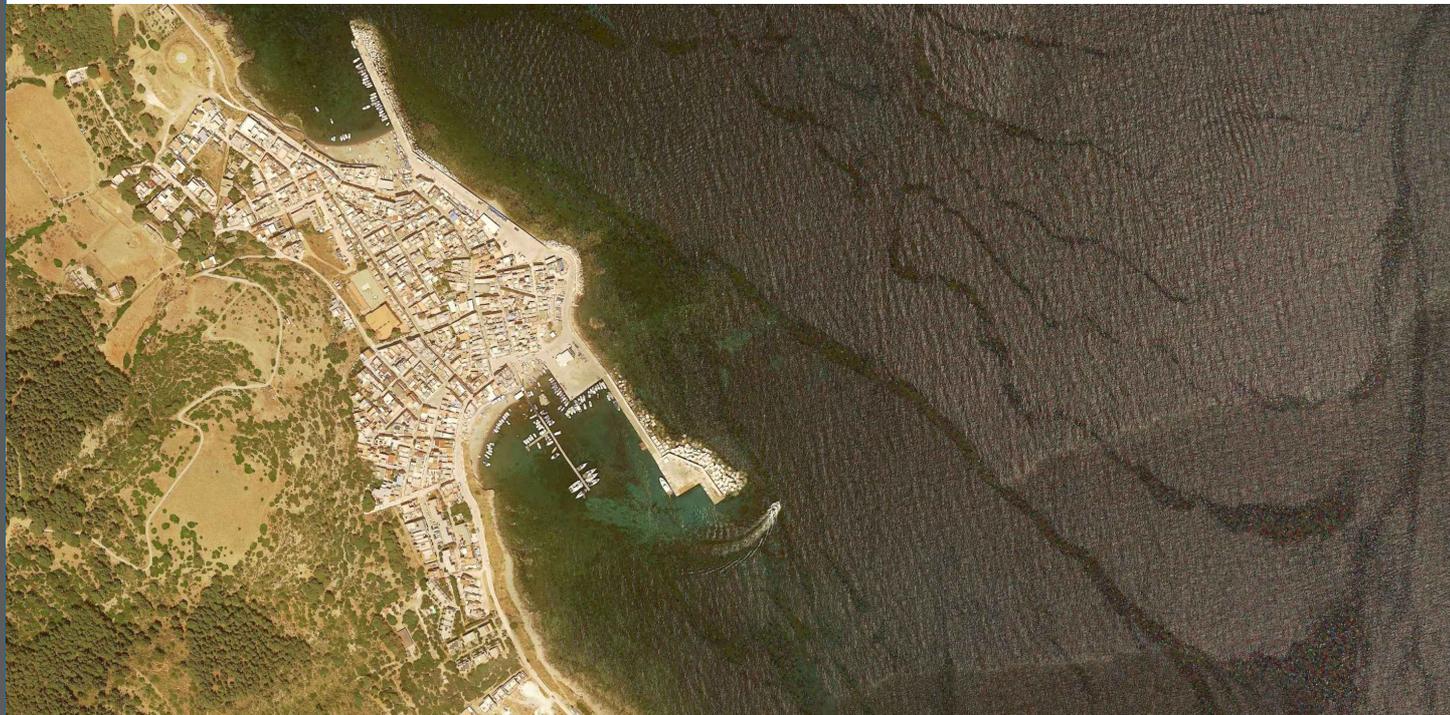




**LAVORI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL PORTO DI  
 MARETTIMO A SUD DEL CENTRO ABITATO**

CIG: 806910219F



**STUDIO IMPATTO AMBIENTALE**

**Il RUP:**

**Dott. Simone Ponte**



Viale Lazio, n°13  
 90144 Palermo (PA)

0	Febbraio 2022	EMISSIONE		M.M. G.M.
Rev.	Data	Descrizione	Eseguito	Controllato Approvato

Titolo elaborato :

**RILIEVI E INDAGINI**  
*Relazione sul Rilievo Aerofotogrammetrico con APR*

DATA	DESCRIZIONE	LIVELLO	OPERA	N°/SIGLA	TIPOLOGIA	REV	SCALA
Febbraio 2022	EMISSIONE	S I A	R I N	0 3 0 1	R	0	-

## INDICE

1	PREMESSA .....	1
2	DESCRIZIONE DELL'AREA D' INTERVENTO .....	2
3	CARATTERISTICHE CLIMATOLOGICHE.....	3
4	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA PER IL RILIEVO .....	4
4.1	RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO CON A.P.R. ....	4
4.1.1	Sistema di posizionamento e Datum geodetico .....	7
4.1.2	Risultati.....	12
•	ALLEGATO A.....	13
•	ALLEGATO B.....	16

---

## 1 PREMESSA

---

In conformità con le indicazioni prestazionali stabilite, sono state prefissate le finalità minime del rilievo:

- Rilievo Topografico GPS\RTK;
- Rilievo Aerofotogrammetrico da APR certificato ENAC;
- Applicazioni numeriche di appositi modelli matematici per la definizione del DTM e ORTOFOTO;
- Analisi delle risultanze e post processione delle stesse;
- Editing finale delle elaborazioni.

Le indagini sono state eseguite giovedì 25 marzo'21 , iniziando con la fase di inquadramento topografico utilizzando la rete delle stazioni permanenti VRS della Leica "Italos", oggi HxGN SmartNet, ed eseguendo successivamente il rilievo aerofotogrammetrico da A.P.R. certificato Enac.

