1299	1213	1192	1111	1077	1038	946	946	1288	1394	2029	1400
147	1173	1056	884	743	697	605	585	559	497	497	453	397	792	885	1179	904
148	1589	1437	1114	973	777	762	740	659	628	628	582	582	796	1102	1604	1009
149	470	450	393	358	319	268	268	268	268	268	268	268	315	441	475	320
150	960	860	691	550	477	381	338	280	280	245	245	245	595	729	968	728
151	660	619	533	472	388	337	337	282	282	247	247	247	333	588	671	416
152	1676	1529	1235	1016	953	834	742	689	655	620	575	575	884	1177	1703	1142
153	891	846	726	661	564	545	479	450	450	412	412	412	657	753	905	781
154	2922	2841	2569	2307	2083	1854	1786	1677	1615	1615	1528	1528	1958	2292	2956	3033
155	1420	1278	994	772	628	580	474	474	474	474	433	376	652	959	1442	845
156	1593	1463	1121	906	765	695	628	573	506	433	342	342	720	1085	1616	916
157	1489	1375	1078	904	777	688	598	547	547	471	471	412	698	1068	1506	894
158	1522	1392	1197	1072	995	977	953	953	914	877	784	784	1191	1228	1530	1247
159	1581	1512	1326	1179	1067	982	889	864	864	825	693	578	899	1290	1593	1072
160	1706	1567	1298	1131	967	886	771	771	739	663	663	663	1032	1260	1733	1153
161	653	604	505	437	401	365	341	312	312	237	237	237	352	562	652	467
162	1960	1708	1417	1237	1121	974	902	902	869	758	758	758	1001	1357	1971	1239
163	2791	2673	2395	2256	2055	1946	1765	1711	1711	1711	1668	1504	1667	2197	2822	2081
164	2952	2855	2614	2505	2342	2274	2232	2177	2177	2139	2043	1990	2495	2507	2983	3043
165	629	513	368	319	294	260	260	260	260	190	104	104	517	457	639	509
166	276	265	235	207	168	135	114	114	114	76	76	76	218	263	281	349
167	1300	1178	873	691	619	536	467	467	402	331	331	331	569	878	1304	690
168	557	525	453	414	414	398	398	369	369	333	333	333	403	512	561	407
169	1253	1172	1009	878	839	786	697	668	668	668	622	568	620	1037	1262	663
170	1238	1146	988	813	660	588	588	505	472	472	427	427	710	994	1251	779
171	1573	1403	1064	820	722	671	537	511	417	381	333	333	703	1036	1586	1011
172	890	874	831	807	771	771	771	771	740	740	740	740	1030	848	901	1004
173	914	846	663	595	517	517	473	473	473	473	473	473	719	746	920	757
174	1295	1204	992	805	756	689	597	597	504	504	458	458	963	1005	1299	1107
175	519	455	350	328	268	214	155	127	127	127	0	0	360	408	520	355
176	808	773	698	620	595	576	553	553	553	553	553	553	607	749	811	638

177	884	817	738	685	672	636	636	607	607	568	568	568	678	778	890	750
178	502	467	392	375	374	359	359	359	359	359	359	359	407	458	502	397
179	1252	1147	928	819	768	735	693	632	601	566	566	514	803	930	1264	871
180	262	233	188	174	162	143	94	94	94	94	53	0	168	225	264	212
181	591	563	523	493	482	482	461	461	461	461	461	461	478	557	595	497
182	1910	1807	1612	1497	1400	1325	1304	1217	1217	1217	1217	1161	1763	1531	1966	1757
183	1020	947	774	678	575	543	522	462	429	391	391	391	749	763	1033	781
184	509	482	411	368	331	331	307	307	275	200	200	143	655	445	512	613
185	910	868	762	724	676	676	630	630	599	562	562	562	660	808	923	727
186	417	384	317	285	233	233	233	233	233	233	233	233	318	358	423	296
187	626	603	545	488	464	464	464	464	464	464	464	464	505	581	626	542
188	2288	2081	1764	1556	1423	1284	1173	1091	1091	1015	883	831	1570	1522	2299	1762
189	2465	2333	2021	1817	1655	1568	1522	1465	1465	1465	1425	1313	1741	1842	2477	1958
190	790	752	685	623	591	576	576	547	515	515	515	515	585	695	791	647
191	1976	1855	1585	1415	1310	1142	1095	1038	1038	1038	906	906	1257	1410	1983	1478
192	1040	988	826	784	746	726	704	674	608	608	608	554	707	848	1045	742
193	604	543	414	351	327	288	265	265	265	217	217	217	446	484	615	423
194	508	469	401	395	382	362	362	362	362	362	362	362	425	454	511	407
195	2271	2167	1943	1808	1638	1569	1548	1492	1366	1366	1316	1204	2242	1796	2324	3053
196	2763	2700	2491	2350	2238	2169	2144	2116	2048	2013	2013	2013	2565	2373	2798	2921
197	1959	1916	1742	1655	1635	1582	1561	1534	1433	1398	1349	1294	1622	1697	1995	1710
198	436	407	370	352	352	352	352	352	352	352	352	352	376	402	435	376
199	2892	2731	2316	2045	1832	1625	1538	1402	1371	1371	1327	1171	1530	2021	2972	2099
