



Srednja škola Matije Antuna Reljkovića
Ivana Cankara 76, 35 000 Slavonski Brod

Geodetska izmjera

ZAVRŠNI RAD

Izrada geodetskih podloga iz podataka bespilotne letjelice

Mentor: Martin Tokić, mag.ing.geod. et geoinf

Izradio: Luka Kolesarić

Obrazovni sektor: Graditeljstvo i geodezija

Zanimanje: Tehničar geodezije i geoinformatike

Slavonski Brod, ljetni rok

šk. god. 2022./2023.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Bepilotne letjelice u geodeziji	2
2.1. Podjela bepilotnih letjelica	2
2.2. DJI Phantom 4 PRO	3
3. Pravila leta bepilotnim letjelicama	5
3.1. Zakonska regulativa	5
3.2. Kategorizacija bepilotnih letjelica	5
3.3. Izvođenje letačkih operacija	7
4. Aerofotogrametrijska izmjera bepilotnom letjelicom	9
4.1. Aerofotogrametrija.....	9
4.2. Signalizacija orijentacijskih točaka.....	10
4.3. Letačka operacija u 3DSurveyPilot	10
5. Izrada geodetskih podloga iz podataka bepilotne letjelice	12
5.1 3D Survey	12
5.2 Obrada podataka u programu 3D survey	12
5.2.1 Učitavanje fotografija	12
5.2.2 Telemetrija	13
5.2.3 Izjednačavanje zrakovnog snopa (<i>Bundle Adjustment</i>)	14
5.2.4 Georeferenciranje pomoću orijentacijskih markera	14
5.2.5 Lociranje orijentacijskih točaka na slikama.....	15
5.2.6 Rekonstrukcija gušćeg modela točaka	16
6. Izrada DOF-a(Ortophoto) te poprečnih i uzdužnih profila	17
6.1 Izrada DOF-a	17
6.2 Izrada uzdužnog i poprečnih profila	17
7. Zaključak.....	20
8. Literatura.....	21

10.	Popis slika	22
11.	Popis tablica	23
	Prilog 1 Situacijski nacrt	24
	Prilog 2 Uzdužni profil Školskog vrta	26
	Prilog 3 Poprečni profil 1	28
	Prilog 4 Poprečni profil 2	30
	Prilog 5 Poprečni profil 3	32
	Prilog 6 Poprečni profil 4	34
	Prilog 7 Poprečni profil 5	36
	Prilog 8 Poprečni profil 6	38
	Prilog 9 Poprečni profil 7	40
	Prilog 10 Poprečni profil 8	42
	Prilog 11 Poprečni profil 9	44
	Prilog 12 Poprečni profil 10	46
	Prilog 13 Poprečni profil 11	48
	Prilog 14 Poprečni profil 12	50
	Prilog 15 Poprečni profil 13	52
	Prilog 16 Poprečni profil 14	54
	Prilog 17 Poprečni profil 15	56
	Prilog 18 Poprečni profil 16	58
	Prilog 19 Poprečni profil 17	60
	Prilog 20 Poprečni profil 18	62
	Prilog 21 Poprečni profil 19	64
	Prilog 22 Poprečni profil 20	66
	Prilog 23 Uzdužni profil Glogovice	68
	Prilog 24 Poprečni profil 1	70
	Prilog 25 Poprečni profil 2	72

Prilog 26 Poprečni profil 3.....	74
Prilog 27 Poprečni profil 4.....	76
Prilog 28 Poprečni profil 5.....	78
Prilog 29 Poprečni profil 6.....	80
Prilog 30 Poprečni profil 7.....	82
Prilog 31 Poprečni profil 8.....	84
Prilog 32 Poprečni profil 9.....	86
Prilog 33 Poprečni profil 10.....	88
Prilog 34 Poprečni profil 11.....	90
Prilog 35 Poprečni profil 12.....	92
Prilog 36 Poprečni profil 13.....	94
Prilog 37 Poprečni profil 14.....	96
Prilog 38 Poprečni profil 15.....	98
Prilog 39 Poprečni profil 16.....	100
Prilog 40 Poprečni profil 17.....	102
Profil 41 Poprečni profil 18	104
Prilog 42 Poprečni profil 19.....	106
Prilog 43 Poprečni profil 20.....	108
Prilog 44 Poprečni profil 21.....	110

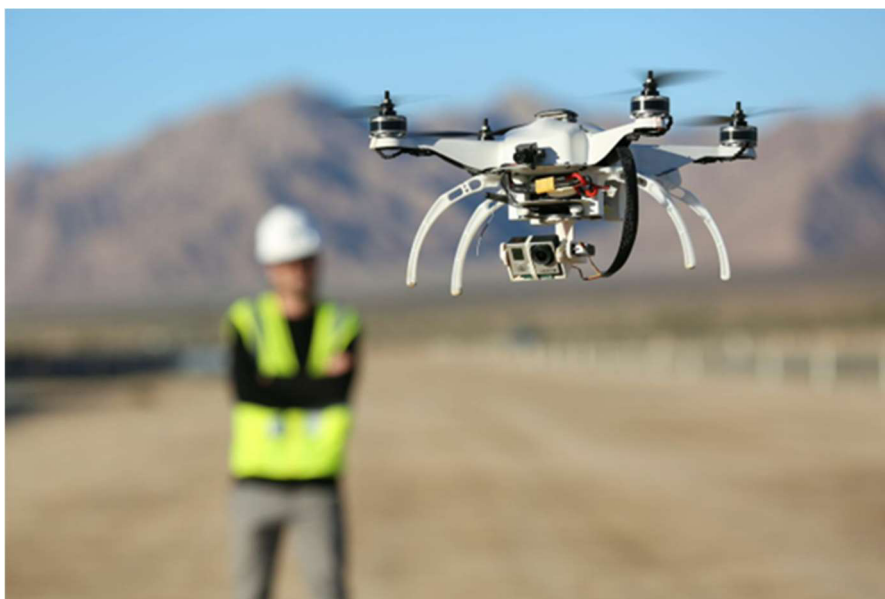
1. Uvod

U geodeziji kao djelatnosti koristi se niz geodetskih metoda izmjere u svrhu prikupljanje, obrada te prikazivanju podataka zemljine površine. Uz razvoj tehnologije zadatci u geodeziji, ali i ostalim zanimanjima postali su znatno brži, jednostavniji, ali i točniji nego prije.

Zadatak ovog završnog će biti organizirati, prikupiti te obraditi podatke našeg školskog vrta iz bespilotne letjelice u svrhu izrade geodetske podloge. Naš školski vrt je manje područje pa će nam idealna metoda izmjere biti kombinacija tahimetrije i fotogrametrijske metode. Kod fotogrametrijske metode koristit ćemo bespilotnu letjelicu DJI Phantom 4 PRO. Bespilotne letjelice imaju sve širu primjenu i pružaju nam puno mogućnosti, naročito u geodetskim zadacima. U ovome završnom radu želimo proučiti kakve sve produkte možemo dobiti uz pomoć jednostavnog softvera 3D survey. Također će biti objašnjeni koraci pri obradi podataka fotogrametrijske izmjere i izradi različitih produkata, koji će također biti prikazani.

2. Bepilotne letjelice u geodeziji

Bespilotni zrakoplov ili letjelica su letjelice koje imaju sposobnost letenja u zraku bez pilota u letjelici. U početku je primjena bila samo u vojne svrhe ali u današnje vrijeme se koriste i za civilne potrebe ili rekreaciju. Jasno je da u geodeziji kada bi pravili usporedbu snimku bespilotne letjelice i klasičnu aerofotogrametriju dobijemo krupniji, jasniji i detaljniji prikaz snimljenog terena jer na takav snimak ne utječu razni vanjski faktori kao npr. oblaci. Uz bolji prikaz moramo reći da nam je za to potrebno značajno kraće vrijeme prikupljanja i analiza podataka (Slika 1).



Slika 1 Snimanje terena bespilotnom letjelicom
(<https://tinyurl.com/3hh2yj2a>)

2.1. Podjela bespilotnih letjelica

Postoje razne podjele bespilotnih letjelica jer se kao već spomenuto koriste u različite svrhe. U ostatku teksta će bit navedene neki od njih. Prema primjeni bespilotne letjelice se dijele na:

1. Vojne
2. Civilne
3. Istraživačke

S obzirom na način upravljanja postoje letjelice koje prate automatsku rutu i letjelice kojima čovjek pomoću kontrolera upravlja sa zemlje. Za civilne potrebe najčešće se koriste letjelice na daljinsko upravljanje koje se dijele na (Tokić, 2020):

1. Letjelice sa fiksnim krilima (Slika 2) i
2. Rotacijske letjelice (kopteri, Slika 1).



Slika 2 Letjelica sa fiksnim krilima
(<https://tinyurl.com/hzke7yvy>)

Glavne karakteristike letjelice sa fiksnim krilima je

- Polijeću iz ruke, s lansirne rampe ili staze
- Imaju duže trajanje leta
- Otporniji su na vanjske utjecaje
- Imaju veću nosivost

Dok za razliku od tih imamo rotacijske letjelice koje mogu poletjeti vertikalno sa mjesta u zrak. Samostalno upravljanje leta ima svoje nedostatke i prednosti. Neke od prednosti su: manje vrijeme snimanja, veća preciznost, točnija pozicija registracije snimaka. Ono omogućuje operateru jasan pregled terena i ostalih čimbenika kao što su kut nagiba i pozicija. Nedostaci mogu biti: onemogućavanje upravljanje sa kontrolerom radi slabijeg dometa zbog velike količine podataka koji se prenose, nemogućnost izbjegavanja raznih prepreka kao što su ptice, određeni vodovi, građevine i antene.

2.2. DJI Phantom 4 PRO

DJI Phantom Pro(Slika 3)je dron najčešće korišten za precizno snimanje u geodeziji za potrebe fotogrametrije. Takav jedan se koristio upravo kod nas u svrhu izrade ovog završnog rada. Neke od važnih informacija su priložene upravo ovdje (Tablica 1).



Slika 3 DJI Phantom 4 Pro
(<https://tinyurl.com/murhkh6t>)

Tablica 1 Tablica specifikacija drona DJI Phantom PRO 4
[\(<https://www.dji.com/phantom-4-pro/info>\)](https://www.dji.com/phantom-4-pro/info)

Težina	1388g
Duljina po dijagonali	350mm
Maksimalna brzina	S-mode(72km/h) A-mode(58km/h P-mode(50km/h)
Maksimalni kut nagiba	S-mode: 42° A-mode: 35° P-mode: 25°
Broj rotora	4
Maksimalna visina leta	6000 m
Maksimalno trajanje leta	U prosjeku 30 minuta
Temperatura	Operativan: 0°C do 40°C

3. Pravila leta bespilotnim letjelicama

Zračni promet u Republici Hrvatskoj reguliran je hrvatskim propisima, ali i zakonodavstvom Europske Unije koje je po pravnoj snazi iznad nacionalnih propisa. Osim navedenog, pojedini aspekti zračnog prometa uređeni su međunarodnim konvencijama koje obvezuju Republiku Hrvatsku i/ili Europsku Uniju.

3.1. Zakonska regulativa

Institucije koje su nadležne za odobrenje letova, rezervacije zračnog prostora i snimanja iz zraka te naknadnog korištenja materijala bez kojih navedeno nije moguće u pravilu su Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo, Hrvatska kontrola zračne plovidbe i Državna geodetska uprava. Također imamo zakone od strane europske unije pod 3 stavke o sigurnosti za vrijeme letenja bespilotne letjelice zajedničkim pravilima u području civilnog zrakoplovstva i osnivanju Agencije Europske unije za sigurnost zračnog prometa i izmjeni uredbi, o sustavima bespilotnih zrakoplova i o operatorima sustava bespilotnih zrakoplova i trećih zemalja i o pravilima i postupcima za rad bespilotnih zrakoplova. Sa druge strane u Republici Hrvatskoj postoje zakoni o zakonima zračnog prometa (EU 2018/1139), pravilniku o upravljanju zračnim prostorom (EU 2019/945), te pravilniku o letenju zrakoplova (EU 2019/947). Od ostalih pravila tu naravno imamo pravila o (Tokić 2020.):

- Sigurnosti
- Privatnosti
- Zaštiti podataka
- Odgovornosti
- Polici osiguranja i zaštiti okoliša

3.2. Kategorizacija bespilotnih letjelica

Kada pričamo o kategorizaciji bespilotnih letjelica u obzir moramo uzeti njihovu ukupnu masu da bih ih podijelili tj. kategorizirali (Tokić 2020. Tablica 2.).

Tablica 2 Kategorije bespilotnih letjelica

Letjelica	Operacija		Operator letjelice/Pilot		
Max. Masa	Podkategorija	Operativna ograničenja	Registracija operatora drona	Oposobljenost pilota	Minimalna dob
<250g	A1 (Može letjeti u A3)	- nema preleta iznad neuključenih osoba (ako se dogodi, minimalan) - nema preleta iznad mnoštva ljudi	Ne, osim ako posjeduje kameru ili senzor i letjelica nije igračka	- nije potrebno osposobljavanje	Nema
<500g			DA	- Pažljivo čitanje uputstava proizvođača - Završiti osposobljavanje i položiti ispit nadležne državne ustanova i posjedovati "Dokaz o dovršenosti mrežnog osposobljavanja A1/A3"	16
<2kg	A2 (Može letjeti u A3)	- nema preleta iznad neuključenih osoba (ako se dogodi, minimalan) - nema preleta iznad mnoštva ljudi - horizontalna udaljenost 50m od neuključenih osoba	DA	- Pažljivo čitanje uputstava proizvođača - Završiti osposobljavanje i položiti ispit nadležne državne ustanova i posjedovati "Potvrda osposobljenosti udaljenog pilota A2"	16
<25kg	A3	- nema preleta iznad niti blizu ljudi - horizontalna udaljenost min 150m od stambenih, komercijalnih i industrijskih područja	DA	- Pažljivo čitanje uputstava proizvođača - Završiti osposobljavanje i položiti ispit nadležne državne ustanova i posjedovati "Dokaz o dovršenosti mrežnog osposobljavanja A1/A3"	16

3.3. Izvođenje letačkih operacija

Rukovatelj mora osigurati da se let bespilotnog zrakoplova izvodi tako da ne predstavlja opasnost po život, zdravlje ili imovinu ljudi zbog udara ili gubitka kontrole nad sustavom bespilotnog zrakoplova i da ne ugrožava ili ne ometa javni red i mir.

Rukovatelj mora (Vedran Krevh 2018.):

1. osigurati da se let bespilotnog zrakoplova odvija danju,
2. prije leta provjeriti i uvjeriti se u ispravnost sustava bespilotne letjelice,
3. prikupiti sve potrebne informacije za planirani let i uvjeriti se da meteorološki i ostali uvjeti u području leta osiguravaju sigurno izvođenje leta,
4. osigurati da bespilotni zrakoplov tijekom uzlijetanja ili slijetanja sigurno nadvisuje sve prepreke te ne leti preko 120m nadmorske visine,
5. tijekom leta osigurati sigurnu udaljenost bespilotnog zrakoplova od ljudi, životinja, objekata, svih vozila, dalekovoda, ne manju od 30 metara.
6. osigurati da je minimalna udaljenost bespilotnog zrakoplova od skupine ljudi 150 metara,
7. osigurati da se let bespilotnog zrakoplova odvija unutar vidnog polja rukovatelja
8. osigurati da se let bespilotnog zrakoplova odvija na potrebnoj udaljenosti od aerodroma, osim u slučaju kada su posebno predviđene procedure
9. osigurati da se tijekom leta iz ili s bespilotnog zrakoplova ne izbacuju predmeti.