Per mezzo di appositi software, sono stati prodotti gli elaborati grafici, riportanti le informazioni richieste.

In definitiva il corpo documentale prodotto per la restituzione del rilievo batimetrico commissionato consiste in:

- Relazione tecnica;
- Rilievo Aerofotogrammetrico: Ortofoto;
- Rilievo Aerofotogrammetrico: PQ e sezioni trasversali;
- Nuvola di punti XYZ ed RGB

## 2 DESCRIZIONE DELL'AREA D' INTERVENTO

Si è rilevata aerofotogrammetricamente una superficie di c.ca 66400 m<sup>2</sup>, pressoché regolare, di estensione di c.ca 250 m per 260 m, eseguendo un ricoprimento fotografico di n° 309 fotogrammi (cfr. fig.2.2) , di cui 196.280 punti derivati .



Figura 2.1 – Porto di Marettimo (TP) - zona oggetto di indagine aerofotogrammetrica da A.P.R.

### 3 CARATTERISTICHE CLIMATOLOGICHE

Di seguito si riportano, rispettivamente i dati climatologici medi rilevati nei bollettini meteo nel giorno del rilievo aerofotogrammetrico, 18 febbraio 2021, dalle ore 9,30 alle 12 circa:

- Cielo: sereno;
- Temperatura: oscillante tra i 16\20°;
- Vento: 8 KM/h - NE ;



Figura 3.0- Previsioni meteo durante il volo APR

---

## 4 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA PER IL RILIEVO

---

### 4.1 RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO CON A.P.R.

L'A.P.R. utilizzato è un drone dichiarato "inoffensivo", certificato ed abilitato da Enac (per operazioni critiche), tale da permettere la navigazione aerea in totale sicurezza.

Su di esso è montata un sensore CMOS da 21 megapixel da 1/2,4", ed un sistema GNSS GPS+GLONASS, da permettere la restituzione cartografica ad alta definizione con texturizzazione e foto mosaico dell'area oggetto di indagine, attraverso l'utilizzazione di appositi software.



*Figura 4.0- Mezzo A.P.R. utilizzato*

## Specifiche Tecniche

DRONE ANAFI FPV	
Peso	315 g
Distanza massima di trasmissione	4 km con Parrot Skycontroller 3
Tempo massimo di volo	26 min
Velocità massima orizzontale	34mph (55 km/h)
Velocità massima verticale	9mph (14.5 km/h)
Resistenza massima al vento	31mph (50 km/h)
Altitudine massima di utilizzo	4500 m al di sopra del livello del mare
Temperatura di funzionamento	da -10°C a 40°C
DIMENSIONI	
Chiuso	218 x 69 x 64mm
Aperto	241 x 315 x 64m m.
SENSORI	
GNSS	GPS + GLONASS
Barometro e magnetometro	✓
Videocamera verticale e sensore a ultrasuoni	✓
2x6 assi IMU	✓
Accelerometro 2x3 assi	✓
Giroscopio 2x3 assi	✓



## Specifiche Tecniche

SISTEMA DI IMAGING	
Peso	CMOS 1/2.4", 21 MP
Formato video	MP4 (H264)
HDR	video 4K UHD, 2.7K e 1080p, foto JPEG
Formati fotografici	JPEG, DNG(RAW)
Modalità fotografiche	single, burst, bracketing, timer e panorama
Velocità di otturazione	da 1 a 1/10000s
ISO	da 100 a 3200
Compensazione EV	[-3, +3]
Frequenza massima di campionamento video	100 Mbps
LENTE LD-ASPH	
Apertura f/2.4	✓
Distanza focale	26 mm (equivalente 35 mm)
Profondità di campo	1,5 m fino all'infinito
ZOOM DIGITALE	
Senza perdita di qualità	fino a 2.8x (FHD), fino a 1.9x (2.7K), fino a 1.4x (4K UHD)
Standard	fino a 3x (tutte le risoluzioni)
RISOLUZIONE FOTOGRAFICA	
Grandangolo	21 MP (5344x4016) / 4:3 / 84° HFOV
Rettilineo	12 MP (4000x3000) / 4:3 / 75.5° HFOV
RISOLUZIONE VIDEO	
Grandan 4K cinema	(4096x2160 24 fps)
4K UHD	(3840x2160 24/25/30 fps)
FHD	(1920x1080 24/25/30/48/50/60fps)
HD	(1280x720 48/50/60fps)
Gran HFOV video	69°

#### 4.1.1 SISTEMA DI POSIZIONAMENTO E DATUM GEODETICO

Per la corretta georeferenziazione dei fotogrammi è stata utilizzato un rilievo diretto con ricevitore GPS geodetico di precisione Topocon modello GR3, con possibilità di ricevere correzioni differenziali RTK dalla rete di Stazioni Permanenti GNSS Leica "Itapos".

Tutti i dati sono stati georiferiti nel sistema RDN2008\UTM zona 33N, la quota ortometrica è stata ricavata utilizzando il software Verto2000 dell' I.G.M (Cfr.fig.4.0).