200	1450	1331	1105	936	830	830	807	779	714	714	671	617	857	1052	1491	936
201	568	536	459	400	374	374	374	374	374	374	374	374	433	511	571	455
202	479	450	401	367	367	367	367	341	341	341	341	341	395	442	482	408
203	248	232	198	171	156	137	137	137	137	137	137	137	157	224	249	170
204	959	896	787	686	608	535	446	420	420	382	382	382	449	745	973	565
205	219	192	144	131	106	106	86	86	86	48	0	0	153	189	221	167
206	446	413	375	323	292	292	194	194	194	194	194	194	271	400	447	273
207	2003	1907	1643	1510	1425	1389	1298	1242	1175	1175	1127	1127	1394	1560	2015	1647
208	1729	1560	1253	1046	928	848	848	848	815	815	775	724	1133	1170	1747	1384
209	1658	1569	1402	1298	1176	1088	1042	1042	1011	1011	966	966	1203	1310	1664	1293
210	1836	1747	1524	1390	1294	1238	1167	1082	1082	1046	996	996	1298	1457	1837	1483
211	1644	1561	1329	1243	1182	1025	960	960	928	890	847	739	1010	1272	1656	1226
212	1489	1391	1236	1145	1091	1056	944	888	790	790	745	745	985	1199	1509	1159
213	356	285	214	153	138	138	138	110	110	110	110	110	247	248	360	263
214	2509	2412	2130	1953	1839	1764	1742	1742	1742	1706	1661	1557	2011	1993	2555	2377
215	1633	1514	1232	965	788	655	542	436	404	368	368	262	586	1041	1666	985
216	1128	1054	949	862	813	779	779	779	745	745	745	745	837	956	1128	908
217	702	667	571	545	519	486	486	486	486	486	486	486	513	623	700	528
218	521	479	426	397	397	397	397	397	366	366	366	366	418	477	521	422
219	58	48	37	12	0	0	0	0	0	0	0	0	28	53	60	32
220	1049	999	853	785	771	755	733	733	733	733	733	733	801	924	1048	843
221	1017	950	797	733	696	643	643	616	616	616	616	616	752	853	1019	770
222	1104	1031	914	836	804	789	789	789	789	749	700	646	907	954	1107	969

Moderc, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve.
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

223	657	623	555	531	467	431	410	410	410	410	410	359	424	605	659	428
224	460	428	377	340	327	327	327	327	327	327	327	327	376	425	462	362
225	1183	1121	976	891	831	831	787	759	759	722	722	722	900	1046	1189	855
226	499	478	391	374	363	363	363	363	363	363	363	363	391	470	500	404
227	490	460	389	358	358	358	358	358	358	358	358	358	393	449	489	388
228	649	612	537	504	481	465	465	465	465	465	465	465	514	596	651	541
229	1408	1245	957	766	656	535	445	417	417	341	341	284	923	1012	1434	891
230	537	528	490	476	465	446	422	393	393	393	393	393	446	539	561	546
231	1088	1027	906	826	801	801	801	774	742	703	703	703	1055	990	1096	1205
232	791	749	655	591	570	570	527	527	527	527	479	479	590	726	791	595
233	1211	1124	899	754	618	552	507	453	453	453	403	287	599	951	1232	640
234	465	429	378	360	347	347	347	347	347	347	347	347	390	433	466	380
235	330	314	267	236	226	226	226	195	195	195	139		306	329	351	256
236	2395	2296	2057	1880	1806	1788	1788	1651	1553	1553	1511	1511	2106	2041	2428	2257
237	917	824	591	501	452	415	393	368	335	335	290	290	492	686	926	559
238	1123	1047	862	770	695	659	659	629	629	593	593	533	729	939	1138	784
239	1375	1328	1181	1060	960	923	856	856	856	817	730	680	1102	1213	1385	1173
240	2003	1802	1344	1167	1059	911	871	845	812	812	812	812	1177	1376	2042	1347
241	1882	1764	1462	1303	1116	1099	1052	945	882	882	746	662	992	1470	1930	1214
242	1025	983	839	754	696	661	617	534	534	534	534	478	588	916	1028	640
243	1437	1334	1095	919	879	823	800	774	774	739	739	739	895	1170	1454	1011
244	2688	2569	2227	2035	1851	1729	1620	1620	1557	1517	1423	1369	1794	2133	2709	1996
245	837	790	701	663	616	599	599	599	565	565	565	565	593	766	838	621
246	759	720	643	605	590	590	590	590	590	590	590	536	590	706	757	616
247	756	727	679	597	504	504	483	483	483	483	483	483	532	699	760	576
248	732	681	583	546	472	472	472	472	472	472	472	472	527	658	730	549
249	489	460	393	380	358	340	340	340	340	340	340	340	402	462	499	389
250	175	152	110	110	96	76	76	76	76	76	76	76	133	165	177	105

Priloga B: Preglednica z izračunanimi vrednostmi odstopanj skupnega vzpona glede na vrednost skupnega vzpona, določeno z LIDAR 1m.