Pri letenju možemo imati 5 razina automatizacije:

1. Nema automatizacije. Pilot u potpunosti kontrolira svaki pokret,
2. Pomoć pilotu. Pilot ostaje pod kontrolom cjelokupnog rada i sigurnosti vozila,
3. Djelomična automatizacija,
4. Uvjetna automatizacija,
5. Visoka automatizacija i
6. Potpuna automatizacija.

Te imamo različite načine automatskog upravljanja

1. GNSS navigacija

Zahvaljujući nekoliko dostupnih sustava za pozicioniranje (GPS, Glonass, Galileo, itd.), naše bespilotne letjelice izvode misije uz pomoć GNSS-a

2. Određivanje točke letenja

Najčešća operacija koja se izvodi s bespilotnim letjelicama ovisi o 3D koordinatama

3. Klikom na određenu lokaciju

Sustav se može poslati na određenu lokaciju jednostavnim klikom na tabletu ili računalu

4. Automatsko polijetanje i slijetanje

Uz pomoć određenih aplikacija mogu obavljati potpuno automatizirane letove uključujući polijetanje i slijetanje.

4. Aerofotogrametrijska izmjera bespilotnom letjelicom

Fotogrametrijska izmjera je metoda pomoću koje iz fotografskih snimaka određujemo položaj, oblik i veličinu snimljenog objekta. Cilj fotogrametrije je snimanje trodimenzionalnog prostora i njegova interpretacija u horizontalnom i visinskom smislu. Fotogrametrija se koristi za proizvodnju karata, geografsko informacijske sustave (GIS), snimanja u šumarstvu, rudarstvu, ekologiji itd. Prema položaju kamere dijeli se na (Tokić, 2020):

1. Terestrička fotogrametrija (kamera se nalazi na zemlji),
2. Aerofotogrametrija (kamera se nalazi u letjelici – avionu, helikopteru, dronu) i
3. Satelitska fotogrametrija (kamera se nalazi u satelitu).

4.1. Aerofotogrametrija

Aerofotogrametrijska metoda koristi se za horizontalnu i visinsku izmjeru u svrhu izrade karata različitog mjerila. Aerofotogrametrija u prijevodu znači snimanje iz zraka iz posebno opremljenih aviona ili bespilotnih letjelica. Iz snimljenog područja možemo dobiti (Tokić 2020.):

1. Kartu,
2. Digitalni ortophoto i
3. Digitalni model reljefa.

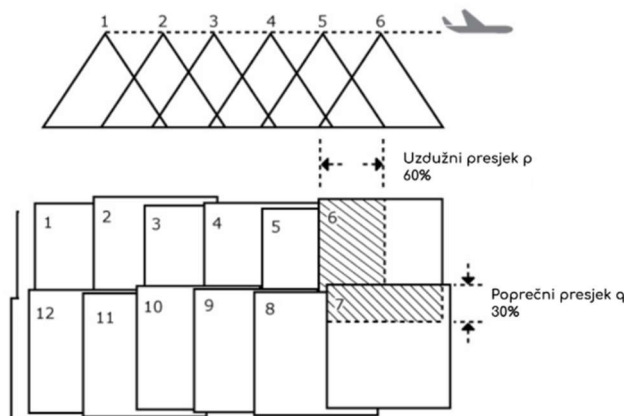
Prije snimanja je prvo potrebno:

- Isplanirati let,
- Isplanirati terenski rad, signalizaciju te odrediti ili postaviti orijentacijske točke i
- Procijeniti vrijeme i cijenu izradbe.

Naravno svako snimanje ovisi od vrsti te kvaliteti kamere koju letjelica posjeduje te u kojem mjerilu ćemo snimati ovisno o kakvom produktu se radi. Visina leta se dobije kvocijentom konstante kamere sa mjerilom snimanja.

Da bih upotpunili potpuno prekrivanje određenog područja moramo zadovoljiti uvjete uzdužnih i poprečnih snimaka(Slika 4).

- Uzdužni preklop p-60%
- Poprečni preklop p-30%

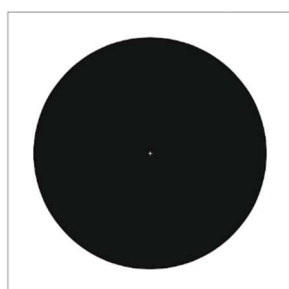


Slika 4 Prikaz preklopa fotografija

(Tokić 2020)

4.2. Signalizacija orijentacijskih točaka

Kontrolne točke na tlu usmjeravaju model i poboljšavaju točnost izračunatog modela. Minimum potreban broj orijentacijskih točaka za orijentaciju modela je 3, no preporučuje se da uvijek bude na terenu više nego što je potrebno. Pomoću orijentacijskih točaka u programu 3D survey lakše prepoznamo te obrađujemo slike sve učitane u program. Za potrebu snimanja postavljeno je 10 orijentacijskih točaka raspoređeno po cijelome školskome vrtu (Slika 5). Orijetacijskim točkama smo poslije postavljanja odredili koordinate koje su nam kasnije potrebne u programu.



Slika 5 Orijetacijski marker

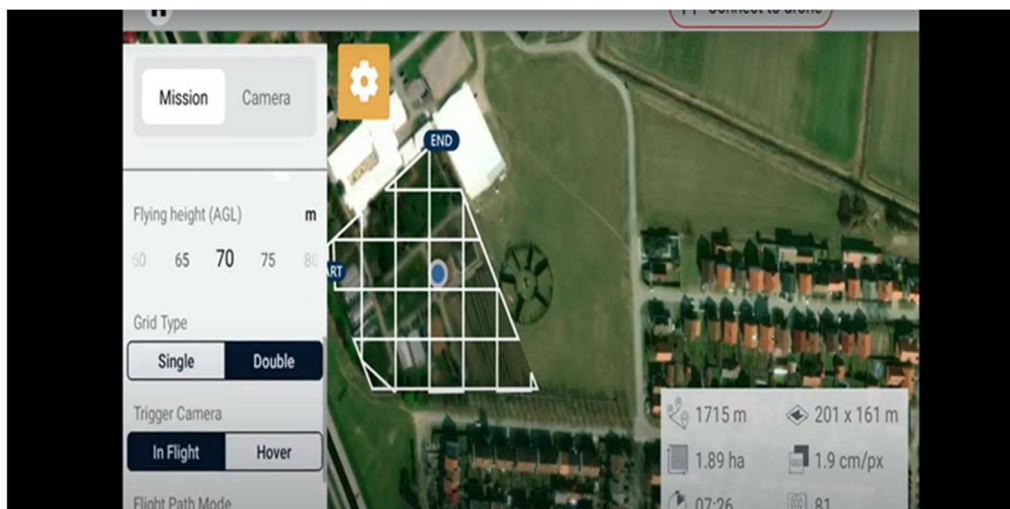
(<https://tinyurl.com/3u8xt98y>)

4.3. Letačka operacija u 3DSurveyPilot

Nakon što je proučen potreban materijal, a kao objekt snimanja izabran školski park, došlo je vrijeme i za samo mjerenje. Letačku misiju potrebno je unaprijed pomno isplanirati i projektirati u prikladnom programu ili aplikaciji. Na teren je potrebno postaviti markere kako bi se olakšala naknadna obrada podataka i prikaz uklopio u državni koordinatni sustav

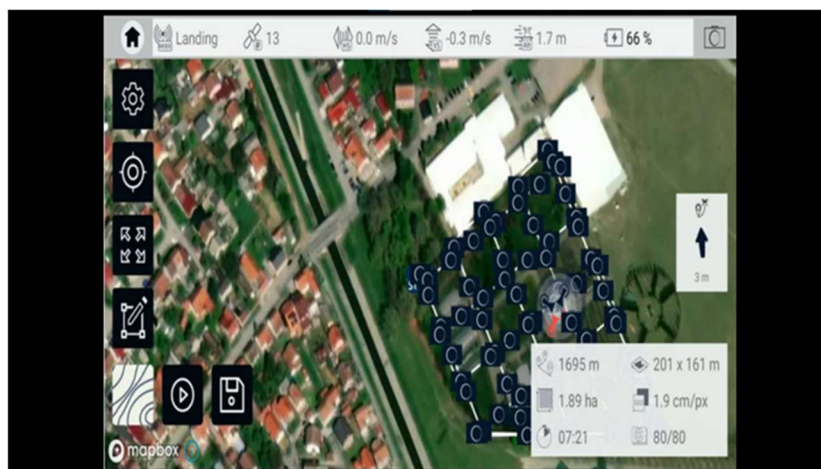
HTRS96/TM.

Prvi korak prije početka leta bio je povezivanje sa dronom preko aplikacije DJI GO. Nakon povezivanja sa školskim dronom namještene su postavke kao što su brzina leta, kut snimanja kamere i visina leta. Po namještanju postavki kamere i provjere povezanosti, aplikacijom 3D Survey Pilot se počeo izrađivati plan letačke misije. Potom je u postavkama postavljena je mreža, tj. putanju leta drona. Kako bi let bio što precizniji i točniji mreža je duplicirana i dron je pušten na snimanje fotografija iz zraka (Slika 6).



Slika 6 Prikaz putanje drona i namještene postavke

Dron je automatski odletio do početka mreže iznad vrta kraj škole. Nakon toga je polako letio po zadanim putanjama i snimao fotografije. Let smo pratili preko mobitela, jer je u svakom trenutku bila prikazana pozicija drona i mjesto na kojem je uslikao područje. Kako bi slike bile što točnije namješteno je preklapanje od 70% slika. Na taj je način osigurana veća pokrivenost cjelokupnog prikaza i točnost naknadne obrade (Slika 7).



Slika 7 Prikaz oslikanih područja vrta

5. Izrada geodetskih podloga iz podataka bespilotne letjelice

Nakon završenog mjerenja vani sve potrebne podatke tj. slike smo prebacili na školsko računalo na kojem se nalazi program u kojem ćemo obraditi podatke u svrhu izrade geodetske podloge.

5.1 3D Survey

3D Survey je softver za obradu fotogrametrijskih snimaka iz zraka. Jednostavan i praktičan, ovaj je softver posebno prilagođen geodetima. Uz standardne fotogrametrijske funkcije kao što su aerotriangulacija, izjednačenje korištenjem kontrolnih točaka te rekonstrukcija 3D modela i ortofoto snimka, softver omogućuje jednostavno iscertavanje CAD elemenata, računanje volumena te kreiranje uzdužnih i poprečnih profila. Sve proizvode moguće je izvesti u standardnim formatima (Geo centar, Slika 8).

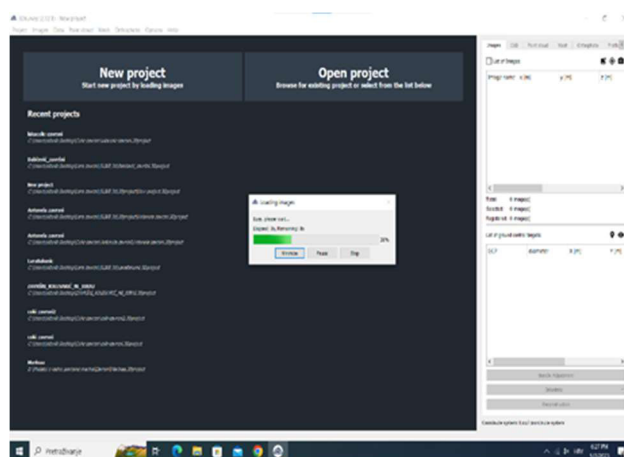


Slika 8 Logo 3D survey

5.2 Obrada podataka u programu 3D survey

5.2.1 Učitavanje fotografija

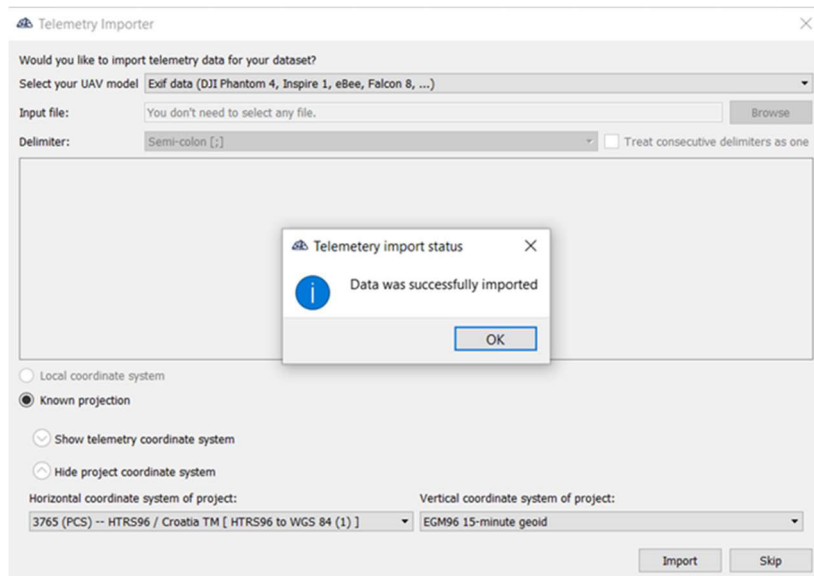
Kada želimo pokrenuti novu obradu podataka prije početka potrebno je učitati slike to radimo pomoću komande *New project* i odabiremo sve fotografije (Slika 9) koje želimo, sve ukupno ih je bilo 277 slika. Kada odaberemo slike idemo na gumb *Open*, te čim to pritisnemo iskače nam prozor za telemetriju.



Slika 9 Učitavanje slika

5.2.2 Telemetrija

Telemetrija su svi podatci od učitanih fotografija. S dodavanjem telemetrije smo si ubrzali proces *Bundle Adjustment*, položaj slika direktno iz telemetrije. Za DJI dron smo koristili .csv *Exif data* za ubacivanje telemetrije. Poslije učitavanja telemetrije potrebno je odabrati koordinatni sustav koji ćemo koristiti. Za horizontalni koordinatni sustav u našem slučaju koristili smo službeni Hrvatski državni koordinatni sustav HTRS96/TM. Za vertikalni koordinatni sustav odabrali smo EGM96 globalni 15-minutni geoid(Slika 10).



Slika 10 Telemetrija i njezine postavke

Nakon podešavanja pritisnemo gumb *Import*. Te nam nakon toga iskače prozor sa svim podacima vezanim za transformaciju koordinata(Slika 11).

