

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEODETSKI FAKULTET**

Marko Rakocija

**ISPITIVANJE ESRI SITESCANA I DRONE  
COLLECTION SOFTVERA ZA INSPEKCIJSKO  
SNIMANJE FLOTOM DRONOVA**

Diplomski rad

Zagreb, 2022.

**Marko Rakocija ♦ DIPLOMSKI RAD ♦ 2022.**



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GEODETSKI FAKULTET**

Marko Rakocija

**ISPITIVANJE ESRI SITESCAN I DRONE  
COLLECTION SOFTVERA ZA INSPEKCIJSKO  
SNIMANJE FLOTOM DRONOVA**

Diplomski rad

Zagreb, 2022.

# SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

## GEODETSKI FAKULTET



Na temelju članka 19. Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu i Odluke br. 1\_349\_11 Fakultetskog vijeća Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, od 26.10.2017. godine (klasa: 643-03/16-07/03), uređena je obaveza davanja „Izjave o izvornosti“ diplomskog rada koji se vrednuju na diplomskom studiju geodezije i geoinformatike, a u svrhu potvrđivanja da je rad izvorni rezultat rada studenata te da taj rad ne sadržava druge izvore osim onih koji su u njima navedeni.

### IZJAVLJUJEM

Ja, **Ime Prezime**, (JMBAG: **XXXXXXXXXX**), rođen/a **dana dd.mm.gggg.** u **Naziv mjesta**, izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi tog rada nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studenta / studentice*

<b>I. AUTOR</b>	
<b>Ime i prezime:</b>	Hrvoje Horvat
<b>Datum i mjesto rođenja:</b>	24. svibnja 1991., Zagreb, Republika Hrvatska
<b>II. DIPLOMSKI RAD</b>	
<b>Naslov:</b>	Naslov diplomskog rada
<b>Broj stranica:</b>	59
<b>Broj tablica:</b>	8
<b>Broj slika:</b>	38
<b>Broj bibliografskih podataka:</b>	9 + 24 URL-a
<b>Ustanova i mjesto gdje je rad izrađen:</b>	Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
<b>Mentor:</b>	prof. dr. sc. Marko Marković
<b>Komentor:</b>	prof. dr. sc. Marko Marković
<b>Voditelj:</b>	Marko Marković, mag. ing. geod. et geoinf.
<b>III. OCJENA I OBRANA</b>	
<b>Datum zadavanja teme:</b>	20.01.2018.
<b>Datum obrane rada:</b>	16.08.2019.
<b>Sastav povjerenstva pred kojim je branjen diplomski rad:</b>	prof. dr. sc. Marko Marković
	izv. prof. dr. sc. Pero Perić
	dr. sc. Ivan Ivančić



## **Zahvala**

Zahvala nije obavezna. Ukoliko se ne navodi u diplomskom radu, ovu stranicu potrebno je izbaciti.

## ***Ispitivanje ESRI SiteScan i Drone collection softvera za inspekcijsko snimanje flotom dronova***

### **Sažetak:**

*U posljednjem desetljeću svjedočimo eksponencijalnom razvoju tehnologije bespilotnih letjelica i pripadajućeg softvera. Samim time dronovi postaju dostupniji i počinju se koristiti u širokom spektru industrija. Cilj ovog rada je ispitati mogućnosti primjene ovih tehnologija za inspekcijsko snimanje, u ovom slučaju inspekcijsko snimanje kamenoloma Ljubeščica. Snimanje kamenoloma obavilo se u svrhu praćenja promjena, a kako bi se ta promjena uočila snimanje je bilo potrebno obaviti više puta. Snimanja su obavljena 31. svibnja, 15. srpnja te 19. studenog 2021. godine. Kroz rad upoznati ćemo se s povijesti primjene bespilotnih letjelica i vrstama letjelica koje su danas prisutne na tržištu. Povećanje dostupnosti bespilotnih letjelica potaklo je zakonodavce da njihovu upotrebu regulira stoga je potrebno upoznati se sa zakonima i pravilima koji reguliraju korištenje dronova. Kamenolom Ljubeščica je iznimno zahtijevan objekt za snimanje pa se može reći da je priprema više od pola obavljenog posla. Planovi leta izradili su se u SiteScan mobilnoj aplikaciji, za potrebe snimanja bilo je potrebno izraditi kontrolne točke i osmisliti način njihove stabilizacije te odrediti svu potrebnu opremu za uspješno snimanje. Nakon svakog snimanja podatci su obrađeni u dva softvera. Prvi softver bila je online aplikacija SiteScan Manager, a drugi Drone2Map aplikacija za stolna računala. Po završetku obrade podataka svih snimanja napravljene je usporedba i analiza dobivenih rezultata. Kao dva područja od interesa odabrani su prostor na kojem se izvode iskopi i otpad tj. prostor na kojem se odbacuje nusprodukt obrade iskopanog materijala. Glavni rezultat ovog rada predstavlja volumen materijala koji se iskopao iz kamenoloma i volumen materijala koji se ispustio na području otpada za vrijeme praćenja kamenoloma. Analiza rezultata i određivanje volumena obavljeno je u online aplikaciji SiteScan Manager i ArcGis Pro aplikaciji za stolna računala. Za kraj rada obavljena je sinteza dobivenih rezultata te diskusija o rezultatima dobivenim u dva različita softvera*

***Ključne riječi:*** ArcGis Pro, bespilotne letjelice, Drone2Map, kamenolom Ljubeščica, SiteScan Flight App, SiteScan Manager.

## ***ESRI Site Scan and Drone Collection software analysis for drone fleet inspection surveys***

### ***Abstract:***

*In the last decade, we have witnessed the exponential development of drone technology and related software. As a result, drones are becoming more affordable and beginning to be used in a wide range of industries. The aim of this paper is to examine the possibilities of applying these technologies for inspection surveys, in this case the inspection survey of the Ljubeščica quarry. The survey of the quarry was done in order to monitor the changes and in order to notice these changes, the survey had to be done several times. Surveys took place on May 31., July 15. and November 19 of 2021. Through this paper, we will get acquainted with the history of the use of unmanned aerial vehicles and the types of aircraft that are present on the market today. Increasing availability of drones has prompted legislators to regulate their use so it is necessary to become familiar with the laws and regulations governing the use of drones. The Ljubeščica quarry is an extremely demanding object for surveying, so it can be said that the preparation is more than half of the work done. Flight plans were made in the SiteScan mobile application, for the purpose of recording it was necessary to create ground control points and come up with a way to stabilize them and determine all the necessary equipment for successful survey. After each flight the data was processed using two softwares. The first software was the online application SiteScan Manager, and the second Drone2Map application for desktops. At the end of data processing of all flights, a comparison and analysis of the obtained results was made. The two regions of interest were the area where excavations are performed and the area where the by-product of excavated material processing is discarded. The main product of this paper is the volume of material excavated from the quarry and the volume of material discharged in the waste area during quarry monitoring. Analysis of results and volume determination was performed in the online application SiteScan Manager and ArcGis Pro desktop application. At the end of the paper there is a synthesis and discussion of obtained results*

***Keywords:*** ArcGis Pro, Drone2Map, drones, quarry Ljubeščica, SiteScan Flight App, SiteScan Manage

**SADRŽAJ**

1. UVOD .....	1
2. RAZVOJ I OSNOVNE KARAKTERISTIKE DRONOVA .....	1
2.1. Povijest bespilotnih letjelica.....	1
2.2. Tipovi bespilotnih letjelica .....	3
2.2.1 Letjelice s fiksnim krilom .....	4
2.2.2. Multikopteri.....	4
2.2.3 Hibridni dronovi.....	5
2.2.4 Dron s vibrirajućim krilima- ornithopter.....	5
2.3. Dji Phantom 4 Pro V2 .....	6
3. PREGLED EU REGULATIVE ZA SNIMANJE DRONOVIMA .....	8
4. MOGUĆNOSTI PRIMJENE DRONOVA ZA INSPEKCIJSKO SNIMANJE .....	11
5. ESRI SITE SCAN I DRONE COLLECTION SOFTVER.....	11
5.1. Flota dronova.....	11
5.2. Esri SiteScan i Drone Collection .....	12
5.2.1. SiteScan mobilna aplikacija .....	12
5.2.2. SiteScan Manager.....	16
6. INSPEKCIJSKO SNIMANJE KAMENOLOMA LJUBEŠĆICA .....	16
6.1. Opis zadatka .....	16
6.2 Potrebna dokumentacija .....	16
6.2. Priprema i rekognosciranje terena .....	17
6.4. Plan leta .....	19
6.5 Terenski dio rada .....	21
8. OBRADA.....	26
8.1 Korišteni softveri .....	26
8.2 SiteScan Manager .....	26
8.2.1 Obrada u SiteScan Manager-u .....	30
8.3 Drone2Map.....	33
8.3.1 Obrada podataka u Drone2Map-u.....	35
9. REZULTATI OBRADE .....	41
9.1 Rezultati SiteScan.....	41
9.1.1 Crosshatch snimanje kamenoloma.....	41
9.1.2 Vertikalno snimanje kamenoloma.....	46
9.1.3 Crosshatch snimanje otpada.....	50

---

9.2 Rezultati Drone2Map .....	53
9.2.1 Crosshatch snimanje kamenoloma .....	53
9.2.2 Crosshatch snimanje otpada .....	56
9.2.3 Vertikalno snimanje kamenoloma.....	60
10. INTERPRETACIJA I ANALIZA REZULTATA .....	63
10.1 Usporedba izvješća obrade .....	63
10.1.1 Crosshatch snimanje kamenoloma .....	63
10.1.2 Crosshatch snimanje otpada .....	64
10.2 Određivanje volumena i detekcija promjena- SiteScan.....	65
10.2.1. Kamenolom.....	65
10.2.2 Otpad.....	72
10.3 Određivanje volumena i detekcija promjena- Dron2Map .....	75
10.3.1 Kamenolom .....	75
10.3.2 Otpad.....	77
11. ZAKLJUČAK .....	79
12. LITERATURA.....	80
11. POPIS SLIKA .....	81
12. POPIS GRAFOVA I TABLICA.....	83
13. PRILOZI .....	84

## 1. UVOD

U zadnjem desetljeću došlo je do velikog napretka u tehnologiji bespilotnih letjelica. Kroz povijest su se dronovi koristili većinom u vojne svrhe sve do pojave multicoptera kada oni postaju sve poznatiji i lako dostupni civilnoj zajednici. Samim razvojem industrije dronova i pojave velikog broja proizvođača bespilotne letjelice postaju sve dostupnije „običnim“ ljudima koji ih počinju koristiti u razne svrhe. Dronovi se počinju koristiti u svrhu zabave ali i u svrhu poboljšavanja produktivnosti u djelatnostima poput poljoprivrede, šumarstva, geodezije, sigurnosti i upravljanja kriznim situacijama. Do veće primjene u našoj struci doveo je i razvoj softvera za obradu podataka prikupljenih dronovima koji je povećao preciznost i točnost mjerenja. Jedne od evidentnih prednosti korištenja bespilotnih letjelica je to što iznimno smanjuje vrijeme potrebno za obavljanje poslova izmjere i smanjuju opasnosti koje se pojavljuju kod izmjere nedostupnih terena. Uz to primjena ove tehnologije geodetskim tvrtkama omogućuje stvaranje novih proizvoda koje mogu ponuditi svojim korisnicima i tako postati konkurentniji na tržištu. Jedan od tih proizvoda odnosno usluga je i praćenje kamenoloma te je zbog toga za područje odnosno objekt od interesa za snimanje odabran kamenolom Ljubešćica. Odabrani kamenolom nalazi se u katastarskoj općini Ljubešćica i u vlasništvu je Kaming d.o.o.. Kroz ovaj diplomski rad upoznat ćemo se s povijesti bespilotnih letjelica, njihovom podjelom i tipovima te svime što je potrebno napraviti kako bi se provelo snimanje jednog takvog objekta. Nakon što se obave 3 snimanja s međusobnim razmakom od otprilike mjesec i pol dana napraviti će se obrada prikupljenih podataka na temelju koje će biti izvršena analiza. Cilj ovog diplomskog rada je na temelju rezultata mjerenja odnosno njihove analize doći do zaključka o primjenjivosti i isplativosti korištenja tehnologije bespilotnih letjelica i odabranog softvera za planiranje letova i obradu podataka u svrhu inspekcijskog snimanja objekata kao što je kamenolom. Kao rezultat obrade prikupljenih podataka, samim time i ovog diplomskog rada biti će određivanje volumena promijene nastale u kamenolomu za vrijeme praćenja.

## 2. RAZVOJ I OSNOVNE KARAKTERISTIKE DRONOVA

### 2.1. Povijest bespilotnih letjelica

Ljudska želja za letenjem javlja se od samih početaka čovječanstva. Da bi se taj san ostvario bio je potreban dugi niz godina znanstvenih istraživanja i testiranja koja su ne rijetko uzimala i ljudske živote. Rezultat tih istraživanja bili su baloni na topli zrak, cepelini te na posljetku i zrakoplovi. Kako bi se u provedbi letačkih operacija rizik za ljudske živote što više smanjio odnosno eliminirao započinje se s razvojem dronova. Dronove ili bespilotne letjelice možemo definirati kao leteće naprave kojima se upravlja na daljinu ili lete autonomno, upravljane računalom (Hrvatska tehnička enciklopedija). Često su motivi za napredak i razvoj tehnologije vezani uz ratovanje i stjecanje prednosti nad protivnikom. Kao prvu primjenu bespilotnih letjelica možemo navesti bombardiranje Venecije 1849. godine od strane Austrije (Slika 1.). Zbog nepovoljnog geografskog položaja nije bilo moguće provesti veća topnička bombardiranja Venecije te je austrijski poručnik Uchtaius predložio izradu većeg broja papirnatih balona punjenih toplim zrakom. Ti su baloni bili opremljeni s do 15 kilograma eksploziva kojeg bi pomoću vremenskog upaljača ispuštali na grad (Hajdarović, 2007).



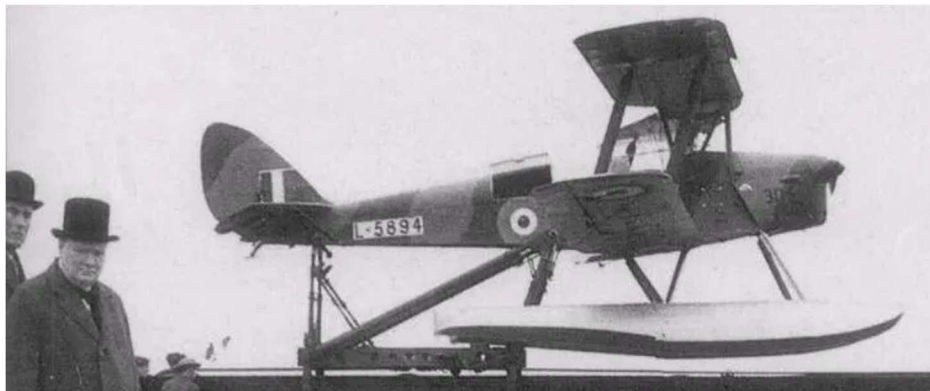
*Slika 1. Bombardiranje Venecije*

Osnove za razvoj daljinski upravljanih letjelica dao je Nikola Tesla koji je 1898.godine patentirao bežični upravljački mehanizam brodova i vozila te ga iste godine konstruirao i predstavio u New Yorku. Tom je prilikom izjavio „Zračni brodovi bit će bez pilota i koristit će se za prijevoz putnika na određene destinacije ili za daljinski upravljane zračne napade“ (Nikola Tesla, 1849). Za vrijeme Prvog svjetskog rata bilo je iznimno teško nadoknaditi gubitke vojnih zrakoplova i pilota, stoga su se za provođenje određenih misija počeli razvijati dronovi. Te bespilotne letjelice još su se nazivale i leteće bombe zbog toga što nisu imale mogućnost povratka u bazu nakon izvršetka misije već bi se u trenutku kada bi se nalazile iznad mete motor letjelice ugasio i ona bi se zajedno s eksplozivom koji je nosila srušila na metu. Jedan od prvih primjera ovih preteča dronova bio je Kettering Bug (Slika 2.) kojeg je konstruirao Charles Kettering 1917.godine . Iako je letjelica uspješno testirana i izrađena, nije korištena u ratu zbog toga što je do njenog stavljanja u službu rat završio.



*Slika 2. Kettering Bug*

Kao prekretnicu u razvoju bespilotnih letjelica možemo uzeti britansku letjelicu Queen Bee (Slika 3), zbog toga što je to bila prva letjelica koja se nakon izvršavanju misije mogla vratiti u bazu. Queen Bee je mogla letjeti na visini od 5200 metara s maksimalnom brzinom od 180 kilometara na sat te je prva letjelica koja je dobila nadimak „Drone“ te tako ušla u povijest.



Slika 3. Queen Bee

Za vrijeme Hladnog rata zbog globalne nuklearne prijetnje potreba za strateškim izviđačkim snimanjem bila je vrlo visoka. U te svrhe su se sve do 1960. godine koristili isključivo špijunski avion koji su letjeli na velikim visinama. No nakon što je 1.5.1960. godine iznad Sovjetskog Saveza srušen američki U-2 špijunski avion započelo se s razvojem bespilotnih letjelica koje su se koristile za snimanje visoko kvalitetnih fotografija duboko iza neprijateljskih linija. Kroz sedamdesete i osamdesete godine prošlog stoljeća događa se veliki napredak u tehnologiji, što se naravno odrazilo i na dronove koji se počinju proizvoditi znatno brže i jeftinije. U tom razdoblju glavni proizvođač vojnih bespilotnih letjelica postaje Izrael koji je stvorio osnovu za razvoj dronova kakvi su danas. Civilna upotreba dronova javlja se tek s početkom 21.st. kada se oni počinju koristiti u borbi s požarima, u prirodnim katastrofama, za izmjeru zemljišta, zaprašivanje usjeva i tomu slično. Nakon 2010. dronovi su cijenom postali dostupni običnim građanima te su se zbog toga njihov broj i mogućnost primjene znatno povećali.

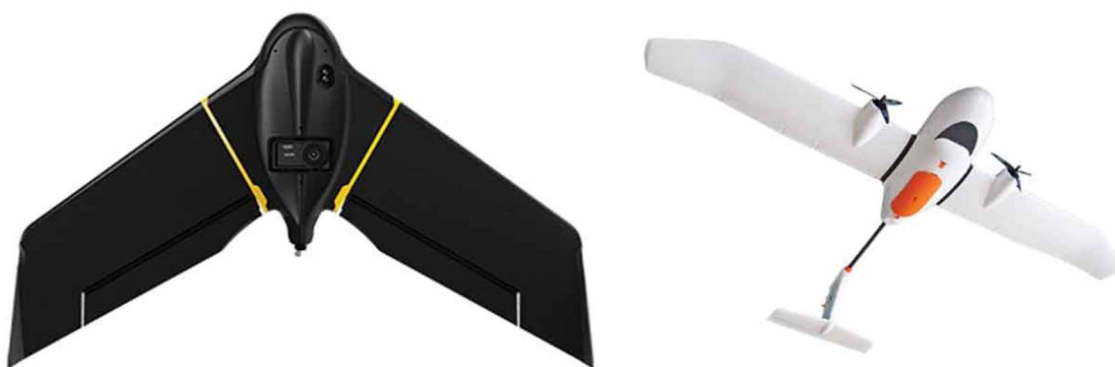
## 2.2. Tipovi bespilotnih letjelica

Kako bi što bolje zadovoljili potrebe korisnika, proizvođači dronova su razvili veliki broj letjelica koje se mogu razlikovati u masi, materijalu, obliku krila i opremljenosti različitim sensorima. Masa vojnih dronova može biti nekoliko tona ali za civilnu upotrebu u Republici Hrvatskoj masa letjelice je ograničena na 25 kilograma. Po hrvatskom zakonu letjelice se po masi dijele u 3 kategorije, mase do 500 g, mase između 500 g i 2 kg te mase između 2 kg i 25kg. Sami dronovi se sastoje od inercijalne mjerne jedinice, motora, propelera, prijemnika, procesora te samog tijela letjelice. Ti dijelovi, ovisno o cijeni i samoj svrsi letjelice mogu biti izrađeni od različitih materijala a najčešće su to metalne legure, aluminij, titan, plastika te stiropor (Singhal, Bansod, Mathew-Unmanned Aerial Vehicle classification, Applications and challenges: A Review). Po tipu krila dronovi se mogu podijeliti u četiri skupine, one s fiksnim , one s vibrirajućim krilima, multikoptere i hibride.



### 2.2.1 Letjelice s fiksnim krilom

Bespilotne letjelice s fiksnim krilom (Slika 4) najsličnije su standardnom poimanju aviona. Tijelo im je najčešće izrađeno od jednog ili nekoliko komada lakog materijala te propelera. Za njihovo gibanje odgovoran je potisak usmjeren prema naprijed koji stvara propeler te njihova krila. Da bi poletjele ovim letjelicama je potrebna velika startna brzina i omjer potiska i opterećenja treba biti manji od jedan. Uz to za njihovo polijetanje je potrebno i više prostora nego što je potrebno za polijetanje multikoptera. Prednosti ovakvog tipa letjelica proizlaze iz samog njihovog oblika. Letjelice s fiksnim krilom mogu letjeti duže i biti opterećene s više tereta uz manju potrošnju energije nego što je potrebno drugim oblicima dronova. Ta njihova karakteristika čini ih iznimno pogodnima za izvršavanje dugotrajnih misija kao što su mapiranje i nadzor. Velika prednost ovih letjelica je u tome što su im tijela dizajnirana tako da u zraku mogu „jedriti“ i bez pogona, stoga u slučaju tehničkih problema s propelerima neće doći do njihovog naglog pada na zemlju. Njihova mana u odnosu na multikoptere je u tome što u zraku ne mogu lebdjeti, odnosno stajati u mjestu pa nisu pogodne za inspekcijska snimanja objekata.



Slika 4. Letjelice s fiksnim krilom-Sensefly eBee i Skywalker drones

### 2.2.2. Multikopteri

Multikopteri (Slika 5) su letjelice najsličnije helikopterima. Ovisno o modelu letjelice mogu biti opremljene s različitim brojem elisa koje joj omogućavaju vertikalno slijetanje i polijetanje. S obzirom na broj elisa možemo ih podijeliti na monokoptere, trikoptere, quadcoptere, heksakoptere i octakoptere. Korištenje većeg broja propelera ovim letjelicama omogućava lebdjenje u zraku što ih čini idealnim za inspekcijska snimanja, ali napajanje velikog broja propelera zahtijeva i veću količinu energije što ovim letjelicama onemogućava izvršavanje dužih misija. Najjednostavniji oblik ovih letjelica je quadcopter, odnosno dron s četiri elise. Elise su podijeljene u parove (po dvije sa svake strane), svaka elisa se u odnosu na svog para rotira u drugom smjeru dok se elise na dijagonalama rotiraju u istom smjeru. Multikopteri tri kuta rotacije odnosno ljuljanje, posrtanje i skretanje (roll,

pitch i yaw) kontroliraju tako da dva motora uspori, a dva motora s druge strane ubrzaju. Tako ako na primjer letjelica treba skrenuti lijevo motori s desne strane će ubrzati dok će oni s lijeve usporiti.



Slika 5. Multikopteri-AscTech Falcon i DJI Phantom

### 2.2.3 Hibridni dronovi

Hibridni dronovi (Slika 6.) su letjelice koje za letenje koriste fiksno krilo ali su opremljene i s horizontalnim propelerima. Takva konfiguracija letjelice kombinira prednosti dronova s fiksnim krilima i multikoptera. Horizontalni propeleri omogućavaju vertikalno polijetanje čime se eliminira potreba za dugom uzletno slijetnom stazom dok fiksno krilo smanjuje potrošnju baterije te tako produžuje maksimalno vrijeme leta.



Slika 6. Hibridna bespilotna letjelica

### 2.2.4 Dron s vibrirajućim krilima- ornithopter

Dron s vibrirajućim krilima ili ornithopter (Slika 7.) je letjelica koja se za gibanje kroz zrak koristi krilima koja oponašaju let ptica. Ornithopteri kombiniraju sve prednosti letjelica s fiksnim krilom i multikoptera bez njihovih mana u jednu letjelicu. Ovakve letjelice mogu jedriti kroz zrak, lebdjeti i izvoditi zahtjevne manevre ovisno o situaciji, koriste vrlo malo prostora za slijetanje i polijetanje te imaju malu potrošnju energije s obzirom na malu masu (Chahl, 2020). Ova tehnologija još nije na razini da zamijeni današnje dronove ali predstavlja uvid u potencijalnu budućnost bespilotnih letjelica.



Slika 7.. Ornithopter

### 2.3. Dji Phantom 4 Pro V2

Kao što je u uvodu rečeno za snimanje kamenoloma u diplomskom radu je korišten DJI Phantom4 Pro V2.0, a za letenje samim dronom korištena je SiteScan mobilna aplikacija. Phantom 4 Pro V2.0 odlikuje snimanja 4K fotografija i videa, mehanički zatvarač koji omogućuje snimanje preciznijih fotografija kada se letjelica giba velikom brzinom i velika brzina gibanja od 50 do 70 kilometara na sat. U 1. tablici dostupne su specifikacije letjelice, a u tablici 2. specifikacije kamere.

Tablica 1. Karakteristike letjelice

<b>Težina</b>	1375 g
<b>Dijagonalna veličina</b>	350 mm
<b>Maksimalna brzina uspona</b>	S-mode: 6 m/s P-mode: 5 m/s
<b>Maksimalna brzina spuštanja</b>	S-mode: 4 m/s P-mode: 3 m/s
<b>Maksimalna brzina kretanja</b>	S-mode: 45 mph (72 kph) A-mode: 36 mph (58 kph) P-mode: 31 mph (50 kph)
<b>Maksimalni kut nagiba</b>	S-mode: 42° A-mode: 35° P-mode: 25°
<b>Maksimalna kutna brzina</b>	S-mode: 250°/s A-mode: 150°/s
<b>Maksimalna nadmorska visina</b>	19685 ft (6000 m)
<b>Maksimalno trajanje leta</b>	Approx. 30 min
<b>Optimalna temperatura rada</b>	32° to 104°F (0° to 40°C)
<b>Satellite Positioning Systems</b>	GPS/GLONASS
<b>Točnost pozicioniranja</b>	±0.1 m (with Vision Positioning) ±0.5 m (with GPS Positioning) Horizontal: ±0.3 m (with Vision Positioning) ±1.5 m (with GPS Positioning)

Tablica 2. Karakteristike kamere

<b>Senzor</b>	<b>1-inčni CMOS, efektivni pikseli: 20M</b>
<b>Leće</b>	FOV 84 ° 8,8 mm / 24 mm (ekvivalent formatu 35 mm) f / 2,8-f / 11 autofokus pri 1 m-∞
<b>ISO raspon</b>	Video:100-3200 (automatski),100-6400 (ručno) Fotografija:100-3200 (automatski),100-12800 (ručno)
<b>Brzina mehaničkog zatvarača</b>	8-1 / 2000 s
<b>Brzina elektronskog zatvarača</b>	8-1 / 8000 s
<b>Veličina slike</b>	3:2 Aspect Ratio: 5472×3648 4:3 Aspect Ratio: 4864×3648 16:9 Aspect Ratio: 5472×3078
<b>PIV veličina slike</b>	4096 × 2160 (4096 × 2160 24/25/30/48 / 50p),3840 × 2160 (3840 × 2160 24/25/30/48/50 / 60p) 2720 × 1530 (2720 × 1530 24/25/30/48 / 50 / 60p) 1920 × 1080 (1920 × 1080 24/25/30/48/50/60 / 120p) 1280 × 720 (1280 × 720 24/25/30/48/50/60 / 120p)
<b>Načini fotografiranja</b>	Single shot burst snimanja: 3/5/7/10/14 okviri Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5 ekspozicijski okviri od 0,7 EV Bias interval: 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s
<b>Maksimalna brzina prijenosa videozapisa</b>	100 Mbps
<b>Podržani sustavi datoteka</b>	FAT32 (≤32 GB); exFAT (> 32 GB)
<b>Fotografija</b>	JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG
<b>Video</b>	MP4 / MOV (AVC / H.264; HEVC / H.265)
<b>Podržane SD kartice</b>	Maksimalni kapacitet microSD : 128 GB Brzina pisanja ≥15MB / s, potrebna je ocjena 10 ili UHS-
<b>Raspon radne temperature</b>	32 ° do 104 ° F (0 ° do 40 ° C)

### 3. PREGLED EU REGULATIVE ZA SNIMANJE DRONOVIMA

Letenje dronovima ako nije regulirano može prouzročiti razne probleme koji mogu ugroziti ljudske živote i nanijeti materijalnu štetu. Kako bi se to izbjeglo na razini Europske unije uvedena su različita pravila i restirikcije kojima se ograničava i uređuje upravljanje bespilotnim letjelicama. Prvi zakon vezan za upravljanje bespilotnim letjelicama donosi Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture 2018. godine, a zove se Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova. Tim su pravilnikom definirana osnovna pravila kojih se pilot treba pridržavati tijekom leta kao npr. maksimalna visina od 120 m, minimalna udaljenost od aerodroma (5km) ili od uzletno sletne staze (3km) te minimalna horizontalna udaljenost od ljudi (50m). Definirana su i pravila i obveze kojih se pilot treba pridržavati kako bi se smanjila opasnost za ljudske živote. Ta pravila su većinom vezana za tehničku ispravnost letjelice te pridržavanje propisanih pravila tijekom leta. Najbitniji dio ovog dokumenta zapravo je kategorizacija letačkih operacija. U tom se dijelu jasno daje do znanja što je dopušteno i što se zahtijeva od pilota ovisno o operativnoj masi letjelice kojom upravlja i području u kojem se obavljaju letačke operacije (Tablica 3.).

Tablica 3. Kategorizacija letačkih operacija iz 2018.g ([https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018\\_11\\_104\\_2040.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_11_104_2040.html))

KATEGORIJA LETAČKIH OPERACIJA	BESPILOTNI ZRAKOPLOV		IZVOĐENJE LETAČKIH OPERACIJA		ZAHTIJEVI ZA PILOTA NA DALJINU		ZAHTIJEVI ZA OPERATORA	
	Operativna masa bespilotnog zrakoplova	Najveća brzina bespilotnog zrakoplova	Dio dana	Područje izvođenja operacija	Minimalna dob	Polaganje Teorijskog/pr aktičnog ispita	Obveza evidentiranja/ odobrenja operatora	Dokumentacij a operatora
<b>A</b>	OM<250g	<19 m/s	Danju i/ili noću	Naseljeno i/ili nenaseljeno područje	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo
<b>B1</b>	250g≤OM≤900g	<19 m/s	Danju	Nenaseljeno područje	14 godina starosti ili manje od 14 pod nadzorom punoljetne osobe	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo
<b>B2</b>	OM<5 kg	Nije primjenjivo	Danju i/ili noću	Naseljeno i/ili nenaseljeno područje	16 godina	Nije primjenjivo	Evidencija	Nije primjenjivo
<b>C1</b>	5kg≤OM≤25kg	Nije primjenjivo	Danju	Nenaseljeno područje	18 godina	Položen teorijski ispit	Evidencija	Nije primjenjivo
<b>C2</b>	5kg≤OM≤150kg	Nije primjenjivo	Danju i/ili noću	Naseljeno i/ili nenaseljeno područje	18 godina	a)Položen teorijski ispit b) Demonstraci ja pripreme leta i letenja	Odobrenje	a) Operativni priručnik b)Zapis o letu c)Upravljanj e rizicima

Kategorija letačkih operacija A odnosi se na letjelice mase manje od 250 g, takve letjelice možemo svrstati u kategoriju igrački te za njihovo letenje nisu propisana nikakva ograničenja i obveze. U kategoriju B spadaju letjelice s masom između 250 i 900 grama, za upravljanje takvim dronovima potrebno je imati minimalno 14 godina te je dozvoljeno letenje isključivo danju i u nenaseljenom području. U kategoriju B2 spadaju letjelice s operativnom masom manjom od 5 kilograma. Obavljanje letačkih operacija u toj kategoriji dopušteno je osobama s minimalno 16 godina, danju ili noću, ali se zahtijeva registracija operatora letjelice u registar Agencije za civilno zrakoplovstvo. Za obavljanje letova u kategorijama C1 i C2 potrebno je imati minimalno 18 godina. Kategorija C1 odnosi se na zrakoplove mase između 5 i 25 kilograma. Letove je dozvoljeno obavljati isključivo danju u nenaseljenom području te je operater dužan provesti registraciju i položiti teorijski ispit iz poznavanja primjenjivih zrakoplovnih propisa. Kategorija C2 se odnosi na letjelice mase od 5 do 150 kilograma te od pilota zahtijeva polaganje teorijskog ispita, demonstraciju pripreme leta i letenja, posjedovanje operativnog priručnika, zapisnika o letu te odobrenja za letenje.

Europska Komisija 24. svibnja 2019. godine donosi novi zakon o pravilima i postupcima za rad bespilotnim zrakoplovima pod nazivom Uredba Komisije (EU) 2019/947. Cilj ove uredbe je definirati pravila za upravljanje dronovima na razini cijele Europske Unije. Uredba na snagu stupa 31.12.2020. godine s prijelaznim razdobljem koje traje do 1.1.2023.. Operacije bespilotnim zrakoplovima podijeljene su u otvorenu, posebnu i certificiranu kategoriju.

Tablica 4. Kategorizacija otvorene kategorije

Potkategorija A1- letenje u neposrednoj blizini ljudi	0	Dozvoljeno letenje blizu ljudi i neuključenih pojedinaca. Obvezna registracija operatora i odgovarajuće osposobljavanje udaljenih pilota.
Potkategorija A2- letenje blizu ljudi	$500g \leq OM \leq 2kg$	Dozvoljeno letenje blizu ljudi do horizontalne udaljenosti od najmanje 50 m. Obvezna registracija operatora i odgovarajuće osposobljavanje udaljenih pilota.
Potkategorija A3- letenje Daleko od naseljenih mjest i ljudi	$2kg \leq OM \leq 25kg$	Letenje izvan naseljenih područja na udaljenosti od najmanje 150m. Obvezna registracija operatora i odgovarajuće osposobljavanje udaljenih pilota.

Otvorena kategorija (Tablica 4.) dijeli se na A1, A2 i A3 potkategorije. A1 potkategorija se odnosi na letjelice mase manje od pola kilograma i dopušteno je letenje u blizini ljudi. U potkategoriju A2 spadaju letjelice operativne mase između 500 grama i 2 kilograma kojima je dozvoljeno letjeti na minimalno 50 metara horizontalne udaljenosti od ljudi. U potkategoriju A3 spadaju letjelice mase između 2 i 25 kilograma te je njima dozvoljen let samo izvan naseljenih područja. Za obavljanje bilo kojih letačkih operacija u otvorenoj kategoriji potrebna je registracija operatora i polaganje online teorijskog ispita, a za letenje u A2 kategoriji potrebno je i položiti dodatan teorijski ispit. U posebnu kategoriju spadaju operacije koje nisu u skladu s ograničenjima otvorene kategorije te je za takve letove potrebno tražiti dodatna odobrenja od nadležnih institucija. U certificirane operacije spadaju operacije koje se izvode iznad mnoštva ljudi, koje uključuju prijevoz ljudi te one koje uključuju prijevoz opasne robe zbog čega bi u slučaju nesreće treće strane bile izložene visokom riziku. Novina je i to što svaka letjelica treba imati policu osiguranja. Ostala pravila poput maksimalne dopuštene

visine leta, prijave leta te pravila o obvezama pilota ostala su ista. Svi piloti koji su prije promjene zakona bili registrirani pri Agenciji za civilno zrakoplovstvo dužni su svoju prijavu ponoviti te položiti tražene testove za kategoriju letova koje planiraju provoditi. Za izradu ovog diplomskog rada bilo je potrebno položiti online teorijski ispit za kategorije A1/A3.

