

GENERAZIONE DI MODELLI 3D MEDIANTE L'UTILIZZO DI FOTOGRAMMETRIA CON UAV: APPLICAZIONI IN ROCKTHEALPS

Marco PIRAS, Elena BELCORE, Nives GRASSO, Paolo MASCHIO
POLITECNICO DI TORINO - DIATI



Motivazione

Necessità di migliorare la gestione **delle foreste di protezione**
e il monitoraggio dei “**rockfall**”



Una conoscenza **dettagliata, aggiornata ed approfondita** del territorio è **NECESSARIA e FONDAMENTALE!**

Quali sono i maggiori problemi e vincoli:

- **Accessibilità limitata**
- **Tempi di rilievo (considerando spostamenti e rilievo)**
- **Pericolosità dei siti**

UAV per applicazioni forestali

Possibile soluzione: utilizzo di strumenti e metodologie geomatiche **come LiDAR o la fotogrammetria**, anche con l'ausilio di **UAV** (Unmanned Aerial Vehicle)

Applicazioni:

- Descrizione accurata della **geometria degli alberi (altezza, chioma, ecc) e del terreno;**
- **Analisi multitemporale** del territorio;
- **Supporto** in condizioni di emergenza (post-hazard);
- **Monitoraggio e valutazione** danni e criticità



UAV per applicazioni forestali

Vantaggi

- Possibilità di adottare vari sistemi per differenti applicazioni
- costi e trasportabilità
- Flessibilità dei sensori e tipologie dei dati acquisiti
- Immagini nadirali, orizzontali e oblique
- Utilizzo di situazione di emergenza e rischio
- Basso costo
- Limitate porzioni di territorio
- Volo vicino agli oggetti
- Acquisizione dati rapida
- Possibilità di accesso ad aree remote
- Utilizzo in real time dei dati



Svantaggi

- Dipendente dal meteo
- Payload limitato
- Qualità immagini
- Stabilità del volo
- Procedure per evitare collisioni
- Piloti esperti
- Sovrapposizione immagini non sempre rispettata e dimensione dataset acquisito
- REGOLAMENTAZIONE (ENAC)



UAV

Unmanned Aerial Vehicles è ormai una tecnologia consolidata e molto utilizzata per applicazioni geomatiche e non solo

Disponibilità di sensori e sistemi basso costo



Aumento delle applicazioni **civili**,
(es. territorio, forestali, beni culturali).

**NO pilota a
bordo**

**Adattabilità ai vari
scenari**

**Possibilità di
sviluppare
sistemi dedicati**

dimensioni
peso
costo

Capacità di realizzare voli **automatici** con sistemi basso-costo (velivoli e tecnologie on-board) ha aumentato l'interesse nelle applicazioni **fotogrammetriche**.