Telemetry

Projection: HTRS96 / Croatia TM

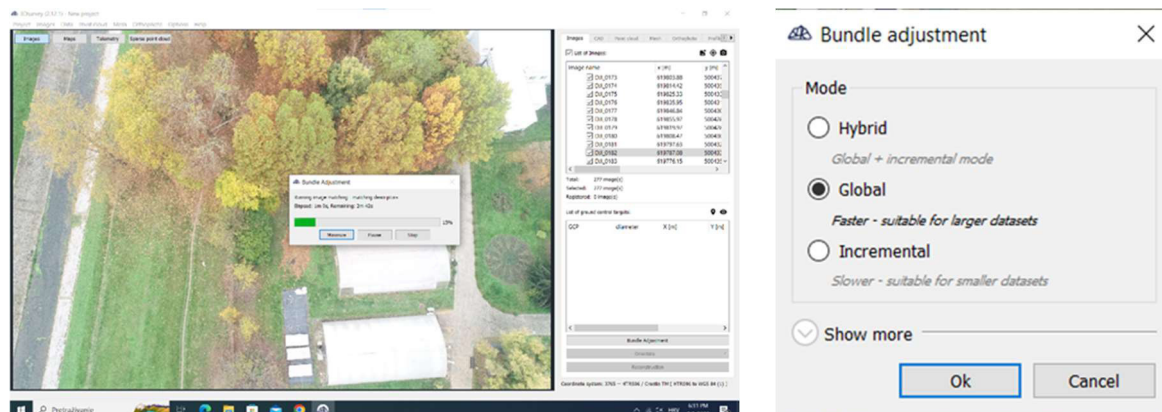
Image	Latitude [deg]	Longitude [deg]	Altitude [m]	X [m]	Y [m]	Z [m]	AGL [m]	X pri
DJI_0105.JPG	45.169105	18.023630	73.772	619767.439	5004366.709	73.772	70.100	
DJI_0106.JPG	45.169205	18.023874	73.572	619786.421	5004378.211	73.572	69.900	
DJI_0107.JPG	45.169300	18.024104	73.472	619804.350	5004389.058	73.472	69.800	
DJI_0108.JPG	45.169392	18.024331	73.573	619821.992	5004399.656	73.573	69.900	
DJI_0109.JPG	45.169487	18.024563	73.673	619840.033	5004410.578	73.673	70.000	
DJI_0110.JPG	45.169582	18.024795	73.673	619858.052	5004421.418	73.673	70.000	
DJI_0111.JPG	45.169674	18.025022	73.574	619875.652	5004432.055	73.574	69.900	
DJI_0112.JPG	45.169699	18.025086	73.574	619880.706	5004434.862	73.574	69.900	
DJI_0113.JPG	45.169456	18.025280	73.874	619896.445	5004408.156	73.874	70.200	
DJI_0114.JPG	45.169355	18.025037	73.573	619877.557	5004396.545	73.573	69.900	
DJI_0115.JPG	45.169261	18.024806	73.473	619859.563	5004385.762	73.473	69.800	
DJI_0116.JPG	45.169169	18.024579	73.473	619841.955	5004375.182	73.473	69.800	
DJI_0117.JPG	45.169074	18.024347	73.573	619823.011	5004364.310	73.573	69.900	

Manually set precision GPS/INS to camera offset Flight height Reimport Close

Slika 11 Koordinate poslije telemetrije

5.2.3 Izjednačavanje zrakovnog snopa (*Bundle Adjustment*)

Prvo georeferenciranje položaja slika direktno iz telemetrije DJI Phantoma i izrada prvog, rijetkog oblaka točaka obavlja se tako da nakon učitane telemetrije kliknemo na *Bundle Adjustment* za procesuiranje podataka (Slika 12).

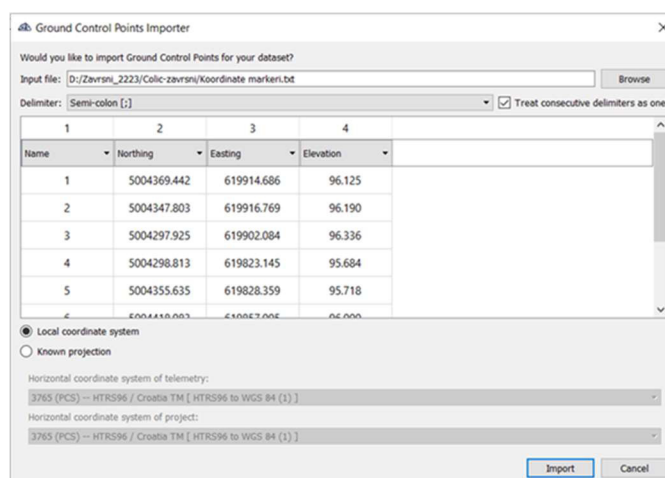


Slika 12 Pokretanje Bundle adjustmenta i odabir postavki

Nakon što smo upalili potrebno je odabrati način podešavanja. Mi smo odabrali Global, ali možemo odabrati *Incremental* ili *Hybrid*. Odabiranjem jedne od opcija potrebno je potvrditi na Ok za početak obrade. Taj proces može trajati par minuta ili nekoliko sati ovisno o veličini podataka i samim specifikacijama procesora računala (CPU).

5.2.4 Georeferenciranje pomoću orijentacijskih markera

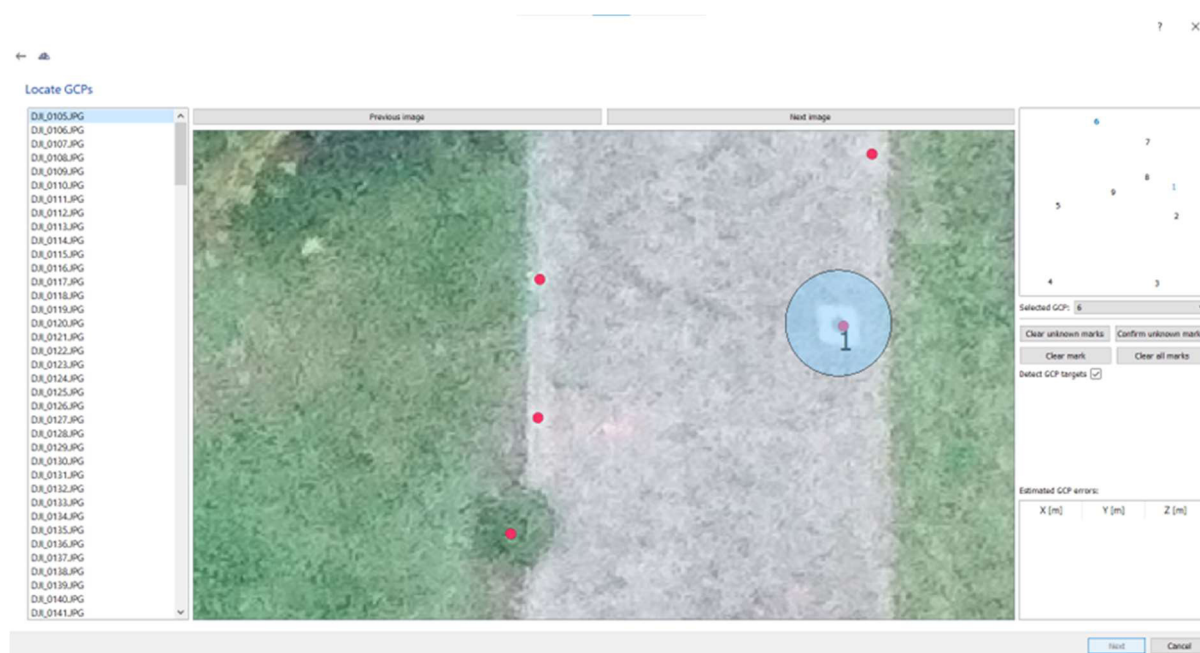
Za proces Georeferenciranja potrebno je stisnuti na *Orientate* te odabrati unos orijentacijskih točaka. Kada smo unijeli točke potrebno je izabrati koordinatni sustav za orijentacijske markere u kojem želimo da nam budu transformirane koordinate. Mi smo odabrali HTRS96/TM kao koordinatni sustav (Slika 13).



Slika 13 Kontrolne točke za orijentaciju

5.2.5 Lociranje orijentacijskih točaka na slikama

Nakon što pritisnemo gumb *Import* sa lijeve strane imamo prikaz svih slika te odabiranjem fotografije moguće je uvećati ili smanjiti fotografiju ovisno o potrebi. Za automatsku orijentaciju potrebno je ručno odabrati minimalno tri orijentacijska markera tj. točke. Kada pronađemo orijentacijski marker na fotografiji pritisnemo desni klik na mišu kako bi označili marker (Slika 14).



Slika 14 Detekcija orijentacijskih točaka

Nakon klika na marker, oko markera će se pojaviti krug. Automatsko traženje će se pokrenuti odmah nakon odabiranja prva tri markera. Pronalaskom svih markera potrebno je pritisnuti *Confirm unknown marks*. Ako zeleni krug nije postavljen na pravoj poziciji markera potrebno je kliknuti na broj markera te nakon toga popravljamo svaku poziciju markera. Nakon korekcije marker će dobiti plavu boju. Potrebno je provjeriti sve ostale markere na svakoj slici kako bi točnost bila što preciznija. Nakon što nam je program označio sve markere pritišćemo *Next* gdje smo sve točke koje nisu bile u centru mi smo ih ručno centrirali, neke točke koje se uopće nisu vidjeli smo ih deaktivirali (Slika 15).



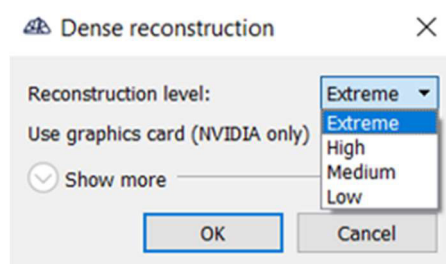
Slika 15 Centriranje i deaktiviranje točaka

Da bi vidjeli preciznost orijentacije potrebno je kliknuti na *Next*. Prikazat će se razlike između izmjerenih orijentacijskih točaka. Nakon popravka potrebno je stisnuti *Finish* i spremiti projekt.

5.2.6 Rekonstrukcija gušćeg modela točaka

Nakon orijentiranja snimka za daljnje napredovanje moramo uraditi rekonstrukciju modela. Prije početka potrebno je odabrati kvalitetu koja dolazi u četiri razine: (Slika 16)

1. *Low* (niska kvaliteta)
2. *Medium* (srednja kvaliteta)
3. *High* (visoka kvaliteta)
4. *Extreme* (najveća kvaliteta)



Slika 16 Četiri razine rekonstrukcije

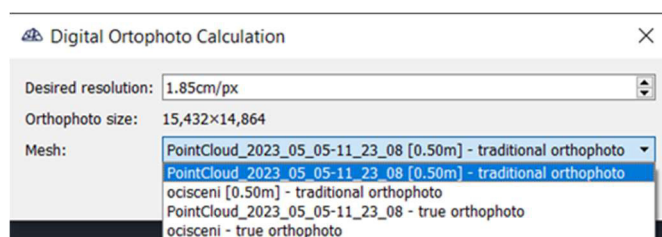
Nakon što odaberemo kvalitetu pritisnemo *OK* te pokrećemo rekonstrukciju koja će potrajati do par sati.

6. Izrada DOF-a (Ortophoto) te poprečnih i uzdužnih profila

6.1 Izrada DOF-a

Završni korak u ovome radu je bila izrada digitalnog *Ortophota* (DOF-a) a da bismo to uradili potrebno je stisnuti *Ortophoto* na izbornoj traci u 3D survey zatim *Calculate new* te tu imamo par parametara koje bih trebali postaviti (Slika 17):

1. Željena rezolucija (cm/px)
2. Veličina *Ortophota*
3. Te *mesh* iz kojeg ćemo izraditi *Ortophoto*



Slika 17 Parametri ortofota

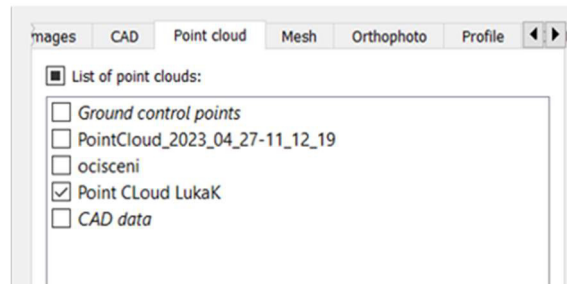
Nakon toga pritisnemo *Calculate* te će proces malo potrajati ali nakon toga dobijemo produkt koji kasnije moramo *Exportati* (spremiti), ponovo idemo na *Ortphoto* na izbornoj traci onda *Save as* te biramo u kojem ćemo formatu spremiti

- *.jpg *.jpeg + *.jgw
- - *.tif *.tiff + *.tfw
- - *.png + *.pgw

Nakon spremljenog DOF-a DOF prebacujemo u Program AutoCad te radimo situacijski nacrt (Prilog 1).

6.2 Izrada uzdužnog i poprečnih profila

Nakon izrade situacijskog nacrta zadatak nam je bio izraditi uzdužni profil te poprečne profile okomite na uzdužni profil. Uradili smo prvo profile po cijelome vrtu. Da bi smo napravili profile potrebno je na izbornoj traci stisnuti *Point cloud* te smo napravili kopiju *Point clouda* (Slika 18) i u njemu napravili profile.



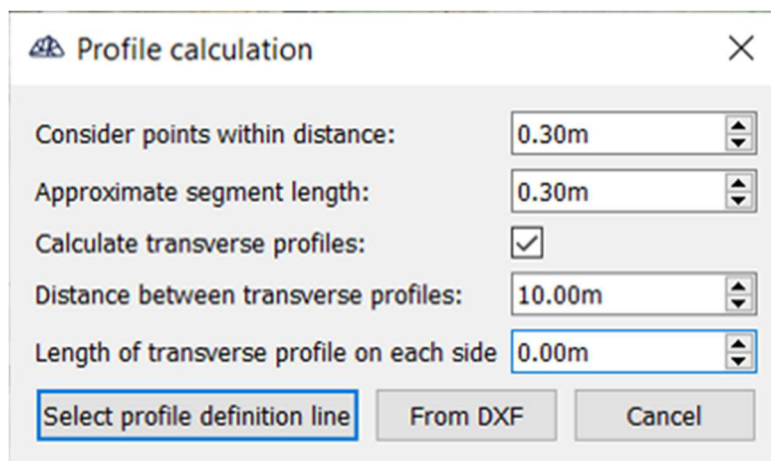
Slika 18 Kolekcija point clouda

Za početak potrebno je prvo stisnuti na *Calculate profiles* te kada pritisnemo iskočit će nam prozor postavki koje trebamo postaviti za izradu. (Slika 19):

1. Potrebno je odrediti udaljeno svake točke na uzdužnom profilu,
2. Trebamo unijeti između dva poprečna profila i
3. I zadnje unijeti duljinu svakog poprečnog profila sa svake strane uzdužnog profila.

Naše postavke za računanje profila su bile:

1. Udaljenost svake točke na uzdužnom profilu 0.30 metara,
2. Duljina između dva uzdužna profila 10 metara i
3. Duljina svakog poprečnog profila 10 metara.



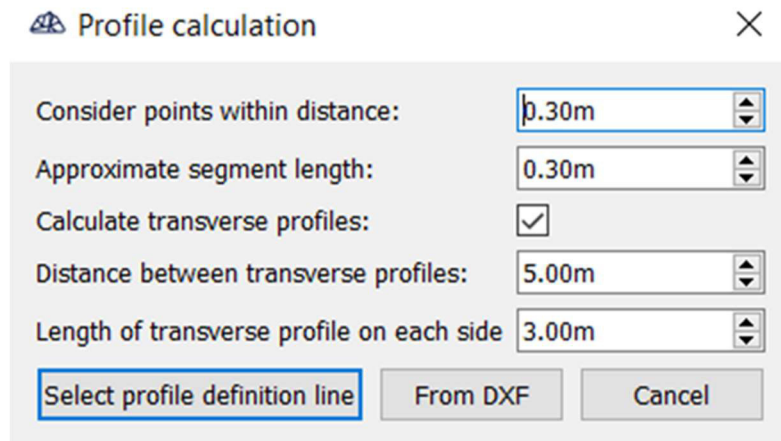
Slika 19 Postavke profila

Kada završimo sa postavkama imamo dvije opcije za crtanje uzdužnog profila

1. Samo crtanje na *Point cloudu* u programu 3Dsurvey ili
2. Unos željene linije prethodno nacrtana u programu AutoCad na DOF-u te takvu liniju spremljenu u formatu .dxf unesemo u 3D survey.