#### **4. MOGUĆNOSTI PRIMJENE DRONOVA ZA INSPEKCIJSKO SNIMANJE**

Dronovi pronalaze primjenu u raznim područjima, ali u ovom poglavlju govoriti će se o njihovoj primjeni u rudarstvu. Rudnici odnosno kamenolomi se često nalaze u udaljenim planinskim područjima što u kombinaciji s tradicionalnim metodama mjerenja operacije praćenja takvih objekata čini iznimno skupim i dugotrajnim. Kako bi se takvi zadatci ubrzali počinju se koristiti dronovi. Bespilotne letjelice se u kamenolomima mogu koristiti u razne svrhe kao što su sigurnosne, pravne, financijske, ekološke. Kamenolomi predstavljaju vrlo opasno okruženje za ljude, primjenom dronova sama sigurnost mjernika se znatno povećava. Primjenom tradicionalnih metoda geodeti su se izlagali opasnim situacijama kao što su padovi s visina, a primjenom bespilotnih letjelica cijeli proces mjerenja može biti obavljen sa sigurnog mjesta i na velikoj udaljenosti od mehanizacije. Primjenom dronova povećava se i sigurnost ostalih radnika u kamenolomu radnjama kao što su procjene stabilnosti i predviđanje padova stijena, detekcije erozije i inspekcije kamenoloma prije miniranja. Najviše koristi od primjene ovih tehnologija u kamenolomima imaju dakako njihovi upravitelji. Glavna karakteristika dronova je da u kratkom vremenu mogu dati veliki broj informacija koje upravitelji mogu koristiti za upravljanje kamenolomima. Informacije koje im mogu pomoći u financijskim analizama su volumen iskopanog materijala i volumen materijala koji se odbaci nakon prerade. Iz digitalnog model terena dobivenog obradom prikupljenih podataka mogu se raditi analize i planovi budućih iskopa u kamenolomu, određivati najbolje lokacije za izgradnju cesta te raditi analize iz kojih će se odrediti najbolje mjesto za ispiranje materijala zbog toga što DMT daje informacije o tome kuda će se voda slijevati. Upravitelj kamenoloma u svakom trenutku mora biti siguran da se materijal iskopava unutar čestice koja je u vlasništvu ili pod koncesijom njegove tvrtke. Određivanje lokacije ruba kamenoloma u odnosu na granicu čestice pomoću GNSS-a ili totalne stanice može biti vrlo zahtjevno i dugotrajno s obzirom da su rudnici često iznimno veliki te nalaze u brdovitim i zabačenim područjima. Za obavljanje te zadaće dronom, ako se let ne obavlja s velikim preklopima i velikim brojem snimki je potrebno svega par sati. (Javad Shahmoradi, 2020)

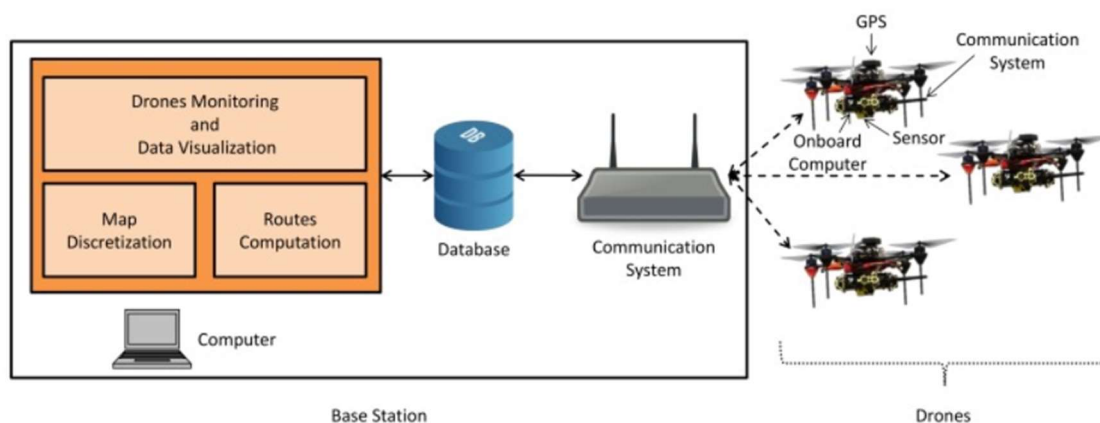
#### **5. ESRI SITE SCAN I DRONE COLLECTION SOFTVER**

##### **5.1.Flota dronova**

Sama pojava dronova ubrzala je proces izmjere i prikupljanja podataka u geodeziji. Logičko razmišljanje dovodi nas do činjenice da bi se za snimanje istog područja koristeći dvije letjelice vrijeme trajanja misije smanjilo upola ili bi se za vrijeme trajanja misije područje snimanja moglo udvostručiti. Prijašnjim korištenjem SiteScan i Drone Collerction uočena je opcija fleet management za koju smo smatrali da omogućuje izvođenje misija pomoću dva drona, ali to nije bilo istina. Navedena opcija administratoru samo omogućuje lakši uvid u to koje letove je pojedina letjelica izvršila i kada. Dubljim proučavanjem zakona vezanih za upravljanje dronovima u Hrvatskoj uočeno je da jednom pilotu u isto vrijeme nije dopušteno upravljati s dvije letjelice. Iako se od snimanja kamenoloma Ljubešćica s dva drona u isto vrijeme odustalo na internetu sam pronašao dva istraživanja koja su ideju o upravljanja s dva drona u isto vrijeme testirala. Prvo istraživanje izveo je Stephen Lazzaro sa Sveučilišta Wisconsin (Lazzaro, 2020). On je razvio jednostavan koncept u kojem dvije letjelice tijekom leta održavaju konstantan međusobni razmak. Da bi to bilo moguće



letjelice u svakom trenutku moraju znati međusobnu lokaciju. U svaki dron je ugrađen Arduino Uno (mikrokontroler koji je jeftin i iznimno pouzdan), pixhawk autopilot i prijemnik-odašiljač (eng. Universal asynchronous receiver-transmitter). Kako bi održali konstantan razmak dronovi međusobno razmjenjuju koordinate, HDOP i orijentaciju. Drugo istraživanje mnogo je kompliciranije i naprednije od prvog, a proveli su ga Alberto Viseras i suradnici (Alberto Viseras, 2019). Njihovo istraživanje se na konceptu roja pčela, nakon što se definira područje snimanja ono se podijeli na komade te se svaki komad dodjeljuje jednom dronu. Sam sustav se sastoji od dva dijela (Slika 8.), baze i dronova. Baza se sastoji od kompjutera, baze podataka i sustava za komunikaciju. Kompjutor se koristi za definiranje područja od interesa, nadzor nad dronovima i prikupljenim podacima. Uz to računalo sadrži softver koji područje od interesa razdjeljuje u manje dijelove te za svaki dio izrađuje plan leta. Ti se planovi leta pohranjuju u bazu podataka iz koje se pomoću komunikacijskog sustava dodjeljuju dronovima po principu jedan dron- jedan plan leta. Sama baza podataka koristi se i za pohranu prikupljenih podataka.



Slika 8. Koncept sustava (Alberto Viseras, 2019)

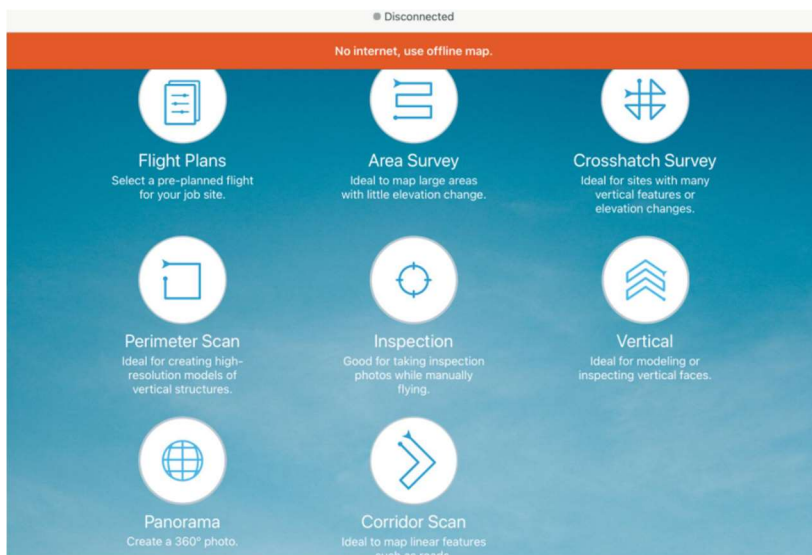
## 5.2. Esri SiteScan i Drone Collection

ESRI Drone Collection predstavlja paket programa koje je Esri namijenio za što lakše i jednostavnije letenje i obradu podataka prikupljenih dronom (Anon., 2021). Paket se sastoji od ArcGis Online-a, ArcGis Drone2map-a i ArcGis SiteScan-a.

Site Scan for ArcGIS softver je za mapiranje korištenjem bespilotnim letjelicama dizajniran da revolucionira prikupljanje, obradu i analizu slika. Može se reći da se SiteScan sastoji od dva dijela, mobilne aplikacije koja se koristi za planiranje letova i upravljanje letjelicom te Site Scan managera u kojem se provodi obrada podataka.

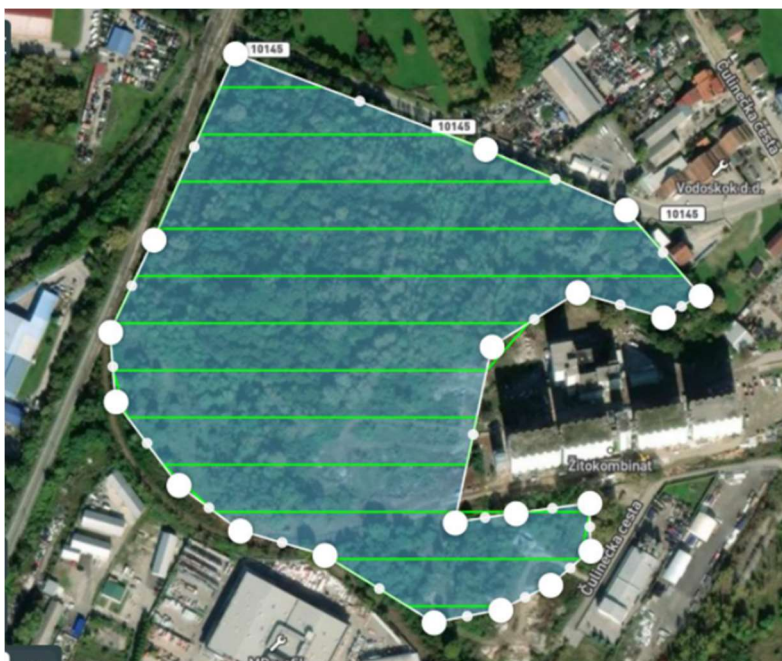
### 5.2.1. SiteScan mobilna aplikacija

SiteScan mobilna aplikacija prvenstveno se koristi za izradu planova leta i samo letenje dronom. Mobilnu aplikaciju moguće je koristiti samo na mobitelima i tabletima koji rade na IOS platformi. Isplanirani letovi ostaju spremljeni te su pogodni za višekratno korištenje. S obzirom da su mobilna i online aplikacija povezane, kada su letovi obavljeni snimljene fotografije se mogu odmah prebaciti na cloud bez da se vadi memorijska kartica iz letjelice. Prvi korak kod korištenja aplikacije je prijava i odabir drona koji se koristi. Za obavljanje snimanja ponuđeno je sedam uzoraka letenja, area survey, crosshatch survey, perimeter scan, inspection, vertical, panorama i corridor scan (Slika 9.).



Slika 9. SiteScan mobilna aplikacija

Area (Slika 9.) i crosshatch survey (Slika 11.) uzorci leta pogodni su za snimanje površina. Kod area survey-a dron leti „cik-cak“ dok je crosshatch zapravo dvostruki area survey. Kod ovih uzoraka postoji opcija geofence koja prisili dron da ostane unutar definiranog poligona. Ova se opcija koristi kada postoji opasnost od sudara letjelice s preprekom ili kada postoji rizik da dron uđe u područje u kojem je letenje zabranjeno.

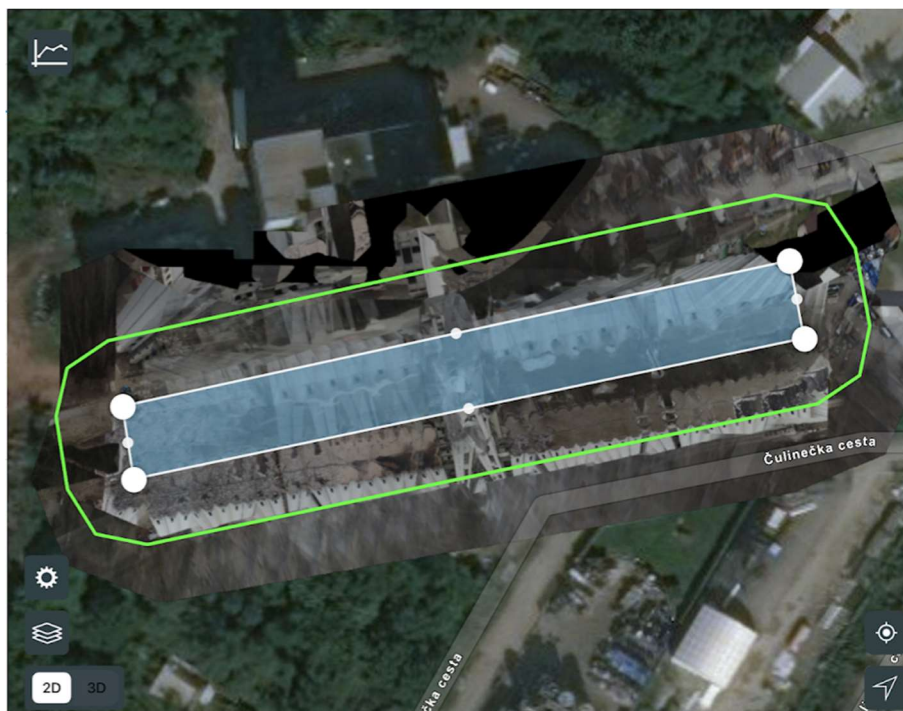


Slika10. Area survey



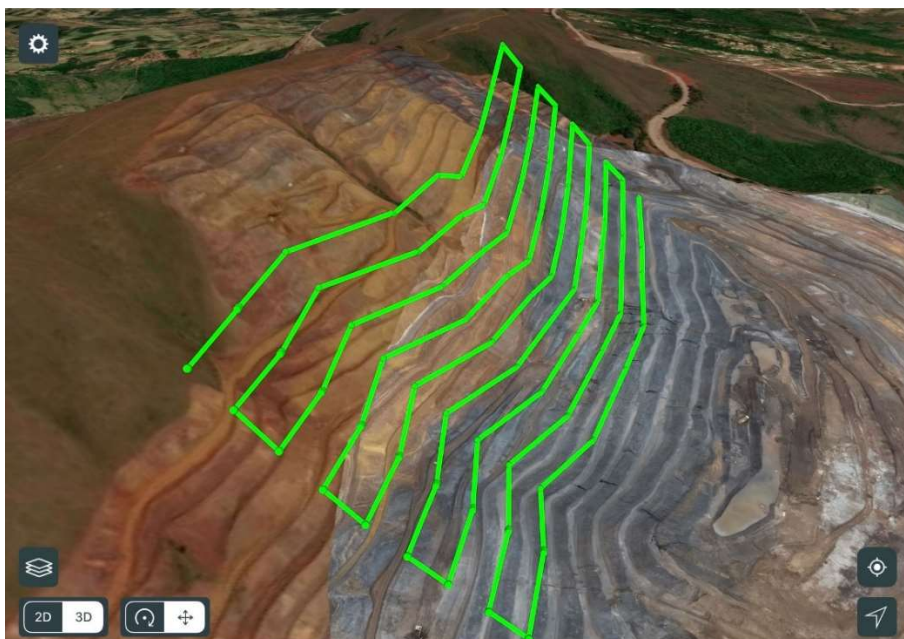
Slika 11. Crosshatch survey

Perimetar scan (Slika 12.) i vertikalno snimanje (Slika 13.) koriste se kod snimanja objekta. Kod perimetar scan-a letjelica kruži oko objekta na fiksnoj visini dok kod vertikalnog snimanja dron snima samo jednu stranu objekta pri čemu snimanja provodi s različitih visina. Ovi oblici letenja pogodni su za snimanje visokih objekata kao što su zgrade i brane. Zadnje ažuriranje aplikacije donosi mogućnost dodavanja nagiba objekta kod vertikalnog snimanja što ovaj tip letenja čini izrazito pogodnim za snimanje zidova kamenoloma ili klizišta na brdima (Johnson, 2020).



Slika 12. Perimetar scan





Slika 13. Vertical Scan s nagibom (<https://www.esri.com/arcgis-blog/wp-content/uploads/2020/05/Vertical-Scan-sm.jpg>)

Corridor scan (Slika 14.) omogućava brzo i intuitivno planiranje leta kod snimanja linijskih objekata od interesa kao što su ceste, cjevovodi, dalekovodi i rijeke. Kod ovog tipa letenja operator drona može odlučiti hoće li dron letjeti direktno iznad objekta ili s njegovih strana. Ova opcija je pogodna kada se leti iznad ljudi i vozila ili kada je potrebno snimiti dalekovode što zahtijeva kose fotografije objekta (Johnson, 2020). Također je moguće definirati hoće li se snimanje obavljati s jedne ili više visina.



Slika 14. Corridor scan

Kod inspeksijskog moda leta i panorame potrebno je ručno upravljati dronom. Inspeksijski mod se koristi za ručno snimanje, a panorama za stvaranje fotografija od 360°. Kao što je moguće vidjeti iz

slike 14. , kada se radi plan leta aplikacija daje informacije o trajanju, rezoluciji, veličini područja snimanja, broju snimki te koliko će baterija biti potrebno za obavljanje leta. Unutar same aplikacije može se definirati svaki parametar leta poput minimalne i maksimalne visine, nagiba kamere, preklopa snimki te visine do koje se dron treba popeti prilikom početka snimanja ili pri završetku snimanja.

### 5.2.2. SiteScan Manager

SiteScan Manager je aplikacija za obradu, upravljanje i analizu snimki dobivenih dronom .Aplikacija također sadrži administrativne mogućnosti za upravljanje korisnicima i ovlaštenjima koja korisnici imaju unutar projekta. (Emily Windahl, 2020).Unutar ovog programa postoje tri verzije licenci, viewer licenca, access licenca i operatorska licenca. Viewer licenca korisniku omogućava samo pregled podataka unutar projekta i korištenje alata za mjerenje, ali korisnik s ovom licencom nemože raditi nikakve promijene nad podacima. Access licenca korisniku dopušta korištenje svih mogućnosti SiteScana osim samog letenja dronom pomoću mobilne aplikacije. Operatorska licenca nema nikakva ograničenja te korisnik ima potpuna ovlaštenja za korištenje svih mogućnosti programa. Softver SiteScan-a baziran je na „oblaku“ i omogućuje uvid u sve obavljene projekte, snimke i planove leta. Obrada podataka se također obavlja u oblaku što je velika prednost jer kod ostalih programa npr. Agisoft Metashapea brzina obrade podataka i kvaliteta krajnjeg proizvoda ovisi o performansama računala. Uz to Site Scan-u se pristupa preko internetskog preglednika što znači da nije potrebno instalirati program na računalo te su podaci dostupni s različitih uređaja. Velika prednost ovog softvera je to što daje potpun paket tj. pokriva sva područja potrebna za obavljanje letačkih operacija od planiranja leta, samog letenja te obrade prikupljenih podataka. SiteScan je povezan s Esri ArcGis online-om tako da se rezultati obrade mogu lagano prebaciti u ArcGis na daljnju analizu. Više govora o samim proizvodima koje nudi SiteScan biti će u poglavlju 7.3 Rezultati.

## 6. INSPEKCIJSKO SNIMANJE KAMENOLOMA LJUBEŠĆICA

### 6.1. Opis zadatka

Zadatak ovog diplomskog rada je provesti inspeksijsko snimanje kamenoloma Ljubešćica dronom te nad obrađenim podacima provesti analizu iz koje će se donijeti zaključci o primjenjivosti ove tehnologije u rudarstvu. Da bi se samo snimanje uspješno provelo potrebno je upoznati se sa samim mogućnostima primjene dronova u ovom tipu kamenoloma, s potrebnom dokumentacijom koju je potrebno prikupiti da bi se snimanje moglo provesti te sa svim radnjama koje je potrebno izvršiti kako bi snimanje prošlo što jednostavnije i učinkovitije.

### 6.2 Potrebna dokumentacija

Dokumentaciju potrebnu za izradu ovog diplomskog rada možemo podijeliti u dvije skupine, dokumentaciju potrebnu za upravljanje bespilotnom letjelicom i dokumentaciju odnosno dopuštenja za snimanje i objavu snimki. U prvu skupinu spadaju potvrde koje zahtijeva Agencija za civilno zrakoplovstvo (Url 9.) a to su potvrda o registraciji operatora sustava bespilotnih letjelica (Prilog 1.) i dokaz o dovršenosti mrežnog osposobljavanja za kategoriju letačkih operacija A1/A3 (Prilog 2.). Za dobivanje prve potrebne potvrde potrebno se na stranicu agencije prijaviti preko sustava e-građanin te u obrascu popuniti tražene informacije. Potrebno je navesti osnovne osobne podatke poput telefona, e maila , adrese dok su ime, prezime i OIB već upisani zbog identifikacije preko e-građanina. Također je potrebno navesti i serijski broj letjelice te priložiti potvrdu o uplaćenju polici osiguranja za letjelicu. Za dobivanje druge dozvole potrebno je nakon registracije proći kroz online edukaciju

vezanu za letenje dronovima te položiti online ispit za A1/A3 kategoriju. Iako to ne spada u potrebnu dokumentaciju u ovu skupinu možemo svrstati i registraciju na AMC portal odnosno Jedinicu za upravljanje zračnim prostorom. Prvi korak u registraciji je popunjavanje polja s osobnim podacima (ime, prezime, OIB, adresa, telefon, mail), definiranje vrste aktivnosti za koju se odabire letenje bespilotnih zrakoplova i drugih daljinski upravljanih ili neupravljanih letećih objekata s vlastitim pogonom te definiranje vrste zrakoplova koji će se koristiti gdje je potrebno odabrati bespilotnu letjelicu. Nakon što se ispuni registracija i prihvati izjava za obradu osobnih podataka potrebno je na e-mail adresu jedinice poslati potvrdu o registraciji operatora sustava bespilotnih jedinica (Prilog 1.). Ova registracija potrebna je prilikom rezerviranja zračnog prostora koji će se koristiti prilikom snimanje. U drugu skupinu dokumentacije spadaju odobrenje za snimanje iz zraka dobiveno od strane Državne geodetske uprave (Prilog 3.), odobrenje za snimanje kamenoloma dobiveno od strane Kaming d.o.o (Prilog 4.) te odobrenje za objavljivanje snimki koje izdaje DGU. Dana 20.1.2021. Državna geodetska uprava u rad je pustila e-aplikaciju preko koje je moguće predati zahtjev za odobrenje za snimanje iz zraka i odobrenje za korištenje zračnih snimki (DGU, 2021). Prilikom registracije u aplikaciju potrebno je navesti ime, prezime, OIB, adresu, broj telefona i e-mail. Kod podnošenja zahtijeva za snimanje potrebno je navesti podatke o naručitelju snimanja, tvrtki ili instituciji koja provodi snimanje, o operatoru snimanja i zrakoplova te samom zrakoplovu. Uz to još je i potrebno na karti označiti područje snimanja, definirati trajanje i svrhu snimanja te priložiti dokaz o registriranoj djelatnosti za snimanje iz zraka, preglednu kartu područja snimanja te potvrdu o plaćanju upravne pristojbe u iznosu od 15 kuna ili potvrdu o oslobađanju od plaćanja iste. Zahtjev za korištenje snimki predaje se na istoj aplikaciji.

## 6.2. Priprema i rekognosciranje terena

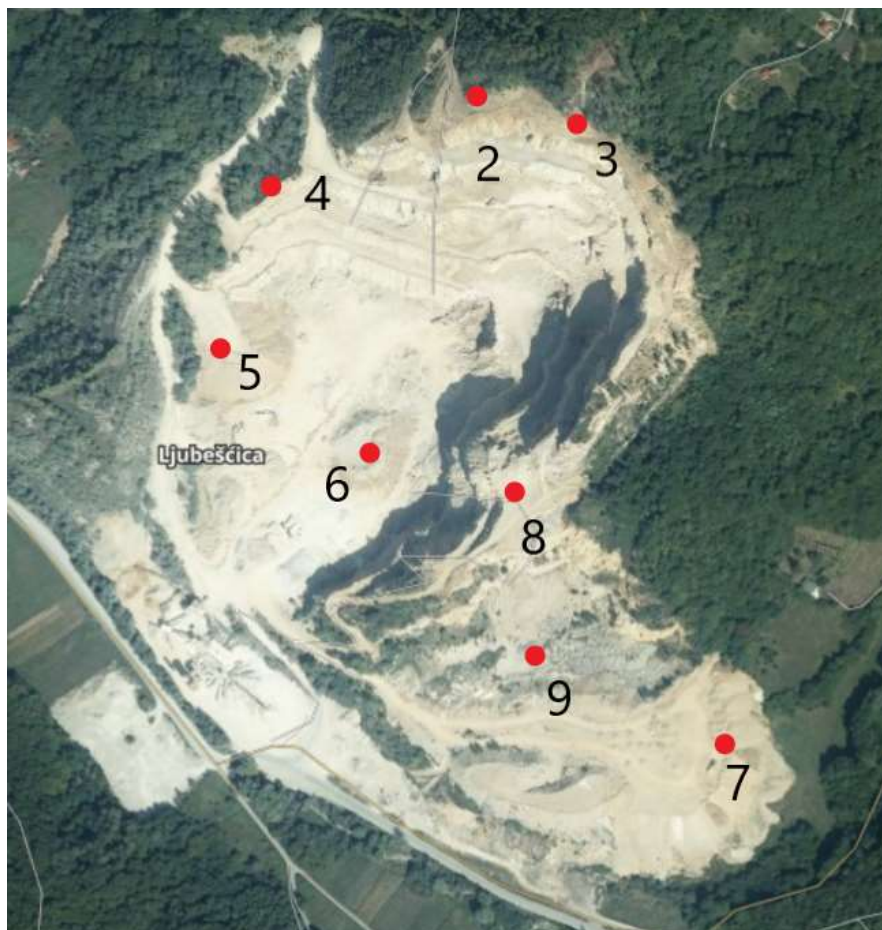
Prije samog početka snimanja objekta potrebno je izvršiti određene pripreme i rekognosciranje terena. Prva stvar koju je trebalo obaviti je provesti testiranje snimanja s kontrolnim točkama. Prilikom snimanja silosa za potrebe izrade seminarskog rada iz kolegija Satelitsko pozicioniranje-projekt nisu se koristile kontrolne točke što je rezultiralo potpuno krivim visinama modela. Da bi se ispitalo hoće li korištenje kontrolnih točki riješiti taj problem dana 29.3.2021. obavljeno je testno snimanje školskog igrališta nasuprot fakulteta. Nakon obrade prikupljenih snimki rezultat je pokazao da su visine na modelu ispravne. Potom je bilo potrebno izraditi veći broj signala koji će se koristiti za snimanja potrebna za izradu ovog diplomskog rada, ali i diplomskog rada kolega Brešić i Matošić. Na plastične ploče dimenzija 50x50 cm bojom u spreju je iscrtan traženi uzorak. Uz to su u svrhu lakšeg uočavanja i osiguravanja markera (s obzirom da ostaju 3 mjeseca u kamenolomu) izrađene zastavice od 50 centimetara šipke na koju je vezicama pričvršćen komad crvenog platna (Slika 15). Na slici 15 može se vidjeti da se stanje zastavice i kontrolne ploče nije uvelike promijenilo tijekom pet mjeseci koliko su provele u kamenolomu.



*Slika 15. Izgled signala i zastavice (lijevo 5.mjesec – desno 11.mjesec)*

Rekognosciranje terena obavljeno je 21.4.2021. godine. Nakon što je dobiven uvid u same dimenzije i izgled kamenoloma određene su lokacije stajališta i kontrolnih točki. Prvenstveno je planirano postaviti 12 kontrolnih točaka ali je zbog radova u kamenolomu i ne dostupnosti pojedinih lokacija postavljeno njih 8. Lokacije kontrolnih točaka mogu se vidjeti na slici 16.





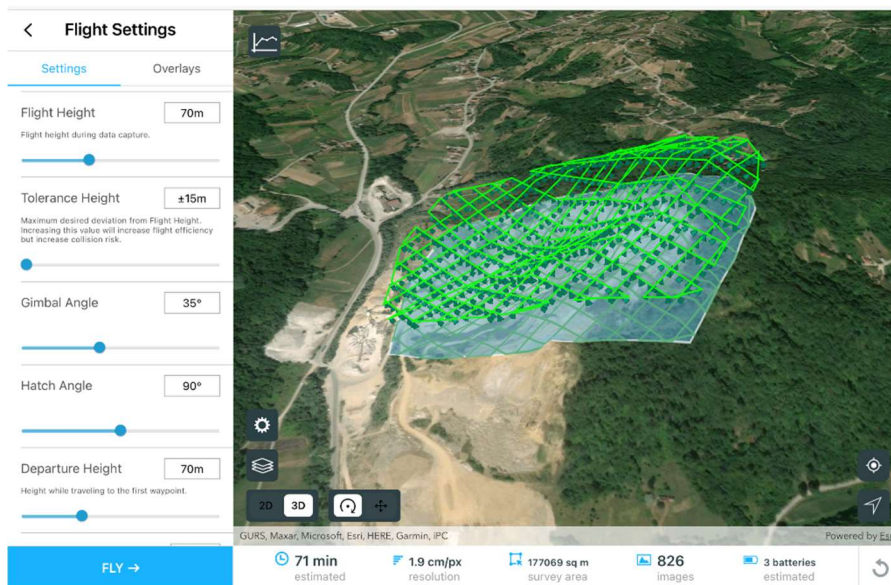
Slika 16. Približne lokacije kontrolnih točaka

Sami let je potrebno prijaviti i kontroli leta, to se obavlja putem mobilne aplikacije AMC portal. Zbog toga što se područje leta ne nalazi u zoni kontroliranog zračnog prostora zahtjev za rezervaciju je moguće poslati nekoliko minuta prije samog leta. Proces je jednostavan, samo je potrebno definirati radijus područja u kojem se planira letjeti, maksimalnu visinu leta te planirano trajanje letačkih operacija. Odobrenje rezervacije dolazi za nekoliko minuta od podnošenja zahtjeva. Prije samog izlaska na teren potrebno je osigurati dovoljan broj baterija potrebnih za izvršavanje svih isplaniranih letova

#### 6.4. Plan leta

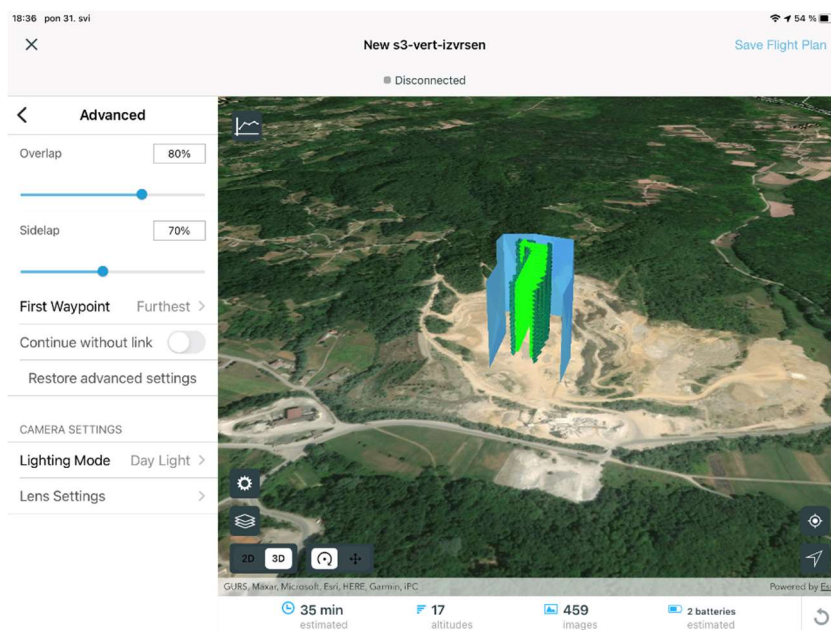
Za snimanje kamenoloma isplanirana su tri leta, 2 leta za kamenolom i jedan za područje otpada materijala. Prikaz područja koje zahvaćaju pojedini letovi može se vidjeti u prilogu 5. Od nabrojanih uzoraka leta iz poglavlja 5.2.1. SiteScan mobilna aplikacija za snimanje kamenoloma odabrani su crosshatch i vertical, a za snimanje otpada crosshatch. Kod crosshatch snimanja uključena je opcija Terrain follow koja dronu omogućava da konstantno održava visinu leta u odnosu na teren a ne na polazišnu točku. Kod snimanja kamenoloma (Slika 17.) za visinu leta postavljeno je 70 m, za preklope je postavljeno 80% i 70%, zbog činjenice da prilikom povratka letjelica više ne prati teren iz sigurnosnih razloga je za visinu povratka postavljeno 160 metara.





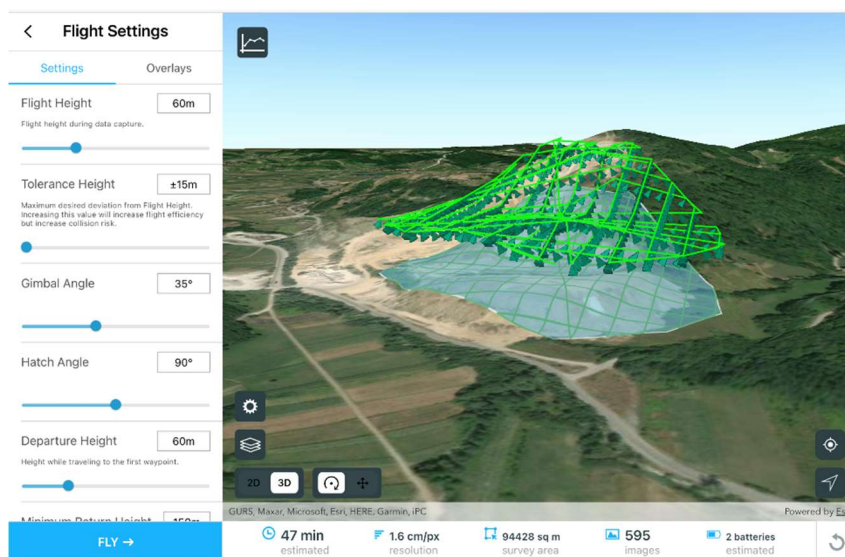
Slika 17. Crosshatch -kamenolom (3D)

Za vertikalno snimanje kamenoloma (Slika 18.) parametri koje je potrebno odrediti su nešto drugačiji. Kada se u aplikaciji definira objekt definiran je njegova visina od 150 metara, pomak od objekta je zadan 45 metara, za raspon visina leta zadano je od 40 do 150 metara, a za preklap snimki zadano je 80% i 70%.