AVG	-221	-143	18	118	188	235	273	300	320	337	366	391	186	9	-238	0
STDEVP	293	266	245	254	272	293	310	324	336	344	360	372	277	266	293	0
SUM	-55243	-35762	4592	29411	46996	58645	68271	74997	79876	84250	91525	97754	46433	2182	-59398	0
ID GPS-sledi	f_Vzpon [m] (PP=0,3)	f_Vzpon [m] (PP=1)	f_Vzpon [m] (PP=5)	f_Vzpon [m] (PP=10)	f_Vzpon [m] (PP=15)	f_Vzpon [m] (PP=20)	f_Vzpon [m] (PP=25)	f_Vzpon [m] (PP=30)	f_Vzpon [m] (PP=35)	f_Vzpon [m] (PP=40)	f_Vzpon [m] (PP=50)	f_Vzpon [m] (PP=60)	f_Vzpon [m] (olatgnd)	f_Vzpon [m] (abs)	f_Vzpon [m] (ravgpx)	f_Vzpon [m] (LIDAR 1m)
1	-243	-53	204	338	397	414	439	464	464	464	510	510	243	155	-259	0
2	-1022	-375	220	552	747	957	1000	1053	1087	1126	1126	1186	797	507	-1069	0
3	-155	-99	-20	66	66	83	129	157	157	157	198	198	139	-72	-158	0
4	-40	-5	76	89	117	117	138	138	138	177	177	228	171	19	-43	0
5	-34	-5	70	149	163	163	185	185	185	185	185	185	106	1	-51	0
6	-160	-106	27	122	155	208	272	297	331	403	403	403	174	-21	-164	0
7	364	504	859	1065	1285	1426	1562	1614	1679	1752	1797	1797	1508	1172	314	0
8	736	834	1056	1190	1318	1333	1425	1425	1425	1462	1509	1564	1187	1077	672	0
9	94	161	315	335	402	432	479	535	535	571	571	571	243	250	33	0
10	-244	-108	175	324	438	485	600	700	763	840	888	946	712	328	-316	0
11	-129	0	265	420	533	568	632	688	783	822	923	923	352	323	-290	0
12	-117	-16	215	342	479	511	576	632	664	664	749	806	521	243	-171	0
13	-151	-116	-33	39	78	111	111	136	169	169	169	169	52	-108	-171	0
14	-30	-14	29	60	60	60	60	60	60	60	60	60	24	-19	-30	0
15	-430	-335	-85	140	305	341	362	390	456	532	579	630	354	-52	-479	0
16	-76	57	309	457	520	633	655	739	804	841	841	900	627	323	-130	0
17	-193	-157	-55	-13	39	91	112	138	170	170	170	170	126	-121	-199	0
18	-241	-147	56	225	314	404	447	589	621	656	656	713	454	68	-281	0
19	-126	-96	1	67	145	163	163	219	219	254	302	302	88	-60	-130	0
20	1704	1768	1996	2156	2199	2287	2528	2557	2591	2591	2632	2632	2300	2014	1677	0
21	-482	-350	-73	131	264	295	365	478	539	613	655	655	396	-63	-516	0
22	-554	-389	20	238	391	496	624	732	797	869	957	1068	782	235	-619	0
23	-124	-57	80	169	239	297	345	428	458	496	542	542	344	43	-193	0
24	-64	9	205	336	414	470	470	470	470	470	512	512	268	203	-124	0
25	-1044	-927	-609	-290	-83	93	254	375	470	470	516	729	485	-435	-1093	0
26	-375	-273	-69	57	123	158	204	230	230	230	279	331	107	-117	-440	0
27	-153	-124	-62	-13	36	53	116	116	116	116	156	156	15	-123	-153	0
28	-113	-76	83	176	300	347	371	397	493	432	475	475	277	14	-131	0
29	-139	-112	11	83	128	146	146	201	201	274	322	322	123	-88	-145	0
30	-174	-143	-26	93	164	285	329	354	354	429	517	517	290	-69	-217	0
31	-183	-134	24	73	138	156	176	234	302	302	302	302	129	-53	-195	0
32	-338	-239	-31	82	152	152	205	256	318	318	318	377	114	-103	-341	0
33	-134	-106	14	71	159	194	215	243	274	274	317	368	176	-64	-145	0
34	-143	-112	-17	39	95	111	157	157	157	157	157	157	20	-83	-144	0