Nakon crtanja na školskom vrtu sve isto sam ponovio za potok Glogovica uz izmijenjene postavke(Slika 20):

1. Udaljenost svake točke na uzdužnom profilu 0.30 metara,
2. Duljina između dva profila 5 metara i
3. Duljina svakog poprečnog profila 3 metra.



Profile calculation

Consider points within distance: 0.30m

Approximate segment length: 0.30m

Calculate transverse profiles: ☒

Distance between transverse profiles: 5.00m

Length of transverse profile on each side 3.00m

Select profile definition line From DXF Cancel

Slika 20 Postavke za izračun profila na Glogovici

7. Zaključak

U ovom radu opisano je prikupljanje podataka u svrhu izrade 3D modela terena vrta Srednje škole Matije Antuna Reljkovića. Također su navedeni osnovni podatci o bespilotnim letjelicama, zakonima, regulacijama, pravilima te uputstvom za letenje bespilotnom letjelicom.

Praktični dio se sastojao od terenskog dijela u kojem smo prikupljali slike školskog vrta pomoću aplikacije DJI Drone i 3D survey pilot, gdje smo odabrali željeno područje da snimi. Svi programi korišteni tokom izmjere i tokom obrade su bili jako laki za korištenje. Rezultat izmjere bilo je više od 250 slika. Svakako je moguće bilo snimiti sa manje slika ali pomoću više slika smo dobili kvalitetniji produkt. Sama obrada podataka u programu nije trajala dugo i program je bio jako lagan za koristiti. Sve to je ovisilo o jačini našeg računala. Prikazali smo razne produkte, pružao nam se velik niz mogućnosti (presjeci, slojnice), te izrada *Ortophota* koja nam je olakšala pravljenje bilo kakvih nacрта uz to je točnija od bilo kakvih WMS-ova koje možemo preuzeti.

Nakon završetka rada primjećujem koliko je zapravo lagano snimiti, obraditi i prikazati željeno područje pomoću automatizirane i napredne tehnologije kao što je bespilotna letjelica i za što programi kao što je 3Dsurvey služe.

8. Literatura

Tokić, M. (2020): Fotogrametrija, bilješke s predavanja, Srednja škola Matije Antuna Reljkovića, Slavonski Brod

URL 1: Primjena bespilotnih letjelica u poljoprivredi, Vedran Krevh (06. svibnja. 2023.):
<https://tinyurl.com/yw6vusw7>

URL 2: O zajedničkim pravilima u području civilnog zrakoplovstva:
<https://tinyurl.com/2t94vfzk>

URL 3: O sustavima bespilotnih zrakoplova i o operatorima sustava bespilotnih zrakoplova i trećih zemalja:
<https://tinyurl.com/4zbbf4uy>

URL 4: O pravilima i postupcima za rad bespilotnih zrakoplova:
<https://tinyurl.com/y9mbk237>

URL 5: Zakon o zračnom prostoru: <https://tinyurl.com/mv8n8vkt>

URL 6: Pravilnik o upravljanju zračnim prostorom: <https://tinyurl.com/mtx4uftn>

URL 7: Zakon o letenju zrakoplova: <https://tinyurl.com/3rerxf5a>

URL 8: Geo centar 3D Survey (15.5.2023.): <https://tinyurl.com/utstvdwz>

10. Popis slika

Slika 1 Snimanje terena bespilotnom letjelicom.....	2
Slika 2 Letjelica sa fiksnim krilima	3
Slika 3 DJI Phantom 4 Pro (https://tinyurl.com/murhkh6t).....	3
Slika 4 Prikaz preklopa fotografija	10
Slika 5 Orijentacijski marker	10
Slika 6 Prikaz putanje drona i namještene postavke	11
Slika 7 Prikaz oslikanih područja vrta	11
Slika 8 Logo 3D survey	12
Slika 9 Učitavanje slika	12
Slika 10 Telemetrija i njezine postavke	13
Slika 11 Koordinate poslije telemetrije.....	13
Slika 12 Pokretanje Bundle adjustmenta i odabir postavki	14
Slika 13 Kontrolne točke za orijentaciju.....	14
Slika 14 Detekcija orijentacijskih točaka.....	15
Slika 15 Centriranje i deaktiviranje točaka.....	16
Slika 16 Četiri razine rekonstrukcije.....	16
Slika 17 Parametri ortofota	17
Slika 18 Kolekcija point clouda	18
Slika 19 Postavke profila	18
Slika 20 Postavke za izračun profila na Glogovici	19

11. Popis tablica

Tablica 1 Tablica specifikacija drona DJI Phantom PRO 4	4
Tablica 2 Kategorije bespilotnih letjelica	6