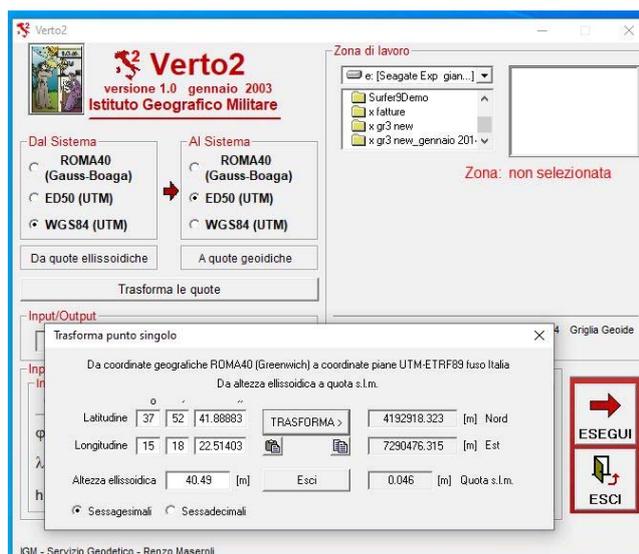


Figura 4.0- Software Verto IGM

Una volta aver constatato la qualità delle misurazioni, si è dato inizio alla fase del rilievo plano-altimetrico, di oltre 30 target di cui utilizzati per il calcolo del modello 3D, n. 21 target opportunamente posizionati all'interno dell'area oggetto di indagine (cfr. fig. 4.1 – allegato A).



Figura 4.1 a – Ubicazione "Punti topografici d'appoggio fotogrammetrico"



Figura 4.1 a – Alcuni Punti topografici d'appoggio fotogrammetrico (target) utilizzati



Figura 4.1 b – Alcuni Punti topografici d'appoggio fotogrammetrico utilizzati



Figura 4.1 c – Alcuni Punti topografici d'appoggio fotogrammetrico (tombini) utilizzati

La ripresa fotogrammetrica aerea è stata eseguita effettuando un ricoprimento longitudinale circa del 80% e trasversale del 70% e un con GSD di circa 2 cm.

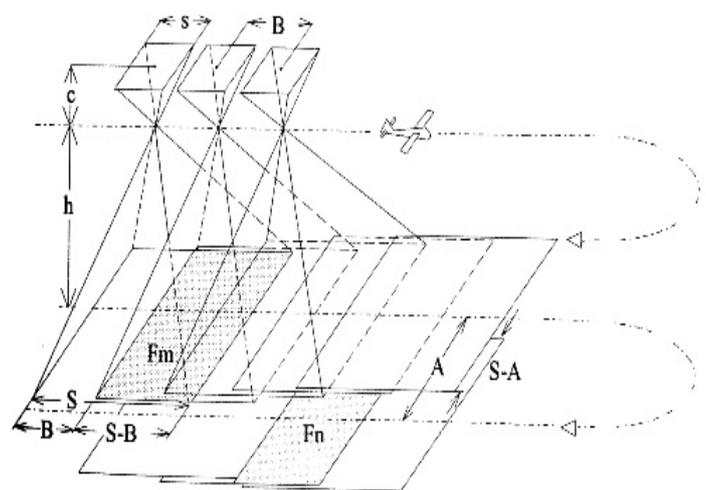
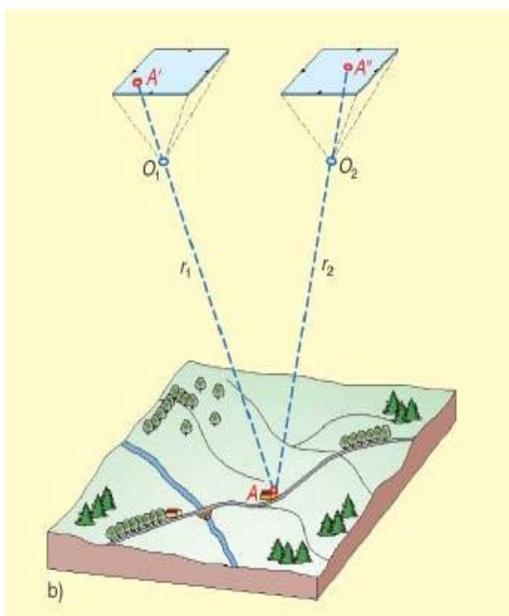


Figura 4.2 - Pianificazione geometrica del volo A.P.R.

Sono stati eseguiti circa 12 piani di volo, con camera nadirale, alla quota di circa 40 metri, di circa 8 minuti cadauno.

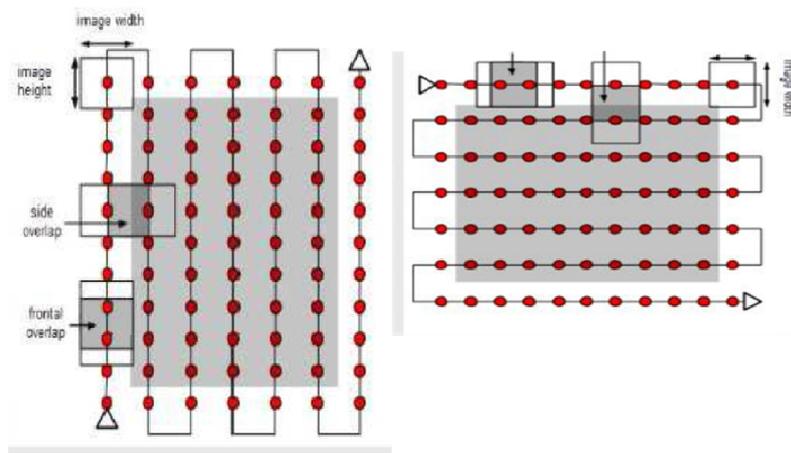


Figura 4.3 - Pianificazione volo A.P.R.