Slika 18. Vertikalno snimanje kamenoloma (3D)

Za snimanje otpada (Slika 19.) tj. područja na kojem se odlaže materijal koji ostane nakon obrade iskopanog materijala korišten je crosshatch uzorak letenja. Za visinu leta određeno je 60 metara, za visinu povratka 150 te je preklap snimki postavljen na 80% i 70%.



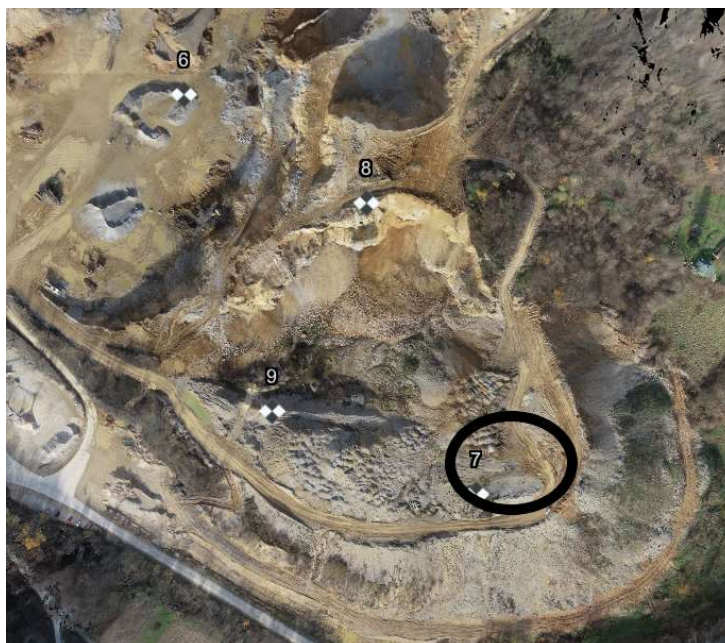
Slika 19. Crosshatch -otpad (3D)

## 6.5 Terenski dio rada

Terenski dio diplomskog rada proveden je u tri termina. Prvo snimanje obavljeno je 31. svibnja, drugo 15. srpnja, a treće snimanje 19. studenog 2021. godine.

Na prvo snimanje krenulo se 31. svibnja 2021.g u jutarnjim satima iz zgrade fakulteta. Oprema koju je bilo potrebno ponijeti sastojala se od bespilotne letjelice, elisa i kontrolora za letjelicu, iPada, kabela za spajanje tableta i kontrolora, 10 baterija, punjača za baterije, GPS-a Trimble R8, štapa za GPS te reflektirajućih prsluka i zaštitnih kaciga koje je obvezno nositi u kamenolomu. Prvi termin snimanje bio je i najduži od svih zato što je prije samog snimanja bilo potrebno postaviti sve kontrolne točke (GCP) i signalizacijske zastavice te im odrediti točne koordinate. Zbog nemogućnosti spajanja GPS-a na CROPOS pozicije kontrolnih točaka određene su statičkom metodom u sesijama od 5 minuta. Nakon postavljanja svih GCP-a moglo se krenuti sa snimanjem. Stajalište s kojeg se obavljalo snimanje kamenoloma nalazilo se odmah pored kontrolne točke broj 6. Ta lokacija odabrana je zbog toga što se nalazi na hrpi materijala u sredini kamenoloma i samim time je odvojena od aktivnosti koje se događaju u kamenolomu. S te pozicije bilo je moguće obavljati snimanje na siguran način za članove ekipe i samu letjelicu. Prvo snimanje koje je obavljeno je crosshatch snimanje kamenoloma. Let je trajao približno 55 minuta te je prikupljeno 931 snimka. Prije samog početka potrebno je kalibrirati kompas i IMU drona. Za to je korištena aplikacija DJI Go 4, za početak je potrebno spojiti letjelicu i aplikaciju, u postavkama odabrati kalibraciju kompasa ili IMU-a te pratiti upute. Sama kalibracija kompasa sastoji se od rotiranja letjelice oko horizontalne ili vertikalne osi, a kod kalibracije IMU-a potrebno je letjelicu na ravnoj površini postavljati u položaje koji se prikazuju na ekranu. Za obavljanje cijele misije bilo je potrebno iskoristiti 3 baterije. Kada baterija padne ispod 30 posto kapaciteta kontrolor letjelice počinje proizvoditi zvučne signale kako bih nas obavijestio o tome. Kada softver letjelice procijeni da kapacitet baterije nije dovoljan za nastavak snimanja započinje proces spuštanja. Taj proces započinje prestankom snimanja nakon čega se letjelica podiže na 160 metara iznad visine točke polijetanja (zadana visina), na toj visini se horizontalno pomiče do točke koja je vertikalno iznad točke polijetanja te započinje spuštanje. Kada je letjelica na tlu nakon par sekundi se prikaži poruka da je potrebno promijeniti bateriju, nakon što se ista promijeni potrebno je pričekati dok dron ne počne primati signal od 9 ili 10 satelita, tek je tada spreman za ponovno polijetanje i nastavak misije. Kada letjelica završi sa zadanim planom leta ponavlja se isti proces spuštanja kao i kada je potrebno zamijeniti bateriju. Nakon što dron sleti na tabletu se pojavi prozor koji navodi koliko je snimki prikupljeno te nudi opciju prebacivanja snimki na cloud ili završetka

misije bez prebacivanja snimki. Zbog velikog broja snimki i samim time dugog prijenosa na cloud odabrana je opcija završetka misije, a snimke su naknadno sa memorijske kartice prebačene u programe za obradu. Kod crosshatch snimanja kamenoloma bilo je potrebno napraviti pauzu u periodu od 13 sati i 30 minuta do 14 sati i 15 minuta zbog miniranja u kamenolomu. Nakon završetka snimanja prešlo se na vertikalno snimanje kamenoloma. . Let je trajao 35 minuta, iskorištene su dvije baterije te je prikupljeno 410 snimki. Zadnje planirano snimanje bilo je crosshatch snimanje otpada. Kako bi se tijekom cijelog snimanja mogao održavati vizualni nadzor nad letjelicom bilo je potrebno promijeniti stajalište.



Slika 20. Lokacija stajališta br.2

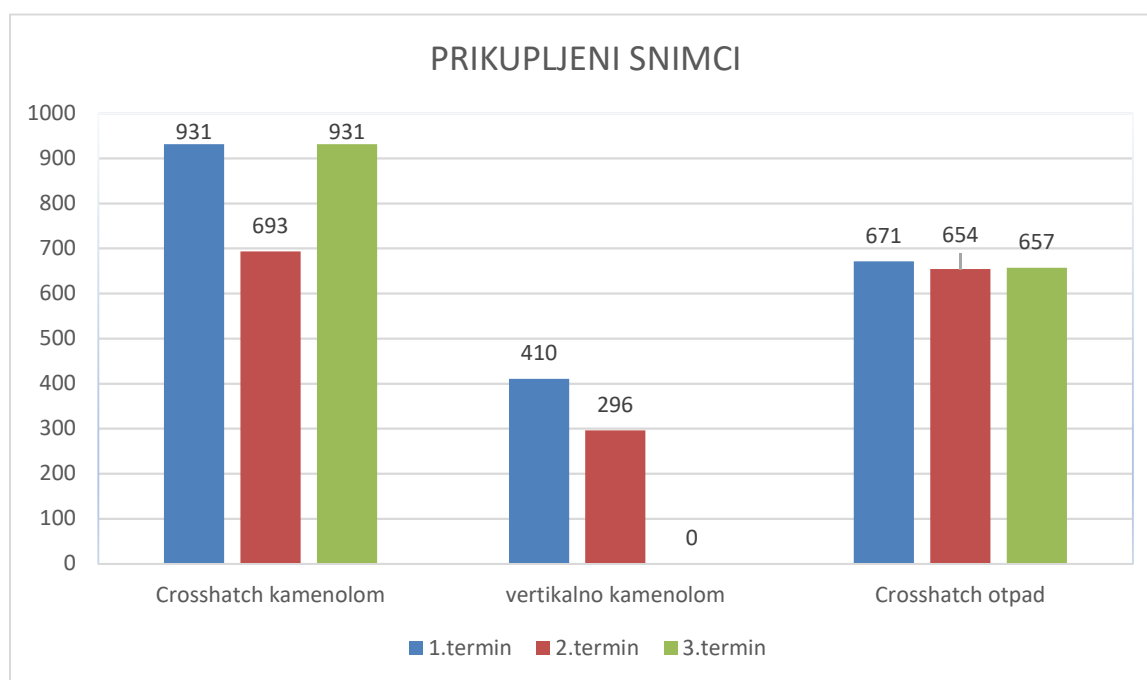
Stajalište broj 2 se u svakom od tri snimanja otpada nalazilo u blizini kontrolne točke br. 7 (Slika 2.). Samo područje otpada materijala ne koristi se toliko intenzivno te nije ni približno prometno kao kamenolom . Zbog toga je izbor lokacije stajališta bio znatno jednostavniji. Snimanje otpada prošlo je bez problema . Kao i kod snimanja kamenolom bile su potrebne 3 baterije ali je treća baterija korištena svega desetak minuta. Trajanje leta, uključujući vrijeme potrebno za zamjenu baterija, bilo je 43 minute te je prikupljeno 671 snimka. Po završetku snimanja vratili smo se na stajalište br. 1 i bez tehničkih problema proveli vertikalno snimanje kamenoloma. Let je trajao 35 minuta, iskorištene su dvije baterije te je prikupljeno 410 snimki.

Drugo snimanje obavljen je 15.srpnja 2021.godine. Drugo i treće snimanje odrađeni su mnogo brže od prvog, iz dva razloga. Prvi razlog je taj što nije bilo potrebno postavljati kontrolne točke i mjeriti njihovu poziciju, a drugi razlog su planovi leta. Nakon što su u prvom snimanju uspješno odrađeni svi planovi leta kod druga dva termina snimanja nije bilo potrebno kontrolirati i mijenjati parametre leta čime se znatno uštedjelo na vremenu. Samim time što se u drugom i trećem terminu snimanja koriste isti planovi leta kao i kod prvog snimanja broj baterija za potrebnih za svaki let ostaje isti. Jedina promjena u odnosu na prvo snimanje bila je ta da je zbog radova u kamenolomu uklonjena kontrolna točka br.6. Prije početka snimanja bilo je potrebno kalibrirati kompas drona. Snimanja su obavljena redom , crosshatch snimanje kamenoloma, crosshatch snimanje otpada i na kraju vertikalno snimanje kamenoloma. Crosshatch snimanjem kamenoloma prikupljeno je 693 snimke, a let je trajao oko 55 minuta. Kod pokušaja vertikalnog javili su se problemi. Prvo smo odlučili započeti misiju kako bi provjerili ima li prostora za doradu plana leta, odnosno može li se putanja leta drona još malo približiti samom zidu iskopa kamenoloma. Nakon pokusnog leta letjelicu smo vratili na tlo te doradili



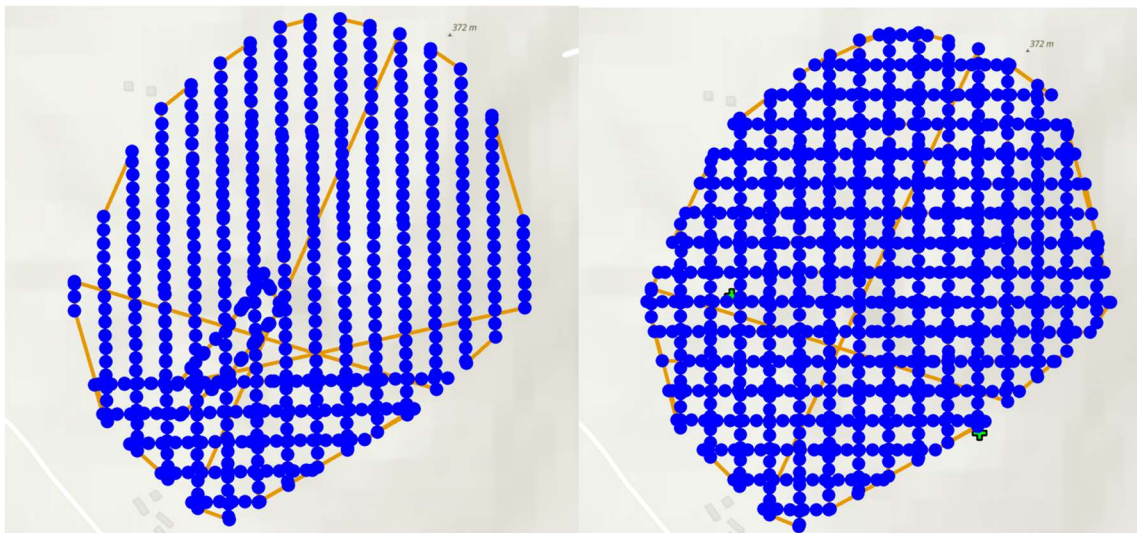
plan leta. Kada smo pokušali započeti s dorađenom misijom javila se softverska pogreška u aplikaciji koja nije dopuštala polijetanje, a navedeni razlog je bio to da prethodna misija nije završena. Nakon 45 minuta ne uspješnog rješavanja problema odlučeno je da ćemo se prebaciti na drugo stajalište te odraditi crosshatch snimanje otpada prije pauze za miniranje. Snimanje otpada prošlo je bez problema, let je trajao 40 minuta te je prikupljeno 654 snimke. Po završetku snimanja vratili smo se na stajalište za snimanje kamenoloma i uspješno odradili vertikalno snimanja. Let je trajao pola sati i prikupljeno je 296 snimki.

Prvotno je za treći termin snimanja planirano razdoblje oko 15. rujna, ali se na snimanje išlo 19. studenog 2021. godine. Time se produžio period praćenja kamenoloma. Na put prema kamenolomu Ljubešćica krenulo se u 9 sati, nešto kasnije nego kod prethodna dva snimanja. Razlog kasnijeg kretanja bili su vremenski uvjeti u kamenolomu. U tom periodu godine u jutarnjim satima na području kamenoloma je jako su česte niske temperature i magla. Niske temperature su problem zbog toga što utječu na kapacitet baterija, a i preporuka proizvođača je da se ne koriste kada je vanjska temperatura ispod 5 °C. Kao i kod drugog snimanja nije korištena kontrolna točka br.6, uz nju je prilikom obrade snimki uočeno da su uklonjene i kontrolne točke broj 2 i 3 na vrhu kamenoloma. Signalne zastavice su još bile vidljive, ali su ploče bile zatrpane materijalom. U zadnjem terminu snimanja obavljena su crosshatch snimanja kamenoloma i otpada. Od vertikalnog snimanja se odustalo zbog uštede vremena, ali i zato što je nakon obrade podataka prikupljenih u prva dva snimanja zaključeno da je za izradu ovog rada dovoljno crosshatch snimanje. Crosshatch snimanje kamenoloma trajalo je 56 minuta i prikupljeno je 931 snimka dok je crosshatch snimanje otpada trajalo 37 minuta i prikupljeno je 657 snimki.



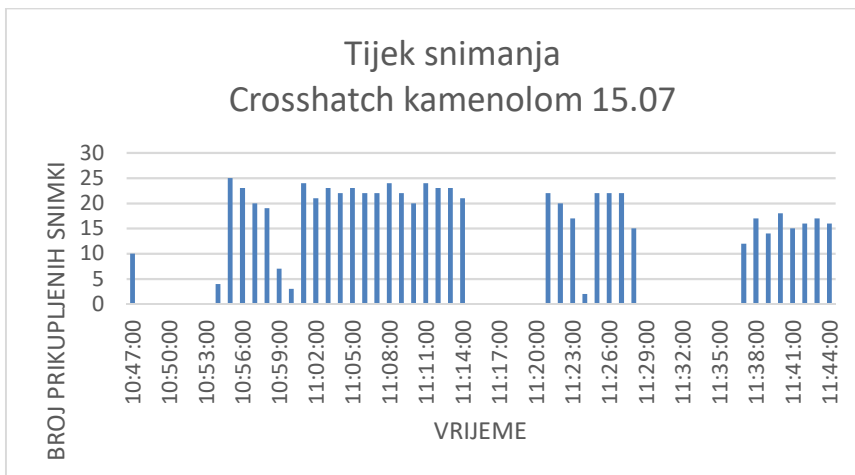
Graf 1. Broj prikupljenih snimki.

Iz grafa 1. može se primijetiti da je kod vertikalnog i crosshatch snimanja kamenoloma u drugom terminu snimanja došlo do pada broja prikupljenih snimki. Kod učitavanja snimki u programe za obradu može se primijetiti da dio snimki fali.

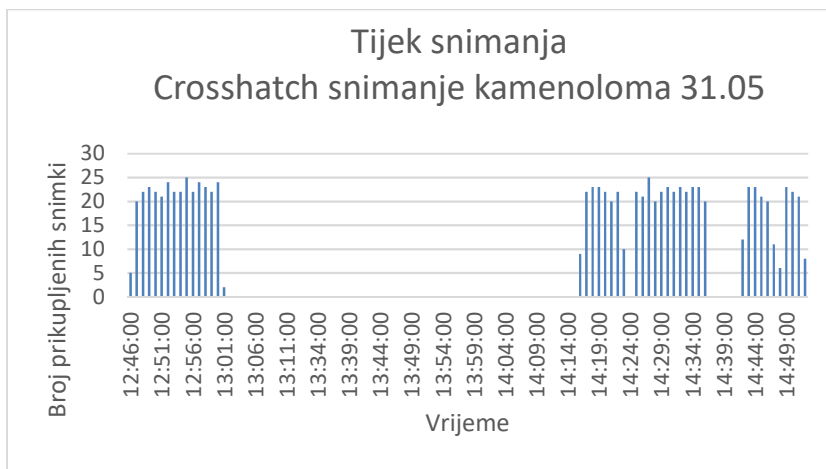


Slika 21. Usporedba pozicije snimljenih fotografija

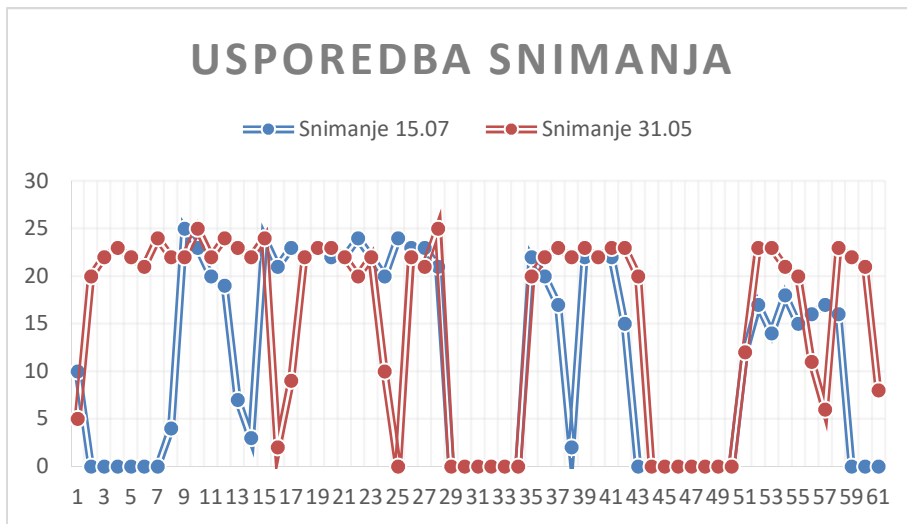
Na slici 21. prikazana je usporedba učitanih fotografija crosshatch snimanja kamenoloma 15. srpnja (lijevo) i 11. studenog (desno). Iz ove slike vidi se da kod snimanja u drugom terminu fali više od pola snimki koje je dron trebao snimiti leteći u smjeru istok-zapad. Moguća su dva uzroka ne postojanja snimki. Prvi uzrok je jednostavan, moguće je da se tijekom prebacivanja snimki s SD kartice drona nisu prebacile sve snimke, a druga mogućnost je ta da sama letjelica iz nekog razloga te snimke nije snimila. Na grafovima 2 i 3 prikazan je broj prikupljenih snimki u svakoj minuti leta. Kao ispravni graf uzet ćemo graf 3. na kojem je prikazan let obavljen 31.5. Na tom grafu jasno se vide dvije „rupe“ u prikupljanju podataka koje predstavljaju vrijeme potrebno za zamjenu baterija (prva veća zbog pauze uzrokovane miniranjem). Uz to može se primijetiti da dron u minuti leta prosječno snimi između 20 i 25 snimki uz par iznimki koje predstavljaju minutu prije i poslije mijenjanja baterija i razdoblja u kojima dron mora preći najveću udaljenosti između dvije snimke. Na grafu 4. su prikazani podatci oba snimanja s time da je vrijeme mijenjanja baterija namješteno na isto trajanje. Iz tih podataka možemo primijetiti razliku, kod početka snimanja 31.5 dron odmah počinje prikupljati oko 25 snimki po minuti dok kod drugog snimanja kreće s 10 te neko vrijeme pada na 0. Nakon 7 minuta leta broj snimki se penje na oko 25. U prvom dijelu snimanja oba termina imaju pad u prikupljanju snimki između 13. i 17. minute, ali za razliku od snimanja 31.05. koje do promijene baterije zadržava ritam od 20 do 25 snimki po minuti, kod snimanja 17.07 vidljiv je još jedan pad. U vremenu nakon promijene prve baterije kod prvog termina snimanja konstantno je prikupljanje 20-25 snimki po minuti dok se kod drugog snimanja tempo snimanja u nekim trenucima približi tim razinama ali ipak ima padove u broju prikupljenih snimki. U zadnjem dijelu snimanja može se vidjeti da prvi termin snimanja ima veći broj prikupljenih snimki u skoro svakoj minuti snimanja.



Graf 2. Tijek crosshatch snimanja kamenoloma 15.07.



Graf 3. Tijek crosshatch snimanja kamenoloma 31.05.



Graf 4. Usporedba snimanja

Uz samu usporedbu prikupljanja snimki kroz let pregledane su i datoteke sa snimkama. Dron kada prikuplja snimke svakoj fotografiji dodijeli naziv po formatu DJI\_broj , broj koji pridodaje nalazi se u rasponu od 0001 do 0999. Kada broj prikupljenih snimki pređe 999 broj u nazivu snimke ponovno kreće od 1. Sve snimke prikupljene dana 15.7. sortirane su po vremenu stvaranja te je utvrđeno da nema rupa u imenima snimki što dovodi do zaključka da su sve snimke uredno prebačene sa SD kartice te da je uzrok manjka snimki greška u softveru drona. Ta pogreška možda je uzrokovala i probleme kod prvog pokušaja vertikalnog snimanja.

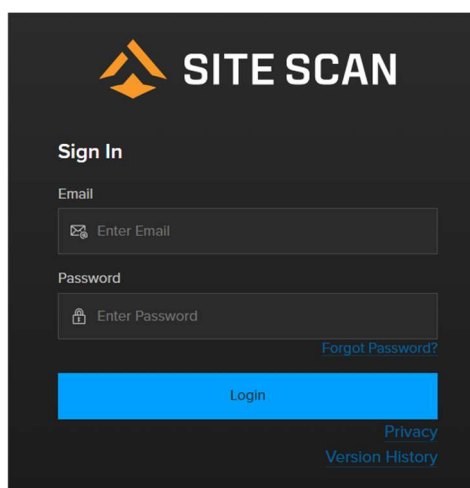
## 8.OBRADA

### 8.1 Korišteni softveri

Za obradu prikupljenih snimki koristiti će se dva softvera, SiteScan i Drone2Map. Prva evidentna razlika ovih programa je to što je SiteScan Manager online aplikacija, a Drone2Map desktop aplikacija. To znači da za obradu podataka Drone2Map koristi resurse stolnog računala (8 GB RAM-a) na kojem se podatci obrađuju dok SiteScan podatke obrađuje na serveru (41 GB RAM-a).

### 8.2 SiteScan Manager

SiteScan Manager je Esri-eva web aplikacija koja se koristi za obradu snimki prikupljenih dronom. Sadrži mnoge opcije koje pojednostavljuju rad s podacima i rad u grupi, kao što su naredbe za brzo dijeljenje rezultata obrade s klijentima i kolegama, mogućnost za obradu podataka i izvlačenje korisnih informacija iz rezultata kao što su udaljenosti, površine i volumeni. Prednost ovog programa je u tome što se to sve uz planiranje i izvođenje leta (SiteScan Flight App) može dobiti unutar SiteScan paketa bez korištenja trećih aplikacija (Url 5.). Sama aplikacija nalazi se na adresi [sitemanager.arcgis.com](https://sitemanager.arcgis.com) te je za rad potrebno identificirati se e-mail adresom i lozinkom (Slika 22.). Potom se otvara glavni izbornik (Slika 23). Na lijevoj stran ekrana nalazi se logo programa koji ujedno i „Home“ tipka. Ispod loga nalaze se izbornici „Projects“, „Team members“ i „Fleet Management“. Odmah do njih vidimo i sve projekte (isti popis dobili bi i klikom na „All Projects“). Većinu početnog ekrana zauzima karta svijeta na kojoj su prikazane lokacije projekata. Klikom na „Team members“ dobivamo uvid u sve članove organizacije s kojima možemo dijeliti projekte te koju vrstu licence imaju.



Slika 22. SiteScan autentifikacija



Slika 23. Glavni izbornik-SiteScan Manager

U izborniku „Fleet Management“ dobivamo informacije o tome koliko smo ukupno letova obavili, datum, vrijeme, lokaciju i trajanje pojedinog leta. Uz to dobije se i popis letjelica koje smo koristili u svojim projektima te koliko je koji dron proveo vremena u zraku, koliko je letova obavio i tko je bio posljednji pilot. Posebno korisne informacije mogu se dobiti unutar izbornika „Batteries“ (Slika 24.) koji sadrži informacije o svim baterijama koje smo koristili, njihove nazive, serijske brojeve, datum zadnjeg korištenja, ukupni broj i vrijeme korištenja, njihov kapacitet i zadnjeg pilota koji ih je koristio.

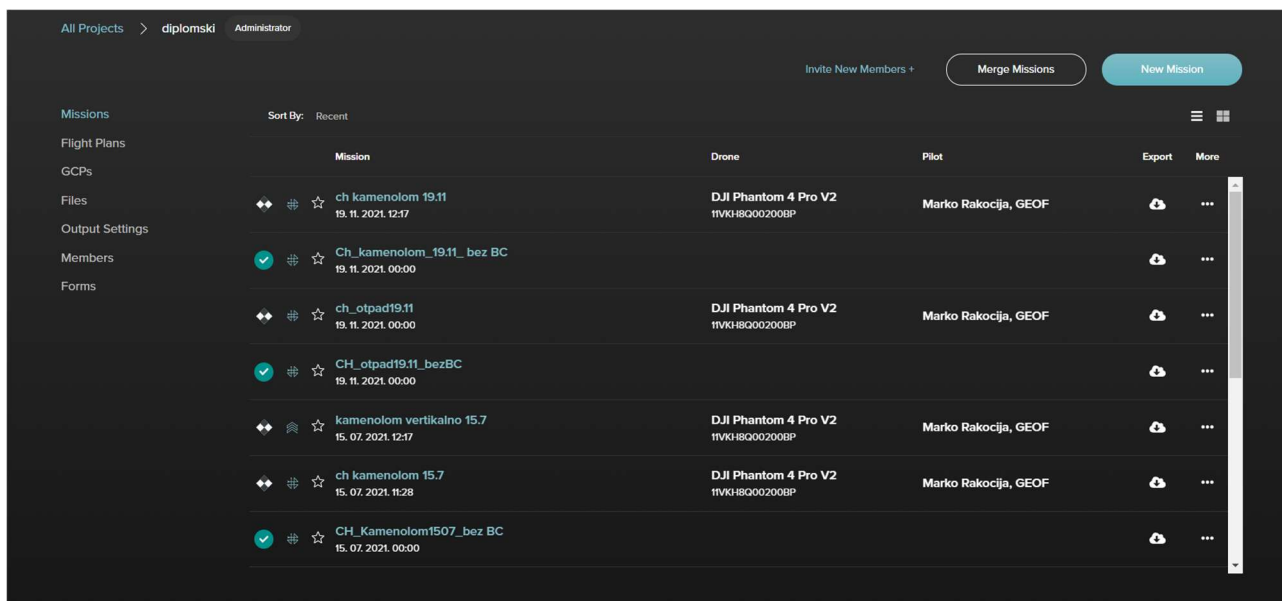
Battery Name	Serial #	Latest Flight	# of Flights	Capacity	Flight Time	Latest Pilot
082ADAC03100GD	082ADAC03100GD	02. 06. 2021.	13	5148 mAh	1 h 16 m	Marija Perić, GEOF
0DQAGC2032037E	0DQAGC2032037E	19. 11. 2021.	8	5478 mAh	1 h 36 m	Marko Rakocija, GEOF
0DQADC703100DD	0DQADC703100DD	15. 07. 2021.	8	5172 mAh	1 h 2 m	Marko Rakocija, GEOF
0DQAH7N03200GH	0DQAH7N03200GH	19. 11. 2021.	7	5786 mAh	1 h 36 m	Marko Rakocija, GEOF
0DQAE13031088R	0DQAE13031088R	15. 07. 2021.	7	5236 mAh	1 h 25 m	Marko Rakocija, GEOF
0DQAE7U03200NH	0DQAE7U03200NH	19. 11. 2021.	6	5722 mAh	1 h 57 m	Marko Rakocija, GEOF
082AD7I0310BXU	082AD7I0310BXU	15. 07. 2021.	5	5012 mAh	45 m	Marko Rakocija, GEOF
082AD7I0310C5G	082AD7I0310C5G	02. 06. 2021.	4	4988 mAh	1 h 1 m	Marija Perić, GEOF
0DQAE7X03202NA	0DQAE7X03202NA	16. 12. 2020.	2	5304 mAh	7 m	Mateo Brešić, GEOF

Slika 24. Informacije o baterijama

Prednost SiteScan Managera je što nema potrebe za kreiranjem projekata već se u izborniku automatski kreira projekt kada se obavi let. Na slici 25. može se vidjeti izbornik projekti. Na centralnom dijelu vidi se popis projekata odnosno misija, njihov naziv, dron koji je korišten za snimanje te pilot koji je obavio snimanje. Ako misija nema naziv drona i pilota to znači da on nije



kreirana automatski već ručno putem naredbe „New Mission“. Ta se naredba koristi za stvaranje misija, unutar naredbe potrebno je definirati ime misije, tip leta koji je korišten za prikupljanje podataka te datum letenja. Na lijevoj strani nalaze se podizbornici „Flight plans“, „GCPs“, „Files“, „Output Settings“, „Members“ i „Forms“. U podizborniku „Flight plans“ kreiraju se planovi leta. Za razliku od SiteScan mobilne aplikacije u web aplikaciji moguće je stvoriti samo planove leta koji koriste uzorke leta „Areal“, „Crosshatch“ i „Inspect Mod“. Podizbornik „GCPs“ koristi se za dodavanje i rad s kontrolnim točkama, u podizborniku „Files“ dodaju se podloge za projekte, „Output Settings“ definira koji parametri obrade će biti automatski odabrani, „Members“ daje pregled osoba koje mogu vidjeti ili uređivati vaš projekt, a u podizborniku „Forms“ je moguće dodati dokumente potrebne za letenje.



Slika25. Izbornik projekti

Odabirom jednog od projekata iz izbornika (Slika 25) otvara se sučelje za pregled i rad s podacima tog leta (Slika 26.). U lijevom gornjem uglu nalazi se naziv projekta, a ispod naziva proizvodi nastali obradom podataka (2D, oblak točaka i mesh) i način prikaza „timeline“ koji se koristi za usporedbu ortomozaika dva leta. Naredbe „Ground Control Points“, „Photos“ i Ortomozaik koriste se za prikaz položaja kontrolnih točaka, položaja fotografija i ortomozaika. U nalaze se svi rezultati obrade koji su vezani uz visinu, a to su izohipse, model visina, „CutFill“ i „Hillshade“. Prvi korak u prikazu tih rezultata je definiranje hoće li oni biti generirani na DSM-u ili DTM-u. Kod prikaza izohipsi može se definirati manja i veća ekvidistanca što rezultira s dva seta izohipsi na prikazu. Od parametara modela terena moguće je definirati raspon visina prikaza te odabrati jednu od ponuđenih paleta boja prikaza (Greys, Turbo, Inferno). „Cut Fill“ je alat za analizu trodimenzionalnih rasterskih podataka. Analiza s provodi tako da se raster „izreže“ horizontalno ravninom neke nadmorske visine. Sva područja iznad ravnine imaju pozitivne vrijednosti i smatraju se „cut“ vrijednostima, a sva udubljena područja ispod ravnine se označavaju sa „fill“ i imaju negativne vrijednosti. Site Scan nudi mogućost postavke tolerancije odnosno prva vrijednost je cut, a druga fill. Također se za presjek rastera može koristiti i model terena drugog projekta. Aktivacijom opcije „grid“ vrijednosti CutFill-a prikazuju se unutar mreže kvadrata (Url 3.). „Hillshade“ je alat za prikaz 3D površine u sivim tonskim vrijednostima s tim da se za sjenčanje terena uzima u obzir položaj Sunca (url Url 4.). Položaj sunca određuje se parametrima „Sun altitude“ koji se nalazi u rasponu od 0° (Sunce na horizontu) do 90° (Sunce u zenitu) i „Sun Azimuth“ čije se vrijednosti nalaze u rasponu od 0° do 360° (0° Sunce na sjeveru, 90° Sunce na istoku itd.).



