



Comune di Cavernago
Provincia di Bergamo



Comune di Ghisalba
Provincia di Bergamo

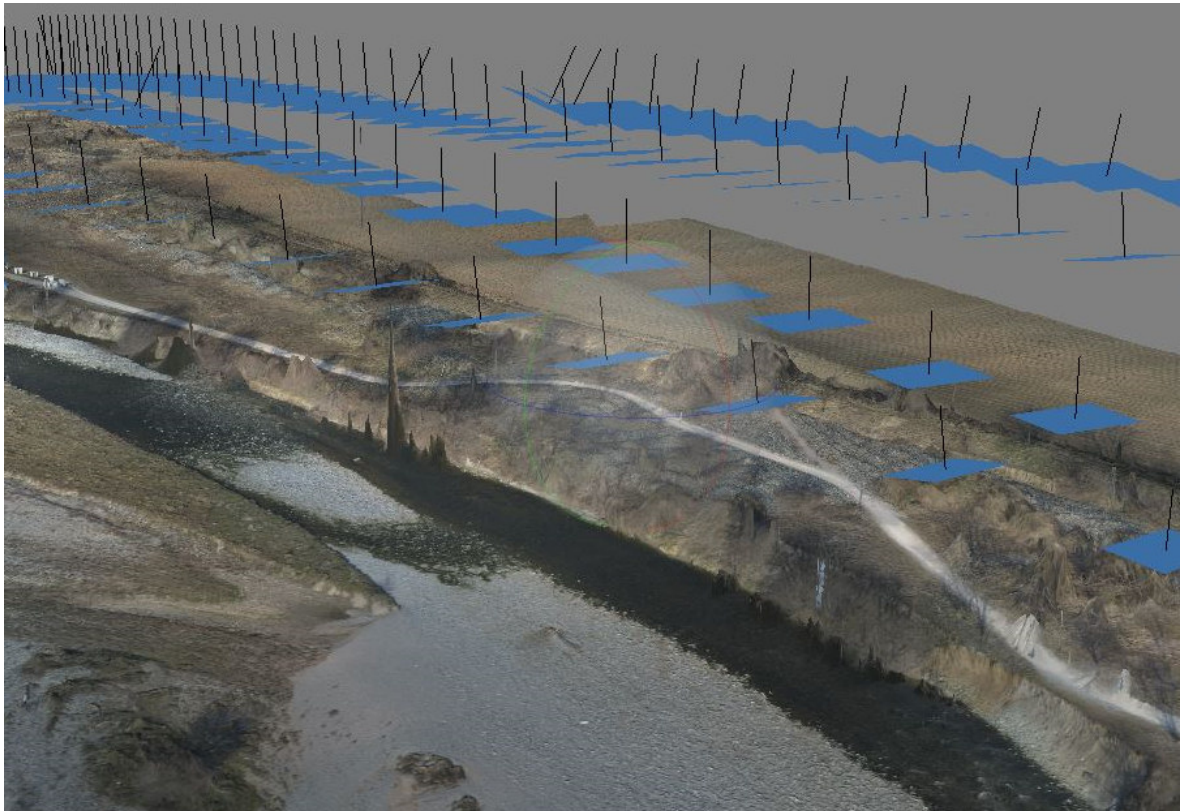


Parco del Serio

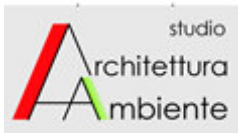
Parco del Serio

**Rilievo integrato pista ciclabile lungo
Parco Regionale del Serio**

RILIEVO FOTOGRAMMETRICO - RELAZIONE TECNICA



Lillo Milia
ingegnere
Via A. Ponchielli, 41 Bergamo



progettazione architettonica, urbanistica. ambientale
via San Giorgio 20, 24057 Martinengo (Bg) tel -fax 0363 987602

Fabrizio Fasolini architetto
ffarch@tiscali.it
Collaboratori
L.Milia ingegnere **R. Giardini** geometra

Indice

1. Finalità del rilievo.....	2
2. Metodo utilizzato.....	2
3. Elaborazioni.....	3
4. Allegati.....	11

La presente relazione ha lo scopo di illustrare il rilievo di una porzione di territorio che corre lungo il fiume Serio, interessato da un progetto di manutenzione straordinaria e riqualificazione del percorso ciclo -pedonale

Il rilievo è stato effettuato mediante una tecnica topografica – fotogrammetrica.

Il risultato di tale operazione è costituito da una nuvola di punti colorata dalla quale sono state estratte le informazioni metriche.