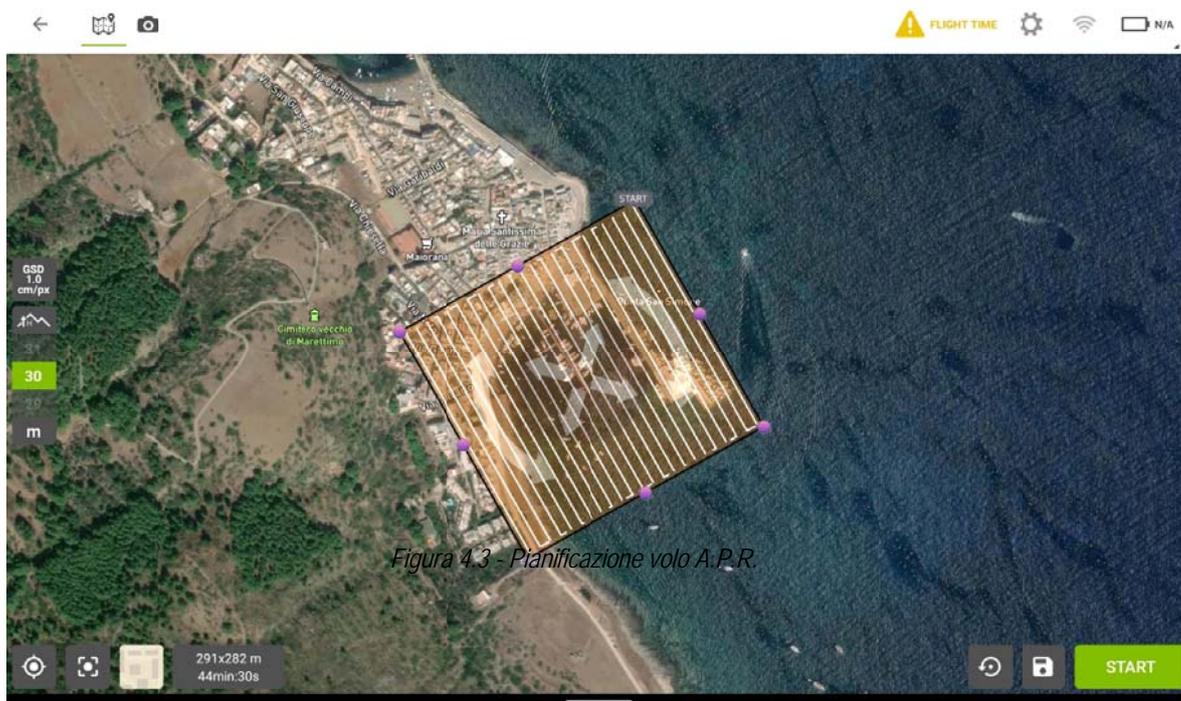


Figura 4.3 - Pianificazione volo A.P.R.

Figura 4.4 - Pianificazione geometrica del volo A.P.R. con il software Pix4dCapture

## 4.1.2 RISULTATI

I risultati del rilievo sono stati processati ed interpretati attraverso il software Metashape Professional, al fine di produrre un'accurata ortofoto (cfr.fig.4.6) rappresentativa dell'area oggetto di indagine. Tale rappresentazione, come già detto, è mostrata in proiezione UTM con datum WGS84 e proiezione UTM 33 N.

Infine l'elaborazione ha originato un modello 3D sia come nuvola di punti che come DSM (digital surface model) oltre l'ortofotocarta ad alta risoluzione, opportunamente mosaicata, dai cui si è ricavato il piano quotato e il DEM.