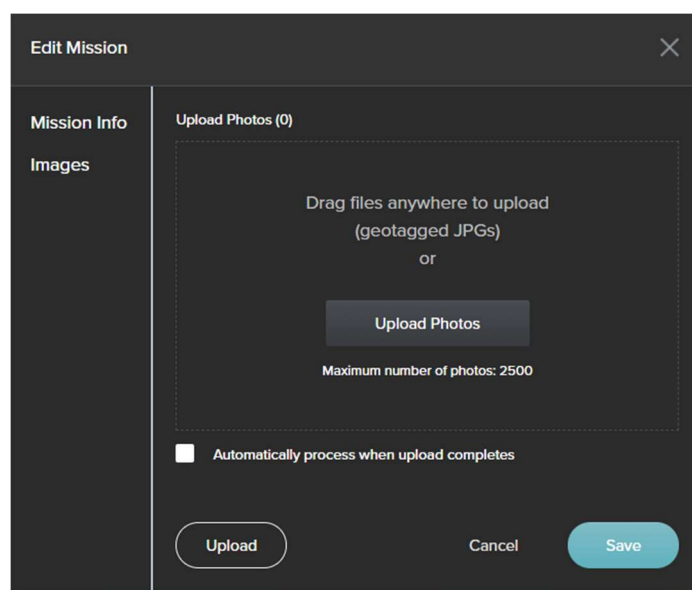
Slika 26. Sučelje s podacima leta

U donjem lijevom uglu sučelja projekta (Slika 26.) nalaze se naredba za dodavanje fotografija, postavke obrade, naredba za izvoz podataka, izvoz podataka u ArcGis i dijeljenje. Ortomozaik, DSM i DTM moguće je spremi u .tiff formatu. Taj format prikladan je za pregled i rad s podacima u Google Earth Pro, ArcGIS, QGIS, AutoCAD Civil 3D, Infraworks i drugim GIS programima (URL 5). Izohipse je moguće izvesti u formatima .dxf i .shp.zip.. Oblak točaka izvozi se u .las.zip ili .zlas formatu. LAS je „open source“ format koji sadrži velik broj informacija o oblaku točaka kao što su koordinate točke, visina RGB vrijednost, kut pod kojim je snimljena točka itd. samim time ovaj format može zauzimati dosta memorije (URL 6.). ZLAS je komprimirani LAS format u vlasništvu ESRI-a. Još je moguće izvesti podatke „mesha“ u .slpk formatu, izvješće o obradi u PDF-u, fotografije te mjerenja u formatima .shp.zip, .json i .dxf.

U desnom gornjem uglu sučelja projekta (Slika 26. ) nalaze se naredbe za rad s prikazom i izvođenje mjerenja nad rezultatima obrade. Naredba za izbor podloge projekta, za povećavanje i smanjivanje prikaza. Alati dostupni za rad u 2D prikazu su „Line tool“, „Volume tool“, „Marker tool“, „Counter tool“ i „Photo inspect tool“. „Line tool“ koristi se za mjerenje udaljenosti, „Volume tool“ za mjerenje volumena, „Marker tool“ za dobivanje koordinata točke, „Counter tool“ koristi se za označavanje objekata, kao pomoć pri brojenju, klikom na neku točku pomoću „Photo inspect tool“ prikazuju se sve fotografije na kojima je ta točka vidljiva. Za obavljanje mjerenja na oblaku točaka dostupni su isti alati kao i kod 2D prikaza uz dodatak alata za izradu profila, mjerenja kuta i mjerenja visine. Izgled oblaka točaka može se mijenjati određivanjem broja i veličine točaka u oblaku. U izborniku „Mesh“ nije moguće obavljati mjerenja već se on samo koristi za pregled 3D modela.

### 8.2.1 Obrada u SiteScan Manager-u

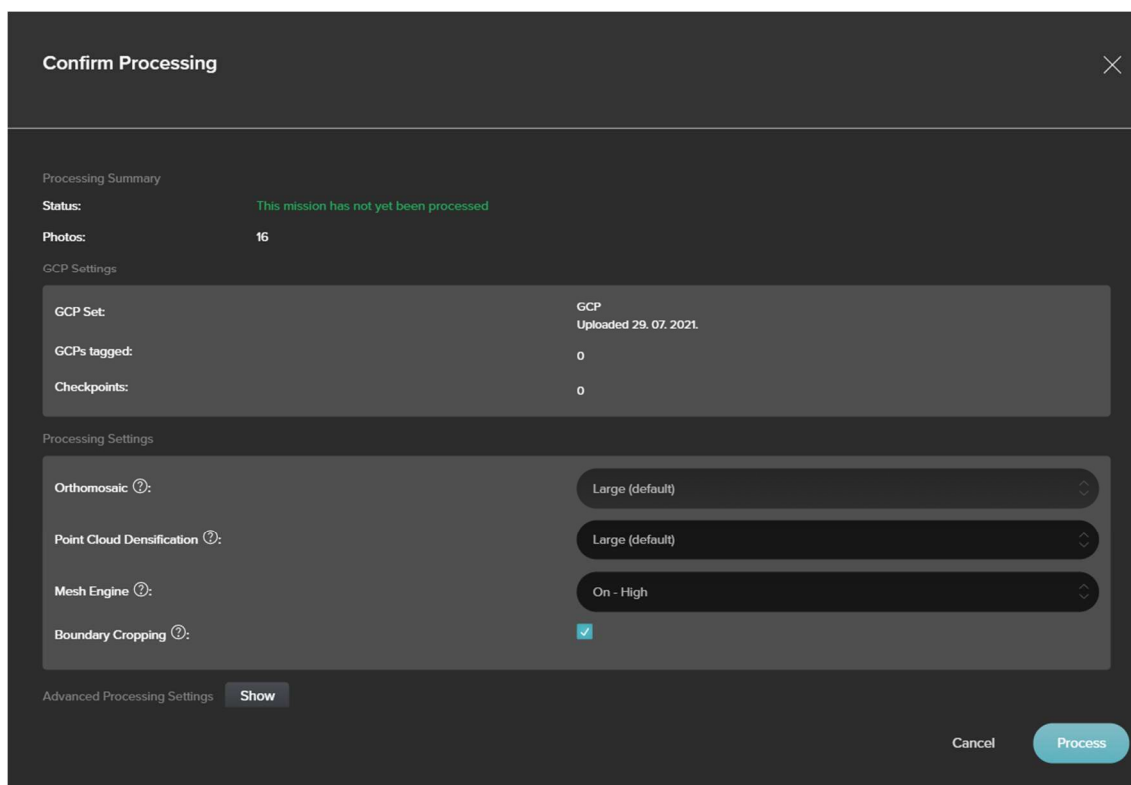
Obrada podataka u SiteScan manager-u započinje dodavanjem kontrolnih točaka (GCP) u projekt. Kontrolne točke se u projekt dodaju u izborniku „GCPs“ klikom na „Upload GCP set“. U dijaloškom okviru koji se potom otvori potrebno je dodijeliti ime setu kontrolnih točaka, odrediti u kojem se koordinatnom sustavu nalaze (HTRS96 TM), koji je vertikalni datum (EGM 96 Geoid) te učitati .txt ili .csv datoteku s podacima. U isti projekt moguće učitati više različitih setova kontrolnih točaka koji će se koristiti odvojeno ovisno o misiji koja se obrađuje, ali za obradu podataka snimljenih u kamenolomu Ljubeščica dovoljan je bio jedan set. Kao i kod Drone2Mapa obrada podataka svakog leta obavljala se odvojeno, s istim parametrima obrade. Jedina razlika kod obrade crosshatch i vertikalnog snimanja kamenoloma te crosshatch snimanja otpada bio je broj korištenih kontrolnih točaka. Nakon dodavanja GCP-a bilo je potrebno dodati snimke. Snimke se dodaju klikom na ikonu + koja se nalazi u lijevom donjem uglu sučelja s podacima leta (Slika 26.). Na slici 27. nalazi se dijaloški okvir za dodavanje snimki, vidimo da je moguće odabrati opciju automatskog početka obrade prilikom učitavanja snimki. Ta opcija nije odabrana kako bi se pažljivije prošli parametri obrade prije samog početka.



Slika 27. Dijaloški okvir za dodavanje snimki

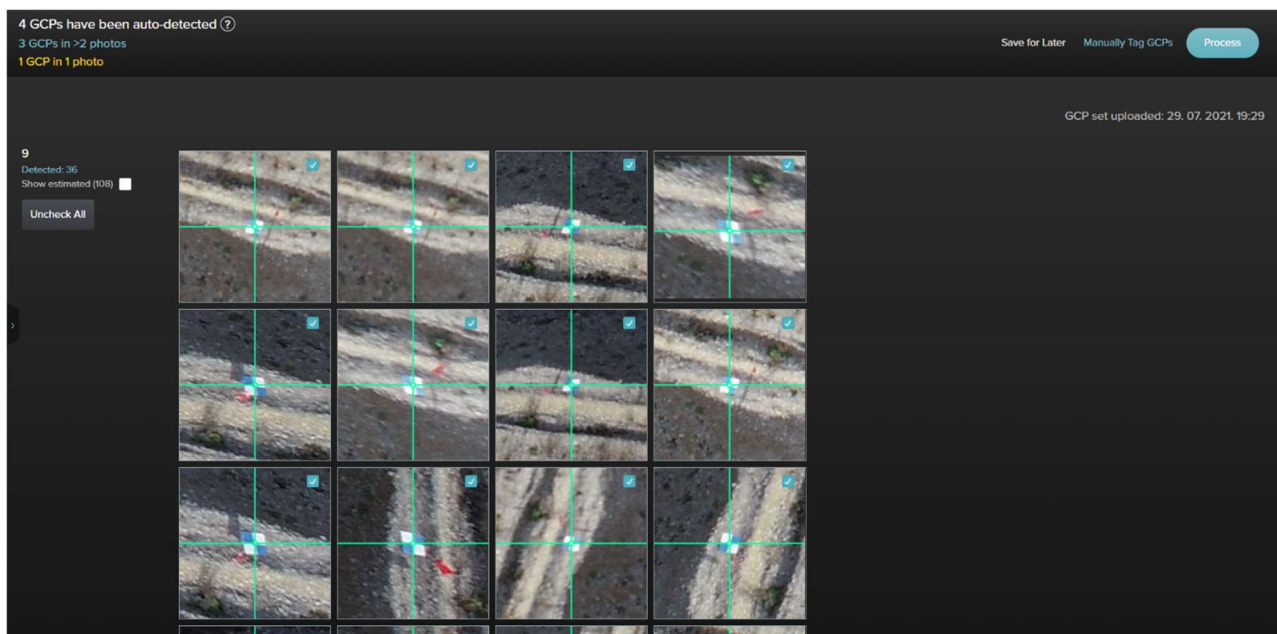
Nakon dodavanja snimki potrebno je u izborniku „Process“ odrediti parametre obrade (Slika 28). Na vrhu dijaloškog okvira u dijelovima „Processing Summary“ i „GCP Settings“ dobivaju se informacija jeli misija već obrađena (ako je , kada je obrada obavljena), koliko je snimki učitano, koji set kontrolnih točaka se koristi i jesu li one georeferencirane. Za izradu ortomozaika potrebno je odrediti željenu rezoluciju. Ponuđene su tri opcije „Large“, „Medium“ i „Small“. „Large“ vrijednost je automatski postavljena i znači da će ortomozaik biti izrađen u maksimalnoj rezoluciji koju je moguće dobiti iz korištenih podataka, „Medium“ daje pola, a „Small“ četvrtinu maksimalne rezolucije. U izborniku „Point Cloud Densification“ određuje se veličina snimki iz kojih će se stvarati dodatne 3D točke. Ponuđene opcije su „Extra Large“ (koriste se snimke izvorne veličine, dulje vrijeme obrade), „Large“ (koriste se snimke upola sitnijeg mjerila od izvornog), „Small“ (snimke u mjerilu 1/4 x izvorno mjerilo) i „Extra Small“ (snimke u mjerilu 1/8 x izvorno mjerilo). Opcija „Mesh Engine“ određuje hoće li se izrađivati 3D model i koji algoritmi će se koristiti za njegovu izradu. Ponuđene su opcije „On-Medium“ i „On-high“ koje koriste ESRI SURE algoritme te „On-Autodesk Recap Engine“ koja koristi Autodesk algoritme. „Boundary Cropping“ koristi se kada je let obavljen pomoću SiteScan Flight aplikacije, a svrha joj je izrezivanje krajnjeg proizvoda na granice plana leta. Za obradu podataka ovog diplomskog rada odabrana je opcija „Large“ kod izrade ortomozaika i

progušćivanja oblaka točaka, za izradu 3D modela odabran je opcija „On-High“ i aktivirano je izrezivanje. Kod naprednih parametara obrade postavke se nisu mijenjale. Nakon što su odabrani parametri sama obrada može započeti.



Slika 28. Parametri obrade SiteScan

SiteScan ima opciju automatske detekcije kontrolnih točaka. Nakon što se detekcija obavi korisnik putem e-maila dobiva obavijest koliko je kontrolnih točaka detektirano i daje mu se mogućnost pregleda detektiranih točaka. Pregled točaka može se obaviti i nakon završetka obrade. To se radi na način da se u 2D prikazu podataka u izborniku „Ground Control Points“ odabere „Review GCPs“. Potom se otvara sučelje s automatski detektiranim točkama i slikama na kojima se one nalaze (Slika 29.). Ako je na nekoj snimci detektirano nešto što nije kontrolna točka tu snimku je potrebno ukloniti iz popisa. Postoji i mogućnost ručnog detektiranja kontrolnih točaka, to se obavlja klikom na „Manually Tag GCPs“. Automatska detekcija puno je bolja opcija od ručne iz razloga što se svaka kontrolna točka detektira na puno većem broju snimki nego što bi to bilo napravljeno ručno. Zbog toga je i sam konačan proizvod bolje georeferenciran. U Tablici 5. prikazano je koliko je kontrolnih točaka korišteno prilikom obrade pojedinih letova. Obrada podataka trajala je oko 6 sati, po završetku obrade SiteScan korisniku na e-mail šalje obavijest.



Slika 29. Sučelje s automatski detektiranim kontrolnim točkama

Tablica 5. Broj kontrolnih točaka

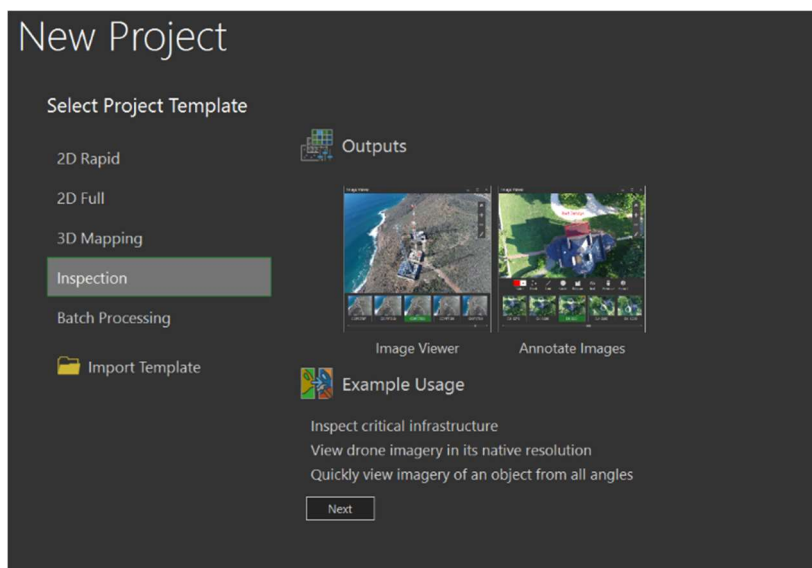
SNIMANJE	DATUM	BROJ GCP-A
Crosshatch Kamenolom	31.05	6
	15.07	5
	19.11	4
Crosshatch Otpad	31.05	3
	15.07	3
	19.11	3
Vertikalno kamenolom	31.05	3
	15.07	4



### 8.3 Drone2Map

Drone2Map je ESRI-eva samostalna aplikacija za obradu snimki prikupljenih bespilotnim letjelicama. Napravljena je s ciljem da se što više pojednostavi obrada snimki unutar ArcGis Drone2Map je desktop aplikacija koja se koristi za pretvaranje „sirovih“ i neobrađenih snimki prikupljenih dronom u set vrlo korisnih podataka koji se mogu koristiti za daljnju analizu u ArcGisu ili u samom Drone2Mapu. Sam backend odnosno „motor“ ovog programa baziran je na Pix4D-u. Za razliku od SiteScana Drone2Map je desktop aplikacija što znači da kvaliteta i vrijeme potrebno za obradu podataka ovisi o tehničkim specifikacijama računala na kojem se provodi. Zbog toga je moguće da se obrada visoke rezolucije ili velikog broja snimki na visokoj možda neće moći provesti ako računalo ne zadovoljava minimalne uvijete za istu.

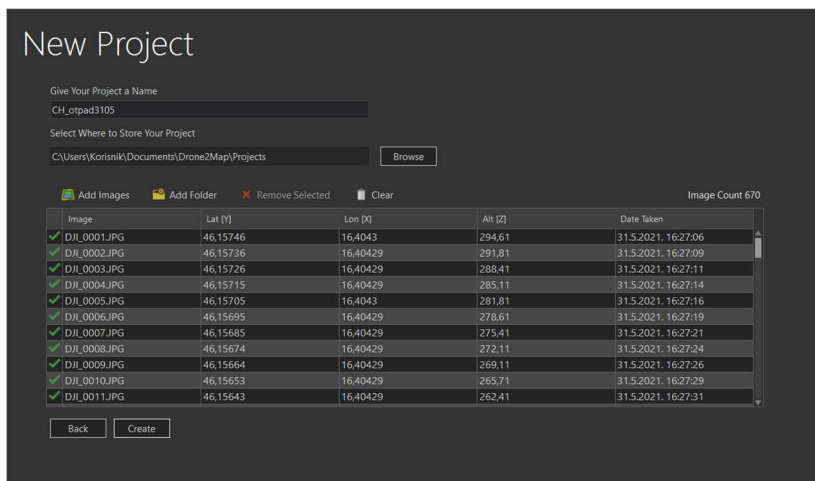
Rad u Drone2Mapu započinje odabirom jednog od ponuđenih predložaka projekta (Slika 30.). Ponuđeni su 2D Rapid, 2D Full, 3D mapping, Inspection i Batch processing. 2D Rapid predložak koristi se za izradu ortomozaika, DSM-a i DTM-a. DSM ( Digital Surface Model ) i DTM ( Digital Terrain Model) su digitalni modeli terena jedina razlika je u tome što su na DSM-u prikazani i izgrađeni objekti dok su na DTM-u softverski uklonjeni svi izgrađeni objekti te on predstavlja голу površinu bez terena. Ovaj oblik projekta koristi se za brzu izradu ortomozaika niske rezolucije kako bi se provjerilo da li je snimanje obavljeno uspješno. 2D Full je zapravo nadograđeni 2D Rapid, produkti obrade su isti samo što ovaj predložak daje punu slobodu kod odabira opcija obrade podataka što rezultira proizvodima maksimalne rezolucije koji su spremni za daljnje korištenje unutar ArcGis aplikacija. 3D mapping predložak koristi se za izradu 3D proizvoda iz prikupljenih snimki, a ti proizvodi uključuju 3D oblak točaka, 3D teksturirane modele i 3D PDF. Rezultati obrade u ovom predlošku rada spremni su za daljnje korištenje, vizualizaciju i analizu u Arcgisu. Inspection predložak koristi se za pregledavanje snimki u njihovom originalnom obliku te nudi uređivanje tih snimki dodavanjem teksta, linija, isticanje bitnih detalja zaokruživanjem i slično. Batch processing omogućava obradu više vrsta projekata jednog za drugim s opcijom dodjeljivanja prioriteta pojedinoj obradi.



Slika30. Sučelje s ponuđenim predlošcima projekata

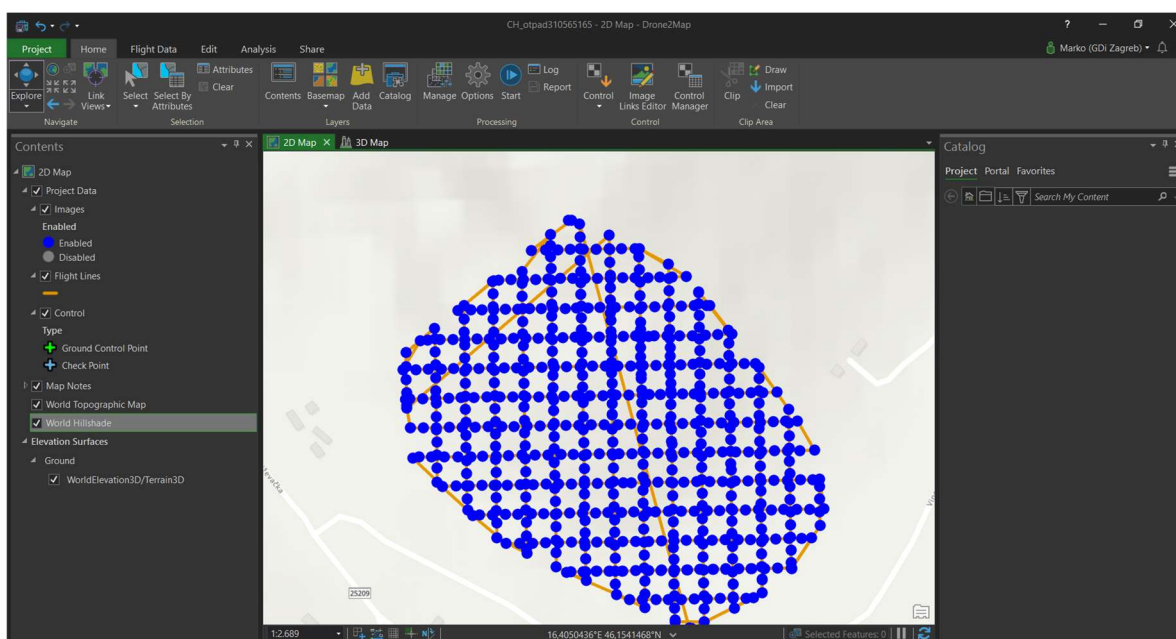
Za izradu ovog diplomskog rada odabran je predložak 3D mapping iz razloga što je u njemu moguće uz 3D proizvode dobiti i proizvode 2D obrade.

Idući korak u obradi podataka je dodjeljivanje imena projektu, definiranje lokacije na kojoj će biti spremljen te učitavanje snimki (Slika 31.). Kada se snimke učitaju u tablici se prikazu geografska dužina i širina te visina na kojoj se dron nalazio prilikom snimanja pojedine fotografije. Uz to vidljiv je ukupan broj učitanih fotografija te vrijeme kada je koja nastala.



Slika 31. Učitavanje snimki.

Nakon stvaranja projekta snimke se učitavaju u Dron2Map te se otvara glavno sučelje programa u kojem se obavlja obrada. Na centralnom dijelu sučelja program automatski iscrtava linije leta i pozicije s kojih su fotografije snimljene (Slika 32.).



Slika 32. Središnje sučelje Drone2Map

S lijeve strane u izborniku „Contents“ moguće je kontrolirati koji slojevi će biti prikazani na glavnom izborniku. Na vrhu samog sučelja postoji 6 izbornika s naredbama. U izborniku „Project“ mogu se pronaći osnovne naredbe poput spremi, spremi kao, novi projekt, otvori postojeći projekt. Uz to u ovom izborniku mogu se pronaći osnovne informacije o programu, dodijeljenoj licenci te postavke samog Drone2Mapa. Sljedeći po redu je izbornik „Home“. Naredbe u tom izborniku podijeljene su u



šest potkategorija, „Navigate“, „Selection“, „Layers“, „Processing“, „Control“ i „Clip Area“. U grupi naredbi „Navigate“, nalaze se naredbe koje se koriste za pomicanje kroz 2D ili 3D prikaz podataka, „Selection“ sadrži grubu naredbi za selektiranje podataka bilo po atributima ili klikom miša. U grupi naredbi „Layers“ nalaze se naredbe „Contents“, „Basemap“, „Add data“ i „Layers“ te naredbe se koriste za paljenje i gašenje vidljivih slojeva i određivanje željene podloge prikaza. U grupi „Processing“ nalaze se sve naredbe koje se koriste za samu obradu podataka. Pomoću naredbe „Options“ definiraju se svi parametri obrade i koje je rezultate obradom potrebno dobiti. U grupi naredbi „Control“ nalaze se sve naredbe za rad s kontrolnim točkama na primjer naredbe za učitavanje, brisanje ili izvoz kontrolnih točaka te naredba „Image Links Editor“ pomoću koje se podatci kontrolnih točaka spajaju sa snimkama. U izborniku „Flight data“ nalaze se naredbe za dodavanje ili brisanje snimki, tablica svih snimki te naredbe koje daju uvid u karakteristike korištene kamere i u podatke GPS-a letjelice. U izborniku „Edit“ nalaze se naredbe za rad s ortomozaikom. Izbornik „Analysis“ sadrži alate za analize podataka kao što je izračun površine, volumena, izračun udaljenosti, izradu profila uz to tu je i naredba za transfer projekta u ArcGis te naredba za dobivanje informacija (lokacija, RGB vrijednosti) o svakom pikselu. U grupi naredbi „Share“ nalaze se alati za dijeljenje podataka unutar organizacije.

### 8.3.1 Obrada podataka u Drone2Map-u

Za obradu podataka u Drone2Map-u korišteno je prijenosno računalo Lenovo Ideapad Gaming 3 karakteristika vidljivih u tablici broj 6. Kao i kod SiteScana svaki let biti će obrađen zasebno. Obrada podataka u Drone2Map-u započinje odabirom predloška projekta 3DMapping, dodjeljivanjem imena projektu te učitavanjem snimki. Nakon učitavanje snimki idući korak bio je učitavanje kontrolnih točaka (Tablica 7.). Kontrolne točke se učitavaju tako da se iz izbornika „Control“ odabere „Import control“, potom se definira vrsta datoteke u kojoj se nalaze koordinate kontrolnih točaka (u mom slučaju csv ili tekstualna datoteka).

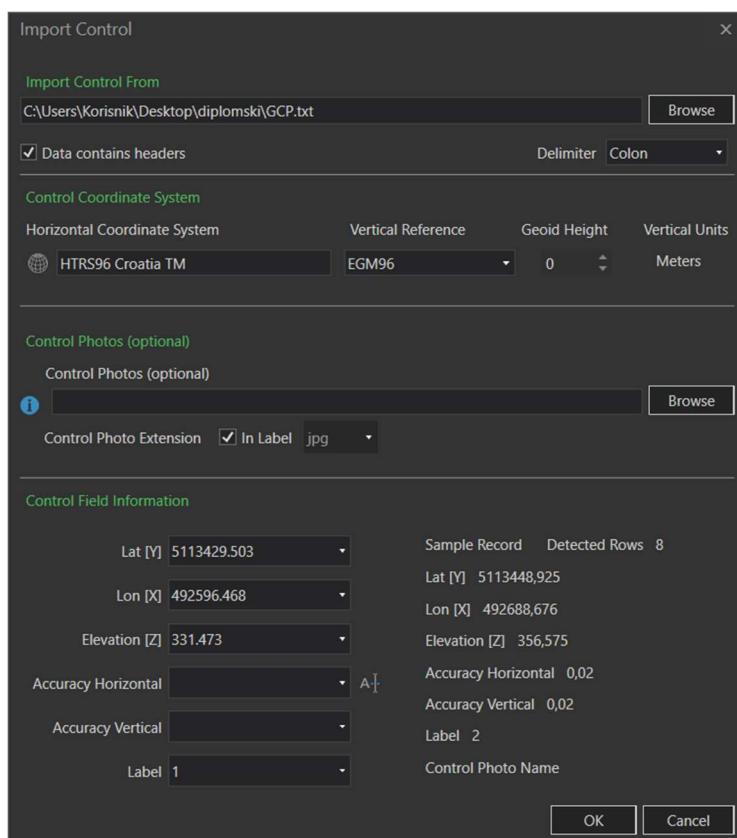
Tablica 6. Karakteristike korištenog računala

Procesor	Intel®Core™i5-10300H CPU@2.50GHz
RAM	8 GB
Operacijski sustav	Windows 10
Vrsta sustava	64-bitni
Grafička kartica	NVIDIA GeForce GTX 1650

Tablica 7. Koordinate kontrolnih točaka

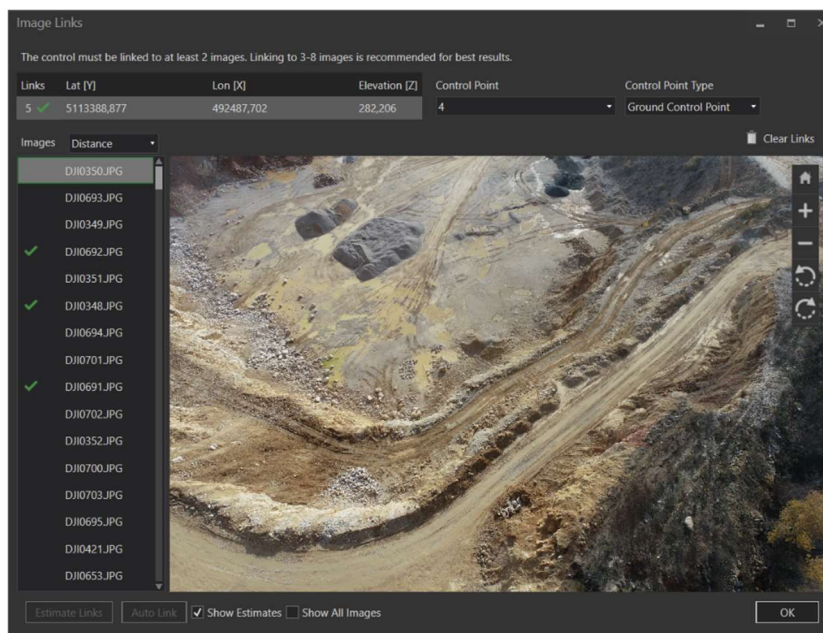
NAZIV TOČKE	E	N	H
2	492688.676	5113448.925	356.575
3	492731.262	5113426.462	371.698
4	492487.702	5113388.877	282.206
5	492416.655	5113178.424	238.259
6	492560.098	5113104.417	229.02
7	492751.989	5112841.978	252.58
8	492680.173	5113032.703	289.768
9	492617.953	5112896.971	228.027

Potom se otvara dijaloški okvir prikazan na slici 33. u kojem je potrebno definirati tekstualnu datoteku u kojoj se nalaze koordinate kontrolnih točaka, odrediti koji znak dijeli stupce ( u mom slučaju točkazarez) te koji stupac predstavlja E koordinatu, N koordinatu , visinu te oznaku točke. Uz to potrebno je definirati u kojem koordinatnom sustavu se nalaze koordinate te u odnosu na koji elipsoid su dane visine.



Slika 33 . Učitavanje kontrolnih točaka

Nakon što su kontrolne točke učitane potrebno ih je povezati sa snimkama. Preporuča se da se svakoj točki pridruži minimalno dvije snimke, a prilikom izrade ovog rada svakoj točki je pridruženo pet snimki. Kako bi se ovaj proces obavio potrebno je u izborniku „Control“ odabrati „Image Links Editor“. Potom se otvara dijaloški okvir sa slike 34. U izborniku „Control Point“ odabiremo kontrolnu točku koju ćemo označavati, s lijeve strane nalazi se lista snimki za koje program smatra da sadrže kontrolnu točku. Ta procjena se temelji na udaljenosti između položaja točke i letjelice u trenutku snimanja pojedine fotografije. Treba naglasiti da Drone2Map nema opciju automatske detekcije kontrolnih točaka kao SiteScan.



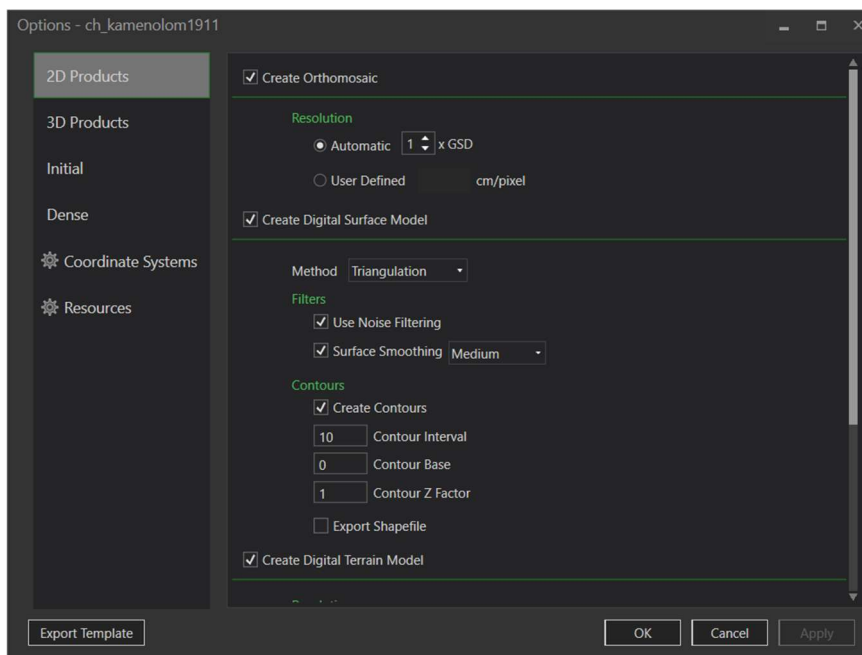
Slika 34. Povezivanje GCP-a i snimki

U tablici 8. vidljiv je broj korištenih kontrolnih točaka po pojedinom snimanju. Kod crosshatch snimanja kamenoloma 15.07. nedostatak točke 6 nadoknađen je dodavanjem kontrolne točke broj 9. Broj korištenih kontrolnih točaka prilikom obrade podataka snimanja 19.11 smanjio se zbog nedostatka točaka 3 i 2 iz već navedenih razloga. Kod crosshatch snimanja otpada u prvom snimanju je korištena jedna kontrolna točka više, a to je kontrolna točka broj 6.

Tablica 8. Broj kontrolnih točaka po pojedinom snimanju

SNIMANJE	DATUM	BROJ GCP-A
Crosshatch Kamenolom	31.05	6
	15.07	6
	19.11	4
Crosshatch Otpad	31.05	4
	15.07	3
	19.11	3
Vertikalno	31.05	4

Nakon što je obavljeno označavanje kontrolnih točaka potrebno je definirati parametre obrade podataka, to se napravi pomoću naredbe „Options“ iz grupe naredbi „Processing“. Nakon odabira te naredbe otvara se dijaloški okvir sa svim postavkama obrade (Slika 35.).