35	-316	-273	-142	-74	-51	18	62	62	62	62	62	62	57	-220	-347	0
36	-85	-46	48	121	166	217	238	238	270	270	314	314	172	-6	-99	0

Moderc, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve.
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

37	-425	-304	-81	60	172	254	340	340	340	377	422	422	309	-38	-456	0
38	-193	-172	-117	-61	-25	-8	-8	-8	25	65	108	108	90	-157	-195	0
39	-141	-116	-38	12	68	101	126	126	159	198	198	198	58	-97	-148	0
40	177	218	306	356	403	438	438	438	438	438	438	490	80	242	163	0
41	-185	-71	112	215	252	352	531	531	565	565	565	565	329	54	-210	0
42	-228	-200	-124	-78	-56	-8	85	115	115	115	115	170	92	-174	-228	0
43	78	145	342	497	554	627	669	695	759	795	795	795	642	309	71	0
44	-40	6	118	157	172	172	196	196	196	196	196	196	-203	59	-46	0
45	153	213	344	432	471	629	651	703	703	703	745	745	462	332	129	0
46	269	314	458	524	562	579	579	660	660	696	696	696	399	404	257	0
47	-318	-295	-196	-128	-9	28	49	144	178	178	178	178	75	-237	-334	0
48	18	54	179	341	419	452	516	545	577	577	621	621	429	174	-34	0
49	-202	-154	-42	60	121	173	217	243	243	280	280	390	180	-94	-205	0
50	-153	-96	11	105	154	205	229	255	255	255	255	255	55	-41	-156	0
51	-520	-424	-146	23	159	227	273	384	384	460	505	556	196	-213	-527	0
52	-77	-69	-51	-22	4	4	4	4	4	4	4	4	-11	-102	-115	0
53	-231	-212	-122	-40	-16	49	49	49	49	49	49	106	40	-171	-232	0
54	48	123	322	466	539	672	713	741	773	848	980	980	670	344	-43	0
55	-227	-194	-72	0	35	67	89	89	89	89	137	137	88	-137	-233	0
56	-346	-302	-137	-80	-45	6	54	54	54	54	54	54	66	-214	-388	0
57	-439	-336	-90	127	313	451	514	568	568	604	778	832	393	33	-472	0
58	-946	-838	-439	-190	-51	47	181	233	333	368	368	590	333	-261	-952	0
59	-267	-226	-48	97	157	243	314	371	401	440	483	597	374	-25	-307	0
60	-229	-160	16	92	161	196	221	221	221	221	221	272	176	-74	-234	0
61	-235	-202	-75	11	33	50	50	79	79	79	121	121	22	-152	-238	0
62	115	166	357	481	590	639	639	666	666	666	666	666	521	324	55	0
63	246	291	398	446	483	515	515	570	602	602	648	758	231	361	223	0
64	978	1081	1372	1555	1716	1787	1829	1857	1888	1960	2056	2107	1604	1444	812	0
65	417	432	489	508	545	582	602	602	602	637	637	637	349	431	375	0
66	-63	-45	-8	14	28	28	28	28	28	28	28	28	9	-53	-63	0
67	211	289	479	591	655	801	845	875	875	910	910	1076	566	434	176	0
68	-424	-293	43	293	492	611	702	809	840	950	1092	1147	728	244	-451	0
69	-75	-53	-25	10	21	21	21	21	21	21	21	21	10	-58	-75	0
70	-66	-48	5	16	28	28	28	28	28	28	28	28	11	-49	-66	0
71	-348	-263	-82	50	87	137	158	187	187	187	236	293	64	-134	-351	0
72	-59	-35	1	19	19	19	19	19	19	19	19	19	15	-43	-60	0
73	-174	-108	44	129	236	287	312	337	367	367	367	422	251	2	-196	0
74	147	255	500	660	776	844	909	991	1121	1121	1214	1324	954	687	104	0
75	-177	-118	-19	42	104	184	184	184	184	184	225	225	60	-91	-181	0
76	-204	-148	-45	30	119	134	158	187	187	187	187	187	81	-84	-209	0
77	-466	-329	-41	137	285	368	458	513	606	606	655	655	452	-41	-517	0