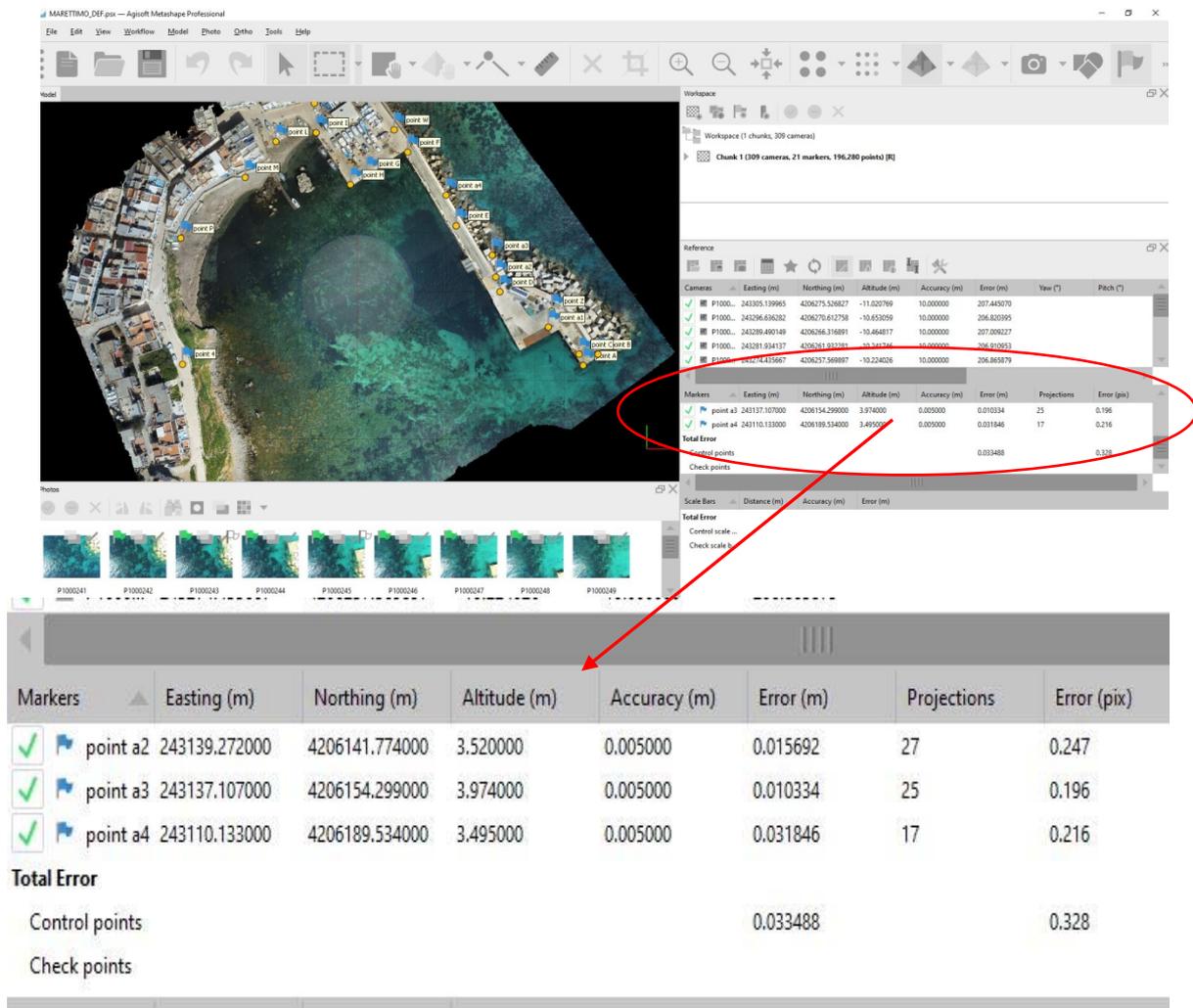


Figura 4.5 - Stralcio di report elaborazione dati aerofotogrammetrici

- ALLEGATO A

*COORDINATE PUNTI TARGET AEROFOTOGRAMMETRICI*

## Report dati GPS RTK

ID	NORD	EST	q. ort.	h. ant.	qualità	Sqm orizz	Sqm vert	Gdop
"Target A "	4206089.669	243190.861	1.942	1.58	PD Fixed	0.022	0.035	1.7
"Target B"	4206096.163	243199.642	1.934	1.58	PD Fixed	0.021	0.037	1.888
"Target C"	4206096.071	243188.394	1.933	1.58	PD Fixed	0.02	0.03	1.503
"Target z"	4206121.633	243172.312	2.005	1.58	PD Fixed	0.023	0.041	1.992
"Target A1"	4206112.204	243170.301	1.890	1.58	PD Fixed	0.021	0.036	1.732
"Target L"	4206098.641	243154.046	1.630	1.58	PD Fixed	0.021	0.033	1.59
"Target D"	4206132.926	243141.980	1.978	1.58	PD Fixed	0.022	0.036	1.776
"Target E"	4206171.927	243116.332	1.575	1.58	PD Fixed	0.021	0.033	1.587
" Target F"	4206215.205	243087.811	1.564	1.58	PD Fixed	0.021	0.033	1.585
"SP_2"	4206193.990	243099.158	1.490	1.58	PD Fixed	0.021	0.033	1.584
" Target W"	4206228.369	243079.823	1.666	1.58	PD Fixed	0.021	0.033	1.581
"Target G"	4206202.550	243063.710	1.650	1.58	PD Fixed	0.021	0.033	1.576
"Target H"	4206196.085	243054.340	1.616	1.58	PD Fixed	0.021	0.033	1.573
" SP_3"	4206195.384	243054.272	1.605	1.58	PD Fixed	0.021	0.033	1.572
" Target I "	4206226.626	243034.228	1.670	1.58	PD Fixed	0.02	0.034	1.63
"Target H"	4206239.261	243031.551	2.218	1.58	PD Fixed	0.024	0.042	2.16
"Target V"	4206258.529	243046.984	1.983	1.58	PD Fixed	0.024	0.042	2.145
"Target L"	4206221.377	243010.537	1.189	1.58	PD Fixed	0.027	0.046	2.424
" Target S "	4206208.717	243006.281	1.124	1.58	PD Fixed	0.027	0.042	2.182
" Target M "	4206200.201	242992.347	1.732	1.58	PD Fixed	0.023	0.038	1.991