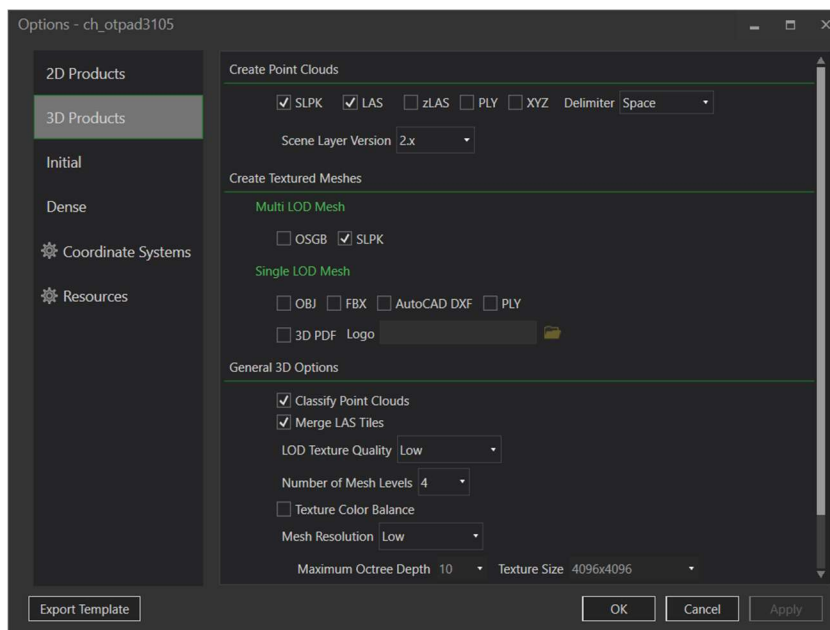


Slika 35. Dijaloški okvir- Options

Iz razloga što smo pri odabiru predloška projekta odabrali 3D mapping, izrada 2D proizvoda (ortomozaik, DSM i DTM) neće biti automatski odabrana već je to potrebno ručno napraviti. Za rezoluciju ortomozaika odabrana je automatska odnosno 1xGSD. Što znači da će se rezolucija krajnjeg proizvoda biti ista kao i rezolucija učitanih snimki. Za izradu DSM-a i DTM-a ponuđene su dvije opcije interpolacije, triangulacija i inverse distance (IDW). Inverse distance odnosno inverzna udaljenost je metoda interpolacije točaka kod koje je utjecaj vrijednosti svake točke obratno je proporcionalan njezinoj udaljenosti od lokacije na kojoj se procjenjuje vrijednost (T.Malvić,D.Vrbanac, Geomatički riječnik). Prednost triangulacije je u tome što može biti i do deset puta brža od IDW-a, ali rezultati mogu biti lošiji odnosno površine može biti ispasti manje glatka i imati nazubljen izgled (Url 1.). Kod obrade crosshatch snimanja kamenoloma odabrana je triangulacija iz razloga što nije bilo moguće obraditi podatke s IDW-om zbog manjka memorije. Kod obrade ostalih snimanja korišten je IDW. Odabrano je i korištenje filtera, oni se koriste za izgladivanje površine proguščenog oblaka točaka. Kod kreiranja oblaka točaka može doći do pojave da pojedine točke iskaču iz ravnine ostalih točaka, da bi se to izbjeglo koristi se „noise filtering“ koji takvim točkama dodjeljuje srednju visinu susjednih točaka. Korištenje ovog filtera može dovesti do pojave malih pogrešnih skokova na terenu. Da bi se to izbjeglo koristi se „Surface Smoothing“. Kod ovog filtera nude se tri opcije „Smooth“, „Medium“ i „Sharp“. Ako se odabere „Smooth“, softver pretpostavlja da su oštri dijelovi terena nastali zbog šuma u podacima te takve djelove izravnava, „Sharp“ zadržava oštre karakteristike terena ili objekata kao što su rubovi zgrade, a izravnava samo jednoličan teren. „Medium“ je kompromis između prethodna dva navedena načina, pokušava zadržati oštre rubove dok izravnava samo jednoličan teren. Kod stvaranja DSM-a još je moguće kreirati slojnice, potrebno je unijeti željenu ekvidistancu i početnu visinu. Vrijednost parametra „contour Z factor“ definira mjernu jedinicu visine, ako se ostavi 1 to znači da će se prilikom izrade slojnica koristiti mjerne jedinice kojima je definirana visina snimki (u ovom slučaju metri). Ako želimo da slojnice budu u stopama (feet) vrijednost ovog parametra potrebno je postaviti na 0.3048 zato što je

jedna stopa 0.3048 metara . Potrebno je još potvrditi stvaranje DTM, a za rezoluciju je ostavljena automatska vrijednost odnosno 5xGSD.

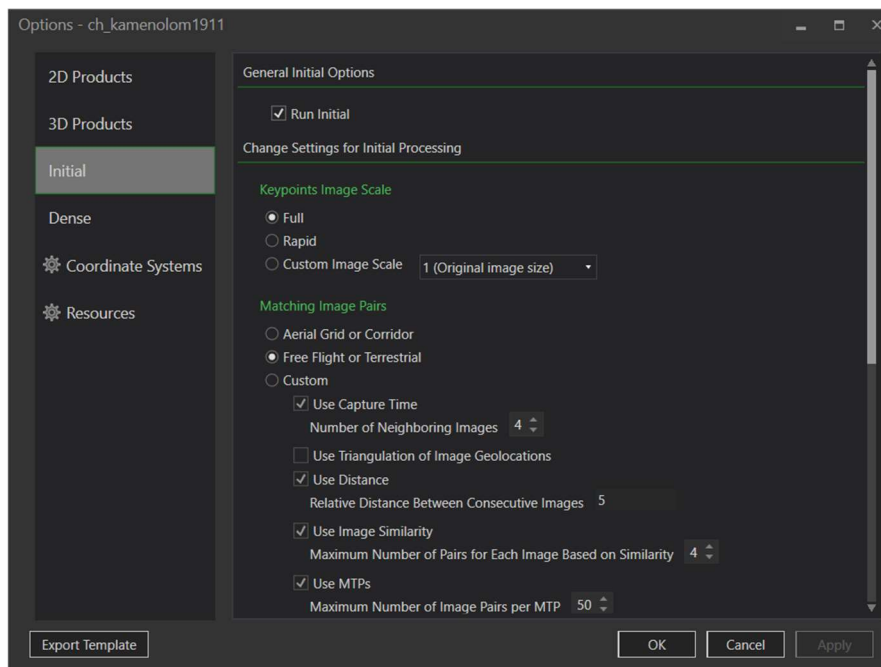
Što se tiče 3D proizvoda oni podrazumijevaju point cloud odnosno oblak točaka i mesh. Oni se stvaraju automatski samo je potrebno definirati parametre obrade (Slika 36.). U dijelu „Create Point Clouds“ definira se vrsta datoteke u kojoj će se spremi oblak točaka. Ponuđene su SLPK koja stvara .slpk datoteku, LAS koja stvara Lidar LAS datoteku s x, y ,z koordinatama i informacijama o boji svake točke u oblaku, zLas format sadrži iste vrijednosti kao i LAS samo što su dobivene optimiziranim Esri Las formatom, PLY stvara PLY datoteku, a XYZ ASCII datoteku s istim podacima kao i LAS. Uz to potrebno je definirati i koji znak će dijeliti podatke u navedenim datotekama. Za kreiranje teksturiranog „mesha“ ponuđene su dvije opcije, „Multi LOD Mesh“ i „Single LOD Mesh“. Zbog toga što „Multi LOD Mesh“ nudi veću razinu detalja odabrana je upravo on, a za format spremanja odabran je SLPK. Izbornik „General 3D Options“ omogućuje odabir željenih izlaznih formata za 3D teksturirani mesh. Odabir opcije „Classify Poin Clouds“ omogućuje klasifikaciju oblaka točaka, ako se oblak točaka sastoji od mnogo točaka kreira se više LAS datoteka, opcija „Merge LAS Tiles“ te datoteke spaja u jednu. U ovom izborniku definira se i rezolucija teksture, ponuđene su vrijednosti Low (512x512), Medium (1024x1024) i high (4096x4096). Kod snimanja kamenolom odabrana je vrijednost low, a kod ostalih snimanja medium. „Number of Mesh Levels“ određuje razinu detalja kreirane teksture. Veći broj razine detalja znači i duže vrijeme obrade stoga je za svako snimanje postavljena vrijednost 4.



Slika 36. Dijaloški okvir 3D products

U izborniku „Initial“ (Slika 37.) definira se kako softver određuje vezne točke i podudarne parove snimki. U ovom izborniku ostavljene su automatski definirane opcije. „Keypoints Image Scale“, određuje na koji način se određuju vezne točke, ponuđene opcije su „Full“, „Rapid“ i „Custom“. Opcija „Full“ koristi snimke u njihovom izvornom mjerilu te daje najbolje rezultate, ali i zahtijeva najduže vrijeme obrade. „Rapid“ se koristi za dobivanje brzih rezultata manje preciznosti, a to se dobiva zato jer ova opcija koristi snimke u sitnijem mjerilu. „Custom“ omogućava ručno definiranje mjerila snimki. „Matching Image Pairs“ određuje koje će snimke biti uparene, ponuđene su opcije „Aerial Grid or Corridor“ ( optimizira parove prikupljene letom u uzorku mreže ili koridora), „Free

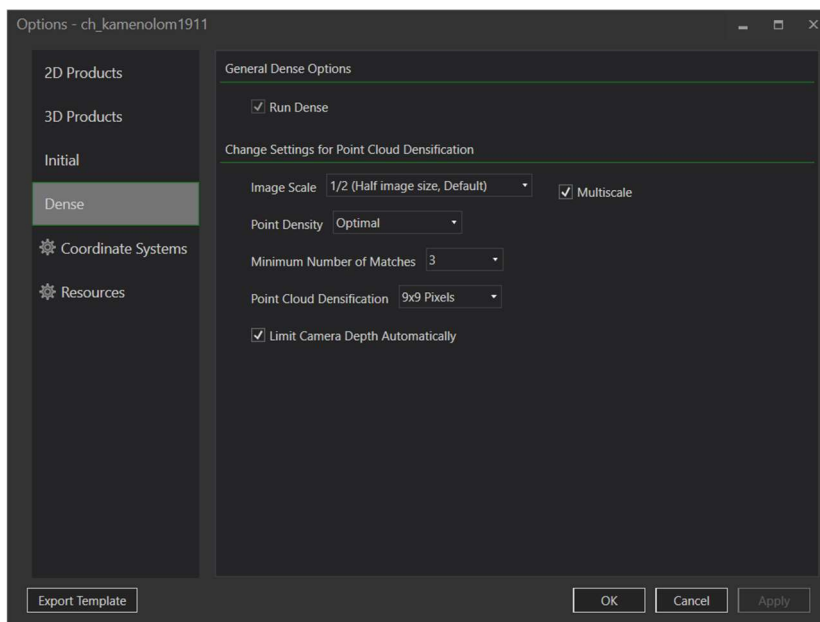
flight or Terrestrial“ (optimizira snimke prikupljene slobodnim letom ili terestričkim snimanjem) i „Custom“ (preporuča se naprednim korisnicima tj. pruža samostalno određivanje parametar). Za broj veznih točaka koje će biti određene odabrano je automatski što znači da će u daljnjoj obradi biti korištene sve vezne točke. Posljednji parametri koje je potrebno definirati su „Camera Optimization“ (određuje koji parametri kamere će se optimizirati) i „Rematch“ (pruža stvaranje dodatnih parova snimki nakon što se obavi početna obrada)



Slika 37. Options-Initial

U izborniku „Dense“ (Slika 38.) određuju se parametri progušćivanja oblaka točaka. „Image Scale“ određuje mjerilo snimki iz kojih će se stvarati dodatne točke. Automatska vrijednost je 1/2 (polovina originalnog mjerila), ako se odabere 1 koristiti će se izvorno mjerilo to rezultira većim brojem točaka, ali zahtijeva četiri puta više RAM-a. Ponuđene su i opcije 1/4 i 1/8 koje stvaraju manje točaka. Ako se odabere „Multiscale“ program će dodatne točke stvoriti iz snimki odabranog mjerila, ali će ih upotrijebiti i s točkama stvorenim iz snimki s manjim mjerilom (u ovom slučaju 1/4 i 1/8 mjerila). „Point Density“ određuje gustoću oblaka točaka. Ako se odabere „Optimal“ svaka točka je određena iz 4/mjerilo snimki piksela odnosno u našem slučaju  $4/(1/2)$  što daje 8 piksela. „High“ znači da je svaka točka definirana iz (mjerilo snimki) $\times$ piksela. Ova opcija daje najviše točki ali zahtijeva bolje računalo i znači dulje vrijeme obrade. „Low“ stvara svaku točku iz  $16/(\text{mjerilo snimki})$  piksela. Ova opcija je najbrža i zahtijeva najmanje RAM-a. Za minimalnu vrijednost podudaranja odabrana je automatska vrijednost 3. Za vrijednost „Point Cloud Densification“ odabrano je 9x9 piksela što znači da će pozicije točaka biti točnije odrađene nego kod opcije 7x7 piksela. „Limit Camera Depth Automatically“ znači da će se spriječiti rekonstrukcija objekata koji se nalaze u pozadini. U izborniku „Coordinate Systems“ određuje se koordinatni sustav snimki (WGS84) i koordinatni sustav u kojem će biti rezultati obrade (HTRS/96 TM). Pod „Resources“ određeno je mjesto spremanja snimki, projekta i rezultata obrade te CUDA odnosno hoće li se koristiti grafička kartica računala prilikom obrade podataka. Obrada crosshatch snimanja otpada trajala je približno deset sati, a crosshatch snimanja kamenoloma između dvanaest i trinaest.





Slika 38. Options-Dense

## 9. REZULTATI OBRADJE

### 9.1 Rezultati SiteScan

U ovom poglavlju dati će se pregled rezultata obrade podataka prikupljenih snimanjem kamenoloma Ljubeščica. Rezultati obrade u SiteScanu su ortomozaik, DSM, DTM, prikaz izohipsi, „Hillshade“, oblak točaka i 3D model. Zbog toga što su za prikupljanje podataka u svakom terminu snimanj korišteni isti planovi leta i toga što u dobivenim rezultatima nema očitih pogrešaka u nastavku će biti prikazani samo neki od rezultata (snimljeni 19.11), a svi rezultati nalaziti će se na CD u prilogu ovom radu. Detaljnija usporedba i analiza dobivenih rezultata obavljena je u poglavlju 10. Interpretacija i analiza rezultata.

#### 9.1.1 Crosshatch snimanje kamenoloma

Prvi rezultat obrade koji će biti prikazan je ortomozaik (Slika 39.). Ortomozaici svih letova kreirani su uredno, bez ikakvih rupa i šumova.



Slika 39. Ortomozaik kamenoloma



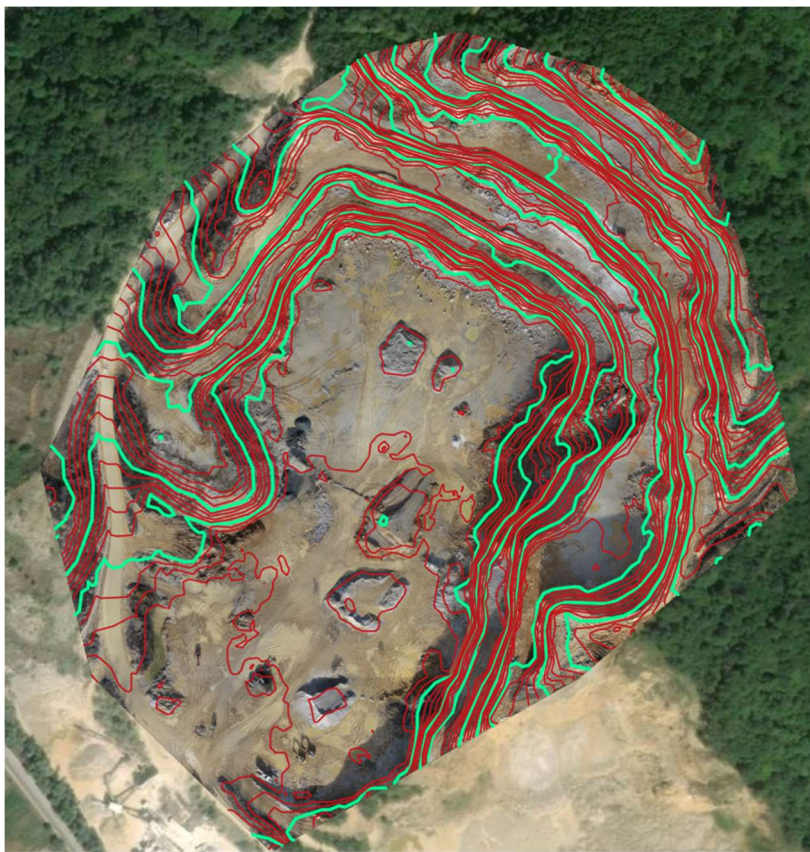
Slika 40. Ortomozaik bez Boundary Cropping-a (31.05 lijevo, 19.11. desno)

Na slici 40. prikazani su rezultati izrade ortomozaika bez izrezivanja po planu leta („Boundari Cropping“). S lijeve strane nalazi se ortomozaik nastao iz snimki prikupljenih 31.05, a s desne strane kreiran iz snimki prikupljenih 19.11.. Može se primijetiti da je lijevi ortomozaik puno više proširen (u odnosu na sliku 39.) nego desni prikaz. Razlog tomu je što je vegetacija 31. svibnja bila puno gušća nego 11. studenog te je zbog toga softveru bilo puno lakše kreirati prikaz tih područja iz dostupnih snimki. Dodatni razlog je i taj što je samo snimanje s prevelike visine za snimanje vegetacije, pogotovo „golog“ drveća.

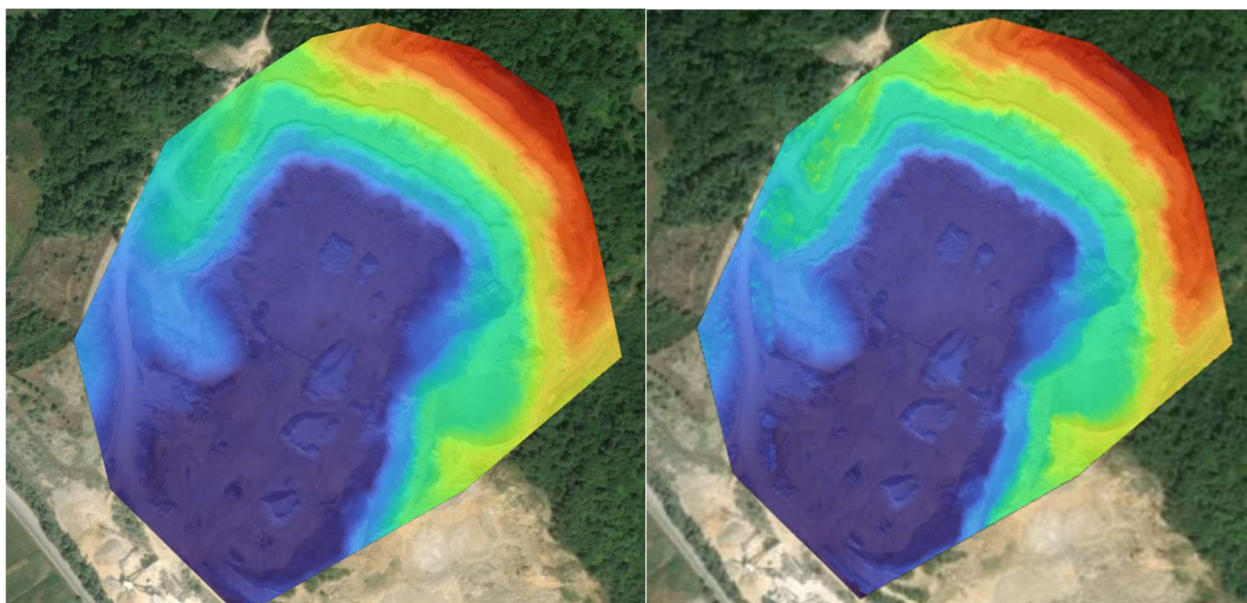
Na slici 41. Vidi se prikaz izohipsi na DTM-u ( izgrađeni objekti su uklonjeni). Zelene linije predstavljaju izohipse s ekvidistancom od 10 metara, a crvene linije izohipse s ekvidistancom od 2



metra. Prednost izrade izohipsi u SiteScanu je to što se ekvidistanca može mijenjati u svakom trenutku, za razliku od Drone2Map-a kod kojeg je ekvidistanca potrebno odrediti prije obrade te je kasnije nije moguće promijeniti.

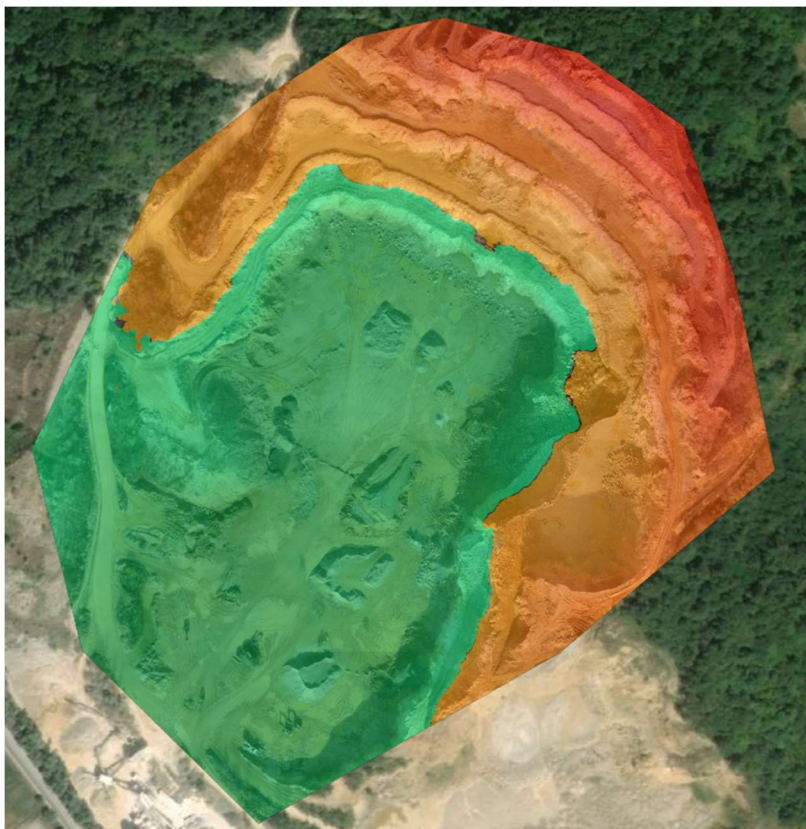


Slika 41. Izohipse na DTM-u



Slika 42. Modeli visina na DTM-u (lijevo) i DSM-u (desno)

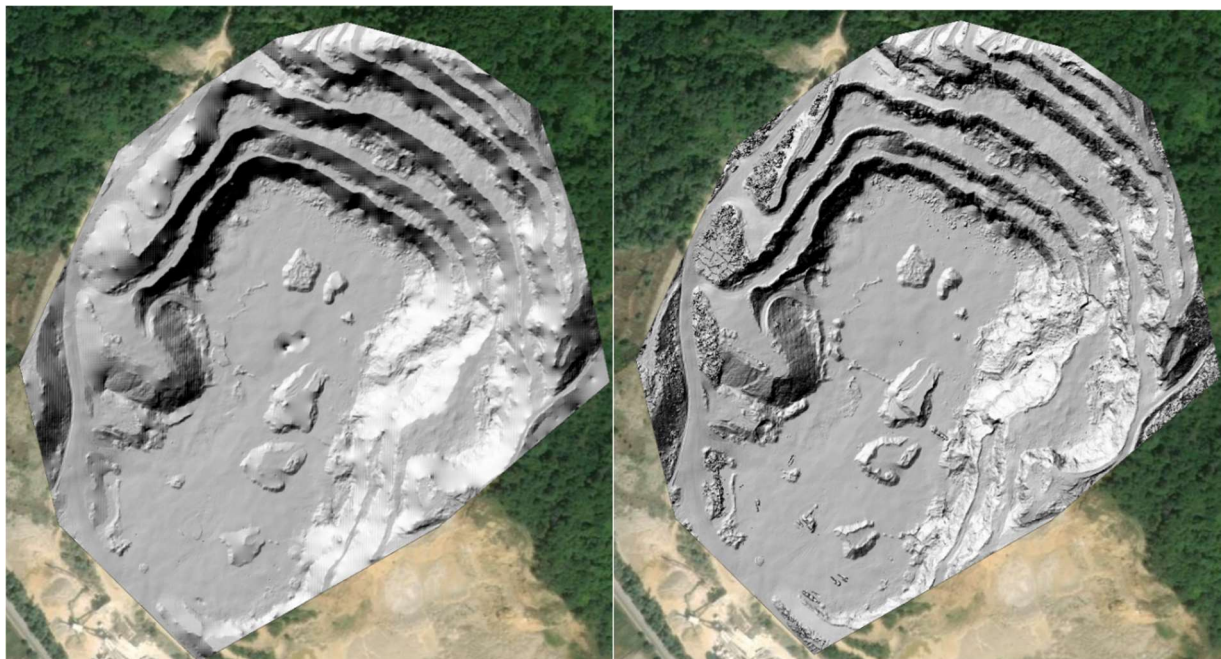
Na slici 42. prikazani su modeli visina na DTM-u (lijevo) i DSM-u (desno). Raspon prikazanih visina je između 207,42 metra i 369,47 metara. Razlika ova dva prikaza je u tome što su na DTM-u izgrađeni objekti uklonjeni pa su mjestima gdje se nalaze bageri i drobilice ( u dnu prikaza ) prikazana tamnijom plavom bojom. Na DSM-u su ta mjesta prikazana svjetlijom nijansom plave što znači da imaju višu visina od razine tla.



Slika 43. Cut Fill

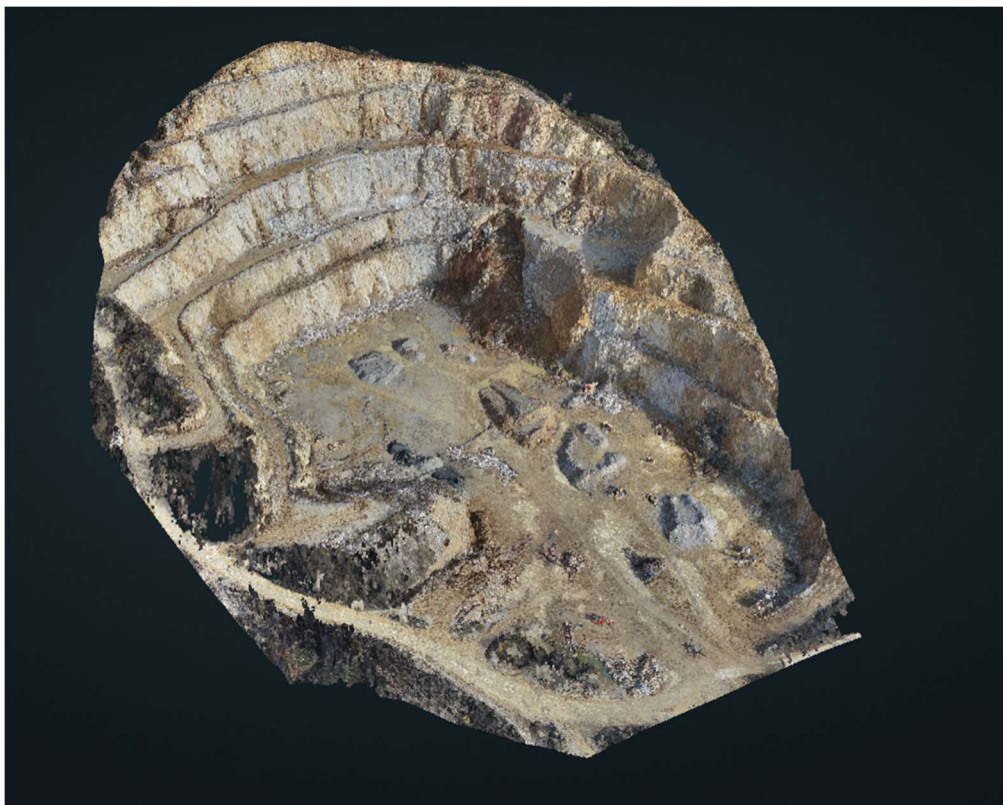
Na slici 43. nalazi se prikaz „Cut Fill“. Prikaz je podijeljen ravninom visine 250 metara. Zeleni dijelovi nalaze se ispod, a crveni iznad 250 metara. Više govora o ovom prikazu biti će u poglavlju 10. gdje će se prikaz dijeliti na cutt i fill pomoću rezultata obrade drugih letova kako bi se uočile promijene.





Slika 44. Hillshade na DTM-u (lijevo) i DSM-u (desno)

Na slici 44. Prikazan je „Hillshade“ na DTM-u (lijevo) i DSM-u (desno). Visina sunca postavljena je na  $45^\circ$ , azimut sunca na  $315^\circ$  i Z-faktor na 1. Prikaz na DSM-u je puno detaljniji i oštiji od onoga na DTM-u. Na ovoj slici najbolje se vidi da su na DTM-u bageri i drobilice uklonjeni s prikaza (dno prikaza).



Slika 45. Oblak točaka-kamenolom

Na slici 45. nalazi se oblak točaka nastao obradom podataka crosshatch snimanja kamenoloma . Za broj točaka postavljeno je 5 000 000, a za veličinu 30. Prikaz postaje realniji što je više točaka i što im je veličina manja



*Slika 46. 3D model kamenoloma*

Na slici 46. nalazi se prikaz 3D modela dobivenog obradom podataka crosshatch snimanja kamenoloma. Prikaz se nalazi na podlozi koju nije moguće ugasiti nego samo spuštati i podizati model u odnosu na podlogu.

### **9.1.2 Vertikalno snimanje kamenoloma**

Kod obrade snimki prikupljenih vertikalnim snimanjem kamenoloma nije korišten „ Boundary Cropping“ . Ako bi ta opcija bila uključena dobiveni rezultati bi bili ograničeni na maleni komad unutar kamenoloma. Bez izrezivanja podataka ( „ Boundary Cropping“) u dobivenim rezultatima obrade kamenolom je lijepo prikazan, a područja oko kamenoloma su mutna i puna rupa u podacima pa ih stoga treba zanemariti . Razlog tomu je taj što je kamenolom bio glavni cilj snimanja ( snimljen s male udaljenosti), a područja oko kamenoloma su u rezultatima dobivena zato jer se vide na snimkama prikupljenim s veće visine. Na slici 47. vidljiv je dobiveni ortomozaik. Ako se slika uveća na područje kamenoloma (Slika 48.) može se primijetiti da su kaskade kamenoloma lijepo prikazane, što se više udaljavamo od kamenoloma kvaliteta prikaza opada.

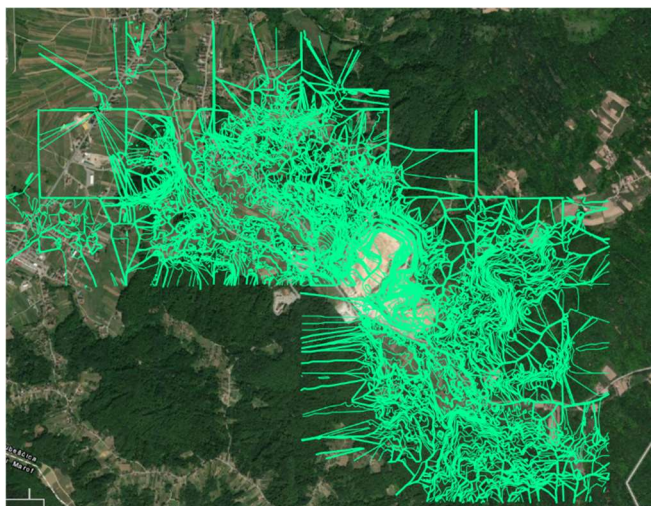




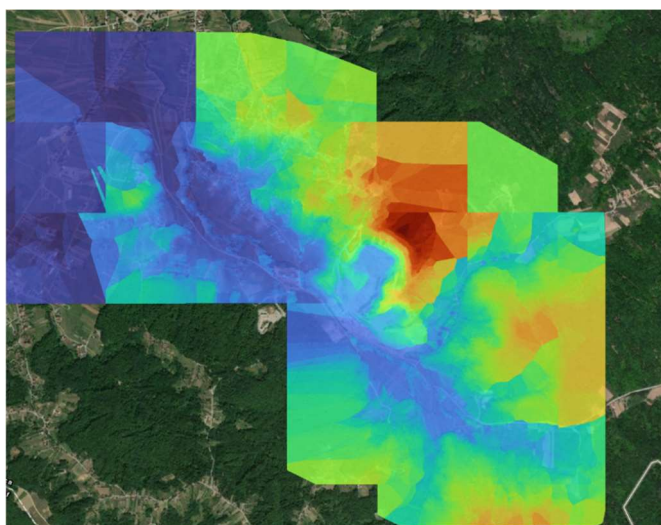
*Slika 47. Ortomozaik-vertikalno snimanje kamenoloma*



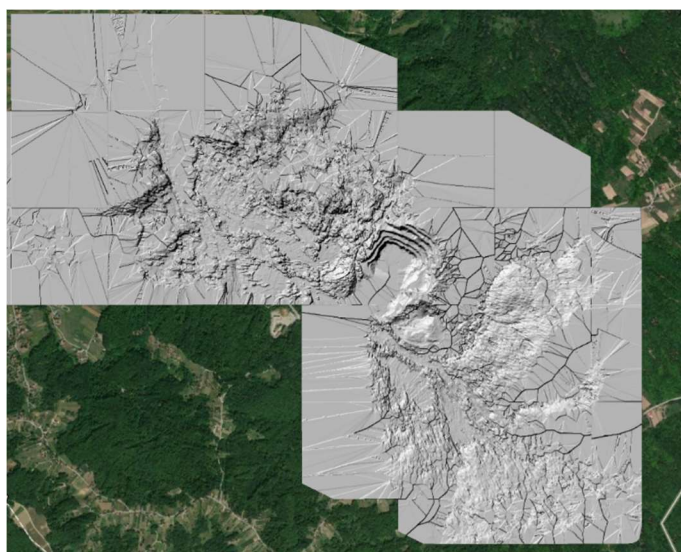
*Slika 48. Ortomozaik-vertikalno snimanje kamenoloma( uvećano na kamenolom)*



Slika 49. Izohipse-vertikalno snimanje



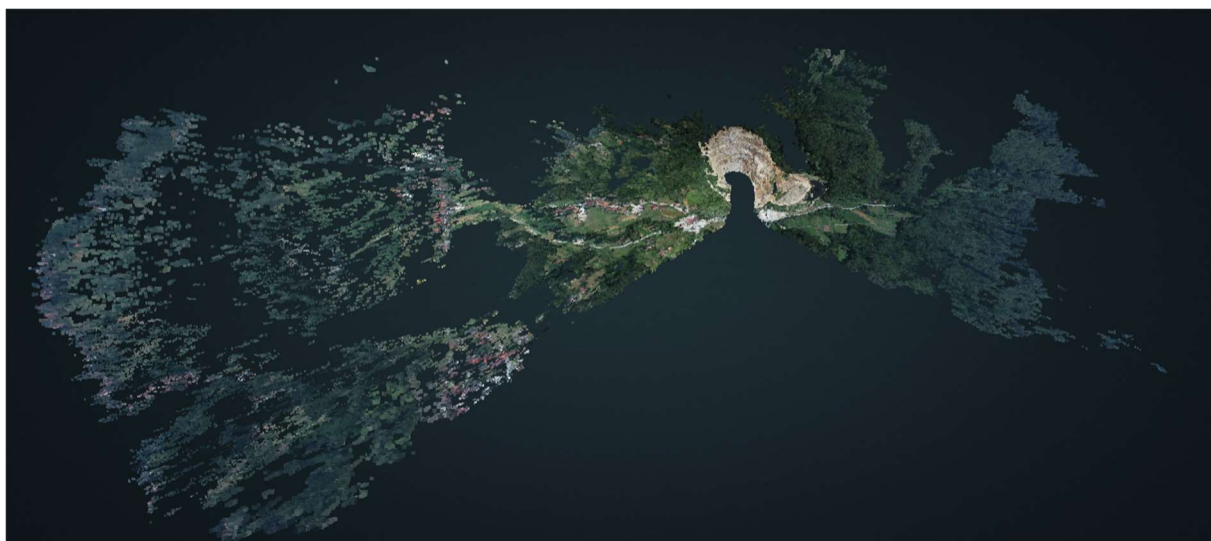
Slika 50. Model visina-vertikalno snimanje



Slika 51. Hillshade-vertikalno snimanje



Na slikama 49, 50 i 51 nalaze se prikaz izohipsa, modela visina i „Hillshade“ vertikalnog snimanja. Zbog već navedenih razloga kvaliteta im nije primjerena za daljnju analizu podataka.