78	-953	-851	-518	-302	-192	-102	56	113	210	283	412	514	270	-446	-989	0
79	-369	-252	-17	183	302	374	487	515	578	578	578	638	340	41	-405	0
80	-504	-395	-96	76	222	273	340	424	424	424	466	466	298	-100	-526	0
81	-211	-140	-20	54	89	126	148	148	148	148	237	237	65	-74	-227	0
82	-190	-115	15	90	149	167	167	167	167	206	290	290	74	-69	-191	0

83	-128	-92	4	29	75	91	123	123	123	123	123	123	37	-87	-130	0
84	-332	-250	-57	30	151	202	222	276	276	276	317	317	195	-94	-377	0
85	-598	-433	-80	117	335	403	469	521	521	637	637	637	396	-20	-622	0
86	-281	-196	-83	12	84	137	158	158	158	158	201	306	126	-103	-293	0
87	-804	-542	-76	188	461	594	662	776	904	904	946	946	614	91	-812	0
88	-319	-233	-86	7	47	63	111	111	232	232	232	232	-60	-199	-321	0
89	-812	-586	-160	94	327	435	499	636	636	636	636	636	303	-80	-819	0
90	-308	-254	-137	-72	11	67	115	115	178	178	178	178	98	-195	-314	0
91	-144	-109	-34	-16	13	29	29	29	29	29	29	29	32	-101	-148	0
92	-306	-220	-41	103	160	228	272	300	300	300	390	444	118	-95	-323	0
93	-372	-252	-19	181	337	337	447	473	473	508	553	553	283	13	-406	0
94	-501	-436	-269	-103	-1	55	102	130	193	233	277	277	122	-303	-510	0
95	-712	-580	-292	-131	24	147	260	341	405	405	500	611	338	-261	-722	0
96	-69	-37	39	87	157	176	245	245	245	318	360	360	218	-31	-74	0
97	-183	-136	-47	-3	19	38	61	61	61	61	61	61	-16	-149	-183	0
98	-690	-507	-122	78	240	325	437	516	547	586	675	675	580	-69	-721	0
99	-349	-259	-103	12	47	82	103	103	103	103	103	153	94	-147	-359	0
100	-300	-236	-89	67	128	198	334	360	360	360	360	466	175	-122	-333	0
101	-471	-396	-203	-113	-47	-29	-5	21	115	115	115	115	94	-252	-477	0
102	-92	-65	-9	7	18	35	35	35	35	35	35	35	7	-65	-92	0
103	-56	-26	10	34	34	51	51	51	51	51	51	51	14	-34	-56	0
104	-72	-50	-7	7	46	46	46	46	46	46	46	46	19	-50	-72	0
105	-84	-60	-16	29	51	51	51	51	51	51	51	51	16	-60	-85	0
106	-229	-194	-105	-66	-32	-32	-11	16	16	52	98	98	75	-181	-239	0
107	-177	-143	-67	-32	21	21	21	21	21	21	21	21	28	-130	-179	0
108	-300	-230	-69	55	144	181	226	252	252	290	381	438	166	-110	-305	0
109	-1014	-769	-211	114	354	616	727	812	843	880	977	1036	586	340	-1048	0
110	-272	-193	-70	-12	40	76	145	145	145	145	194	194	40	-154	-273	0
111	-633	-467	-27	240	428	634	723	779	810	848	896	955	697	109	-662	0
112	-92	1	65	83	98	98	98	98	98	98	98	98	70	-25	-92	0
113	-108	-82	-27	7	20	20	20	49	49	49	49	49	16	-44	-109	0
114	-110	-10	64	98	111	111	111	111	111	111	111	111	75	9	-112	0
115	-423	-151	59	165	239	289	354	354	354	354	403	515	259	34	-426	0
116	-272	4	247	393	431	466	487	515	515	515	609	660	319	197	-275	0
117	-247	-88	67	73	73	89	89	89	89	89	89	89	54	-35	-248	0
118	-134	-107	-36	11	36	36	56	83	83	83	83	83	75	-85	-141	0
119	-60	-41	0	25	25	25	25	25	25	25	25	25	9	-39	-60	0
120	-294	-227	-85	-29	29	65	175	175	175	210	304	417	133	-138	-295	0
121	-281	-160	0	107	179	227	227	256	287	287	360	360	102	-71	-298	0