" Target Q "	4206130.034	242955.443	2.256	1.58	PD Fixed	0.032	0.053	2.974
" Target P "	4206164.529	242954.975	2.298	1.58	PD Fixed	0.033	0.054	2.998
" Target O "	4206184.272	242970.477	2.399	1.58	PD Fixed	0.032	0.061	3.529
" Target A4 "	4206189.534	243110.133	3.495	1.58	PD Fixed	0.023	0.046	2.349
" Target A2 "	4206141.774	243139.272	3.520	1.58	PD Fixed	0.023	0.046	2.362
" Target A3 "	4206154.299	243137.107	3.974	1.58	PD Fixed	0.023	0.046	2.366
"SP SCALA"	4206243.797	243032.933	2.294	1.58	PD Fixed	0.029	0.04	2.157
"TOMB_3"	4206184.960	242968.007	6.266	1.58	PD Fixed	0.028	0.041	2.198
" Target R "	4206179.991	242964.189	3.878	1.58	PD Fixed	0.035	0.049	2.735
"TOMB_4"	4206148.890	242943.569	8.088	1.58	PD Fixed	0.036	0.052	3.101
"TOMB_5"	4206023.548	242972.551	12.059	1.58	PD Fixed	0.03	0.037	2.033
"SP TOMB"	4205973.709	242989.158	10.104	1.58	PD Fixed	0.015	0.025	1.505
SP_MAR	4205930.476	243012.462	9.411	1.58	PD Fixed	0.015	0.025	1.512
SP Giunto	4205991.144	243014.322	0.921	1.58	PD Fixed	0.015	0.025	1.509
Semi cerchi	4205953.628	243015.896	1.102	1.58	PD Fixed	0.020	0.038	2.259
zero mare	4205945.586	243023.561	-0.006	1.58	PD Fixed	0.020	0.037	2.243
zero mare	4205945.572	243023.577	-0.005	1.58	PD Fixed	0.019	0.035	2.206
gradino	4205983.729	242994.779	1.102	1.58	PD Fixed	0.023	0.050	3.145



- ALLEGATO B

*Report elaborazione dati aerofotogrammetrici*

# **Agisoft Metashape\_MARETTIMO**

**Processing Report del 29/03/2021**



**Ing Gianni Giordano**

**29 March 2021**



Fig. 4.6 Ortofoto

## Survey Data

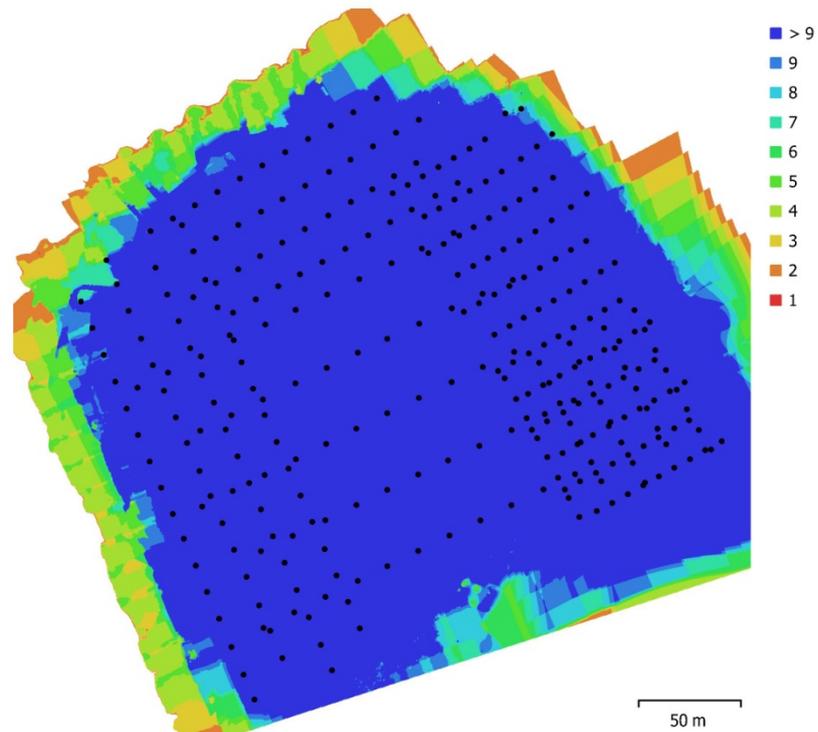


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	309	Camera stations:	309
Flying altitude:	64.2 m	Tie points:	196,280
Ground resolution:	2.02 cm/pix	Projections:	752,802
Coverage area:	0.0929 km <sup>2</sup>	Reprojection error:	1.84 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
Anafi (4mm)	4608 x 3456	4 mm	1.34 x 1.34 $\mu\text{m}$	No
Anafi (4mm)	4608 x 3456	4 mm	1.34 x 1.34 $\mu\text{m}$	No

Table 1. Cameras.

## Camera Calibration

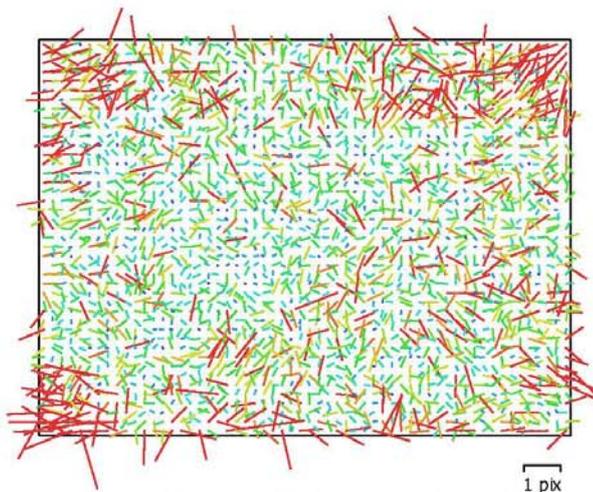


Fig. 2. Image residuals for Anafi (4mm).