Prilog 1 Situacijski nacrt

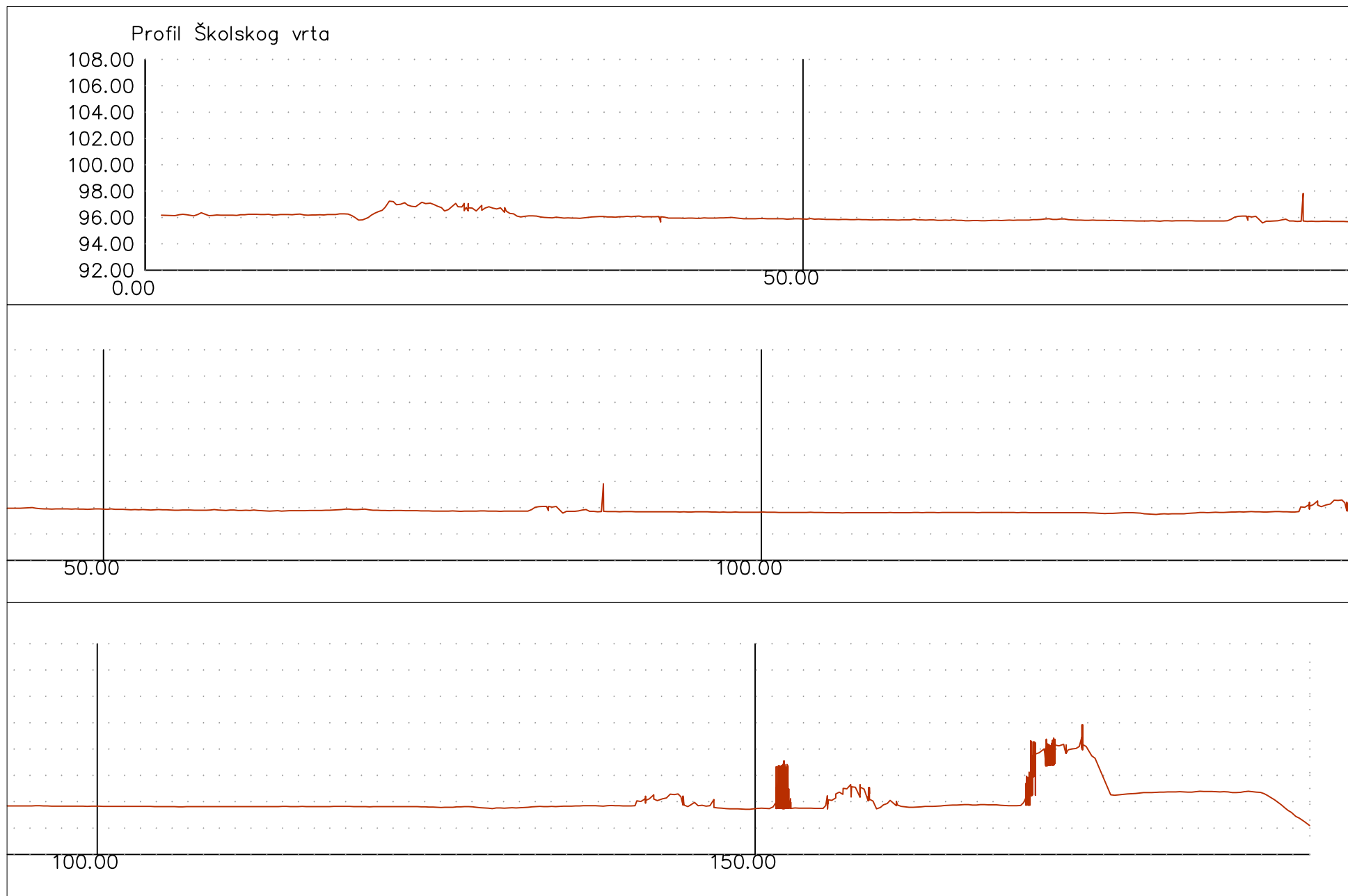
Situacijski nacrt školskog vrta



M 1:1000

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

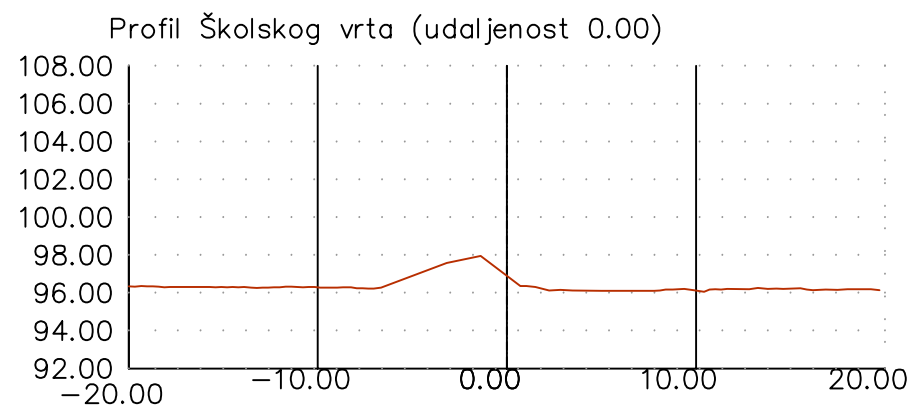
Prilog 2 Uzdužni profil Školskog vrta



M 1:400

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

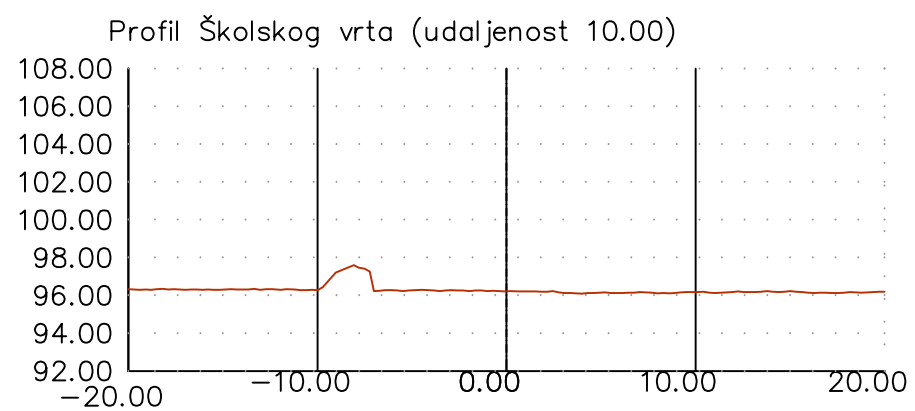
Prilog 3 Poprečni profil 1



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

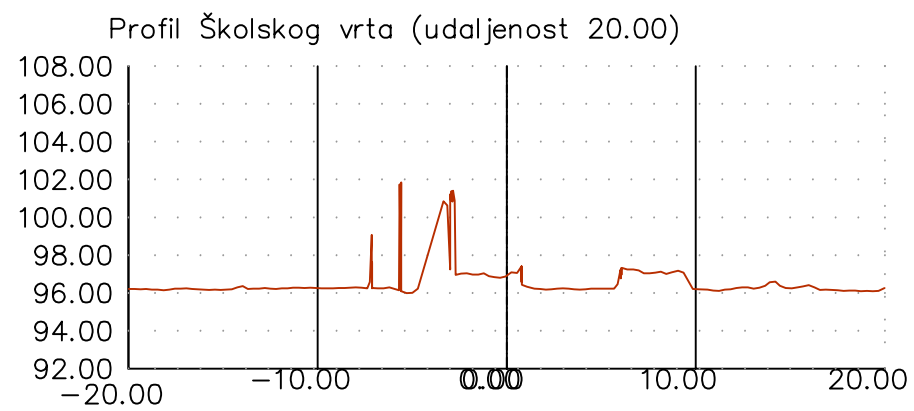
Prilog 4 Poprečni profil 2



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

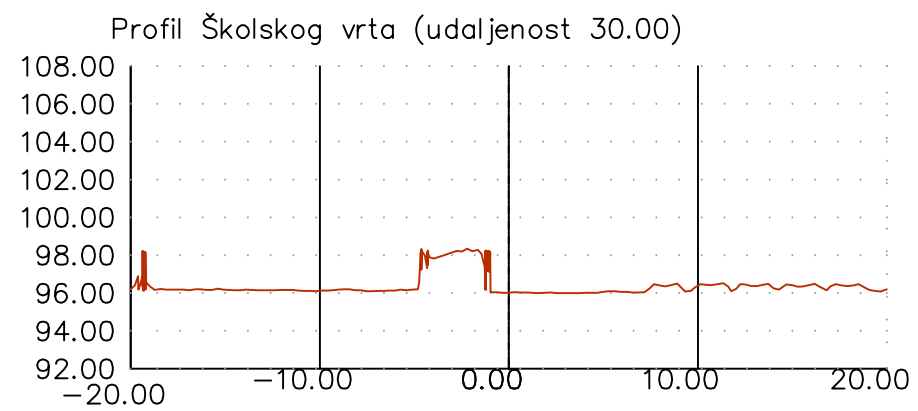
Prilog 5 Poprečni profil 3



M 1:400

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

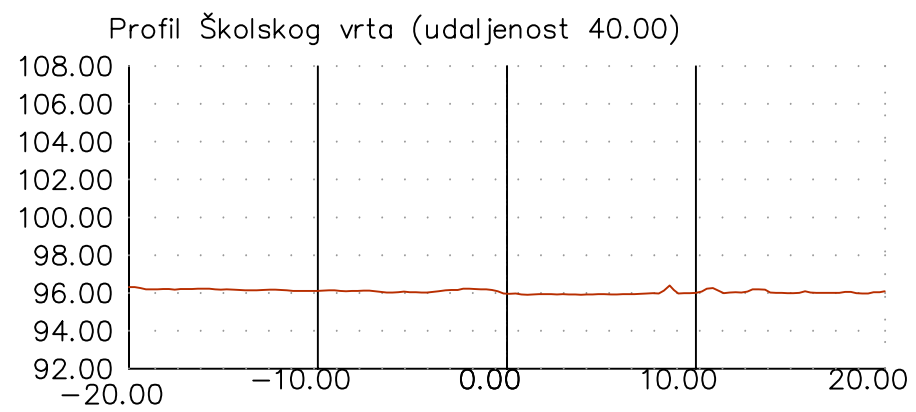
Prilog 6 Poprečni profil 4



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

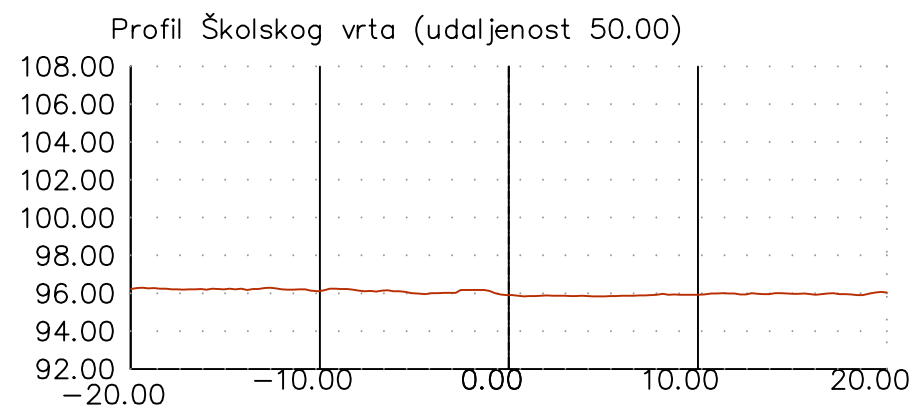
Prilog 7 Poprečni profil 5



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

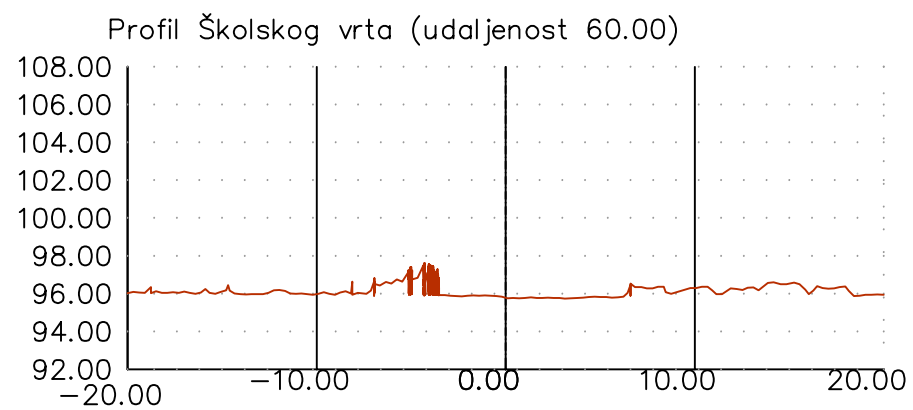
Prilog 8 Poprečni profil 6



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

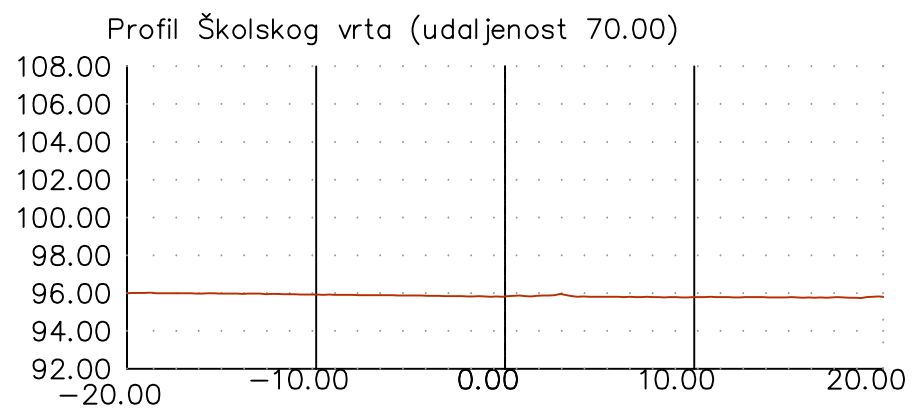
Prilog 9 Poprečni profil 7



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

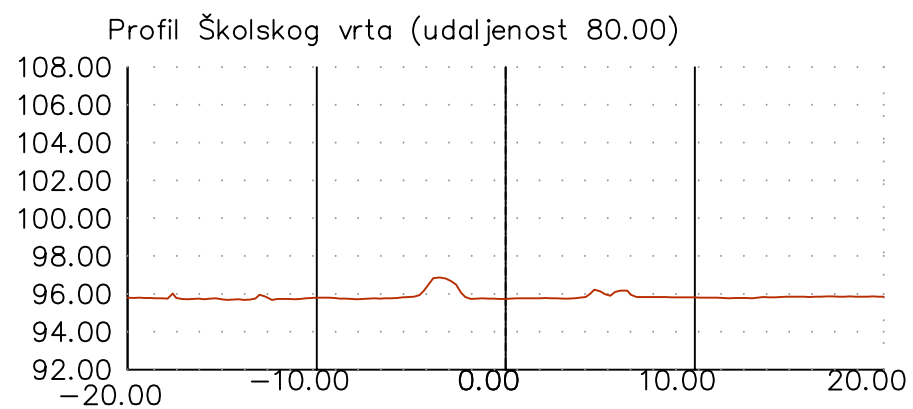
Prilog 10 Poprečni profil 8



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

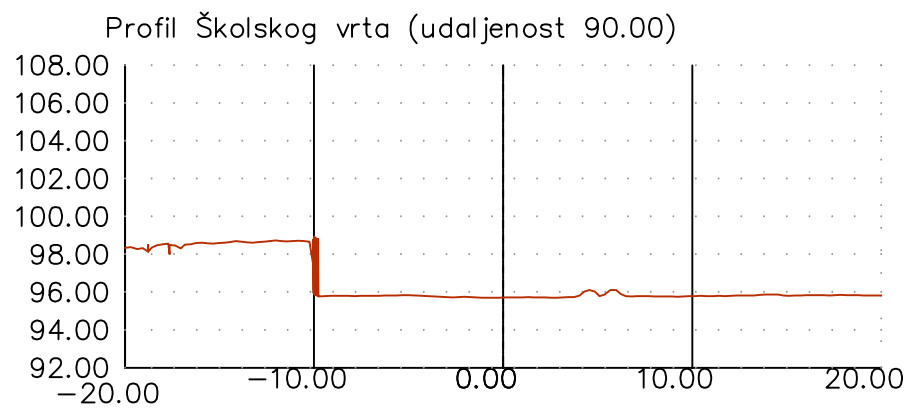
Prilog 11 Poprečni profil 9