*Slika 52. Oblak točaka-vertikalno snimanje*



*Slika 53. Oblak točaka-vertikalno snimanje (uvećanje)*

Na slici 52 nalazi se oblak točaka dobiven iz podataka vertikalnog snimanja kamenoloma. Broj točaka je postavljen na maksimalnu vrijednost od 10 000 000, a veličina točke na minimalnu vrijednost 1. Na slici 53 prikaz je uvećan na područje kamenoloma, vertikalni dijelovi kamenoloma prikazani su detaljno. Prve rupe u podacima vidljive su na horizontalnom dijelovima koji nisu dobro vidljivi na snimkama zbog vegetacije ili konfiguracije terena. Na slici 54. vidljiv je dobiveni 3D model. Softver je iz dostupnih podataka uspio izraditi samo 3D model podnožja kamenoloma, stoga se izrada 3D modela može proglasiti ne uspješnom.



*Slika 54. 3D model- vertikalno snimanje*

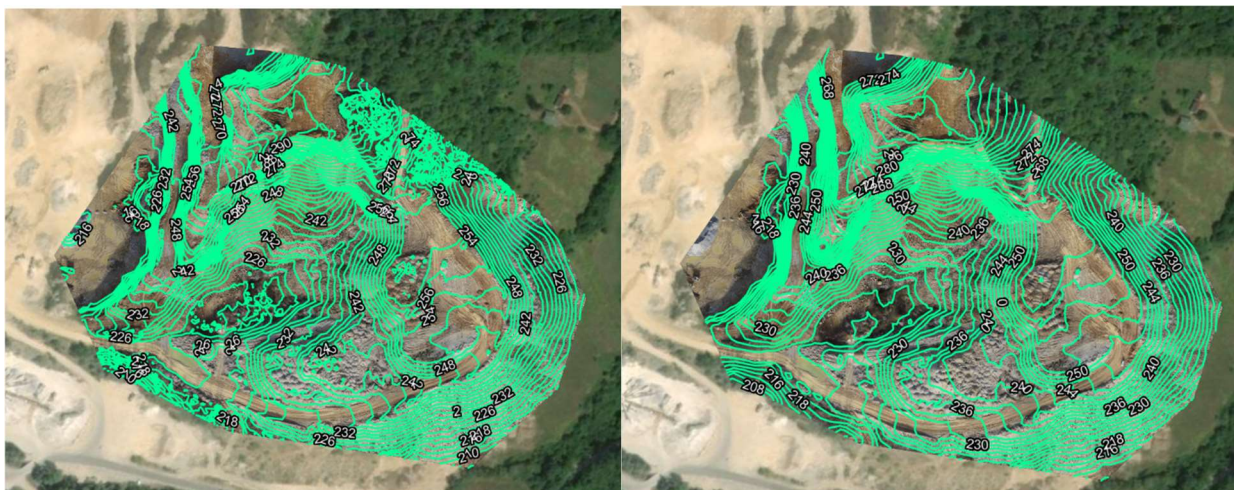
### **9.1.3 Crosshatch snimanje otpada**

Kao i kod prethodnih snimanja rezultati obrade crosshatch snimanja otpada su ortomozaik, prikaz izohipsi, modeli visina , „Cut Fill“, „Hillshade“, oblak točaka i 3D model.. Na slici 55. nalazi se dobiveni ortomozaik, uredno napravljen, bez rupa u podacima.



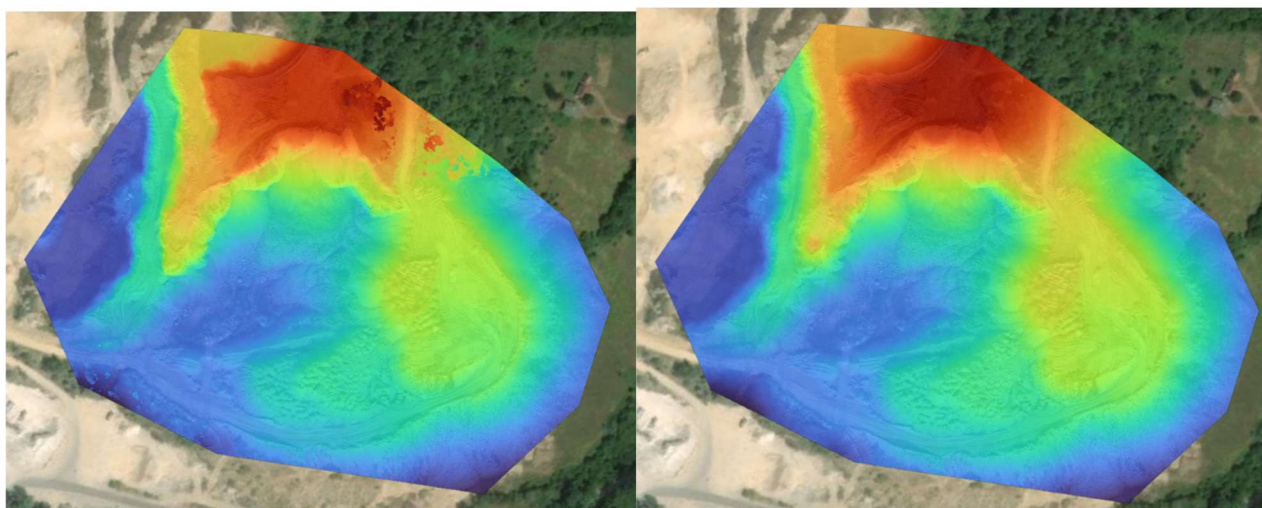
*Slika 55. Ortomozaik-crosshatch snimanje otpada*





Slika 56. Prikaz izohipsi na DSM-u(lijevo) i DTM-u (desno) -crosshatch snimanje otpada

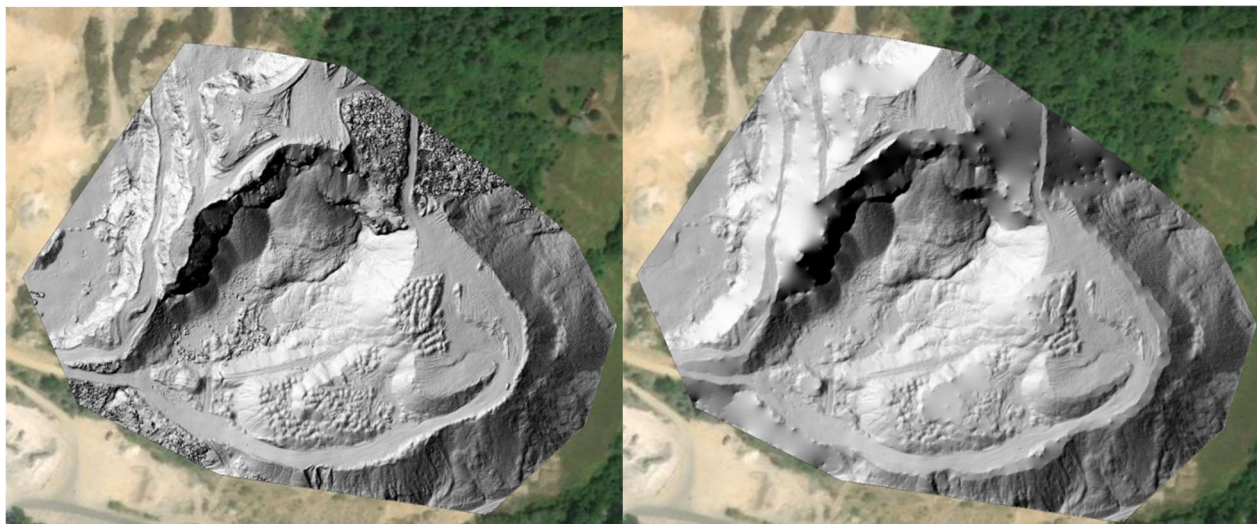
Na slici 56. nalazi se prikaz izohipsi na modelu s ekvidistancom od 2 metra. Može se primijetiti da su izohipse DTM-u puno pravilnije nego na DSM-u posebice u vrhu i dnu modela gdje se nalazi vegetacija koja je uklonjena na DTM-u. Vegetacija je vidljiva i na modelu visina (Slika 57. lijevo) u vrhu modela gdje je prikazana tamnijom crvenom bojom. Modeli visina na DSM-u i DTM-u razlikuju se i u rasponu visina koje su prikazane. Kod modela na DSM-u korišten je raspon od 205,61 do 306,92 metara, a na DTM-u od 205,61 do 298,16 metara. Razliku u gornjoj granici raspona možemo povezati sa visinom stabala koja su uklonjena s prikaza.



Slika 57. Modeli visina na DSM-u(lijevo) i DTM-u (desno) -crosshatch snimanje otpada

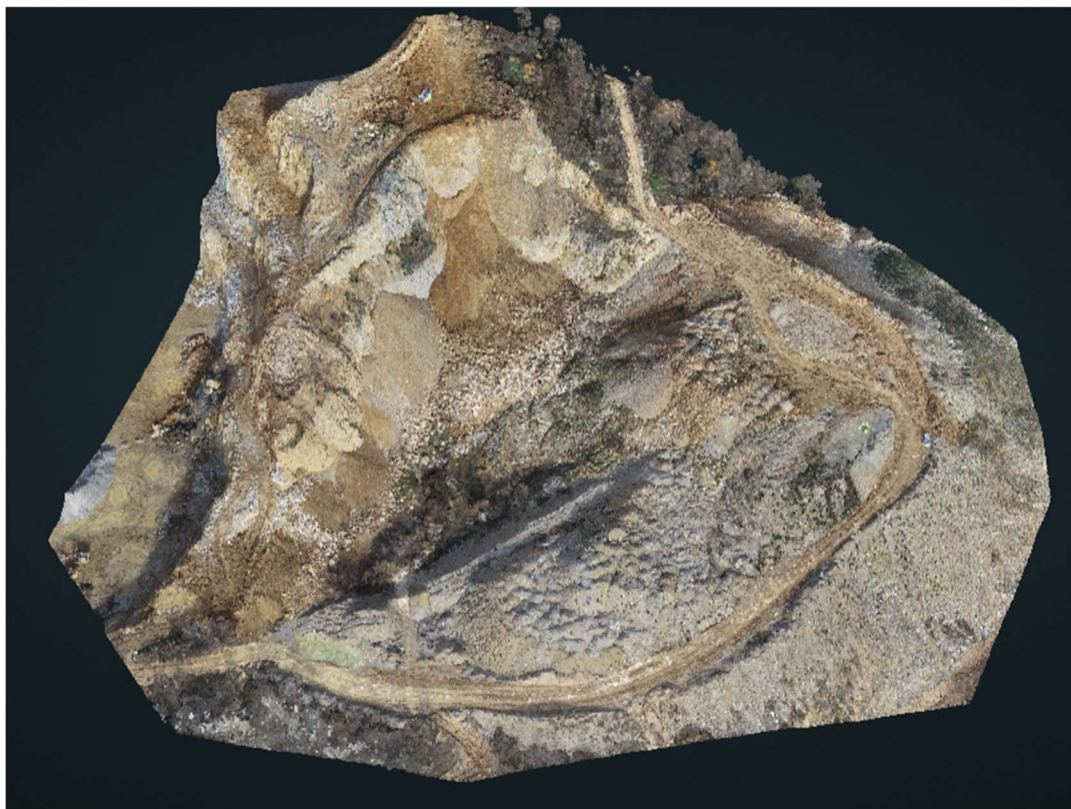
„Cut Fill“ dobiven iz snimki otpada biti će korišten u nastavku ovog rada u poglavlju 10. Interpretacija i analiza rezultata. Na slici 58. nalazi se „Hillshade“ prikaz na DSM-u i DTM-u. Prikaz na DSM-u je mnogo detaljniji i precizni dok je na DTM-u teren izglađen i generaliziran. Parametri prikaza visina sunca, azimut sunca i Z-faktor postavljeni su na vrijednosti 45°, 315° i 1.





*Slika 58. Hillshade na DSM-u (lijevo) i DTM-u(desno)- crosshatch snimanje otpada*

Na slici 59. nalazi se dobiveni oblak točaka, taj se prikaz sastoji od 5 000 000 točaka veličine 1. Na slici 60. nalazi se 3D model otpada. Oba prikaza su generirana veoma dobro, detaljno i bez rupa u podacima.



*Slika 59. Oblak točaka-crosshatch snimanje kamenoloma*





Slika 60. 3D model-crosshatch snimanje otpada

## 9.2 Rezultati Drone2Map

Rezultati obrade podataka u Drone2Mapu su ortomozaik, DSM, DTM, prikaz izohipsi na DTM-u i DSM-u, oblak točaka i 3D model. Kao i kod rezultata obrade u SiteScan-u u nastavku će biti prikazani rezultati obrade podataka prikupljenih snimanjem 19. studenog, a ostatak rezultata biti će na CD-u u prilogu.

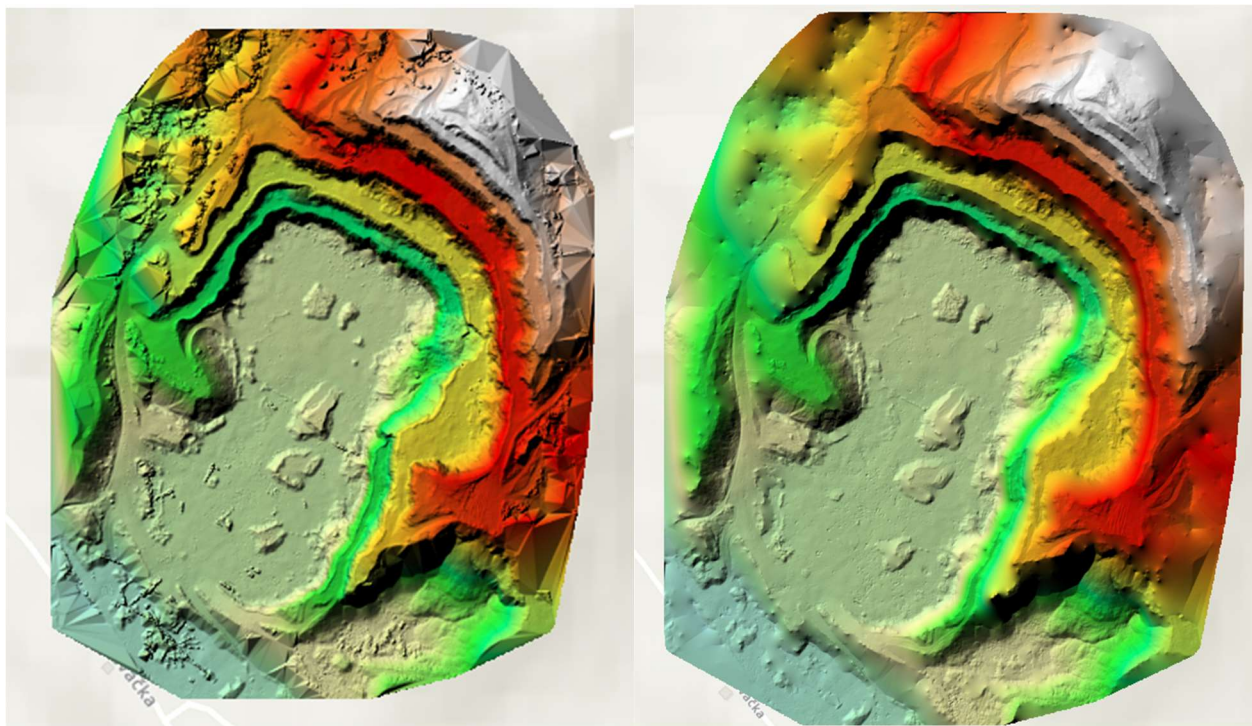
### 9.2.1 Crosshatch snimanje kamenoloma

Na početku pregleda rezultata proći ćemo kroz rezultate 2D obrade, a prvi dobiveni proizvod je ortomozaik (Slika 61.). Ortomozaik je izrađen uredno, bez šumova i rupa u podacima. Može se primijetiti da je u odnosu na ortomozaik dobiven obradom u SiteScanu ovaj prikaz znatno „zrnatiji“. Razlog tomu je taj što je za obradu u Drone2Map-u korišteno računalo znatno lošijih karakteristika. Drone2Map nema opciju gašenja Boundary Cropping-a već softver sam određuje granice obrade podataka.



Slika 61. Ortomozaik Drone2Map-crosshatch snimanje kamenoloma

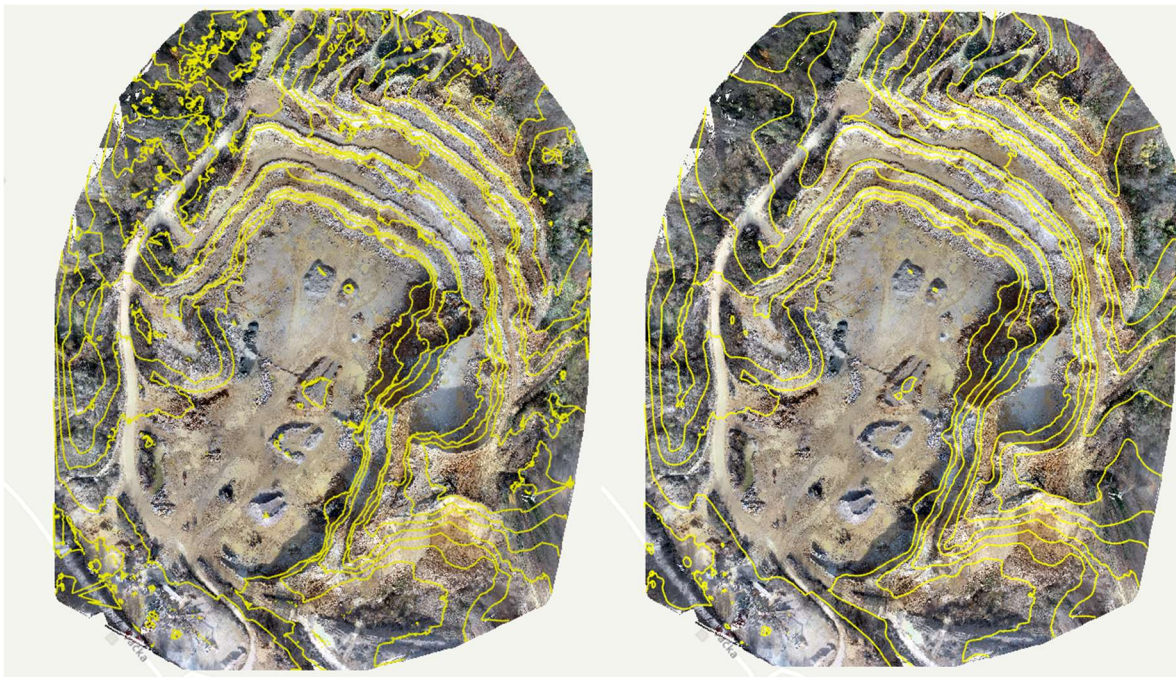
Na slici 62. Vide se dobiveni modeli visina. Model visina na DSM-u nalazi se u rasponu od 195,68 do 378,43 metara, a model na DTM-u od 196,68 do 371,63 metara. Na DTM-u je vidljivo da su bageri i drobilice uklonjeni s prikaza (dno modela). Može se primijetiti da je model visina u Drone2Map-u nešto drugačiji od onoga u SiteScanu. Ovaj prikaz izgleda kao kombinacija modela visina i Hillshade-a u SiteScanu.



Slika 62. Modeli visina na DSM-u (lijevo) i DTM-u (desno)-crosshatch snimanje kamenoloma



Na slici 63. nalazi se prikaz izohipsi na DSM-u i DTM-u kamenoloma. Ekvidistanca izohipsi je 10 metara, a izohipse na DTM-u su mnogo pravilnije. Mana Drone2Map-a u odnosu na SiteScan kod izrade izohipsi je ta što ekvidistancu nije moguće mijenjati nakon obrade podataka već je ona fiksa.



Slika 63. Prikaz izohipsi na DSM-u (lijevo) i DTM-u (desno)-crosshatch snimanje kamenoloma

Na slici 64. nalazi se dobiveni oblak točaka. Za parametre prikaza broj točaka i gustoću točaka postavljene su maksimalne vrijednosti (10 000 000 i max). Glavni zid iskopa dobro je prikazan, a rupe u podacima pojavljuju se na bočnim dijelovima kamenoloma.



Slika 64. Oblak točaka Drone2Map-crosshatch snimanje kamenoloma

Na slici 65. nalazi se 3D model kamenoloma. S obzirom na performanse računala na kojem je obrada rađena može se reći da je dobiveni model zadovoljavajuće kvalitete. Nema rupa u podacima, u odnosu na model iz SiteScana vidljiva je veća razina generalizacije tekstura.

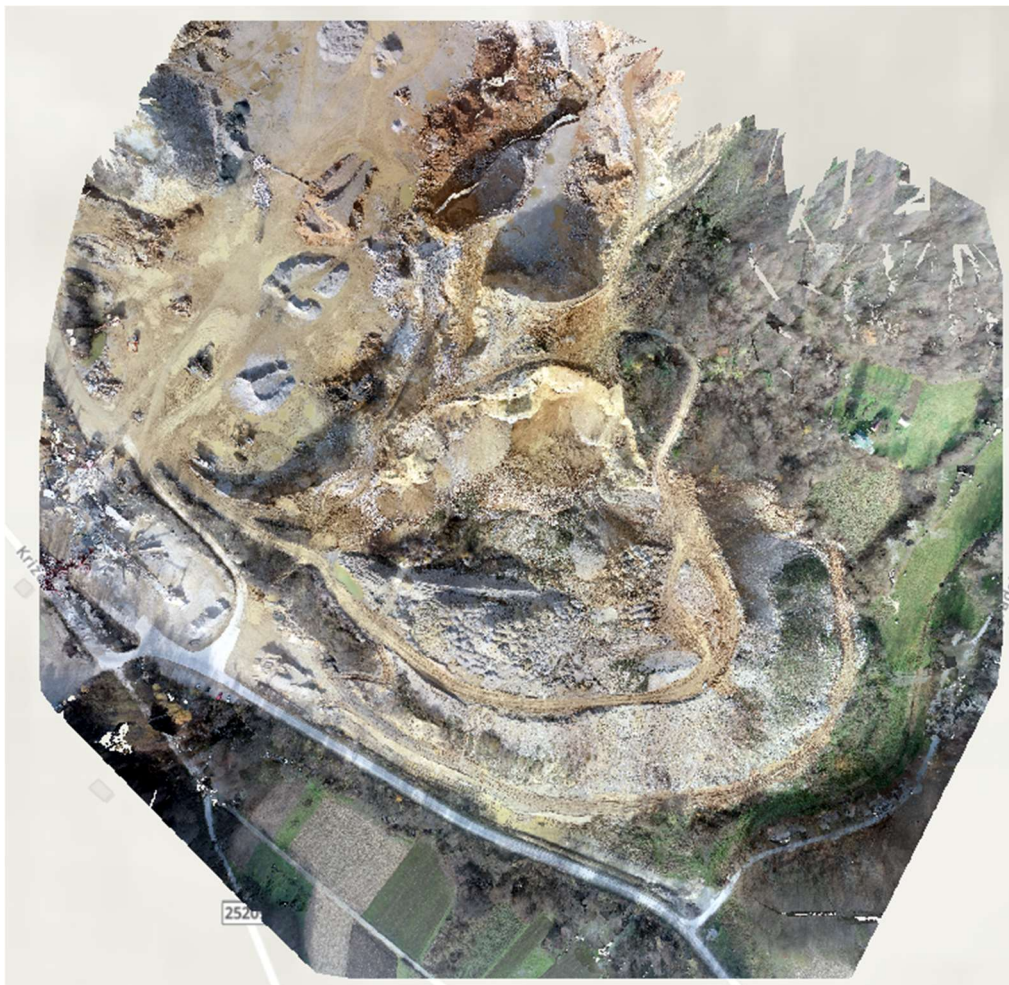


*Slika 65. 3D model- crosshatch snimanje kamenoloma*

### **9.2.2 Crosshatch snimanje otpada**

Na slici 66. nalazi se ortomozaik dobiven obradom podataka crosshatch snimanja otpada (19.11.). Dobiveni ortomozaik dobre je kvalitete, rupe u podacima i distorzija prikaza pojavljuju se na rubnim dijelovima prikaza, ali to je zanemarivo zato što je sami otpad prikazan u cijelosti.

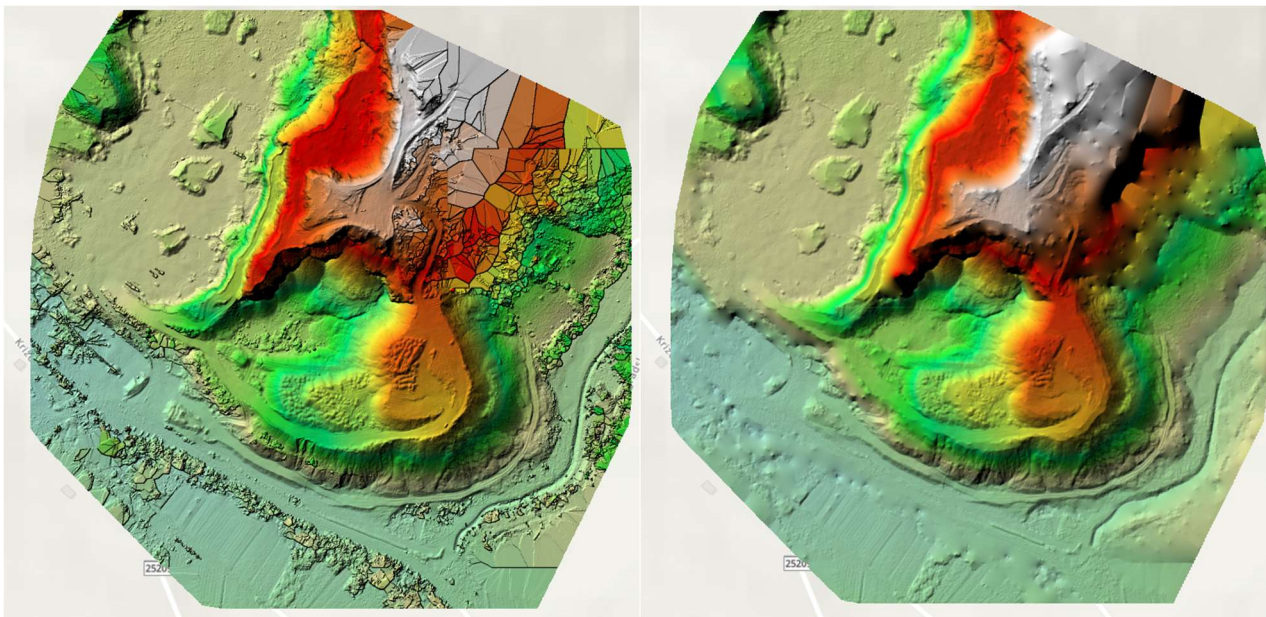




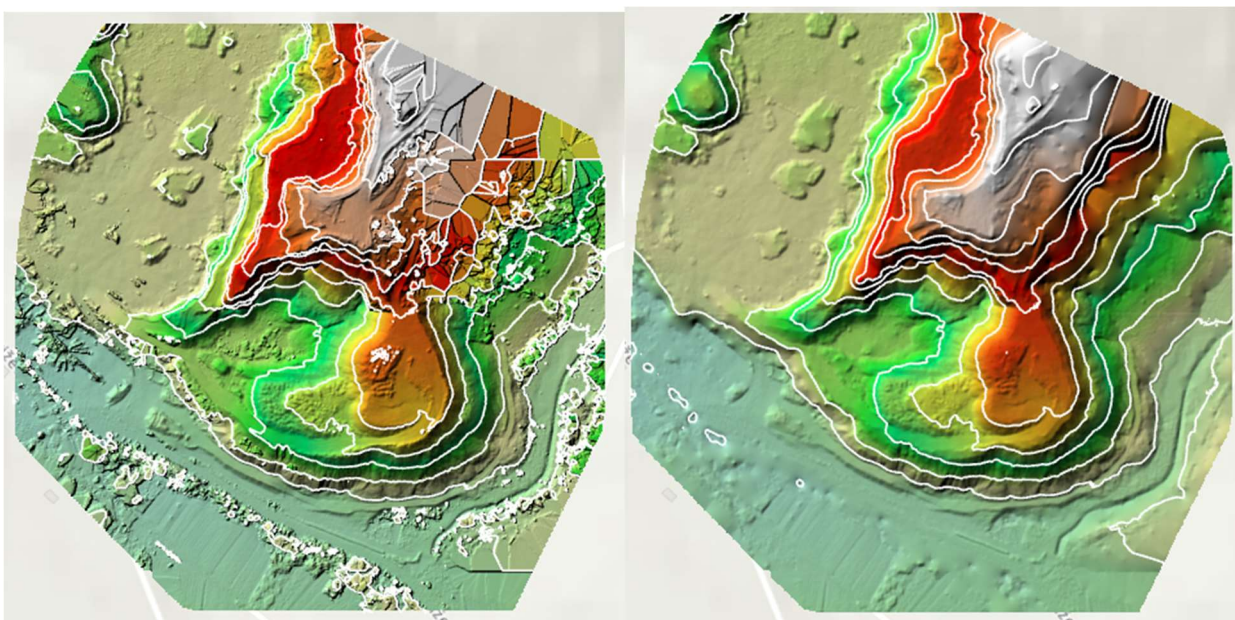
*Slika 66. Ortomozaik-crosshatch snimanje otpada*

Na slici 67. nalaze se modeli visina na DSM-u i DTM-u. Raspon visina modela na DSM-u je od 198,29 do 320,40 metara, a model na DTM-u od 198,33 do 313,36 metara. Može se primijetiti da su teksture na DTM modelu visina puno izgladenije što je dovelo do toga da su hrpe materijala koje je na DSM lako uočiti i odrediti granice među njima stopile. Na slici 68. može se vidjeti prikaz izohipsi s ekvidistancom od 10 metara.





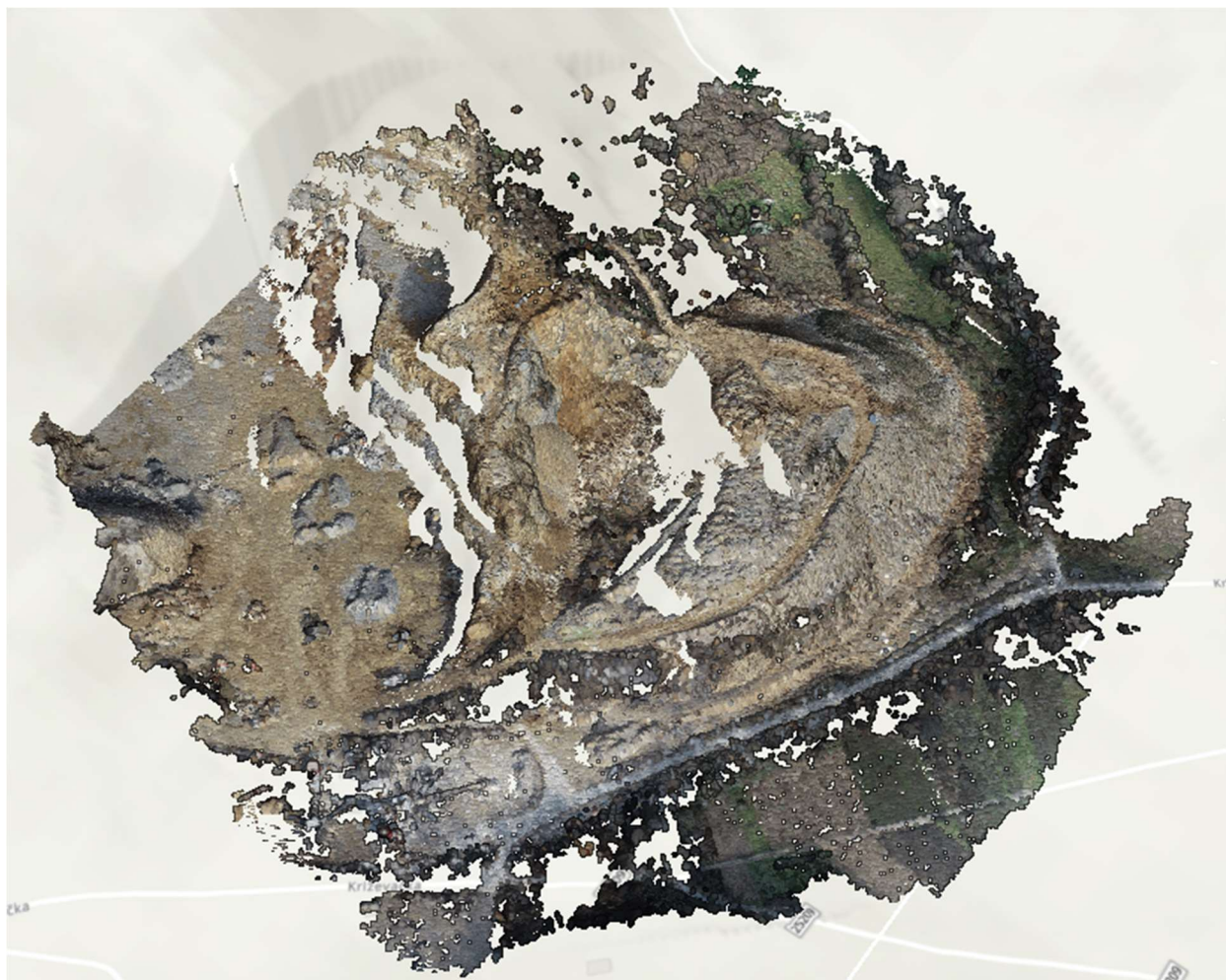
Slika 67. Model visina na DSM-u (lijevo) i DTM-u (desno)-crosshatch snimanje otpada



Slika 68. Prikaz izohipsi na DSM-u (lijevo) i DTM-u (desno)-crosshatch snimanje otpada

Na slici 69. nalazi se oblak točaka dobiven obradom podataka crosshatch snimanja otpada. Za parametar prikaza broj točaka postavljena je maksimalna vrijednost od 10 000 000, a gustoća prikaza postavljena je na maksimum. Na prikazu postoje rupe u podacima, po sredini otpada i u dijelu kamenoloma.





*Slika 69. Oblak točaka- crosshatch snimanje otpada*

3D model otpada (Slika 70.) izrađen je u potpunosti, rupe u podacima nalaze se samo u predjelu gdje se nalazi šuma. Zumiranjem modela može se primijetiti da je razina generalizacije i izgladivanja tekstura puno veća nego kod modela izrađenog u SiteScanu.