1. Finalità del rilievo

Il rilievo ha lo scopo di individuare il cosiddetto DTM (modello digitale del terreno) per poter estrarre da esso tutte le informazioni di carattere metrico finalizzate al progetto di manutenzione straordinaria e riqualificazione del percorso ciclo -pedonale

2. Metodo utilizzato

Si è effettuato dapprima un **rilievo topografico**, tramite strumentazione GNSS che ha consentito la determinazione delle coordinate di una serie di punti con precisione centimetrica, fondamentali per poter georeferenziare il successivo rilievo aero-fotogrammetrico e, nel contempo, permettere un controllo della bontà generale del rilievo.

Si è realizzato quindi un **rilievo aero-fotogrammetrico** con l'utilizzo di un drone avente come obiettivo la produzione delle nuvole di punti georeferenziate alla base della progettazione unitamente a delle ortofoto (GSD 2 cm) che mettessero in evidenza lo stato dei luoghi.

3. Elaborazioni

Rilievo Topografico

Il rilievo topografico è stato sviluppato tramite strumentazione GNSS in modalità rtk con correzioni da stazioni permanenti della rete della Spin della regione Lombardia. L'elaborazione ha portato alla determinazione delle coordinate, nel sistema di riferimento RDN2008 / UTM zone 32N, con precisione centimetrica di più di 50 target ben distribuiti nell'area di interesse.

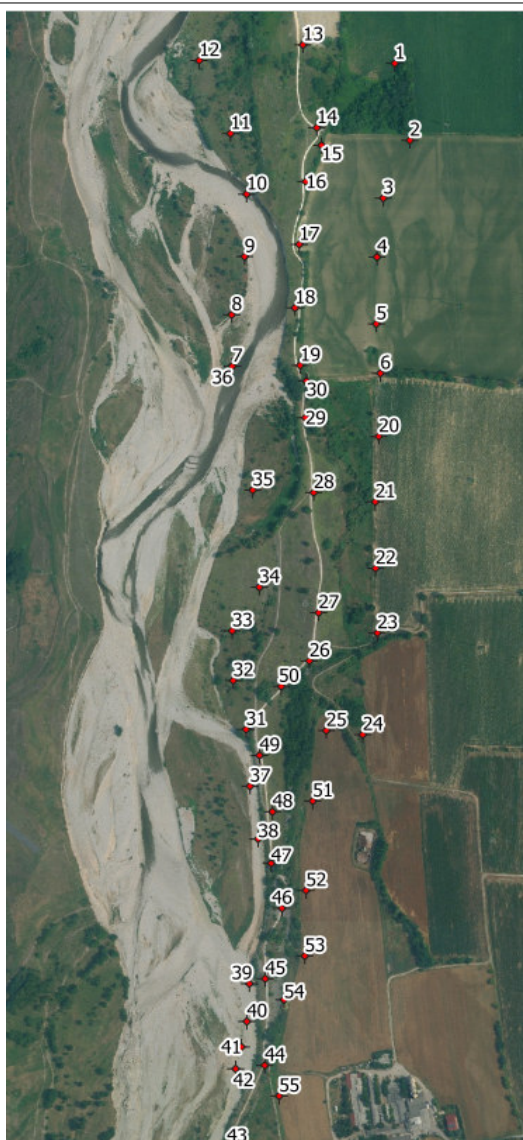
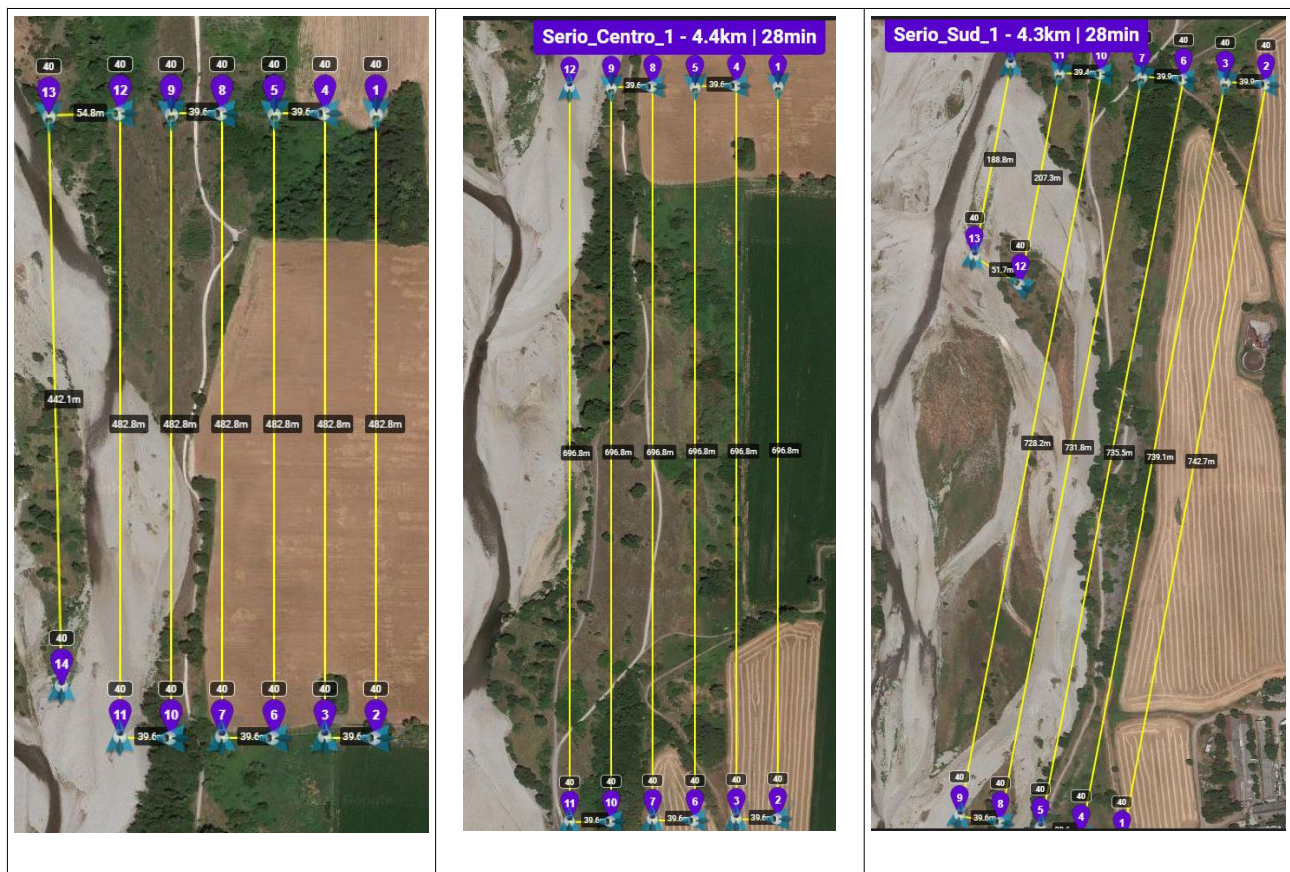