Flight planning

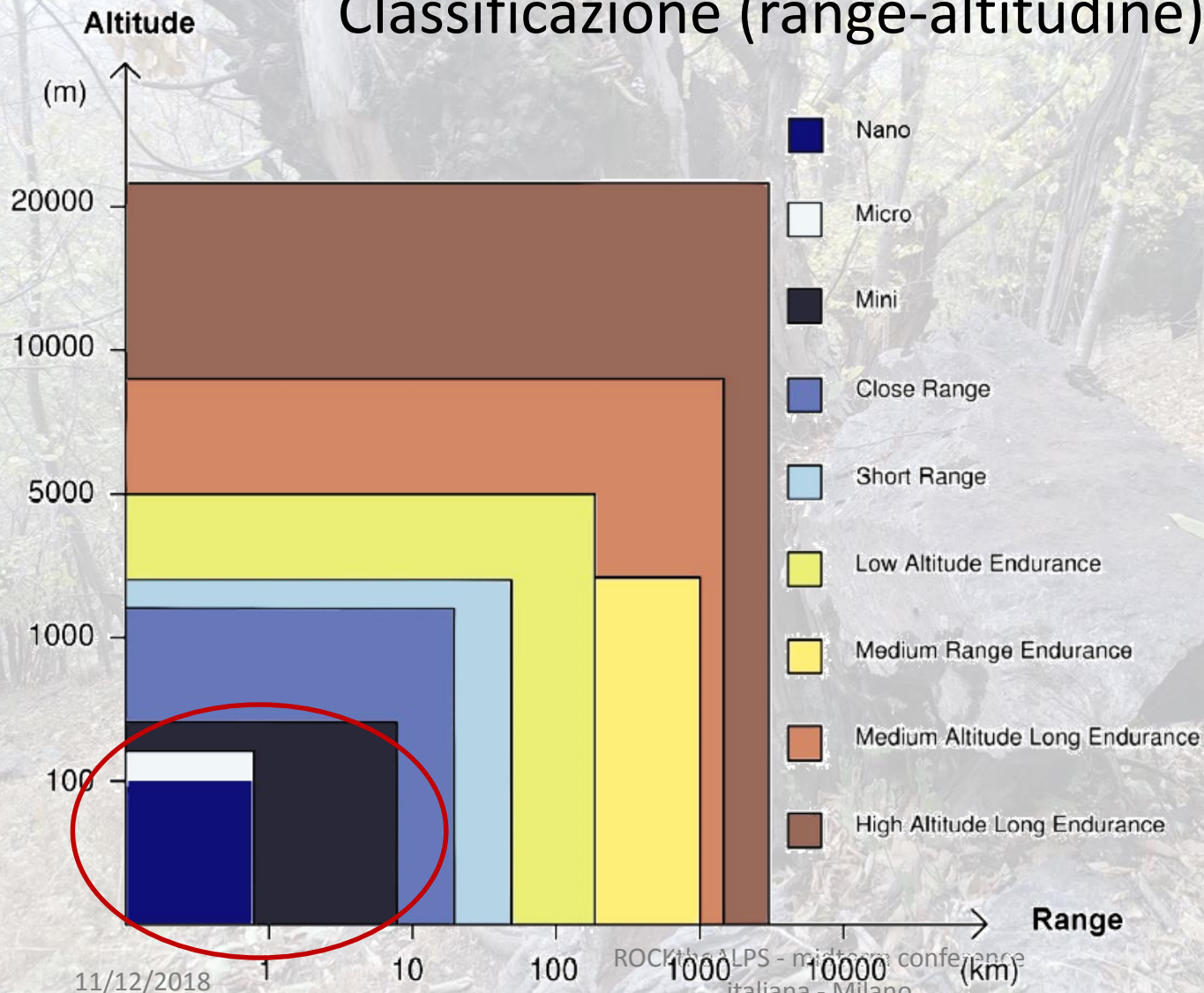
Workflow fotogrammetria/CV



Automazione del processo di acquisizione e data processing

Tecnologie UAV

Classificazione (range-altitudine)



Tecnologie UAV

Classificazione in base al tipo di sistema

	Più leggero dell'aria	Più pesante dell'aria		
		Ali variabili	Ala fissa	Ala rotante
senza motore	palloni sonda	Deltaplano	Vele	Rotating kites
		Parapendio		
		aquilone		
con motore	dirigibile	Parapendio	Motore	Singolo rotore
			jet	Motori coax
				quadricotteri
				Multirotore

UAVs for measurements

Confronto tra sistemi

MULTIROTORE



MULTIROTORE

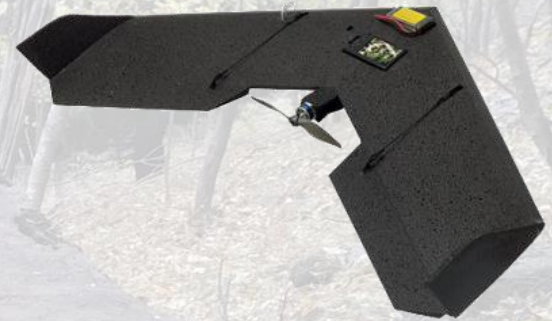
- + Sistema aperto (camera, sensori navigazione, etc.)
- + Payload
- + gestione camera
- + acquisizione vicine e inclinate