### Anafi (4mm)

16 images

Type **Frame** Resolution **4608 x 3456** Focal Length **4 mm** Pixel Size **1.34 x 1.34  $\mu$ m**

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
<b>F</b>	<b>2997.58</b>	0.88	1.00	-0.18	-0.15	-0.02	-0.03	-0.15	0.16	-0.14	-0.05	-0.01
<b>Cx</b>	<b>19.4571</b>	0.47		1.00	0.03	-0.06	0.14	-0.03	0.02	-0.02	0.75	-0.14
<b>Cy</b>	<b>-8.46838</b>	0.53			1.00	0.06	0.04	0.10	-0.08	0.06	-0.02	0.65
<b>B1</b>	<b>-8.58077</b>	0.085				1.00	-0.19	0.02	-0.06	0.07	-0.12	0.17
<b>B2</b>	<b>0.322872</b>	0.089					1.00	-0.07	0.08	-0.07	0.03	-0.02
<b>K1</b>	<b>-0.00120873</b>	0.0005						1.00	-0.97	0.91	-0.02	0.13
<b>K2</b>	<b>0.0115145</b>	0.0014							1.00	-0.98	0.03	-0.13
<b>K3</b>	<b>-0.00771451</b>	0.0012								1.00	-0.03	0.12
<b>P1</b>	<b>0.00202349</b>	4e-005									1.00	-0.16
<b>P2</b>	<b>-0.00162543</b>	3.4e-005										1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

# Ground Control Points

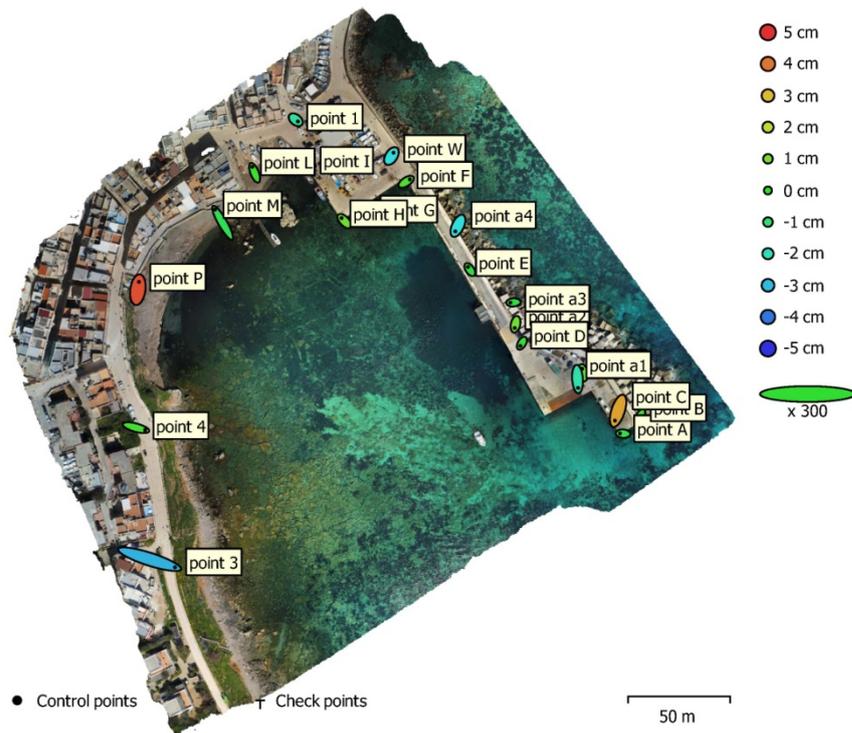


Fig. 5. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.  
 Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
21	2.16864	1.85849	1.74856	2.85604	3.3488

Table 5. Control points RMSE.  
 X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

<b>Label</b>	<b>X error (cm)</b>	<b>Y error (cm)</b>	<b>Z error (cm)</b>	<b>Total (cm)</b>	<b>Image (pix)</b>
point A	-1.02183	0.0627558	-0.307739	1.06901	0.273 (24)
point B	-0.640994	-1.19738	0.190254	1.37142	0.147 (23)
point C	-1.02908	-3.21657	3.36715	4.76897	0.341 (25)
point Z	-0.242673	1.32213	0.930806	1.63503	0.196 (17)
point a1	0.186375	-2.91115	-1.77458	3.41448	0.082 (7)
point a4	-0.852376	-1.81871	-2.47137	3.18464	0.216 (17)
point a2	-0.256175	-1.23985	0.927126	1.56921	0.247 (27)
point a3	-1.00872	-0.0710163	-0.21283	1.03337	0.196 (25)
point D	-0.529607	-0.894401	0.0872623	1.0431	0.214 (13)
point E	-0.61113	0.898543	-0.192248	1.10355	0.183 (17)
point F	1.21206	0.802208	0.432197	1.51638	0.297 (21)
point W	0.69744	1.11787	-2.45619	2.78728	0.366 (12)
point G	-1.68326	1.41227	0.731446	2.31579	0.432 (16)
point H	-0.938037	1.00749	0.848737	1.61719	0.247 (16)
point I	-1.81166	1.37754	-0.833483	2.42372	0.420 (16)
point L	-0.773039	1.96014	0.164089	2.11345	0.268 (15)
point M	-2.45705	4.32225	-0.495939	4.99649	0.331 (11)
point P	0.352436	2.58266	4.55182	5.24532	0.620 (29)
point 1	0.704838	-0.5586	-1.58816	1.82512	0.411 (13)
point 3	8.27846	-2.66577	-3.14437	9.24804	0.181 (8)
point 4	2.99197	-0.810444	0.307596	3.11501	0.508 (8)
<b>Total</b>	<b>2.16864</b>	<b>1.85849</b>	<b>1.74856</b>	<b>3.3488</b>	<b>0.328</b>