122	-646	-328	76	222	296	368	434	434	434	474	568	568	283	32	-650	0
123	-235	-104	15	69	93	93	93	93	93	93	93	93	62	-68	-239	0
124	-83	-44	26	61	61	61	85	85	85	85	85	140	42	-48	-85	0
125	-67	-44	-12	2	42	42	42	42	42	42	42	42	30	-51	-67	0
126	-236	-144	-7	87	139	170	191	191	191	228	289	289	41	-119	-237	0
127	-176	-153	-103	-59	-8	-8	16	16	16	16	64	64	23	-147	-177	0
128	-130	-87	30	69	69	102	126	126	126	126	126	237	63	-41	-131	0

Moderc, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve.
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

129	96	101	114	121	121	121	121	121	121	121	121	121	-82	100	94	0
130	233	291	451	588	673	772	795	851	882	882	882	882	505	471	211	0
131	-292	-231	-71	-9	54	73	96	96	96	96	140	195	45	-148	-295	0
132	-176	-133	-67	-30	29	46	46	46	46	86	86	86	34	-124	-178	0
133	-99	-66	-18	18	30	66	66	66	66	66	66	120	-2	-68	-99	0
134	-560	-318	110	351	457	545	545	601	601	601	820	879	406	188	-605	0
135	-137	-82	-26	36	86	86	131	131	131	131	131	131	32	-39	-137	0
136	-221	-164	-37	22	78	129	129	129	129	129	129	188	50	-47	-231	0
137	-83	-54	5	43	43	43	43	74	74	115	115	115	17	-46	-85	0
138	-232	-210	-161	-128	-93	-93	-73	-73	-73	-73	-28	-28	2	-210	-252	0
139	-124	-98	-19	43	104	104	151	151	151	151	193	193	55	-37	-134	0
140	-149	-119	-32	33	66	139	185	185	219	258	298	298	-3	-54	-152	0
141	28	32	46	57	69	69	69	69	69	69	69	69	-21	29	28	0
142	-305	-232	-84	-18	55	124	171	201	232	271	271	271	147	-77	-309	0
143	-242	-227	-85	-31	43	43	64	90	90	90	140	201	35	-187	-248	0
144	-174	-127	-40	12	50	69	154	154	154	154	233	233	73	-78	-179	0
145	-135	21	-2	27	77	132	176	176	176	212	212	212	79	-63	-135	0
146	-597	-446	-129	2	101	187	208	289	323	362	454	454	112	6	-629	0
147	-269	-152	20	161	207	299	319	345	407	407	451	507	112	19	-275	0
148	-580	-428	-105	36	232	247	269	350	381	381	427	427	213	-93	-595	0
149	-150	-130	-73	-38	1	52	52	52	52	52	52	52	5	-121	-155	0
150	-232	-132	37	178	251	347	390	448	448	483	483	483	133	-1	-240	0
151	-244	-203	-117	-56	28	79	79	134	134	169	169	169	83	-172	-255	0
152	-534	-387	-93	126	189	308	400	453	487	522	567	567	258	-35	-561	0
153	-110	-65	55	120	217	236	302	331	331	369	369	369	124	28	-124	0
154	111	192	464	726	950	1179	1247	1356	1418	1418	1505	1505	1075	741	77	0
155	-575	-433	-149	73	217	265	371	371	371	371	412	469	193	-114	-597	0
156	-677	-547	-205	10	151	221	288	343	410	483	574	574	196	-169	-700	0
157	-595	-481	-184	-10	117	206	296	347	347	423	423	482	196	-174	-612	0
158	-275	-145	50	175	252	270	294	294	333	370	463	463	56	19	-283	0
159	-509	-440	-254	-107	5	90	183	208	208	247	379	494	173	-218	-521	0
160	-553	-414	-145	22	186	267	382	382	414	490	490	490	121	-107	-580	0
161	-186	-137	-38	30	66	102	126	155	155	230	230	230	115	-95	-185	0
162	-721	-469	-178	2	118	265	337	337	370	481	481	481	238	-118	-732	0
163	-710	-592	-314	-175	26	135	316	370	370	370	413	577	414	-116	-741	0