Fig._1 - Punti rilievo topografico

Rilievo Aero-Fotogrammetrico

Il rilievo fotogrammetrico effettuato è del tipo SFM. Fissata la scala nominale 1:100 si sono progettate le prese in modo da avere un GSD sull'oggetto inferiore a 2 cm.

Si sono progettate tre missioni di volo che ricoprissero l'area di interesse. L'elaborazione ha previsto più fasi: la ricostruzione della nuvola sparsa, l'inserimento dei dati del rilievo topografico, la calibrazione della camera fotografica, la creazione e pulizia della nuvola densa, la definizione della mesh ed infine la creazione dell'ortofoto. Si riporta di seguito uno stralcio delle elaborazioni con l'indicazione delle precisioni raggiunte.



Fig_2 - Piani di volo predisposti per il ricoprimento dell'area di interesse

Survey Data

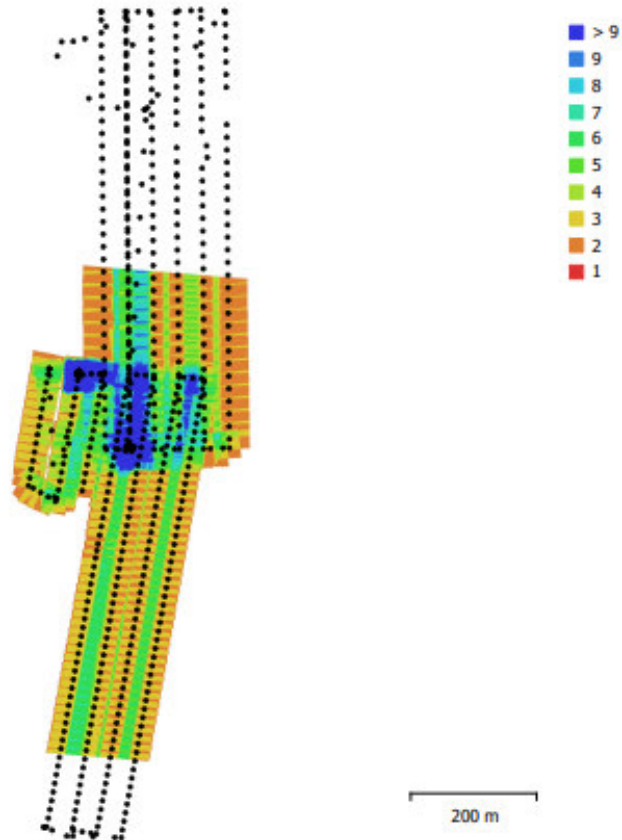


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	625	Camera stations:	622
Flying altitude:	43 m	Tie points:	650,010
Ground resolution:	1.34 cm/pix	Projections:	1,786,957
Coverage area:	0.181 km ²	Reprojection error:	0.837 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC7303, 20.7 mm (4.49mm)	4000 x 3000	4.49 mm	1.62 x 1.62 μ m	No
FC7303, 20.7 mm (4.49mm)	4000 x 3000	4.49 mm	1.62 x 1.62 μ m	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

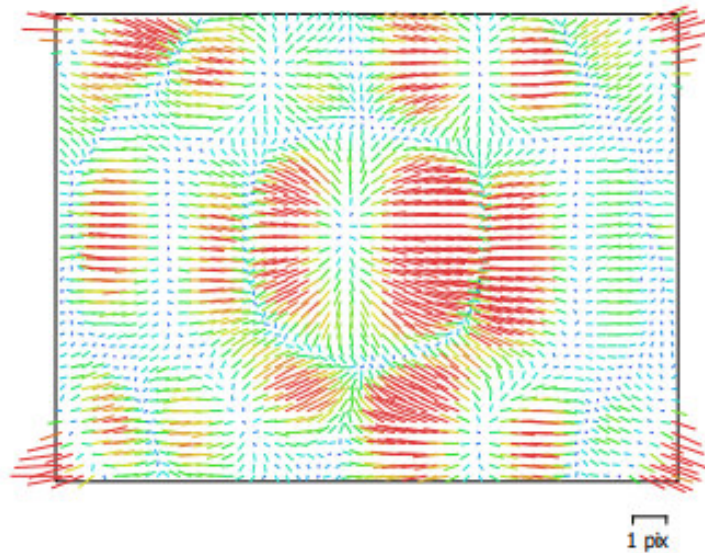


Fig. 2. Image residuals for FC7303, 20.7 mm (4.49mm).

FC7303, 20.7 mm (4.49mm)

311 images

Type Resolution Focal Length Pixel Size
Frame 4000 x 3000 4.49 mm 1.62 x 1.62 μ m

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	2970.44	0.57	1.00	-0.48	-0.77	0.02	0.11	-0.14	-0.08	-0.14
Cx	-7.04212	0.099		1.00	0.36	-0.05	-0.02	0.04	0.50	0.06
Cy	-7.80275	0.15			1.00	-0.04	-0.07	0.09	0.04	0.49
K1	0.00923549	9.9e-05				1.00	-0.95	0.90	-0.02	-0.02
K2	0.0375488	0.00033					1.00	-0.99	-0.01	-0.03
K3	-0.0336156	0.00034						1.00	0.02	0.04
P1	-0.000469141	5.8e-06							1.00	0.02
P2	0.000386913	7.1e-06								1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Calibration

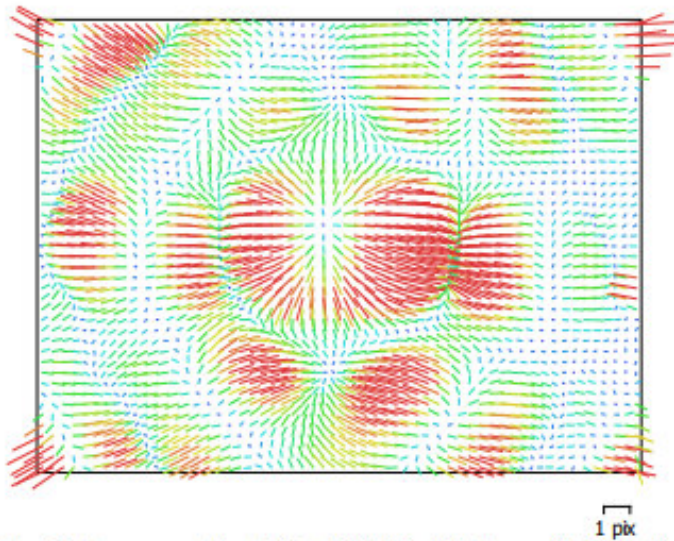


Fig. 3. Image residuals for FC7303, 20.7 mm (4.49mm).