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

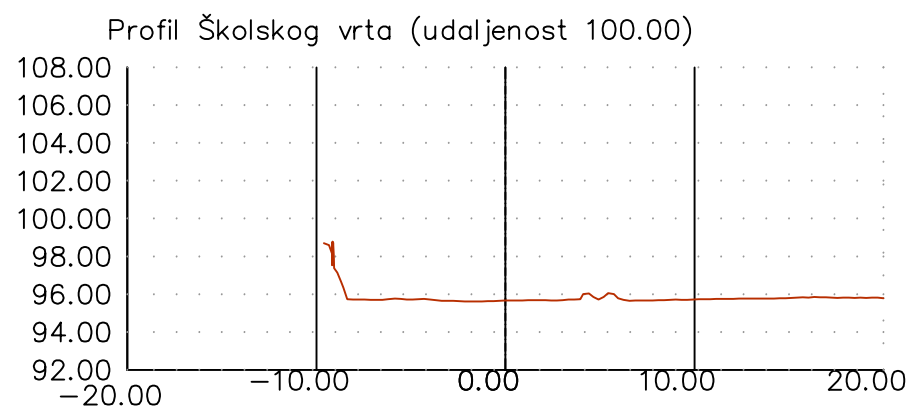
Prilog 12 Poprečni profil 10



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

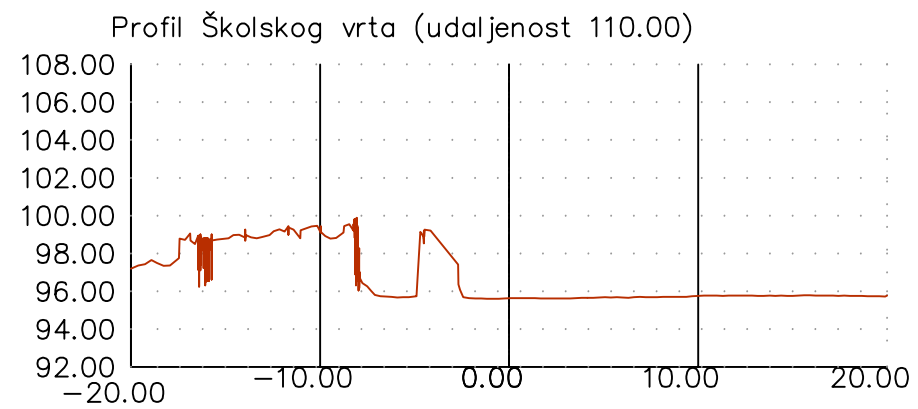
Prilog 13 Poprečni profil 11



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

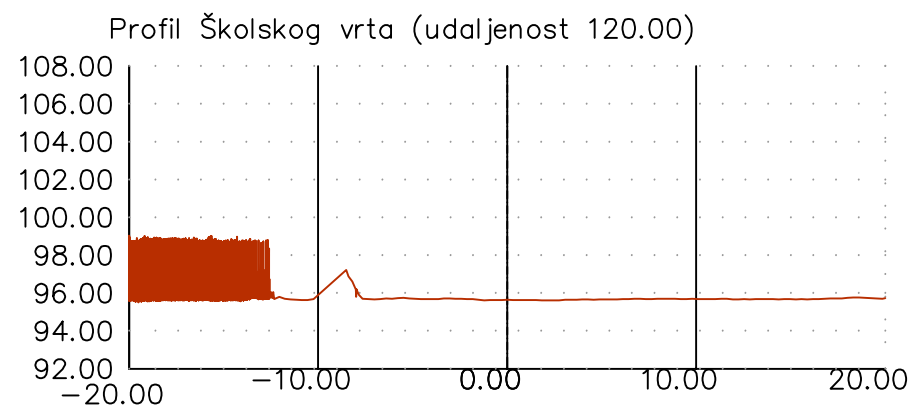
Prilog 14 Poprečni profil 12



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

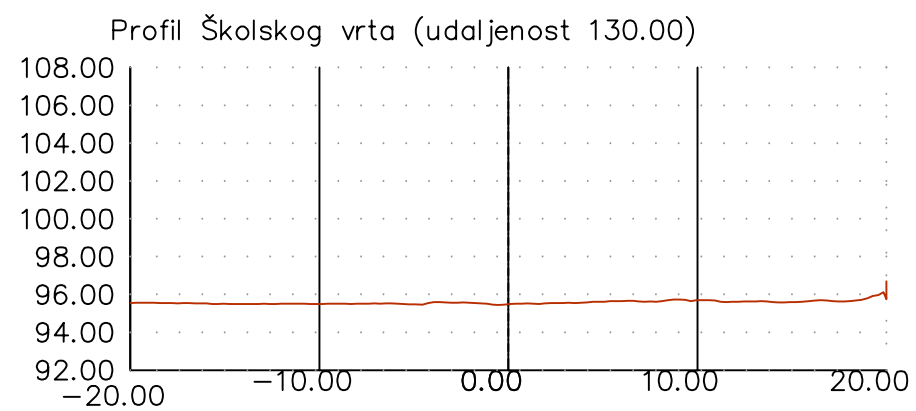
Prilog 15 Poprečni profil 13



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

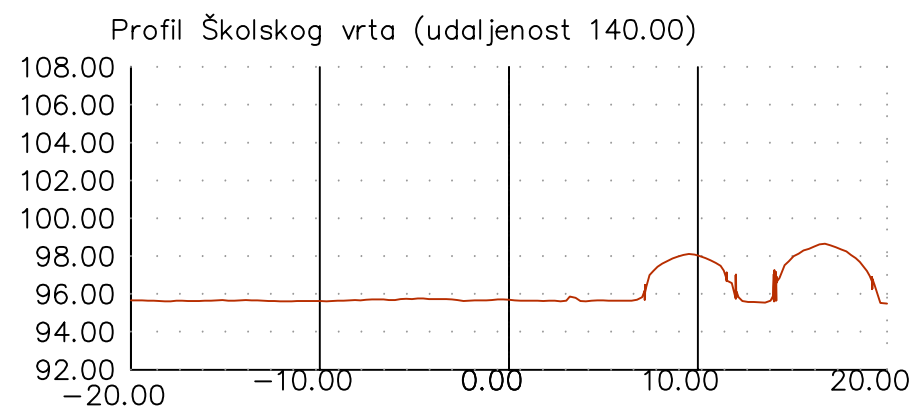
Prilog 16 Poprečni profil 14



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

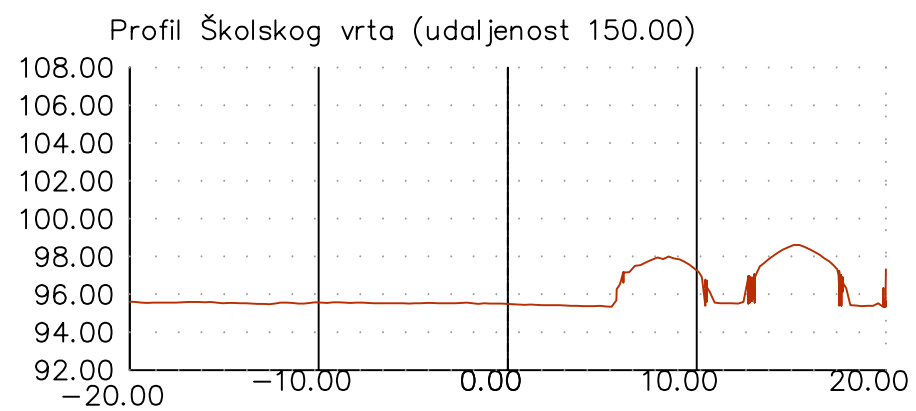
Prilog 17 Poprečni profil 15



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

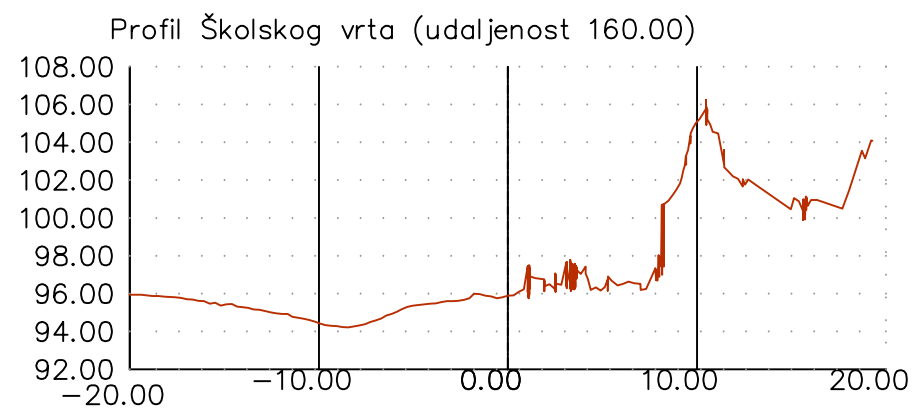
Prilog 18 Poprečni profil 16



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

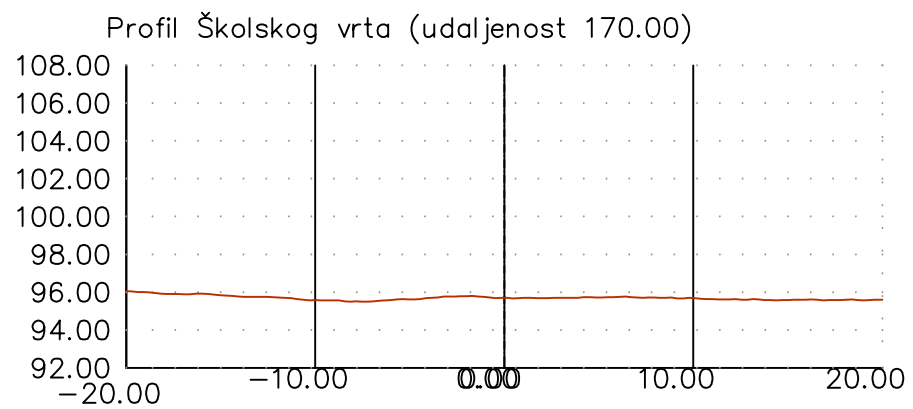
Prilog 19 Poprečni profil 17



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

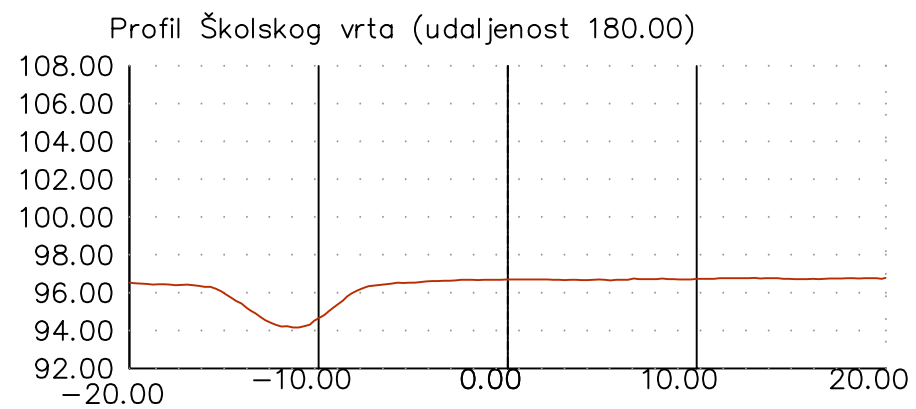
Prilog 20 Poprečni profil 18



M 1:400

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

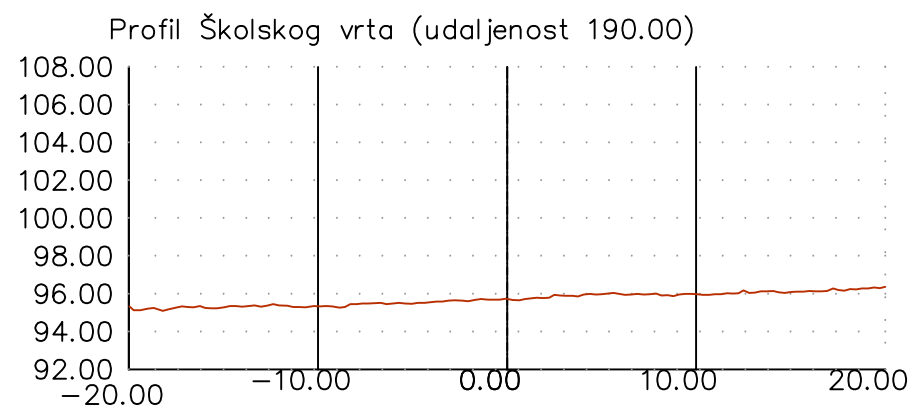
Prilog 21 Poprečni profil 19



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

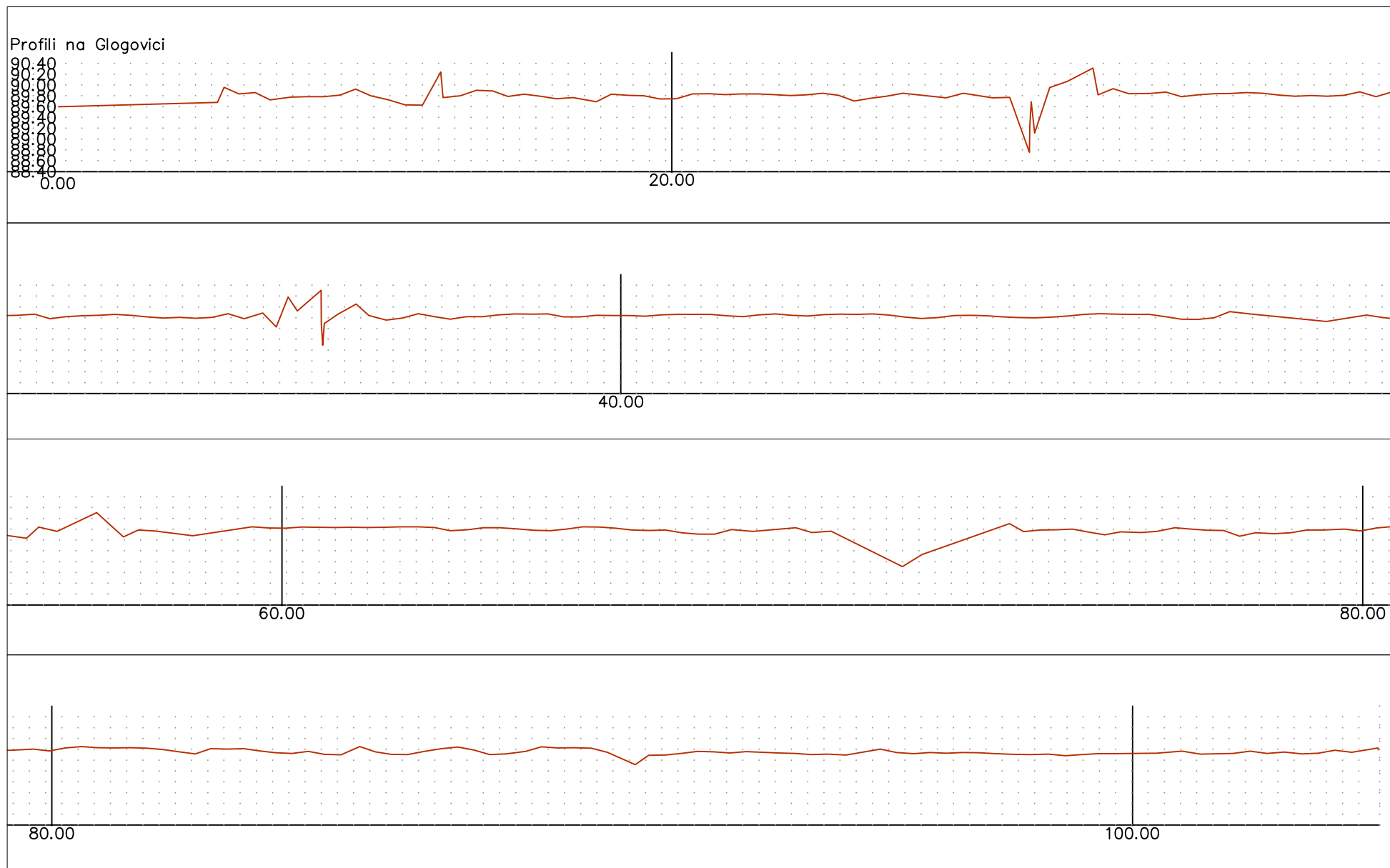
Prilog 22 Poprečni profil 20



M 1:400

Izradio:Luka Kolesarić 4.i.