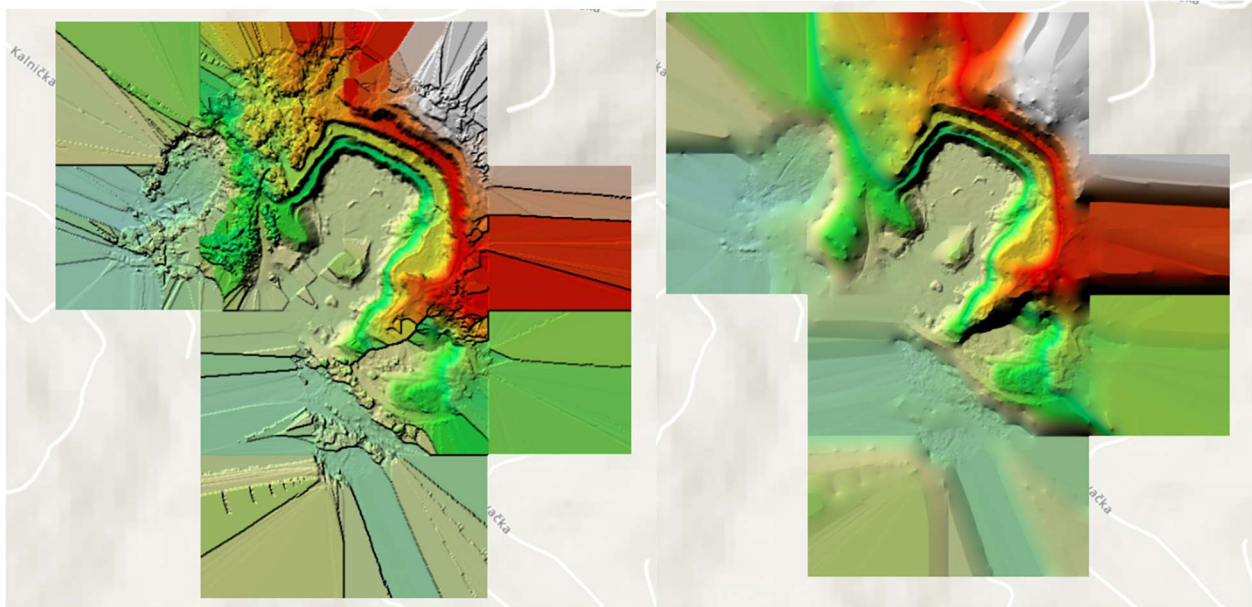


*Slika 70. 3D model-crosshatch snimanje otpada*

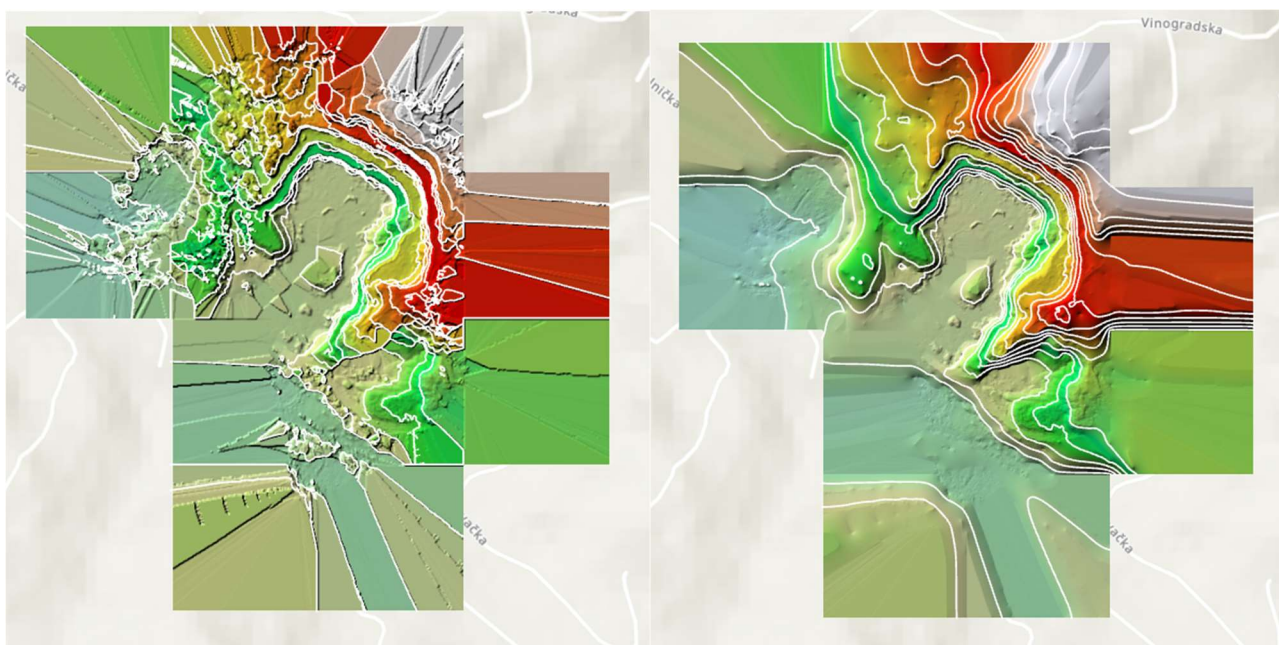
### **9.2.3 Vertikalno snimanje kamenoloma**

U ovom poglavlju biti će prikazani rezultati obrade vertikalnog snimanja kamenoloma obavljenog 31. svibnja 2021. godine. Obrada ovih snimki trajala je najduže od svih obrada koje su rađene u okviru ovog diplomskog rada, 35 sati. Softver nije uspio izraditi ortomozaik, a rezultati obrade su prikaz izohipis, modeli visina, oblak točaka i 3Dmodel. Na slici 71. nalaze se modeli visina dobiveni na DSM-u i DTM-u. Raspon visina modela na DSM-u je između 192,60 i 388,25 metara, a modela na DTM-u između 192,65 i 378,05 metra. Na slici 72. Nalazi se prikaz izohipsi s ekvidistancom od 10 metara na DSM-u i DTM-u. Može se primijetiti da su izohipse na DTM-u puno pravilnije i logičnije od onih na DSM-u.





Slika 71. Model visina na DSM-u (lijevo) i DTM-u(desno)-vertikalno snimanje kamenoloma



Slika 72. Prikaz izohipsi na DSM-u (lijevo) i DTM-u(desno)-vertikalno snimanje kamenoloma

Na slici 73. nalazi se oblak točaka dobiven obradom podataka vertikalnog snimanja kamenoloma. Parametri prikaza broj točaka i gustoća točaka postavljeni su na maksimalne vrijednosti. Na dobivenom oblaku točaka cijela desna strana kamenoloma nije prikazan odnosno postoje velike rupe u podacima. Na slici 74. Može se vidjeti dobiveni 3D model. Vertikalnim snimanjem kamenoloma dobili su se podatci čija je obrada mnogo zahtjevnija nego li je to s podacima crosshatch snimanja. Razlog tomu je taj što kamenolom nije jednake visine u svim svojim dijelovima pa kako se dron podiže na više visine snimanja na snimkama bočnih strana kamenoloma ima sve više neba i okolnih udaljenih područja. Takve snimke otežavaju proces obrade, ali se ne mogu izbaciti iz obrade zato što sadrže više dijelove kamenoloma.



Slika 73 . Oblak točaka-vertikalno snimanje kamenoloma



Slika 74. 3D model -vertikalno snimanje kamenoloma



## 10. INTERPRETACIJA I ANALIZA REZULTATA

SiteScan i Drone2Map su proizvodi tvrtke ESRI i oba programa kreiraju ista izvješća o obradi. U ovom poglavlju napraviti će se usporedba podataka dobivenim u tim izvješćima i usporedba rezultata izračuna volumena tj. dati će se uvid u promjenu nastalu u kamenolomu Ljubešćica u periodu od 31.svibnja 2021. do 19.studenog 2021. godine. Usporedbe izvješća obrade vertikalnih snimanje neće se napraviti iz razloga jer se ti podatci neće koristiti u daljnjoj analizi.

### 10.1 Usporedba izvješća obrade

#### 10.1.1 Crosshatch snimanje kamenoloma

U tablicama 9. i 10. nalaze se osnovni parametri kvalitete rezultata obrade podataka u SiteScan- u i Drone2Map-u. Za pomoć pri interpretaciji izvješća koristila se web stranica Pix4D programa (Url 7.). Površina dobivenih prikaza iznosi približno pola kilometra kvadratna . model dobiven obradom podataka prikupljenih 19.11. nešto je manji (0.341 km<sup>2</sup>) iako se to golim okom ne primijeti. Prosječni GSD govori kolikoj veličini u stvarnosti odgovara jedan piksel prikaza. Kod prva dva snimanja GSD iznosi 3.52 i 3.30 cm dok je kod zadnjeg snimanja 2.81 cm što znači da je i rezolucija ortomozaika bolja. Prilikom obrade podataka svih letova u oba programa korištene su sve učitane snimke. Blok snimki je set snimki koje su kalibrirane zajedno. Kod snimanja 15.07. vidimo da su u SiteScan-u snimke podijeljene u 3 bloka, a u Drone2Map-u u 2 bloka. To se dogodilo iz razloga što je u tom snimanju prikupljeno manje snimki te programi nisu mogli stvoriti dovoljan broj poklapanja među blokovima kako bi ih spojili u jedan blok.

Tablica 9. Osnovni parametri kvalitete obrade-SiteScan

<b>TERMIN SNIMANJA</b>	<b>31.05</b>	<b>15.07.</b>	<b>19.11</b>
<b>POVRŠINA (km<sup>2</sup>)</b>	0.554	0.525	0.341
<b>PROSIJEČNI GSD (cm)</b>	3.52	3.30	2.81
<b>BROJ KORIŠTENIH SNIMKI</b>	931/931	693/693 3 bloka	930/930
<b>BROJ VEZNIH TOČKI PO SNIMCI</b>	48040	48491	59619
<b>OPTIMIZIRANI PARAMETRI KAMERE</b>	0.88%	0.90%	0.80%

Tablica 10. Osnovni parametri kvalitete obrade-Drone2Map

<b>TERMIN SNIMANJA</b>	<b>31.05</b>	<b>15.07.</b>	<b>19.11</b>
<b>POVRŠINA (km<sup>2</sup>)</b>	0.508	0.561	0.325
<b>PROSIJEČNI GSD (cm)</b>	3.49	3.31	2.76
<b>BROJ KORIŠTENIH SNIMKI</b>	931/931	693/69 2 bloka	928/929
<b>BROJ VEZNIH TOČKI PO SNIMCI</b>	48044	48496	59631
<b>OPTIMIZIRANI PARAMETRI KAMERE</b>	0.87%	0.91%	0.85%

Tablica 11. Usporedba vremena obrade

Snimanje	31.05. SiteScan	31.05. Drone2Map	15.07. SiteScan	15.07 Drone2Map	19.11. SiteScan	19.11. Drone2Map
<b>Kreiranje DSM-a</b>	17min 3sec	1min 6sec	20min	6min 43sec	20min14sec	5 min 37s
<b>Kreiranje ortomozaika</b>	1h 30 min 52 sec	37min 30 sec	51min 44sec	1h 55min 31sec	1h 57min 05 sec	2h 36min 41sec
<b>Kreiranje DTM-a</b>	1min37 sec	6min 19 sec	1min 32sec	17min 22sec	2min 23sec	8min 56sec

### 10.1.2 Crosshatch snimanje otpada

U tablicama 12. i 13. nalaze se osnovni parametri kvalitete obrade podataka snimanja kamenoloma u SiteScan-u i Drone2Map-u. Površine dobivenih prikaza su slične, usporede li se površine dobivene korištenjem ova dva softvera može se zaključiti da Drone2Map automatski vrši izrezivanje podataka na rub plana leta („Boundary Cropping“). Gsd predstavlja površinu tla koju jedan piksel prikazuje, što je vrijednost manja to je rezolucija prikaza veća. Ovaj parametar ima vrijednost 3 centimetra u svim terminima, a može se primijetiti i da su vrijednosti dobivene obradom u Drone2map-u nešto manje. Kod svih obrada korištene su sve učitane snimke. Kod broja veznih točki koje su generirane po snimci bitno je da je veći od 10 000, što je za svaki let i zadovoljeno. Kod leta 19. studenog oba programa generirali su veći broj veznih točaka. Uzrok tomu je taj što je u tom terminu bilo manje lišća na stablima pa je stoga i stvaranje veznih točaka olakšano. Postotak optimiziranih parametara kamere mora biti ispod 5% za uspješno obradu, to je zadovoljeno kod obrade podataka svih snimanja u oba programa.

Tablica 12. Osnovni parametri kvalitete obrade-SiteScan

TERMIN SNIMANJA	31.05	15.07.	19.11
<b>POVRŠINA (km<sup>2</sup>)</b>	0.315	0.363	0.343
<b>PROSIJEČNI GSD (cm)</b>	3.15	3.22	3.01
<b>BROJ KORIŠTENIH SNIMKI</b>	671/671	654/654	657/657
<b>BROJ VEZNIH TOČKI PO SNIMCI</b>	54851	54615	70211
<b>OPTIMIZIRANI PARAMETRI KAMERE</b>	0.86%	0.91%	0.83%



Tablica 13. Osnovni parametri kvalitete obrade-Drone2Map

<b>TERMIN SNIMANJA</b>	<b>31.05</b>	<b>15.07.</b>	<b>19.11</b>
<b>POVRŠINA (km<sup>2</sup>)</b>	0.349	0.355	0.333
<b>PROSIJEČNI GSD (cm)</b>	3.07	3.08	2.89
<b>BROJ KORIŠTENIH SNIMKI</b>	671/671	654/654	657/657
<b>BROJ VEZNIH TOČKI PO SNIMCI</b>	54850	54621	70211
<b>OPTIMIZIRANI PARAMETRI KAMERE</b>	0.87%	0.91%	0.83%

U tablici 14. Vide se pogreške u koordinatama kontrolnih točaka odnosno razlika koordinata kontrolnih točaka u izrađenom modelu i onih koordinata koje smo učitali u program. U ovom primjeru nalaze se podaci za snimanje obavljeno 19. studenog. Kod obrade tih podataka korištene su kontrolne točke 7, 8 i 9. Automatska detekcija kontrolnih točaka SiteScan-a kontrolnu točku 7 povezala je sa 30 snimki, kontrolnu točku 8 sa 31 snimkom, a kontrolnu točku 9 sa 34 snimke dok je svaka točka u Drone2Map-u ručno povezana s 5 snimki. Zbog toga je srednja pogreška u pozicijama kontrolnih točaka u SiteScan-u manja što znači da je i sami model precizniji.

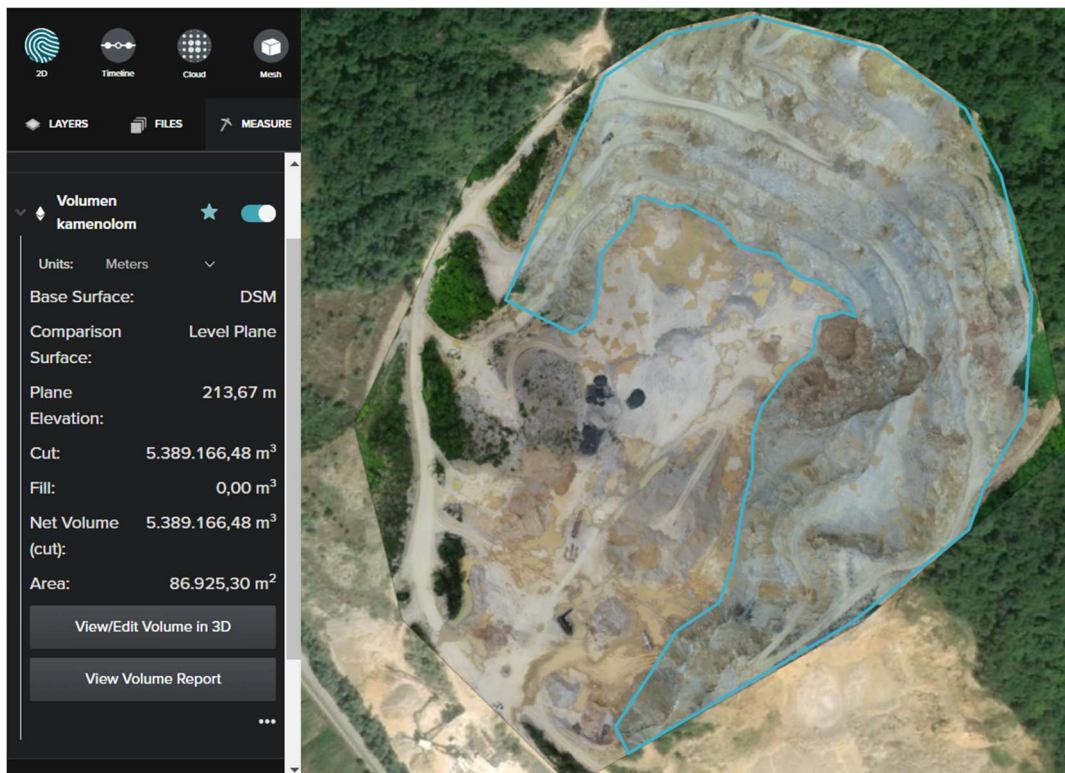
Tablica 14. Pogreške u položaju kontrolnih točaka

<b>Snimanje 19. studenog</b>	<b>x-os[m]</b>	<b>y-os[m]</b>	<b>z-os[m]</b>
<b>Srednja pogreška SiteScan</b>	0.000017	-0.000035	-0.000058
<b>Srednja pogreška dron2map</b>	0.001727	-0.002256	-0.006192

## 10.2 Određivanje volumena i detekcija promjena- SiteScan

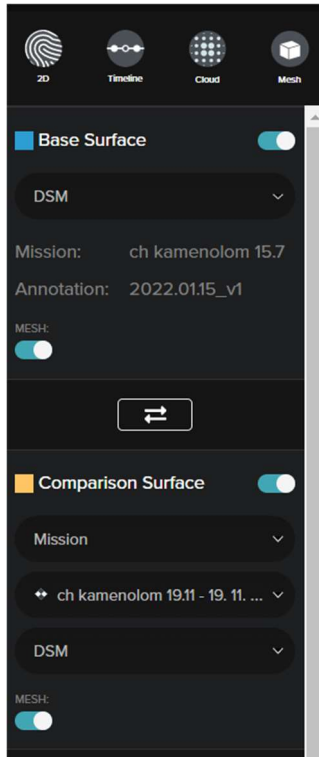
### 10.2.1. Kamenolom

Kako bi se odredio volumen nekog područja potrebno je pomoću alata za izračun volumena definirati poligon od interesa. To područje koristit će se i za određivanje volumena u podacima prikupljenim drugim letovima stoga je potrebno klikom na zvjezdicu to mjerenje učiniti dostupnim i u drugim letovima. Na slici 75. mogu se vidjeti rezultati koje alat automatski odredi. Model je „presječen“ ravninom visine 213,67 metara te su dobivene vrijednosti cut-a i fill-a te površina poligona. Uz to može se i vidjeti poligon korišten za analizu. Taj poligon određen je na način da se eliminira utjecaj hrpi materijala koje se nalaze u podnožju kamenoloma na krajnji rezultat određivanja volumena. Kako bi se međusobno uspoređivali modeli različitih letova potrebno je odabrati „View/Edit Volume in 3D“.



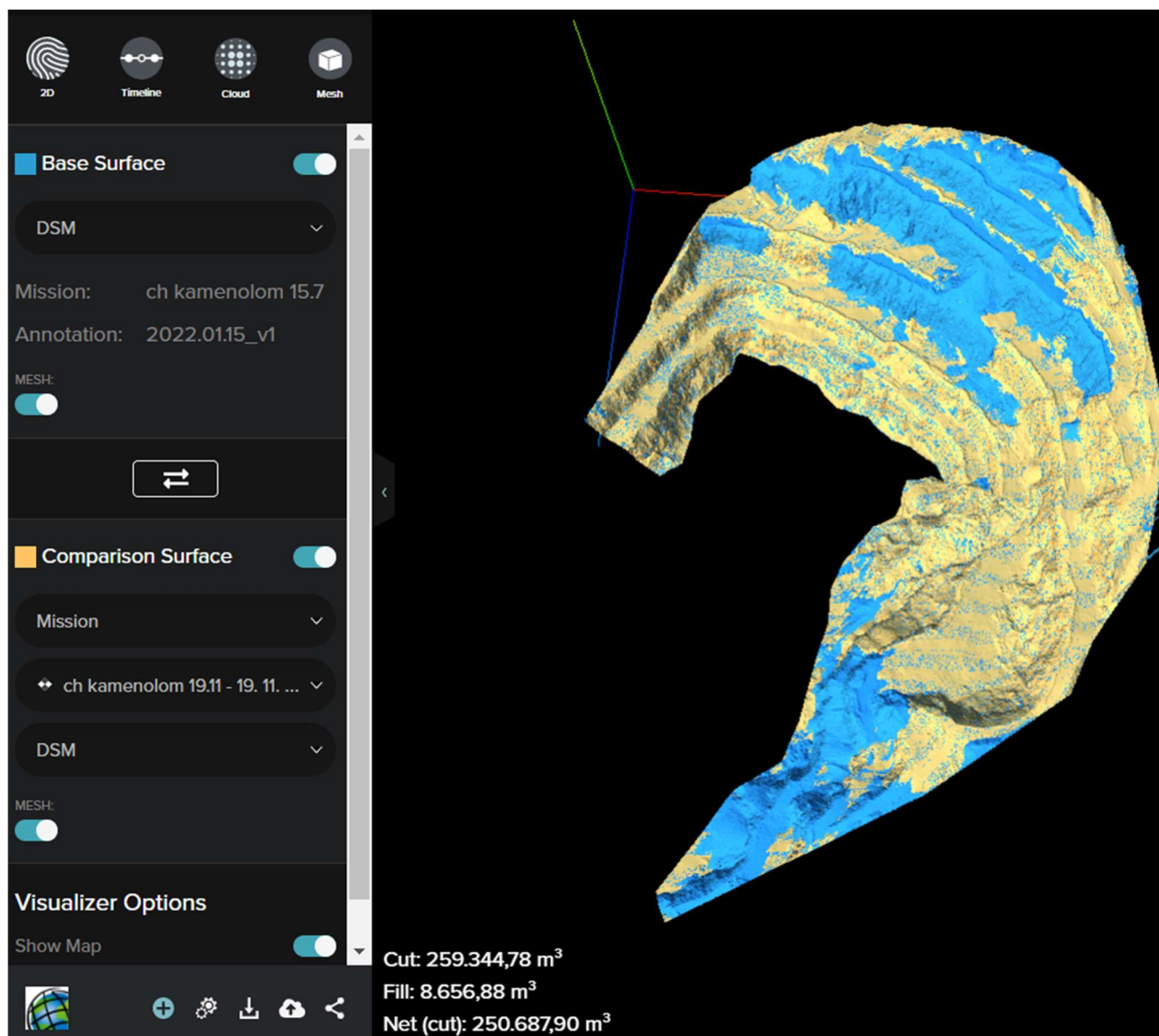
Slika 75. Alat za određivanje volumena

Potom je potrebno definirati koje će se dvije plohe uspoređivati. Osnovna ploha je automatski definirana kao let u kojem se nalazimo dok je za plohu usporedbe potrebno odabrati „Mission“ te let koji će se koristiti. U primjeru na slici (Slika 76.) uspoređuju se podatci prikupljeni 19.11. i 17.07..



Slika76. Određivanje razlike volumena

Na slici 77. vidljivi su rezultati te usporedbe. Cutt ima vrijednost 259344,78 metara kubnih, fill 8656,88, a net ( cut) 250 687,90 metara kubnih. Net cut je vrijednost koje se dobije oduzimanjem fill-a od cut-a. Na grafičkom prikazu vrlo je lako vizualizirati promjenu, u ovom slučaju vidljivo je da je većina materijala iskopana iz sredine i desnog ruba kamenoloma. Na isti način napravljena je usporedba s podacima snimanja 31.svibnja. Rezultati svih usporedbi nalaze se u tablici 15.



Slika 77. Rezultat usporede ploha ( snimanja 19.11. i 31.05.)

Tablica 15. Volumen nastalih promjena u razdoblju između mjerenja (Cut/Fill)

SNIMANJE 31.05.		SNIMANJE 15.07.		SNIMANJE 19.11.	
Δ 15.07	88438,17 m <sup>3</sup>	Δ 31.05.	88442,06 m <sup>3</sup>	Δ 15.07	259364,37 m <sup>3</sup>
Δ 19.11.	330585,99 m <sup>3</sup>	Δ 19.11.	259344,78 m <sup>3</sup>	Δ 31.05.	330573,56 m <sup>3</sup>

Tablica 16. Ukupna promjena volumena

PROMJENA VOLUMENA	
31.05-15.07	88440,115 m <sup>3</sup>
15.07.-19.11	259354,575 m <sup>3</sup>
31.05.- 19.11.	330579,775 m <sup>3</sup>
Suma prvog i drugog snimanja	347794,69 m <sup>3</sup>

U tablici 16. vidljivi su rezultati međusobne usporedbe ploha dobivenih snimanjem u sva tri termina. Konačne vrijednosti volumena nastale promijene dobivene su određivanjem aritmetičkih sredina vrijednosti iz tablice 15.. U periodu od 31. svibnja do 15. srpnja u kamenolomu je iskopano 88 440,115 metara kubnih materijala, što daje prosjek od 1965,34 metara kubnih iskopanih dnevno. U periodu od 15. srpnja do 19. studenog nastala promjena iznosi 259354,575 metara kubnih materijala što u prosijeku daje 2042,16 kubnih metara iskopanog materijala dnevno. Logičko razmišljanje dovodi nas do zaključka da bi zbroj volumena promjene između 31. svibnja i 15. srpnja te promijene nastale između 15. srpnja i 19. studenog trebao odgovarati vrijednosti promijene nastale u razdoblju između 31. svibnja i 19. studenog. Koristeći ove podatke suma promjena (31.05-15.07. i 15.07-19.11.) se od ukupne promijene razlikuje za 17 214,915 metara kubnih što je previše te u kazuje na pogrešku u izračunu. Rješenje problema je korištenje net cut i net fill vrijednosti. Ako usporedimo podatke snimanja 19.11. i 31.05 vrijednosti cut-a je 8665,27 m<sup>3</sup>, a vrijednost fill-a 259364,37 m<sup>3</sup> što znači da se 8665,27 m<sup>3</sup> materijala 19. studenog nalazilo iznad plohe kamenoloma dobivene snimanjem 31.05.. Taj iznos cut-a zapravo predstavlja materijal koji je iskopan sa glavnog zida kamenoloma i nalazi se na tlo (Slika 78,79 i 80), on je iskopan, ali nije uklonjen iz kamenoloma te se zbog toga ne može zanemariti. Zbog toga potrebno fill umanjiti za tu vrijednost kako bi se dobila prava promjena.

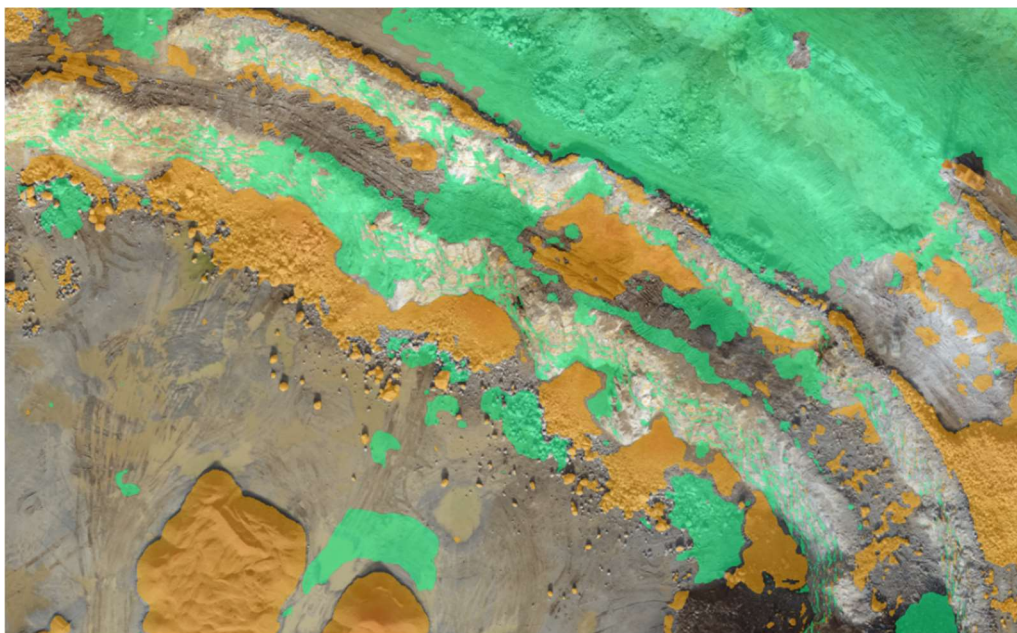




Slika 78. Dno kamenoloma 31.05



Slika 79. Dno kamenoloma 31.05



Slika 80. Usporedba DSM-a( dno kamenoloma , fill-narančast)

U tablici 17. nalaze se podatci dobiveni korištenjem net vrijednosti. Između prva dva termina snimanja iskopano je  $69533,99 \text{ m}^3$ , što iznosi prosječno  $1545,20 \text{ m}^3$  dnevno. Između drugog i trećeg termina snimanja nastala je promjena od  $250693,50 \text{ m}^3$  što iznosi prosječno  $1973,96 \text{ m}^3$  iskopanog materijala dnevno. Povećanju intenziteta kopanja vjerojatno su pridonijeli bolji vremenski uvjeti u ljetnim mjesecima i potražnja za materijalom. Za vrijednost ukupne nastale promijene uzeta je

aritmetička sredina vrijednosti sume prvog i drugog snimanja te razlike prvog i zadnjeg snimanja i iznosi  $320149,74 \text{ m}^3$  (Tablica 18.).

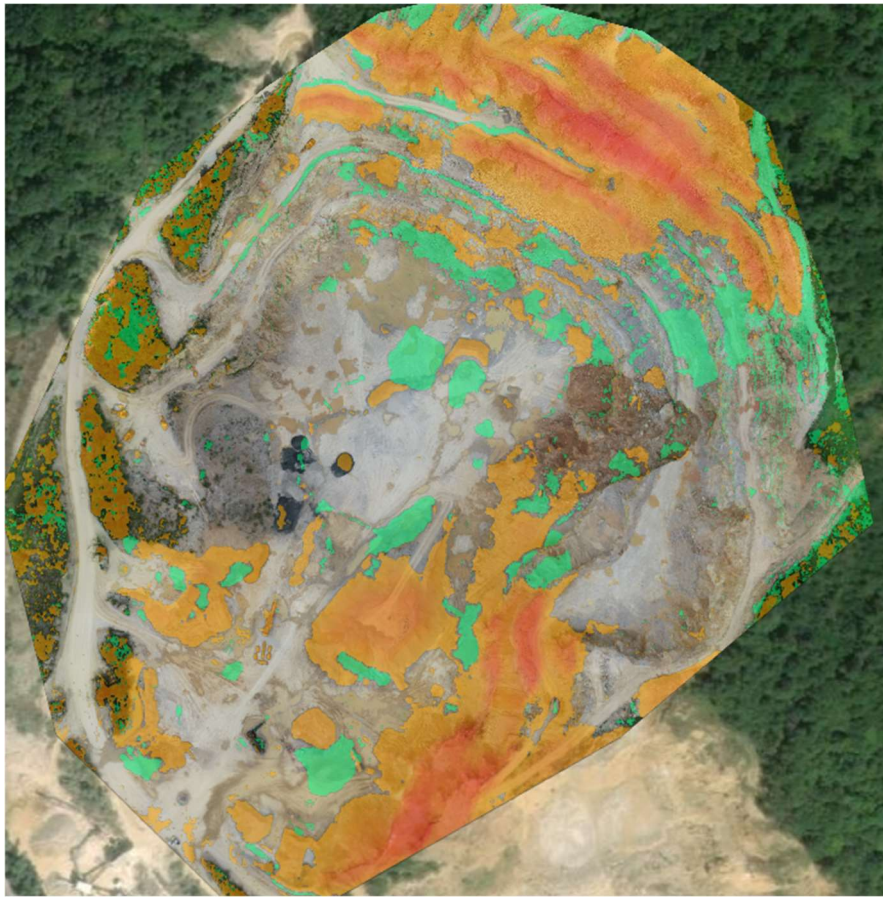
Tablica 17.. Volumen nastalih promjena u razdoblju između mjerenja (Net(Cut)/Net(Fill))

SNIMANJE 31.05.		SNIMANJE 15.07.		SNIMANJE 19.11.	
$\Delta 15.07$	$69522,45 \text{ m}^3$	$\Delta 31.05.$	$69545,52 \text{ m}^3$	$\Delta 15.07$	$250699,10 \text{ m}^3$
$\Delta 19.11.$	$320290,52 \text{ m}^3$	$\Delta 19.11.$	$250687,90 \text{ m}^3$	$\Delta 31.05.$	$320253,44 \text{ m}^3$

Tablica 18. Ukupna promjena (Net Cut/Net Fill)

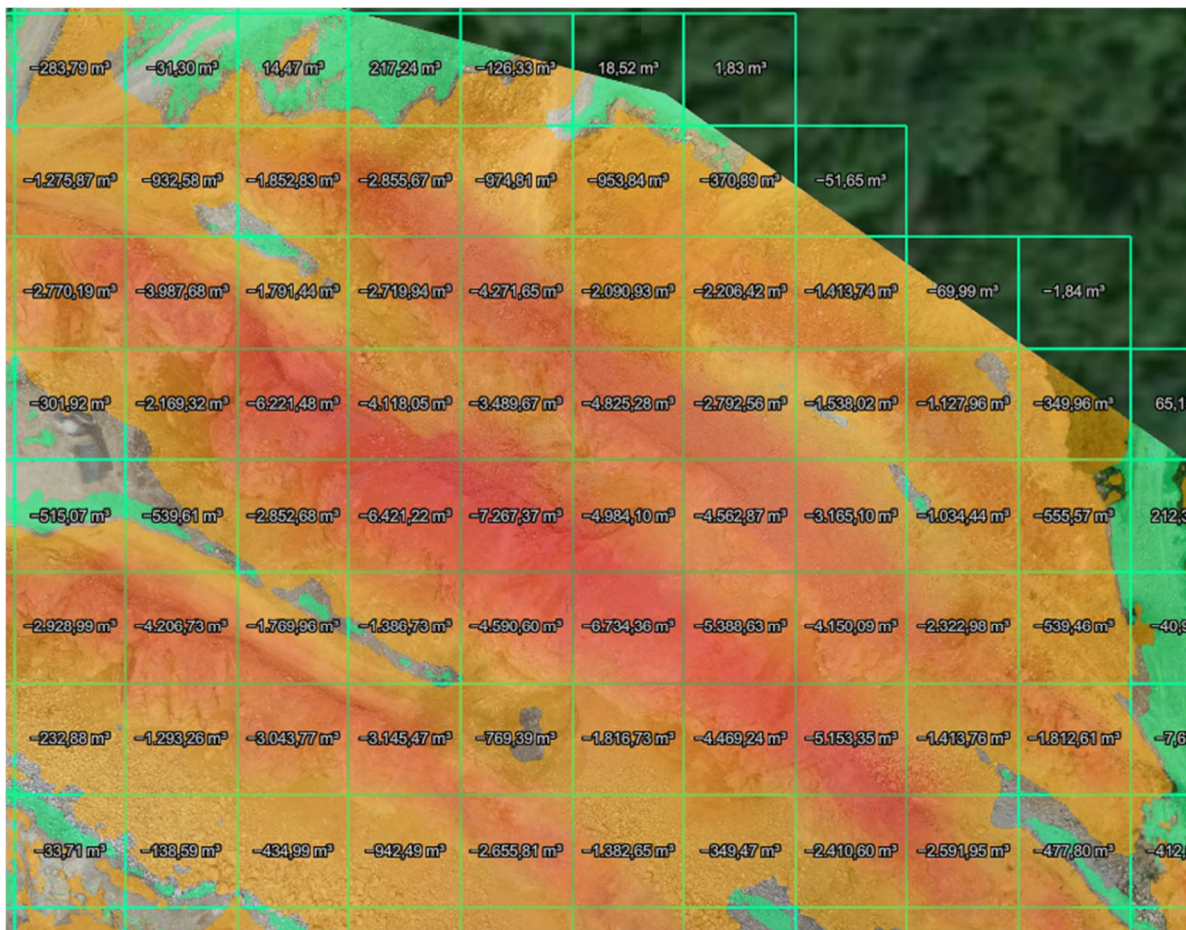
PROMJENA VOLUMENA	
31.05-15.07	$69533,99 \text{ m}^3$
15.07.-19.11	$250693,50 \text{ m}^3$
31.05.- 19.11.	$320271,99 \text{ m}^3$
Suma prvog i drugog snimanja	$320227,49 \text{ m}^3$
<b>PROMJENA</b>	$320149,74 \text{ m}^3$

Na slici 81. prikazana je razlika DSM-a prvog i zadnjeg snimanja kamenolom. Promjenu predstavljaju područja obojana narančastom i crvenom bojom. Najveća promjena odnosno najviše materijala se iskopalo iz centralnog dijela i s desnog boka kamenoloma. Materijal obojan crvenom bojom u središtu kamenoloma može se zanemariti zbog toga što nije uzet u obzir prilikom računanja promjene. Na slici 82. može se vidjeti opcija prikaza „Grid“ koju nudi SiteScan. Grid se koristi za određivanje promijene unutar mreže kvadrata, u ovom slučaju kvadrata dimenzija 15 puta 15 metara.