FC7303, 20.7 mm (4.49mm)

314 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	4000 x 3000	4.49 mm	1.62 x 1.62 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	2914.56	0.63	1.00	-0.35	-0.36	0.03	0.13	-0.16	-0.06	-0.01
Cx	5.96695	0.13		1.00	0.10	-0.02	-0.05	0.06	0.41	-0.04
Cy	6.80434	0.14			1.00	-0.03	-0.04	0.05	0.01	0.41
K1	0.0104162	7.5e-05				1.00	-0.94	0.88	0.00	-0.01
K2	0.0304684	0.00025					1.00	-0.98	-0.03	0.00
K3	-0.0264886	0.00024						1.00	0.04	-0.00
P1	-0.000264531	4.9e-06							1.00	-0.09
P2	0.000505424	6.3e-06								1.00

Table 3. Calibration coefficients and correlation matrix.

Ground Control Points



Fig. 4. 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)
33	1.64856	0.958612	0.49124	1.90701	1.96927

Table 4. Control points RMSE.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
5	0.208281	0.89768	0.0203837	0.921752	1.973 (5)
6	-0.435495	-1.90637	-0.147731	1.96105	0.865 (4)
18	0.16495	-1.16042	0.0197931	1.17225	1.019 (4)
19	1.1458	2.55359	0.325898	2.81778	0.963 (6)
20	0.292248	0.636222	0.0648026	0.703126	0.411 (4)
21	-0.996861	0.794989	0.0541525	1.27619	1.190 (2)
22	-2.34317	-0.103184	-0.31253	2.36617	1.932 (2)
23	-2.77194	0.691871	-0.0512413	2.85744	1.712 (3)
24	-2.77346	-0.32583	-0.449109	2.82842	1.624 (8)
25	1.0711	-0.382241	0.731565	1.35224	2.135 (6)
26	2.29028	1.48103	0.0493155	2.72787	1.096 (7)
27	1.55563	-0.182493	0.313057	1.59728	1.593 (2)
28	-0.852463	1.47887	-0.195072	1.71808	1.066 (3)
29	-2.122	0.381425	-0.278263	2.17389	0.795 (10)
31	1.03071	0.199215	-0.847444	1.34915	1.955 (8)
35	4.17819	-1.15888	0.186102	4.33992	3.016 (3)
37	2.67363	-1.1183	1.16104	3.122	1.663 (3)
38	1.3829	-1.4344	0.448311	2.04228	1.798 (3)
39	2.64396	-0.0336149	-0.602773	2.71201	0.917 (6)
40	-0.159383	-0.0437808	-0.322969	0.362807	0.545 (6)
43	1.04196	0.594417	-0.347882	1.24901	1.369 (6)
44	0.360994	-0.834265	-0.375364	0.98347	1.000 (3)
45	0.605531	-0.759849	0.669973	1.18021	0.876 (3)
46	0.147683	-0.232634	-0.105682	0.295123	0.965 (3)
47	-1.46415	1.03825	0.112423	1.79843	0.868 (5)
48	-1.63433	-0.13472	-1.19551	2.02939	1.232 (3)
49	0.836367	-0.562466	0.437377	1.09872	0.580 (2)
50	-0.0716165	0.987977	0.105603	0.996182	0.795 (2)
51	-1.16855	-0.266538	-0.0966005	1.20245	1.059 (3)
52	0.0903091	-0.164259	0.00463876	0.187505	0.596 (3)
53	-2.18628	1.17574	-0.130839	2.48582	1.374 (6)
54	-0.885121	0.522647	-0.31882	1.07622	1.238 (2)

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
55	-1.86242	-1.07842	1.22904	2.47833	1.069 (6)
Total	1.64856	0.958612	0.49124	1.96927	1.357

Table 5. Control points.

Il tecnico
Ing. Lillo Milia

4. Allegati

- Tavole

Tav R 01 A – INQUADRAMENTO-GHISALBA

Tav R 01 B – INQUADRAMENTO-CAVERNAGO

Tav R-02 – RIL TRATTO 1 SUD_ planimetria e foto

Tav R-03 – RIL TRATTO 1 SEZIONI 01-11

Tav R-04 – RIL TRATTO 1 SEZIONI 12-31

Tav R-05 – RIL TRATTO 1 SEZIONI FRANA 1 e2

Tav R-06 – RILIEVO TRATTO 2 CENTRO_ planim e foto

Tav R-07 – RIL TRATTO 3 NORD_ planim e foto

tav R-08 – RIL TRATTO 3 SEZIONI 01-08