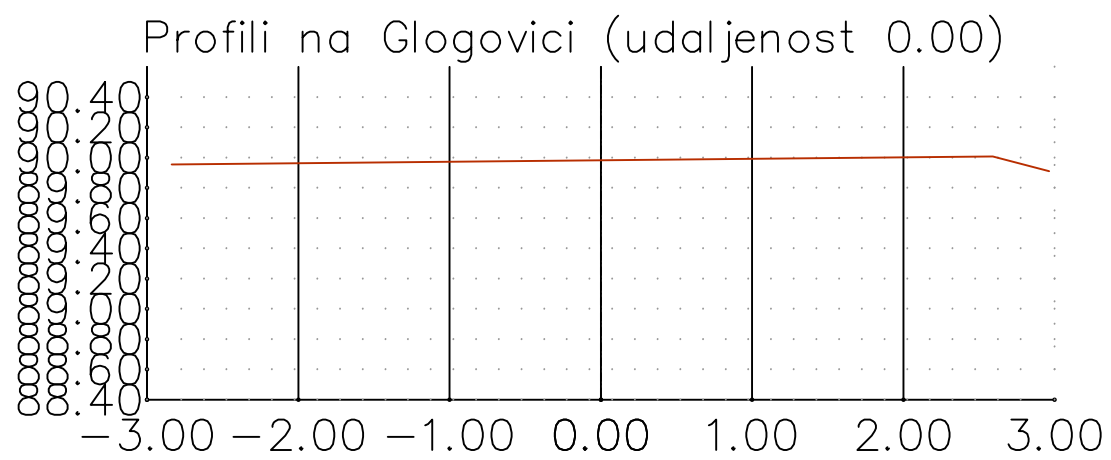
Prilog 23 Uzdužni profil Glogovice



M 1:100

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

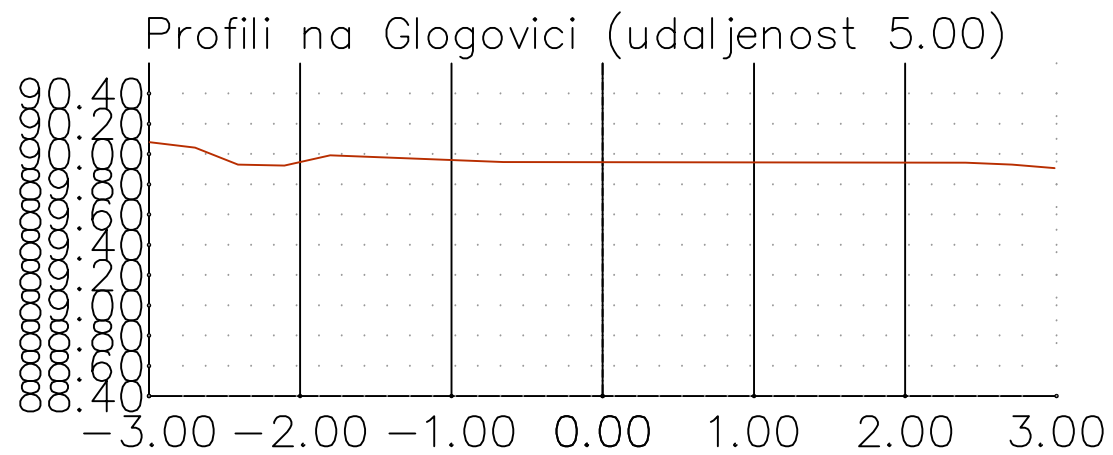
Prilog 24 Poprečni profil 1



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

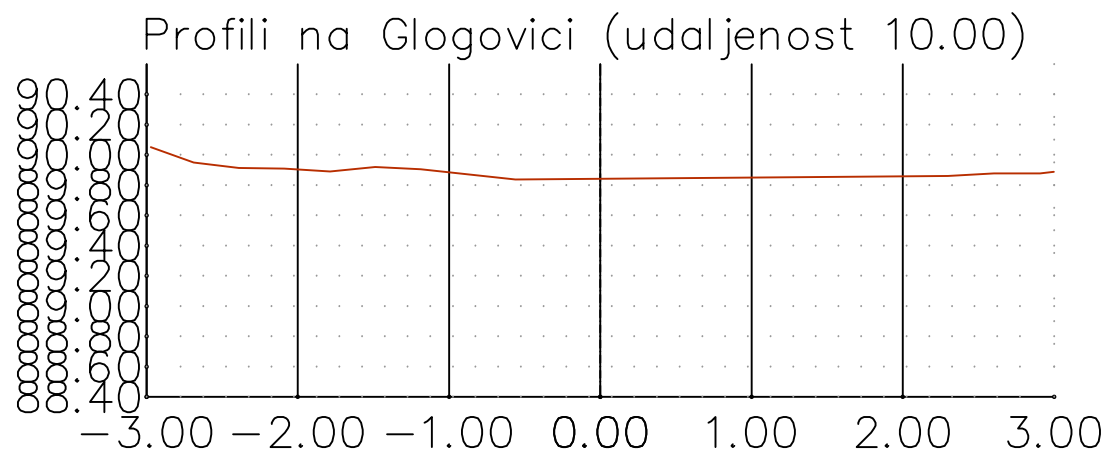
Prilog 25 Poprečni profil 2



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

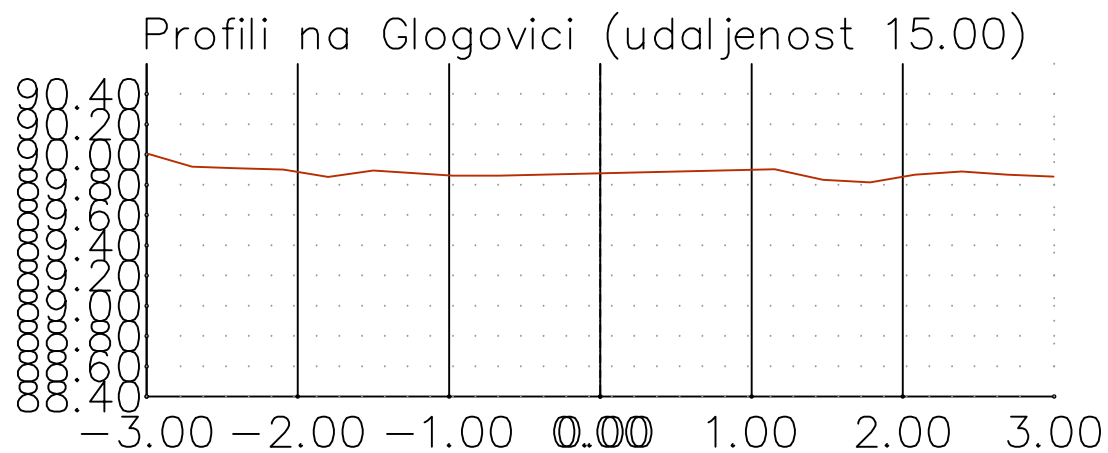
Prilog 26 Poprečni profil 3



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

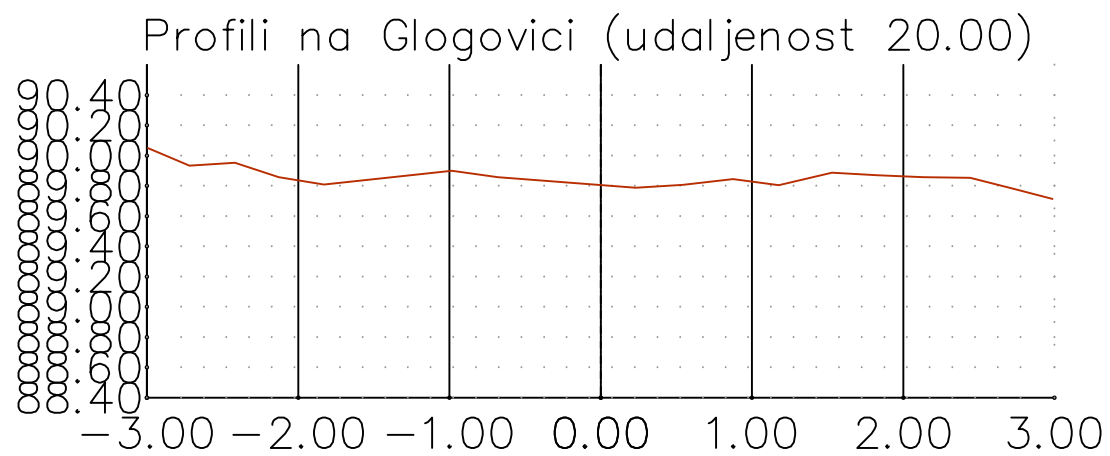
Prilog 27 Poprečni profil 4



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

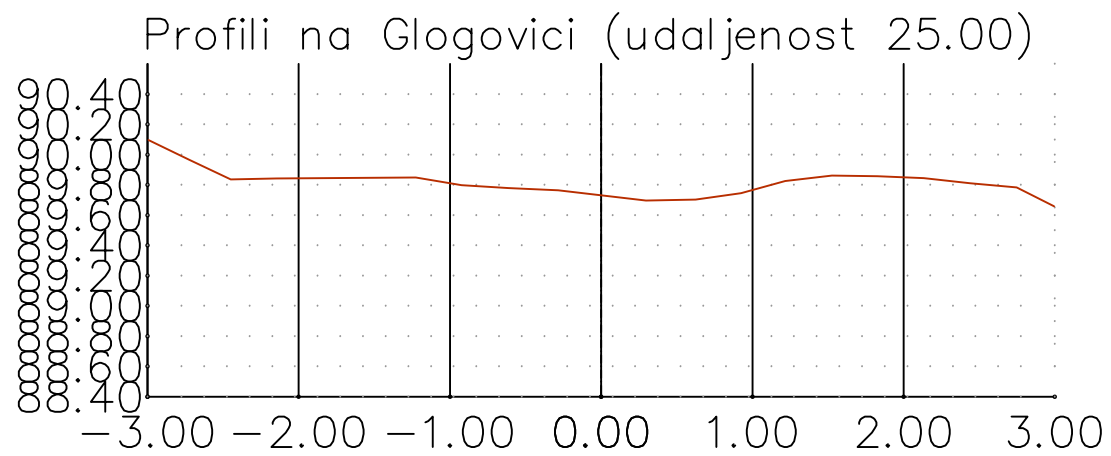
Prilog 28 Poprečni profil 5



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

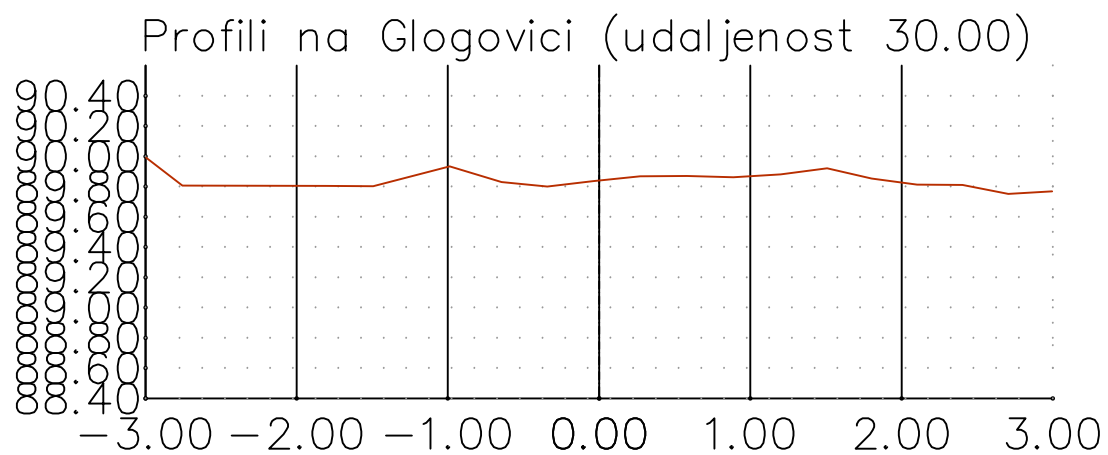
Prilog 29 Poprečni profil 6



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

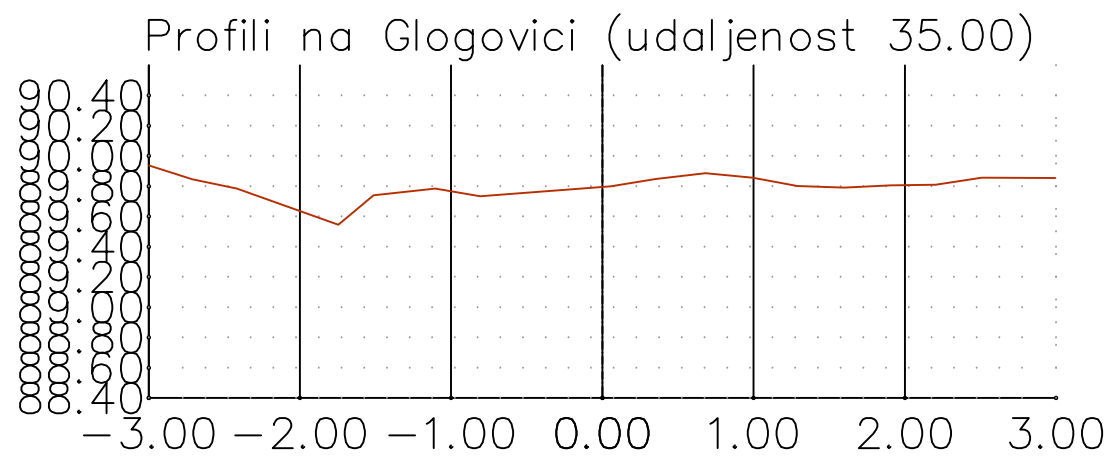
Prilog 30 Poprečni profil 7



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

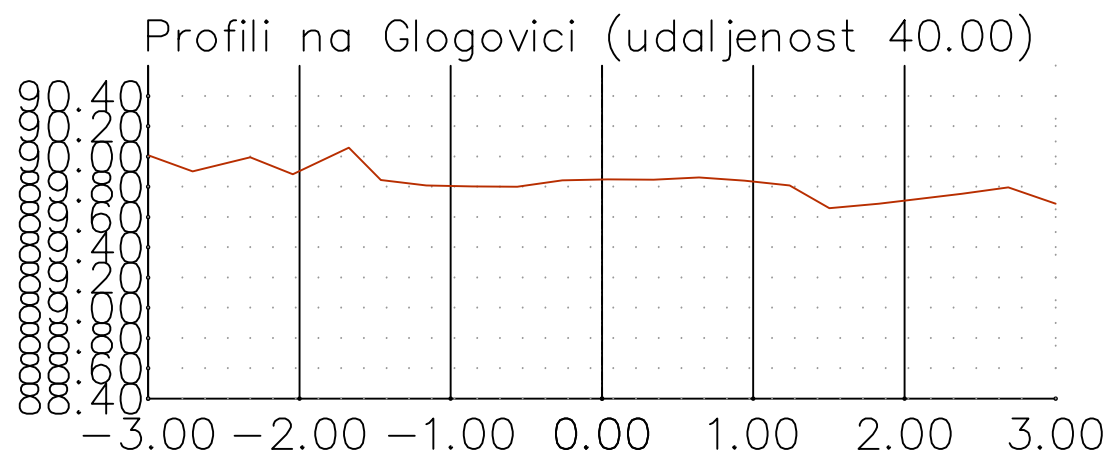
Prilog 31 Poprečni profil 8



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

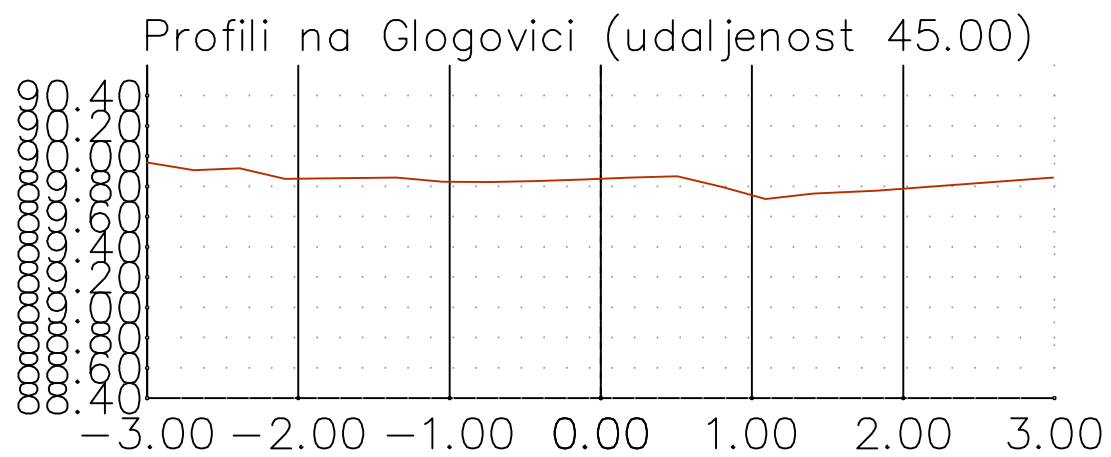
Prilog 32 Poprečni profil 9



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

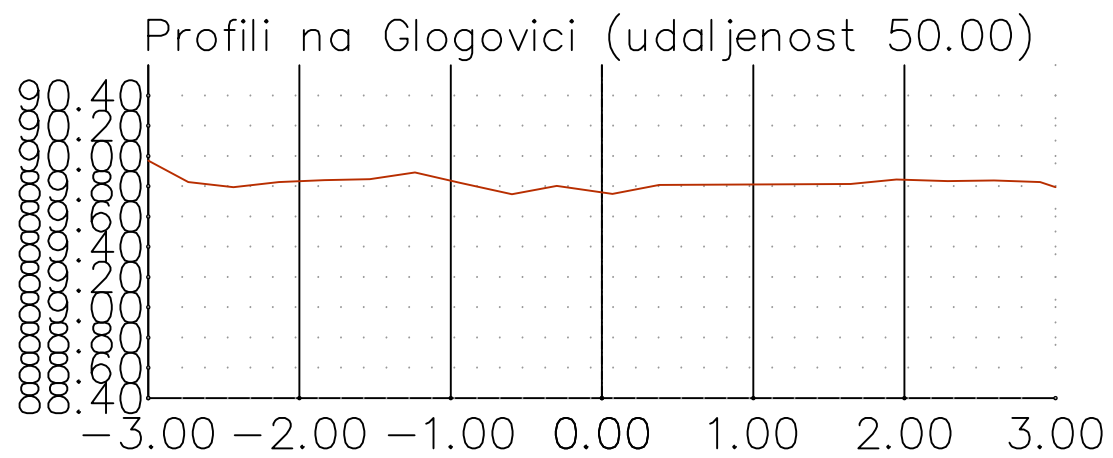
Prilog 33 Poprečni profil 10



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

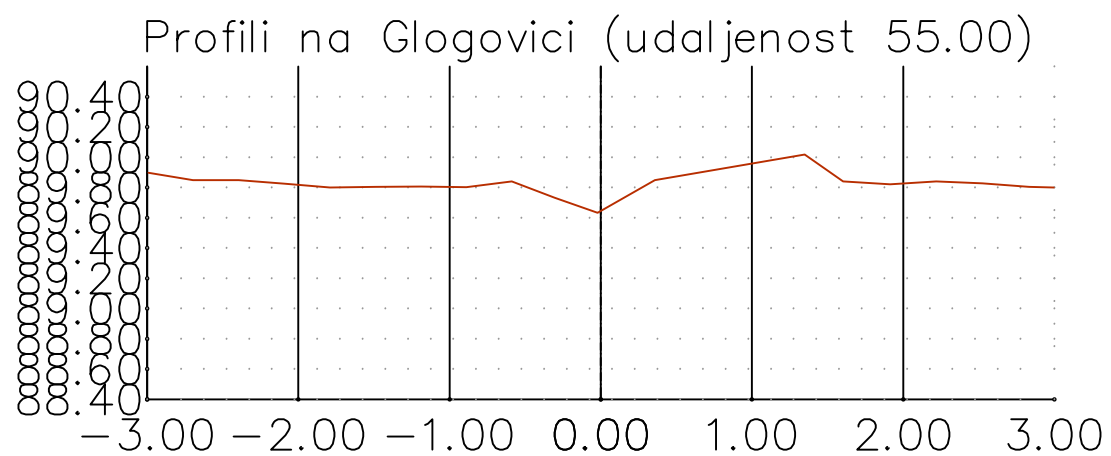
Prilog 34 Poprečni profil 11



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

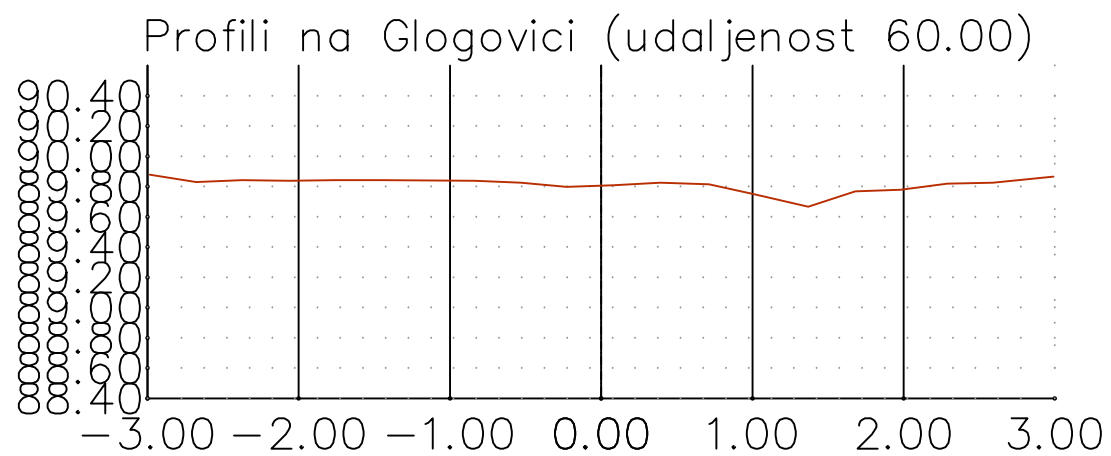
Prilog 35 Poprečni profil 12



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

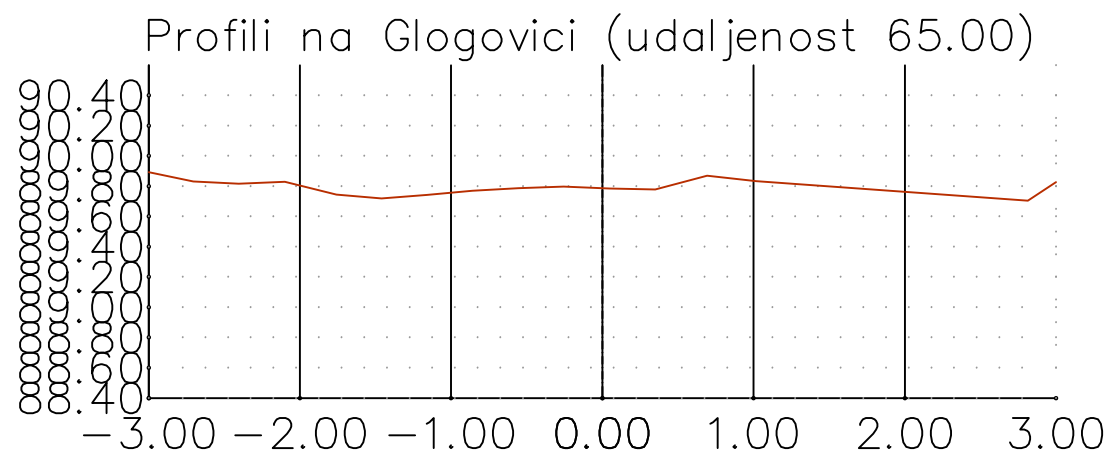
Prilog 36 Poprečni profil 13



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

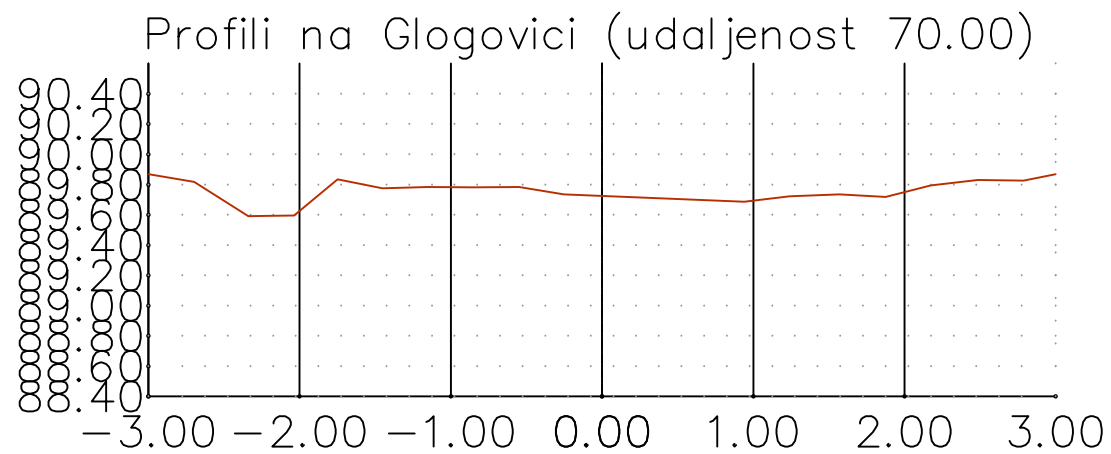
Prilog 37 Poprečni profil 14



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

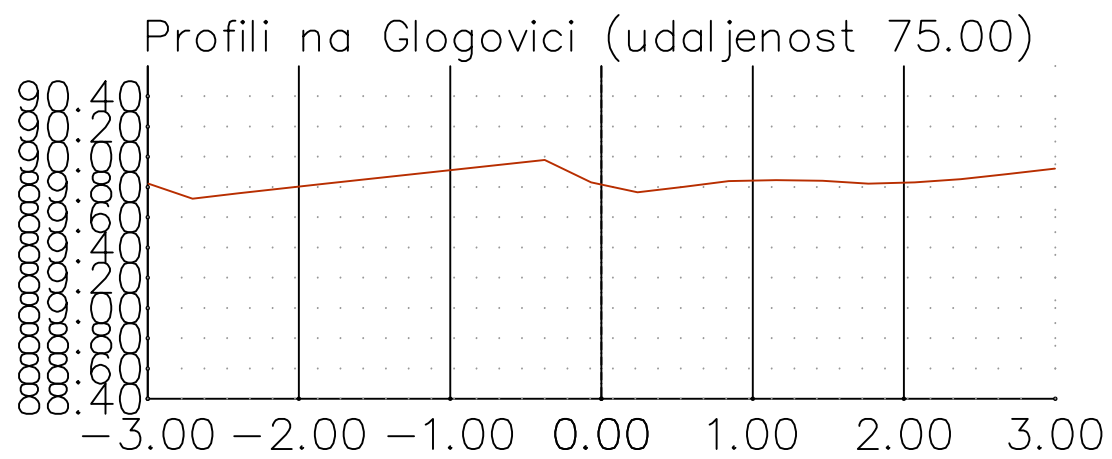
Prilog 38 Poprečni profil 15



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

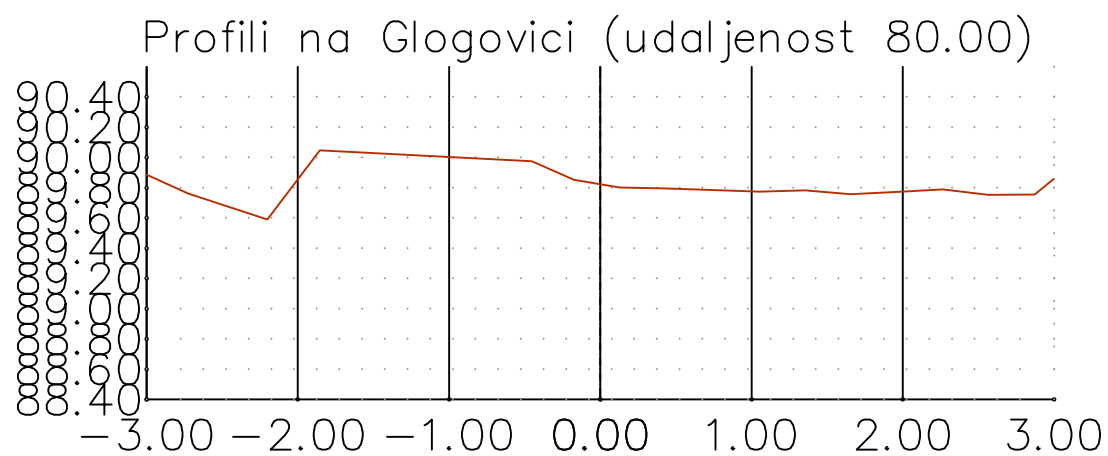
Prilog 39 Poprečni profil 16



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

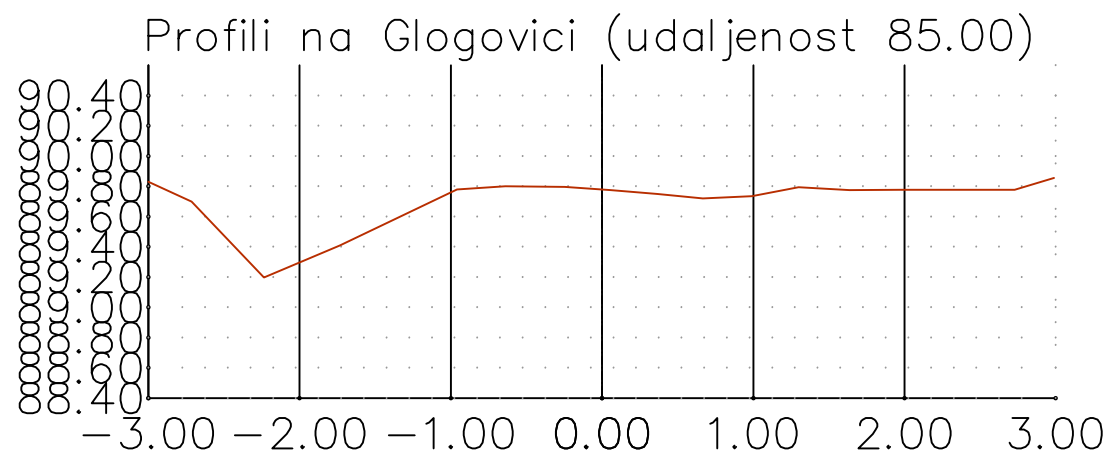
Prilog 40 Poprečni profil 17



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

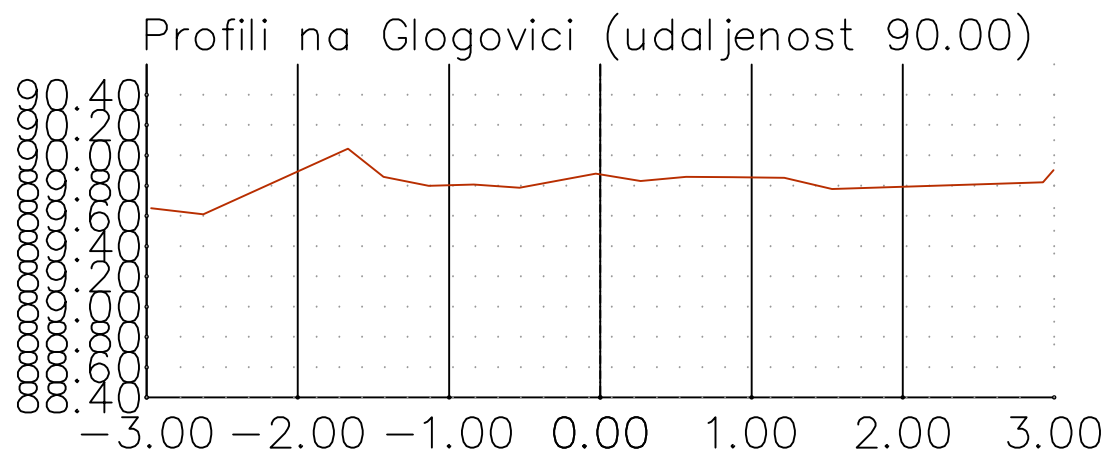