*Slika 81. Cutt/Fill-razlika DSM-a*





Slika 82. Vrijednost promijene-mreža

### 10.2.2 Otpad

Kod određivanja volumena promijene nastale na području otpada koristi se isti postupak kao i kod kamenoloma, jedina razlika je što se kod otpada očekuje da će volumen materijala narasti od 31.05 do 19.11.. Poligon od interesa obuhvaća otpad po rubu ceste te rubu litica sa sjeverne i sjeverno zapadne strane otpada (slika 83.). Uz materijal koji se odbacuje u središtu otpada većina materija koja je uzrokovala promjenu volumena ispustila se u otpad s područja između kamenoloma i otpada. Naime zbog toga što se veliki dio kopanja u kamenolomu odvija na prostoru između otpada i kamenoloma (Slika 81.) bilo je potrebno pristupne ceste tom prostoru približiti otpadu kako bi se područje na kojem su se one prije nalazile moglo iskopati. Tlo za izgradnju novih cesta bilo je potrebno izravnati, a sav materijal koji je bio višak najefikasnije je bilo ispustiti na otpad. Na slici 84. jasno se vidi novoizgrađena platforma koja se koristi za pristup novoj cesti. Probijanje te ceste obavljeno je točno na dan prvog snimanja.





Slika 83. Poligon od interesa-otpad



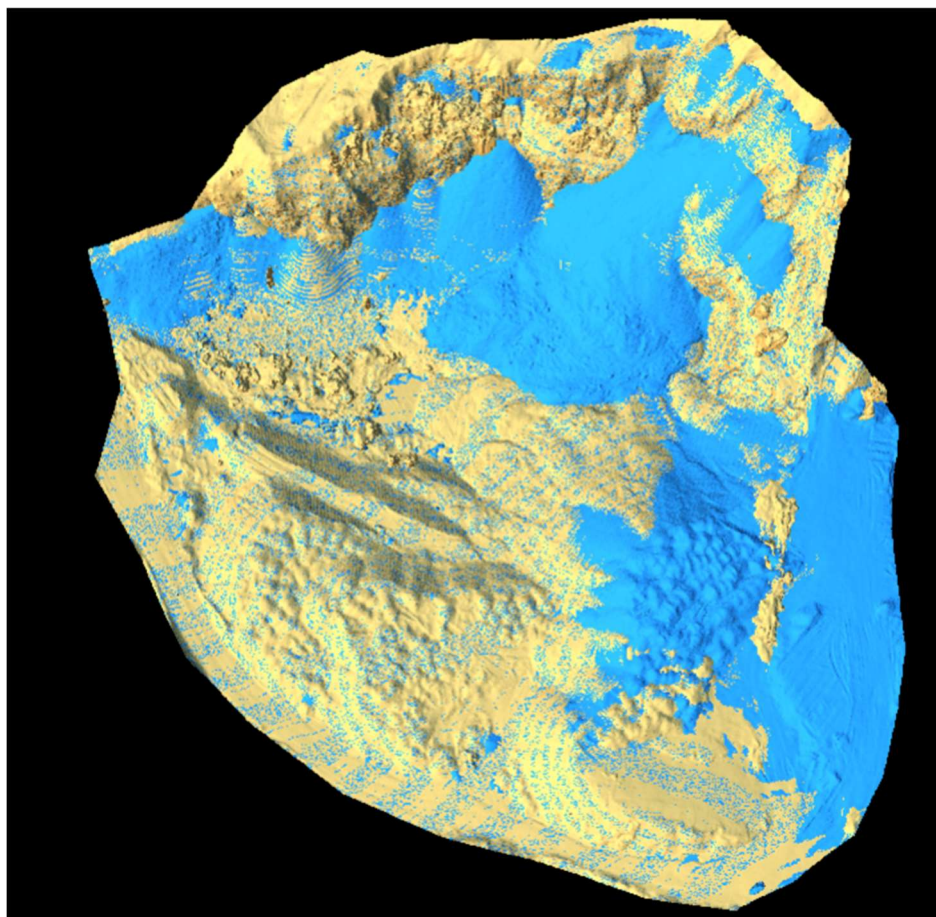
Slika 84. Novoizgrađena platforma (31.05 lijeva-19.11.desno)

Za određivanje krajnje vrijednosti nastale promijene u razdobljima između snimanja koristile su se aritmetičke sredine net vrijednosti. Ako se promjena npr. određivala između 31.05. i 15.7. provo bi se kao osnovna ploha uzela ploha 31.05., a kao ploha za usporedbu ploha 15.97. Potom bi se plohe zamijenile, a kao konačna vrijednost promjene uzela se aritmetička sredina. Kao i kod kamenoloma ukupna promjena je aritmetička sredina sume promjene nastale između prvog i drugog i drugog trećeg snimanja te promjene nastale u razdoblju između prvog i zadnjeg snimanja. Između prva dva snimanja volumen kamenoloma povećao se za  $4535,46 \text{ m}^3$  materijala što daje prosječno  $100 \text{ m}^3$  materijala dodanog dnevno. U razdoblju od 17.srpnja do 19. studenog volumen otpada narastao je za  $16241,84 \text{ m}^3$  što je prosječno  $127 \text{ m}^3$  materijala dodanog dnevno. Ukupna promjena iznosi  $20782,46 \text{ m}^3$  materijala što daje prosjek od  $120 \text{ m}^3$  dodanog materijala dnevno. Možda je na skok u intenzitetu punjenja otpada utjecalo to što se shrupa otpada u podnožju kamenoloma koja se koristila kao stajalište pri snimanju u periodu između drugog i trećeg snimanja smanjila gotovo duplo, a između prvog i drugog snimanja bila je nepromijenjena. Na slici 85. nalazi se razlika DSM-a prvog i zadnjeg snimanja. Plavom bojom prikazana su mjesta na kojima se dogodila promjena. To su

područja ispod litica otpada na kojima je materijal ispuštan s vrha kamenoloma i područje koje vodi do novoizgrađene ceste.

Tablica 19. Vrijednosti promijene-otpad

PROMJENA VOLUMENA	
31.05-15.07	4535,46 m <sup>3</sup>
15.07.-19.11	16241,84 m <sup>3</sup>
31.05.- 19.11.	20787,62 m <sup>3</sup>
Suma prvog i drugog snimanja	20777,9 m <sup>3</sup>
<b>PROMJENA</b>	20782,46 m <sup>3</sup>



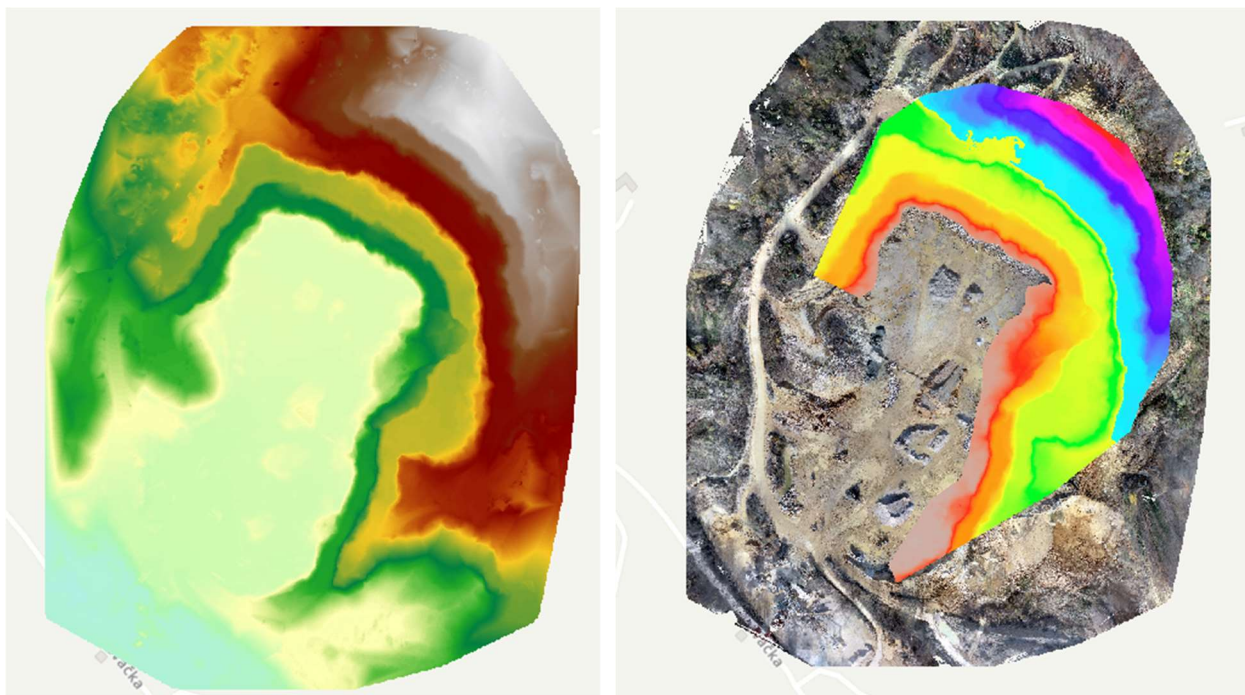
Slika 85. Razlika DSM-a otpad (31.05-19.11)



## 10.3 Određivanje volumena i detekcija promjena- Dron2Map

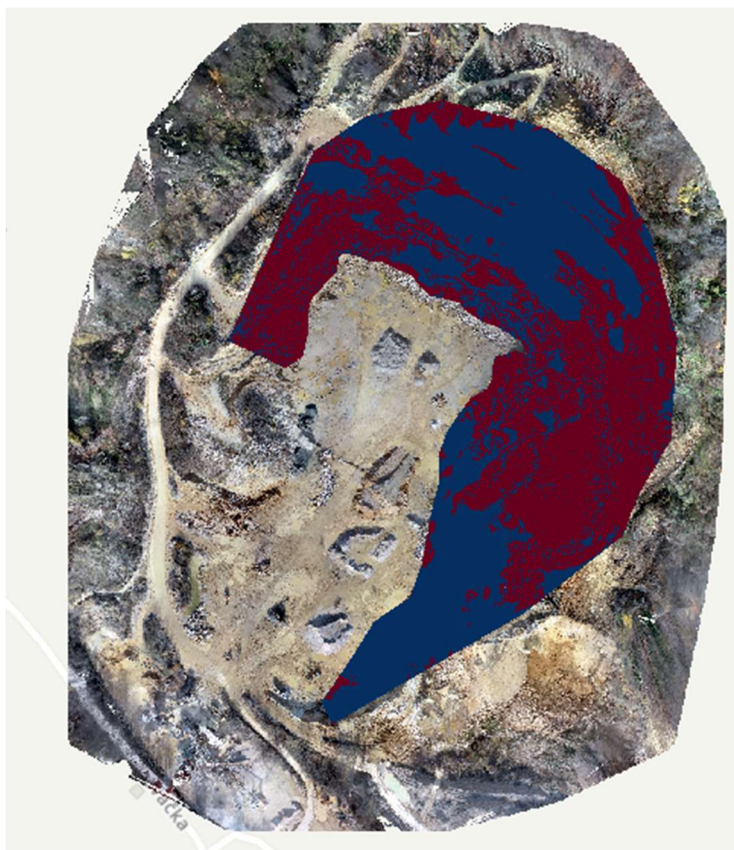
### 10.3.1 Kamenolom

Kako bi se za određivanje volumena u Drone2Mapu koristilo isto područje kao u SiteScanu prvi korak je bilo potrebno napraviti je iz SiteScana izvesti poligon od interesa u .shp formatu (slika 75.). U samom Drone2 mapu nije moguće napraviti usporedbu dvije plohe već je za takve operacije potrebno odraditi u ArcGisu. Kada se projekt otvori u ArcGisu potrebno je klikom na „Add Dana“ dodati poligon iz SiteScana. Razlika volumena izračunava se usporedbom dva DSM-a. Jedan od njih potrebno je izrezati na područje poligona od interesa pomoću naredba „Raster Clip“. Za „Input Raster“ potrebno je odabrati DSM, a za „Output Extent“ poligon. Uz to potrebno je odabrati opciju „Use Input Features for Clipping Geometry“ kako bi se raster izrezao točno po rubovima poligona, a ne po kvadratu koji omeđuje poligon. Rezultati ove operacije vidljivi su na slici 86..



Slika 86. Izrezivanje rastera

Ako je jedan od rastera koji se koriste u usporedbi izrezan drugog nije potrebno izrezivati. Kako bi se odredila promjena volumena koristi se naredba „Cut Fill“. Kao parametre naredbe potrebno je definirati raster „prije“ i raster „poslije“, lokaciju spremanja te Z faktor. Z faktor se koristi kada horizontalne koordinate i visina nisu u istim mjernim jedinicama. Ako su na primjer x i y u metrima, a visina u stopama z faktor je potrebno postaviti na 0.3048 (1 stopa= 0.3048 metara). Kako su nama sve koordinate u metrima z faktor se postavlja na 1. Rezultat „Cut fill“ funkcije DSM-a snimanja 31.svibnja i 19.studenog nalazi se na slici 87..



Slika 87. Cutt Fill (31.05.-19.11.)

Na slici 87. plavom bojom su prikazana područja na kojima se smanjio volumen, a crvena područja na kojima se povećao. To što je veliki dio područja obojan crvenom bojom možemo zanemariti zato što većina tih područja ima povećanje daleko manje od 1 metra kubnog. Za razliku od SiteScana, ArcGis ne daje odmah vrijednosti cutt-a i fill-a već ih je potrebno samostalno izračunati iz podataka atributne tablice sloja. Ako se sve pozitivne vrijednosti dobije se volumen koji je iskopan, a zbrojem negativnih vrijednosti volumen koji se nalazi iznad početne plohe. Ovim procesom obavljena je usporedba DSM-a svih snimanja, a rezultati tih analiza vidljivi su u tablici 20..

Tablica 20. Rezultati računanja promjena-ArcGis (kamenolom)

PROMJENA VOLUMENA	
31.05-15.07	77400,06 m <sup>3</sup>
15.07.-19.11	245699,8 m <sup>3</sup>
31.05.- 19.11.	329849,8 m <sup>3</sup>
Suma prvog i drugog snimanja	323099,8 m <sup>3</sup>
UKUPNA PROMJENA	326474,4 m <sup>3</sup>



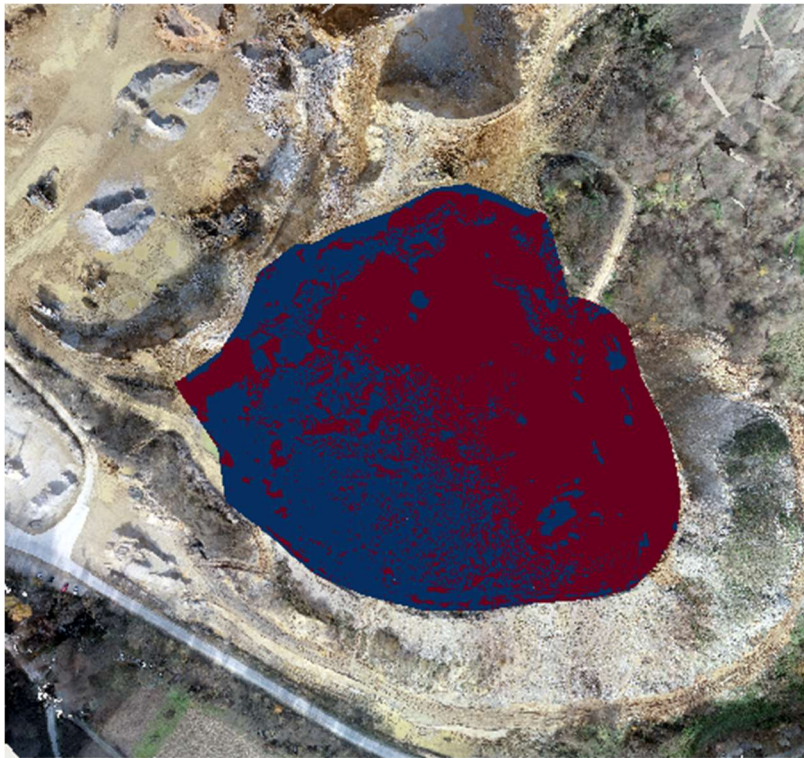
Kako i kod promjena u SiteScan-u u tablici 20. prikazane su net vrijednosti. U periodu između prva dva snimanja iskopano je  $77400,06 m^3$  materijala što u prosjeku daje  $1720 m^3$  dnevno. U periodu između drugog i trećeg snimanja iskopano je  $245699,08 m^3$  materijala što u dnevnom prosjeku daje  $1935 m^3$ . Ukupna promjena izračunata je na isti način kao i kod SiteScana te iznosi  $326474,4m^3$ . Najveća razlika pojavljuje se na središnjem dijelu te desnom boku kamenoloma (Slika 87.). Razlika između rezultata analize u SiteScanu i ArcGisu iznosi  $6325 m^3$ . Ako se ta razlika podijeli po danima između prvog i zadnjeg snimanja dnevna razlika ispadne  $37 m^3$ .

### 10.3.2 Otpad

Kao i kod određivanja volumena kamenoloma, prvi korak određivanja promjene volumena otpada je skidanje poligona koji se koristio za analizu u SiteScan-u (Slika 83.) . Ostale operacije koje je potrebno obaviti da bi se dobilo rješenje iste su kao i kod analize kamenoloma. Rezultati analize nalaze se u tablici 21.. U periodu između prva dva snimanja volumen otpada povećao se za  $4774,72 m^3$ , a u periodu između drugog i trećeg snimanja za  $15531,04m^3$  . Ukupna promjena volumena otpada nastala u periodu praćenja iznosi  $15531,04m^3$ . Na slici 88. prikazana je nastala promjena, crvenom bojom obojana su područja koja se nalaze iznad, a plavom bojom područja koja se nalaze iznad terena snimljenog 31.svibnja. Kao i kod obrade u SiteScan-a glavnina područja na kojima se volumen povećao nalaze se na prostru koji vodi do novoizgrađene ceste i na mjestima na kojima se ispuštao materijal zbog izgradnje cesta.

Tablica 21. Promjena volumena-otpad (Drone2Map)

PROMJENA VOLUMENA	
31.05-15.07	$4774,72m^3$
15.07.-19.11	$15531,04m^3$
31.05.- 19.11.	$20306,19m^3$
Suma prvog i drugog snimanja	$20305,76m^3$
UKUPNA PROMJENA	$20305,98m^3$



*Slika 88. Promjena volumena-otpad (Drone2map)*

## 11. ZAKLJUČAK

Iz rezultat ovog rada i procesa opisanih u istom može se zaključiti da dronovi mogu naći svoju primjenu u rudarstvu. Bespilotne letjelice prvenstveno nude brze rezultate koji se mogu koristiti za bolje planiranje i upravljanje kamenolomom. Kao glavne prednosti dronova u odnosu na standardne metode terestričkog snimanja mogu se izdvojiti brzina, jednostavnost i točnosti podataka, ali prvenstveno manja razina opasnosti kojoj se geodeti izlažu tijekom snimanja. U ovom radu upoznali smo se sa svim radnjama koje je potrebno obaviti kako bi se uspješno provelo inspekcijsko snimanje kamenoloma. Kao najbitniju stvar koju je potrebno obaviti prije samog snimanja možemo izdvojiti rekognosciranje terena i upoznavanje s ljudima koji vode kamenolom i rade u njemu. Oni nam mogu dati iznimno korisne i detaljne informacije koje će uvelike pomoći uspješnom obavljanju zadatka. Pomoću tih informacija i rekognosciranja terena napravljeni su planovi leta i određene lokacije kontrolnih točaka. Te dvije stvari su osnova za uspješno snimanje kamenoloma u više termina. SiteScan aplikacija za letenje i planiranje leta pokazala se jednostavnom korištenje. Treba istaknuti Terrain follow opciju koja je uvelike olakšala snimanje. Teren kamenoloma odlikuju velike promjene visine na malom prostoru što bi značilo da bez ove opcije nebi bilo moguće snimiti kamenolom jednim letom s konstantnom visinom letjelice. Područje kamenoloma bi se zbog sigurnosnih razloga trebalo snimati s više letova i s više stajališta što bi otežalo snimanje i produžilo vrijeme trajanja. Programi za obradu snimki pokazali su se upravo onakvim kakva su i bila očekivanja. SiteScan iznimno je intuitivan i jednostavan za korištenje, sadrži sve potrebno za letenje, obradu i analizu podataka te daje brze rezultate bez potrebe za skupim računalima. Može se reći da je SiteScan prikladniji za osobe koje nemaju veliko znanje fotogrametrije i prikladan je za ulaz u svijet bespilotnih letjelica. S druge strane Drone2Map pruža puno veću kontrolu parametara obrade podataka što iziskuje veće znanje, ali i daje puno više kontrole nad krajnjim rezultatom. Ovaj zaključak može se prenijeti i na iskustvo analize podataka. U SiteScanu se parametri analize vrlo lako mijenjaju, a rezultat se dobije odmah. Mana mu je to što nudi samo osnovne operacije za analizu podataka kao što su površina, volumen itd., a za sve kompliciranije analize podatke je potrebno koristiti u drugim programima. U samom Drone2map-u nije bilo moguće obaviti usporedbu ploha pa se analiza obavila u ArcGis-u. Usporedba ploha u ArcGis-u zahtijeva nešto više koraka i dulje traje, ali samo ArcGis okruženje nudi puno više opcija za analizu i rad s podacima nego SiteScan. Oba programa dali su gotovo iste vrijednosti volumena promjene. Razlika volumena promjena u kamenolomu dobivenim analizom u SiteScanu i ArcGisu iznosila je  $6325 m^3$ , a na području otpada  $477 m^3$ . Može se reći da su te razlike zanemarive s obzirom na vrijednosti ukupne promjene i trajanje praćenja aktivnosti u kamenolomu. Od dva korištena softvera ne može se izdvojiti jedan kao bolji, može se reći da oba obavljaju svoj posao, a o samom korisniku i njegovim potrebama ovisi koji će odabrati.



## 12.LITERATURA

1. Alberto Viseras, Thomas Wiedemann, 2019. *Beehive-Inspired Information Gathering with a Swarm of Autonomous Drones*. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6806085/>)
2. Esri, 2021. <https://www.esri.com/en-us/lg/product/arcgis-drone-collections>
3. Chahl, J., 2020. *Learning from nature: a new flapping drone can take off, hover and swoop like a bird* (<https://theconversation.com/learning-from-nature-a-new-flapping-drone-can-take-off-hover-and-swoop-like-a-bird-143343>).
4. DGU, 2021.: *DGU pustila u rad e-aplikaciju za izdavanje odobrenja za snimanje iz zraka i odobrenja za uporabu zračnih snimaka*. (<https://dgu.gov.hr/vijesti/dgu-pustila-u-rad-e-aplikaciju-za-izdavanje-odobrenja-za-snimanje-iz-zraka-i-odobrenja-za-uporabu-zracnih-snimaka/5613>)
5. Emily Windahl, Jeremiah Johnson, 2020. *Site Scan for ArcGIS: Frequently Asked Questions*. (<https://www.esri.com/arcgis-blog/products/site-scan/imagery/drone-imagery-and-site-scan-for-arcgis-frequently-asked-questions/>)
6. Hajdarović Miljenko, 2007. *Prva zračna bombardiranja*. (<https://povijest.net/prva-zracna-bombardiranja/>)
7. Javad Shahmoradi i sur. 2020. *A Comprehensive Review of Applications of Drone Technology in the Mining Industry*. (<https://www.mdpi.com/2504-446X/4/3/34/htm>)
8. Johnson, J., 2020. *Site Scan Flight Planning v4.0 Release*. (<https://www.esri.com/arcgis-blog/products/site-scan/imagery/site-scan-flight-planning-v4-0-release/>)
9. Lazzaro S., 2020. *Flying multiple drones from 1 remote controller*. (<https://minds.wisconsin.edu/bitstream/handle/1793/72188/TR1818.pdf?isAllowed=y&sequence=1>)
10. Tomislav Malvić, Boris Vrbanac: *Geometrijski pojmovnik*.

POPIS URL-OVA:

URL1:[https://docs.qgis.org/2.8/de/docs/gentle\\_gis\\_introduction/spatial\\_analysis\\_interpolation.html](https://docs.qgis.org/2.8/de/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html)

URL2:<https://support.esri.com/en/technical-article/000023015> -----Sitiescan

URL3:<https://support.esri.com/en/technical-article/000023065>

URL4:<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/hillshade-function.htm>

URL5:<https://support.esri.com/en/technical-article/000023015>

URL6:[https://www.usna.edu/Users/oceano/pguth/md\\_help/html/las\\_format.htm](https://www.usna.edu/Users/oceano/pguth/md_help/html/las_format.htm)

URL7:<https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202558689-Quality-Report-Help#label100>

URL8: [https://docs.qgis.org/2.8/de/docs/gentle\\_gis\\_introduction/spatial\\_analysis\\_interpolation.html](https://docs.qgis.org/2.8/de/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html)

URL9: <http://www.ccaa.hr/ccaa>

## 11. POPIS SLIKA

Slika 1. Bombardiranje Venecije .....	2
Slika 3. Queen Bee .....	3
Slika 4. Letjelice s fiksnim krilom-Sensefly eBee i Skywalker drones .....	4
Slika 5. Multikopteri-AscTech Falcon i DJI Phantom.....	5
Slika 6. Hibridna bespilotna letjelica .....	5
Slika 7.. Ornithopter.....	6
Slika 8. Koncept sustava (Alberto Viseras, 2019) .....	12
Slika 9.SiteScan mobilna aplikacija.....	13
Slika10.Area survey .....	13
Slika11.Crosshatch survey .....	14
Slika 12. Perimetar scan.....	14
Slika 13. Vertical Scan s nagibom .....	15
Slika 14. Corridor scan.....	15
Slika 15. Izgled signala i zastavice (lijevo 5.mjesec – desno 11.mjesec).....	18
Slika 16. Približne lokacije kontrolnih točaka .....	19
Slika 17. Crosshatch -kamenolom (3D).....	20
Slika 18. Vertikalno snimanje kamenoloma (3D).....	20
Slika 19. Crosshatch -otpad (3D).....	21
Slika 20. Lokacija stajališta br.2 .....	22
Slika 21.Usporedba pozicije snimljenih fotografija.....	24
Slika 22. SiteScan autentifikacija.....	26
Slika 23. Glavni izbornik-SiteScan Manager.....	27
Slika 24. Informacije o baterijama .....	27
Slika25. Izbornik projekti .....	28
Slika 26. Sučelje s podacima leta.....	29
Slika 27. Dijaloški okvir za dodavanje snimki .....	30
Slika 28. Parametri obrade SiteScan .....	31
Slika 29. Sučelje s automatski detektiranim kontrolnim točkama .....	32
Slika30. Sučelje s ponuđenim predlošcima projekata.....	33
Slika 31. Učitavanje snimki. ....	34
Slika 32. Središnje sučelje Drone2Map .....	34
Slika 33 . Učitavanje kontrolnih točaka .....	36
Slika 34. Povezivanje GCP-a i snimki .....	37

Slika 35. Dijaloški okvir- Options .....	38
Slika 36. Dijaloški okvir 3D products.....	39
Slika 37. Options-Initial.....	40
Slika 38. Options-Dense .....	41
Slika 39. Ortomozaik kamenoloma.....	42
Slika 40. Ortomozaik bez Boundary Cropping-a (31.05 lijevo, 19.11. desno).....	42
Slika 41. Izohipse na DTM-u.....	43
Slika 42. Modeli visina na DTM-u (lijevo) i DSM-u (desno) .....	43
Slika 43. Cut Fill.....	44
Slika 44. Hillshade na DTM-u (lijevo) i DSM-u (desno) .....	45
Slika 45. Oblak točaka-kamenolom .....	45
Slika 46. 3D model kamenoloma.....	46
Slika 47. Ortomozaik-vertikalno snimanje kamenoloma.....	47
Slika 48. Ortomozaik-vertikalno snimanje kamenoloma( uvećano na kamenolom).....	47
Slika 49. Izohipse-vertikalno snimanje.....	48
Slika 50. Model visina-vertikalno snimanje .....	48
Slika 51. Hillshade-vertikalno snimanje .....	48
Slika 52. Oblak točaka-vertikalno snimanje .....	49
Slika 53. Oblak točaka-vertikalno snimanje (uvećanje) .....	49
Slika 54. 3D model- vertikalno snimanje.....	50
Slika 55. Ortomozaik-crosshatch snimanje otpada .....	50
Slika 56. Prikaz izohipsi na DSM-u(lijevo) i DTM-u (desno) -crosshatch snimanje otpada .....	51
Slika 57. Modeli visina na DSM-u(lijevo) i DTM-u (desno) -crosshatch snimanje otpada.....	51
Slika 58. Hillshade na DSM-u (lijevo) i DTM-u(desno)- crosshatch snimanje otpada.....	52
Slika 59. Oblak točaka-crosshatch snimanje kamenoloma.....	52
Slika 61. Ortomozaik Drone2Map-crosshatch snimanje kamenoloma.....	54
Slika 62. Modeli visina na DSM-u (lijevo) i DTM-u (desno)-crosshatch snimanje kamenoloma ....	54
Slika 63. Prikaz izohipsi na DSM-u (lijevo) i DTM-u (desno)-crosshatch snimanje kamenoloma ..	55
Slika 64. Oblak točaka Drone2Map-crosshatch snimanje kamenoloma.....	55
Slika 65. 3D model- crosshatch snimanje kamenoloma .....	56
Slika 66. Ortomozaik-crosshatch snimanje otpada .....	57
Slika 67. Model visina na DSM-u (lijevo) i DTM-u (desno)-crosshatch snimanje otpada .....	58
Slika 68. Prikaz izohipsi na DSM-u (lijevo) i DTM-u (desno)-crosshatch snimanje otpada .....	58
Slika 69. Oblak točaka- crosshatch snimanje otpada.....	59
Slika 70. 3D model-crosshatch snimanje otpada .....	60

Slika 71. Model visina na DSM-u (lijevo) i DTM-u(desno)-vertikalno snimanje kamenoloma .....	61
Slika 72. Prikaz izohipsi na DSM-u (lijevo) i DTM-u(desno)-vertikalno snimanje kamenoloma ...	61
Slika 73 . Oblak točaka-vertikalno snimanje kamenoloma.....	62
Slika 74. 3D model -vertikalno snimanje kamenoloma.....	62
Slika 75. Alat za određivanje volumena .....	66
Slika76. Određivanje razlike volumena .....	66
Slika 77. Rezultat usporede ploha ( snimanja 19.11. i 31.05.).....	67
Slika 78. Dno kamenoloma 31.05 .....	69
Slika 79. Dno kamenoloma 31.05 .....	69
Slika 80. Usporedba DSM-a( dno kamenoloma , fill-narančast).....	69
Slika 81. Cutt/Fill-razlika DSM-a .....	71
Slika 82. Vrijednost promijene-mreža .....	72
Slika 83. Poligon od interesa-otpad .....	73
Slika 84. Novoizgrađena platforma (31.05 lijeva-19.11.desno) .....	73
Slika 85. Razlika DSM-a otpad (31.05-19.11).....	74
Slika 86. Izrezivanje rastera .....	75
Slika 87. Cutt Fill (31.05.-19.11.) .....	76
Slika 88. Promjena volumena-otpad (Drone2map).....	78

## 12. POPIS GRAFOVA I TABLICA

Tablica 1. Karakteristike letjelice .....	6
Tablica 2. Karakteristike kamere .....	7
Tablica 3. Kategorizacija letačkih operacija iz 2018.g .....	9
Tablica 4. Kategorizacija otvorene kategorije .....	10
Graf 1. Broj prikupljenih snimki.....	23
Graf 2. Tijek crosshatch snimanja kamenoloma 15.07.....	25
Graf 3. Tijek crosshatch snimanja kamenoloma 31.05.....	25
Graf 4. Usporedba snimanja.....	25
Tablica 5. Broj kontrolnih točaka .....	32



Tablica 6. Karakteristike korištenog računala.....	35
Tablica 7. Koordinate kontrolnih točaka.....	36
Tablica 8. Broj kontrolnih točaka po pojedinom snimanju.....	37
Tablica 9. Osnovni parametri kvalitete obrade-SiteScan.....	63
Tablica 10. Osnovni parametri kvalitete obrade-Drone2Map .....	63
Tablica 11. Usporedba vremena obrade.....	64
Tablica 12. Osnovni parametri kvalitete obrade-SiteScan.....	64
Tablica 13. Osnovni parametri kvalitete obrade-Drone2Map .....	65
Tablica 14. Pogreške u položaju kontrolnih točaka .....	65
Tablica 15. Volumen nastalih promjena u razdoblju između mjerenja (Cut/Fill) .....	67
Tablica 16. Ukupna promjena volumena .....	68
Tablica 17.. Volumen nastalih promjena u razdoblju između mjerenja ( Net(Cut)/Net(Fill)) .....	70
Tablica 18. Ukupna promjena (Net Cut/Net Fill) .....	70
Tablica 19. Vrijednosti promijene-otpad .....	74
Tablica 20. Rezultati računanja promjena-ArcGis (kamenolom) .....	76
Tablica 21. Promjena volumena-otpad (Drone2Map) .....	77

### 13. PRILOZI

- Prilog 1. Potvrda o registracija operatora bespilotnih letjelica
- Prilog 2. Potvrda o položenom online ispitu za obavljanje letačkih operacija u kategoriji A1/A3
- Prilog 3. Odobrenje za snimanje iz zraka – DGU
- Prilog 4. Suglasnost za snimanje kamenoloma- Kaming d.o.o.
- Prilog 5. Planovi leta – prikaz na DOF-u.....