164	91	188	429	538	701	769	811	866	866	904	1000	1053	548	536	60	0
165	-120	-4	141	190	215	249	249	249	249	319	405	405	-8	52	-130	0
166	73	84	114	142	181	214	235	235	235	273	273	273	131	86	68	0
167	-610	-488	-183	-1	71	154	223	223	288	359	359	359	121	-188	-614	0
168	-150	-118	-46	-7	-7	9	9	38	38	74	74	74	4	-105	-154	0
169	-590	-509	-346	-215	-176	-123	-34	-5	-5	-5	41	95	43	-374	-599	0
170	-459	-367	-209	-34	119	191	191	274	307	307	352	352	69	-215	-472	0
171	-562	-392	-53	191	289	340	474	500	594	630	678	678	308	-25	-575	0
172	114	130	173	197	233	233	233	233	264	264	264	264	-26	156	103	0
173	-157	-89	94	162	240	240	284	284	284	284	284	284	38	11	-163	0
174	-188	-97	115	302	351	418	510	510	603	603	649	649	144	102	-192	0

175	-164	-100	5	27	87	141	200	228	228	228	355	355	-5	-53	-165	0
176	-170	-135	-60	18	43	62	85	85	85	85	85	85	31	-111	-173	0
177	-134	-67	12	65	78	114	114	143	143	182	182	182	72	-28	-140	0
178	-105	-70	5	22	23	38	38	38	38	38	38	38	-10	-61	-105	0
179	-381	-276	-57	52	103	136	178	239	270	305	305	357	68	-59	-393	0
180	-50	-21	24	38	50	69	118	118	118	118	159	212	44	-13	-52	0
181	-94	-66	-26	4	15	15	36	36	36	36	36	36	19	-60	-98	0
182	-153	-50	145	260	357	432	453	540	540	540	540	596	-6	226	-209	0
183	-239	-166	7	103	206	238	259	319	352	390	390	390	32	18	-252	0
184	104	131	202	245	282	282	306	306	338	413	413	470	-42	168	101	0
185	-183	-141	-35	3	51	51	97	97	128	165	165	165	67	-81	-196	0
186	-121	-88	-21	11	63	63	63	63	63	63	63	63	-22	-62	-127	0
187	-84	-61	-3	54	78	78	78	78	78	78	78	78	37	-39	-84	0
188	-526	-319	-2	206	339	478	589	671	671	747	879	931	192	240	-537	0
189	-507	-375	-63	141	303	390	436	493	493	493	533	645	217	116	-519	0
190	-143	-105	-38	24	56	71	71	100	132	132	132	132	62	-48	-144	0
191	-498	-377	-107	63	168	336	383	440	440	440	572	572	221	68	-505	0
192	-298	-246	-84	-42	-4	16	38	68	134	134	134	188	35	-106	-303	0
193	-181	-120	9	72	96	135	158	158	158	206	206	206	-23	-61	-192	0
194	-101	-62	6	12	25	45	45	45	45	45	45	45	-18	-47	-104	0
195	782	886	1110	1245	1415	1484	1505	1561	1687	1687	1737	1849	811	1257	729	0
196	158	221	430	571	683	752	777	805	873	908	908	908	356	548	123	0
197	-249	-206	-32	55	75	128	149	176	277	312	361	416	88	13	-285	0
198	-60	-31	6	24	24	24	24	24	24	24	24	24	0	-26	-59	0
199	-793	-632	-217	54	267	474	561	697	728	728	772	928	569	78	-873	0
200	-514	-395	-169	0	106	106	129	157	222	222	265	319	79	-116	-555	0
201	-113	-81	-4	55	81	81	81	81	81	81	81	81	22	-56	-116	0
202	-71	-42	7	41	41	41	41	67	67	67	67	67	13	-34	-74	0
203	-78	-62	-28	-1	14	33	33	33	33	33	33	33	13	-54	-79	0
204	-394	-331	-222	-121	-43	30	119	145	145	183	183	183	116	-180	-408	0
205	-52	-25	23	36	61	61	81	81	81	119	167	167	14	-22	-54	0
206	-173	-140	-102	-50	-19	-19	79	79	79	79	79	79	2	-127	-174	0
207	-356	-260	4	137	222	258	349	405	472	472	520	520	253	87	-368	0
208	-345	-176	131	338	456	536	536	536	569	569	609	660	251	214	-363	0