Profil 41 Poprečni profil 18



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

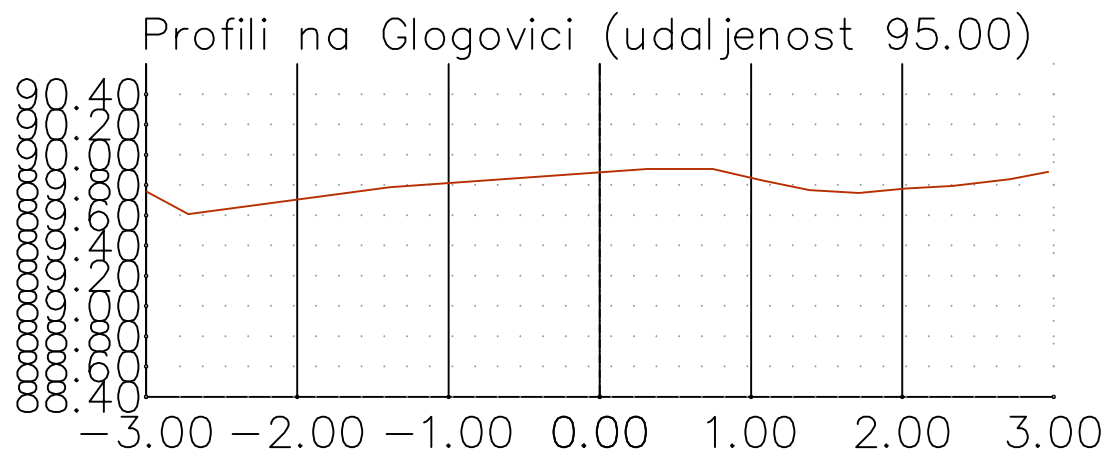
Prilog 42 Poprečni profil 19



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

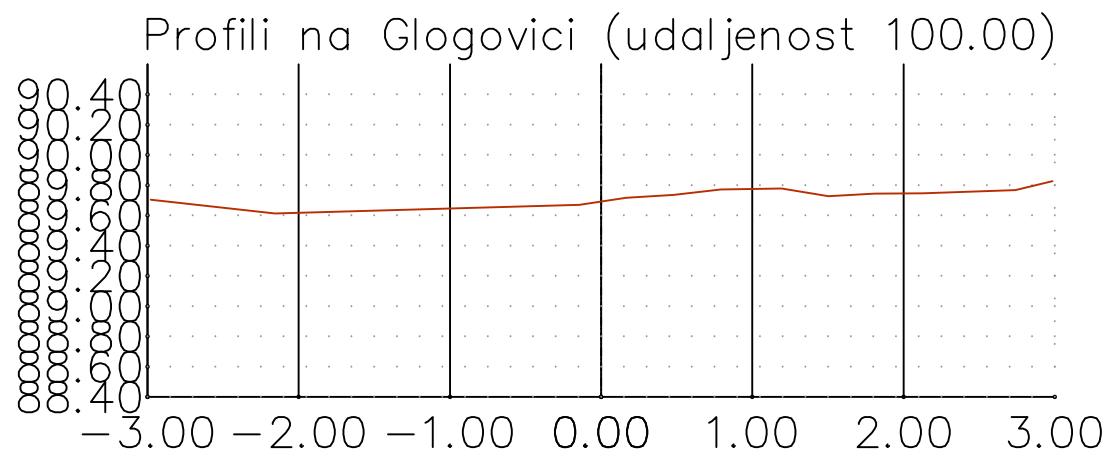
Prilog 43 Poprečni profil 20



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

Prilog 44 Poprečni profil 21



M 1:50

Izradio: Luka Kolesarić 4.i.

Srednja škola Matije Antuna Reljkovića , Slavnski Brod

Završni rad iz predmeta:

Geodetska izmjera IV

(upisati predmet)

Tema:

Izrada geodetskih podloga iz podataka bespilotne letjelice

(puni naziv teme za završni rad)

Mentor/ica: Martin Tokić
(ime i prezime, prof. ili dipl. ing.)

Učenik/ca: Luka Kolesarić 4.i
(ime i prezime, razred)

Obrazovni sektor: Graditeljstvo i geodezija

Zanimanje: Tehničar geodezije i geoinformatike

U Slavonskom Brodu ; 25. svibnja 2023.

Srednja škola Matije Antuna Reljkovića , Slavnski Brod

**EVIDENCIJSKI (KONZULTACIJSKI) LIST
IZRADE ZAVRŠNOG RADA**

Ime i prezime učenika: Luka Kolesarić

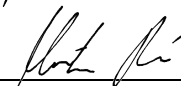
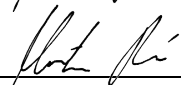
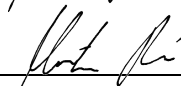
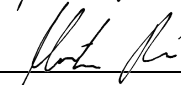
Razred: 4.i

Školska godina: 2022./2023.

Program – zanimanje: Tehničar geodezije i geoinformatike

Mentor: Martin Tokić, mag.ing.geod. et geoinf.

Naziv završnog rada : Izrada geodetskih podloga iz podataka bespilotne letjelice

Datum konzultacija	Sadržaj konzultacija (Bilješke o napredovanju)	Potpis mentora
4. prosinca 2022.	Dogovor i izbor teme završnog rada	
24. siječnja 2023.	Izrada koncepta i smjernice za pisanje završnog rada, organizacija Google učionice za razmjenu podataka	
30. ožujka 2023.	Predaja prve radne verzije, pregled, komentari, ispravci	
25. travnja 2023.	Predaja druge radne verzije, pregled, komentari, ispravci	
24. svibnja 2023.	Predaja završne verzije, priprema za print	

PRIJEDLOG OCJENE ZAVRŠNOG RADA: odličan (5)

Srednja škola Matije Antuna Reljkovića , Slavonski Brod

Datum predaje rada: 24. svibnja 2023.
(mentor je prihvatio rad)

Potpis mentora: 

Ocjena pisanog rada: odličan (5)

Datum obrane rada: _____

Ocjena obrane rada: _____

Konačna ocjena: _____

Povjerenstvo:

1. mentor: Martin Tokić, mag.ing.geod. et geoinf. _____
2. profesor struke : _____
3. profesor struke: _____

Prostor za izdvojeno mišljenje ili komentar