Table 6. Control points.  
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

## Digital Elevation Model

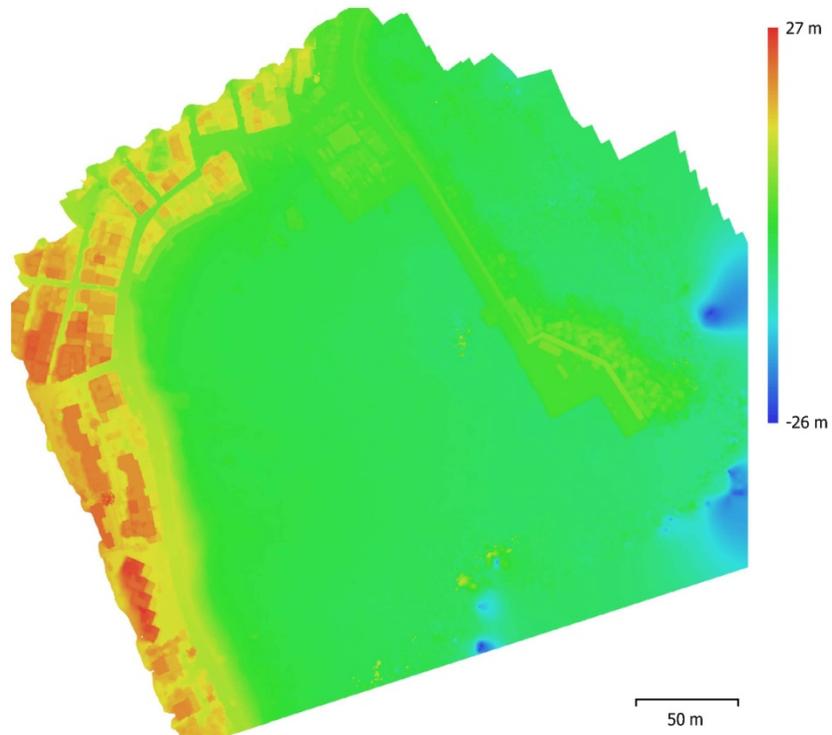


Fig. 6. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 8.06 cm/pix  
Point density: 154 points/m<sup>2</sup>

# Processing Parameters

<b>General</b>	
Cameras	309
Aligned cameras	309
Markers	21
Coordinate system	ED50 / UTM zone 33N (EPSG::23033)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll
<b>Point Cloud</b>	
Points	196,280 of 211,114
RMS reprojection error	0.17829 (1.84079 pix)
Max reprojection error	1.20643 (46.4156 pix)
Mean key point size	8.9354 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	4.1911
<b>Alignment parameters</b>	
Accuracy	Medium
Generic preselection	Yes
Reference preselection	Yes
Key point limit	40,000
Tie point limit	4,000
Adaptive camera model fitting	Yes
Matching time	7 minutes 19 seconds
Alignment time	2 minutes 41 seconds
<b>Optimization parameters</b>	
Parameters	f, b1, b2, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptive camera model fitting	No
Optimization time	10 seconds
<b>Depth Maps</b>	
Count	308
<b>Reconstruction parameters</b>	
Quality	Medium
Filtering mode	Mild
Processing time	1 hours 15 minutes
<b>Dense Point Cloud</b>	
Points	20,304,590
Point colors	3 bands, uint8
<b>Reconstruction parameters</b>	
Quality	Medium
Depth filtering	Mild
Depth maps generation time	1 hours 15 minutes
Dense cloud generation time	50 minutes 39 seconds
<b>Model</b>	
Faces	1,081,343
Vertices	543,937
Vertex colors	3 bands, uint8
Texture	4,096 x 4,096, 4 bands, uint8
<b>Reconstruction parameters</b>	
Surface type	Arbitrary
Source data	Dense
Interpolation	Enabled

<b>General</b>	
Quality	Medium
Depth filtering	Mild
Face count	1,353,638
Processing time	14 minutes 43 seconds
<b>Texturing parameters</b>	
Mapping mode	Generic
Blending mode	Average
Texture size	4,096 x 4,096
Enable hole filling	Yes
Enable ghosting filter	Yes
UV mapping time	1 minutes 56 seconds
Blending time	1 minutes 6 seconds
<b>DEM</b>	
Size	5,971 x 5,370
Coordinate system	ED50 / UTM zone 33N (EPSG::23033)
<b>Reconstruction parameters</b>	
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	51 seconds
<b>Orthomosaic</b>	
Size	17,684 x 17,921
Coordinate system	ED50 / UTM zone 33N (EPSG::23033)
Colors	3 bands, uint8
<b>Reconstruction parameters</b>	
Blending mode	Mosaic
Surface	Mesh
Enable hole filling	Yes
Processing time	7 minutes 38 seconds