209	-365	-276	-109	-5	117	205	251	251	282	282	327	327	90	-17	-371	0
210	-353	-264	-41	93	189	245	316	401	401	437	487	487	185	26	-354	0
211	-418	-335	-103	-17	44	201	266	266	298	336	379	487	216	-46	-430	0
212	-330	-232	-77	14	68	103	215	271	369	369	414	414	174	-40	-350	0
213	-93	-22	49	110	125	125	125	153	153	153	153	153	16	15	-97	0
214	-132	-35	247	424	538	613	635	635	635	671	716	820	366	384	-178	0
215	-648	-529	-247	20	197	330	443	549	581	617	617	723	399	-56	-681	0
216	-220	-146	-41	46	95	129	129	129	163	163	163	163	71	-48	-220	0
217	-174	-139	-43	-17	9	42	42	42	42	42	42	42	15	-95	-172	0
218	-99	-57	-4	25	25	25	25	25	56	56	56	56	4	-55	-99	0
219	-26	-16	-5	20	32	32	32	32	32	32	32	32	4	-21	-28	0
220	-206	-156	-10	58	72	88	110	110	110	110	110	110	42	-81	-205	0

Moderc, J., 2016. Primerjava podatkov o skupnem vzponu vzdolž posnetih GPS-sledi glede na metodo določitve. Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

221	-247	-180	-27	37	74	127	127	154	154	154	154	154	18	-83	-249	0
222	-135	-62	55	133	165	180	180	180	180	220	269	323	62	15	-138	0
223	-229	-195	-127	-103	-39	-3	18	18	18	18	18	69	4	-177	-231	0
224	-98	-66	-15	22	35	35	35	35	35	35	35	35	-14	-63	-100	0
225	-328	-266	-121	-36	24	24	68	96	96	133	133	133	-45	-191	-334	0
226	-95	-74	13	30	41	41	41	41	41	41	41	41	13	-66	-96	0
227	-102	-72	-1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	-5	-61	-101	0
228	-108	-71	4	37	60	76	76	76	76	76	76	76	27	-55	-110	0
229	-517	-354	-66	125	235	356	446	474	474	550	550	607	-32	-121	-543	0
230	9	18	56	70	81	100	124	153	153	153	153	153	100	7	-15	0
231	117	178	299	379	404	404	404	431	463	502	502	502	150	215	109	0
232	-196	-154	-60	4	25	25	68	68	68	68	116	116	5	-131	-196	0
233	-571	-484	-259	-114	22	88	133	187	187	187	237	353	41	-311	-592	0
234	-85	-49	2	20	33	33	33	33	33	33	33	33	-10	-53	-86	0
235	-74	-58	-11	20	30	30	30	30	61	61	61	117	-50	-73	-95	0
236	-138	-39	200	377	451	469	469	606	704	704	746	746	151	216	-171	0
237	-358	-265	-32	58	107	144	166	191	224	224	269	269	67	-127	-367	0
238	-339	-263	-78	14	89	125	125	155	155	191	191	251	55	-155	-354	0
239	-202	-155	-8	113	213	250	317	317	317	356	443	493	71	-40	-212	0
240	-656	-455	3	180	288	436	476	502	535	535	535	535	170	-29	-695	0
241	-668	-550	-248	-89	98	115	162	269	332	332	468	552	222	-256	-716	0
242	-385	-343	-199	-114	-56	-21	23	106	106	106	106	162	52	-276	-388	0
243	-426	-323	-84	92	132	188	211	237	237	272	272	272	116	-159	-443	0
244	-692	-573	-231	-39	145	267	376	376	439	479	573	627	202	-137	-713	0
245	-216	-169	-80	-42	5	22	22	22	56	56	56	56	28	-145	-217	0
246	-143	-104	-27	11	26	26	26	26	26	26	26	80	26	-90	-141	0
247	-180	-151	-103	-21	72	72	93	93	93	93	93	93	44	-123	-184	0
248	-183	-132	-34	3	77	77	77	77	77	77	77	77	22	-109	-181	0
249	-100	-71	-4	9	31	49	49	49	49	49	49	49	-13	-73	-110	0
250	-70	-47	-5	-5	9	29	29	29	29	29	29	29	-28	-60	-72	0