Autonomia di volo

Sicurezza

VS

ALA FISSA



ALA FISSA

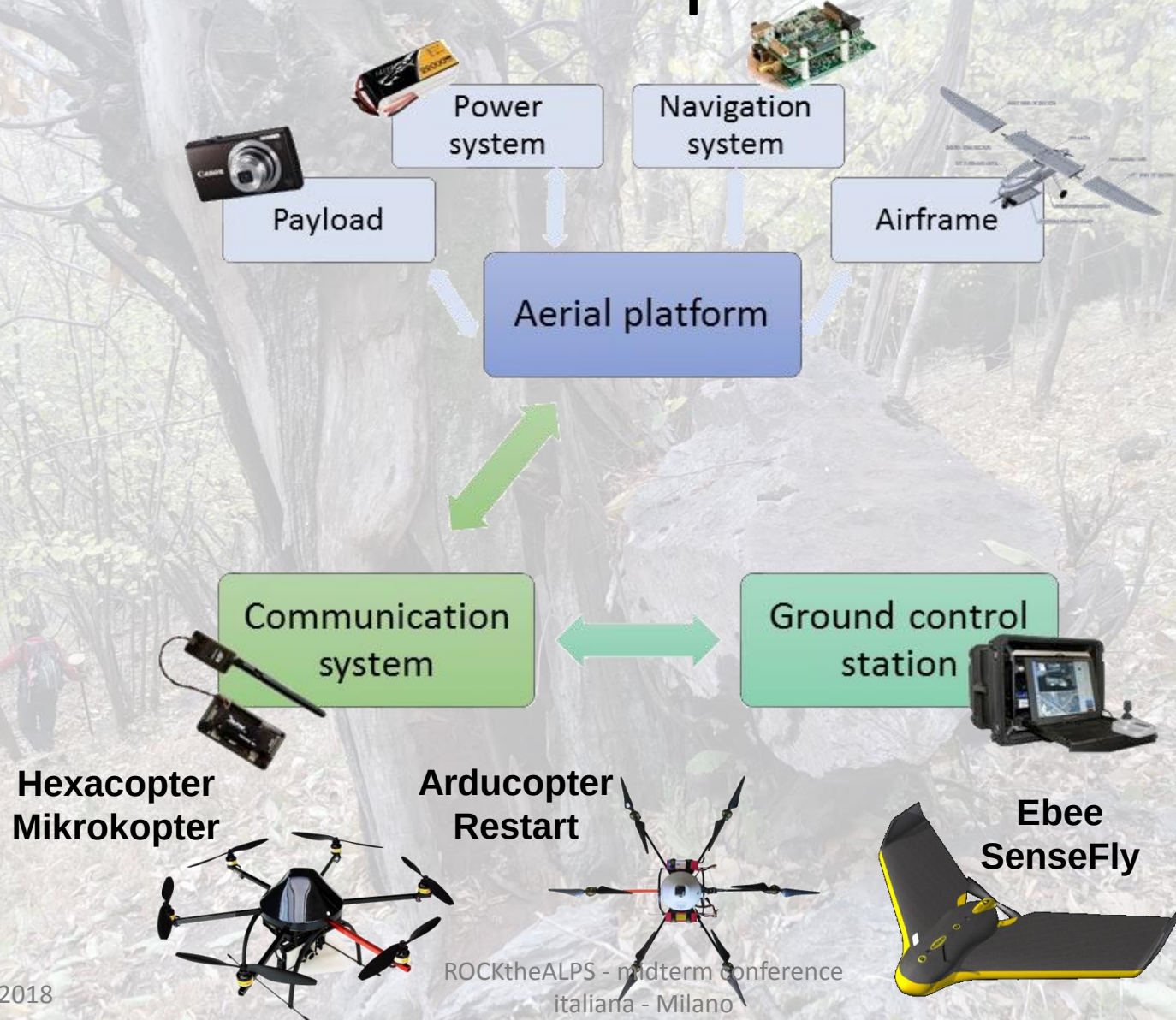
- + Autonomia volo
- + Altezza volo
- + area di lavoro
- + Sicurezza

Payload

Gestione camera

Sistemi poco flessibili

UAV: componenti



SENSORI A BORDO

GNSS

Novatel 615
Antenna GNSS HX-GH406A



IMU-MEMS

SBG Ellipse N



Autopilot
Mikrokopter



IMAGING

GoPro Hero 3



Nikon D800



TERMICO

FLIR
Tau
A65/A35



MULTISPETTRALE



Tetracam
ADC snap
ADC micro
ADC lite
Multicamera array

LiDAR

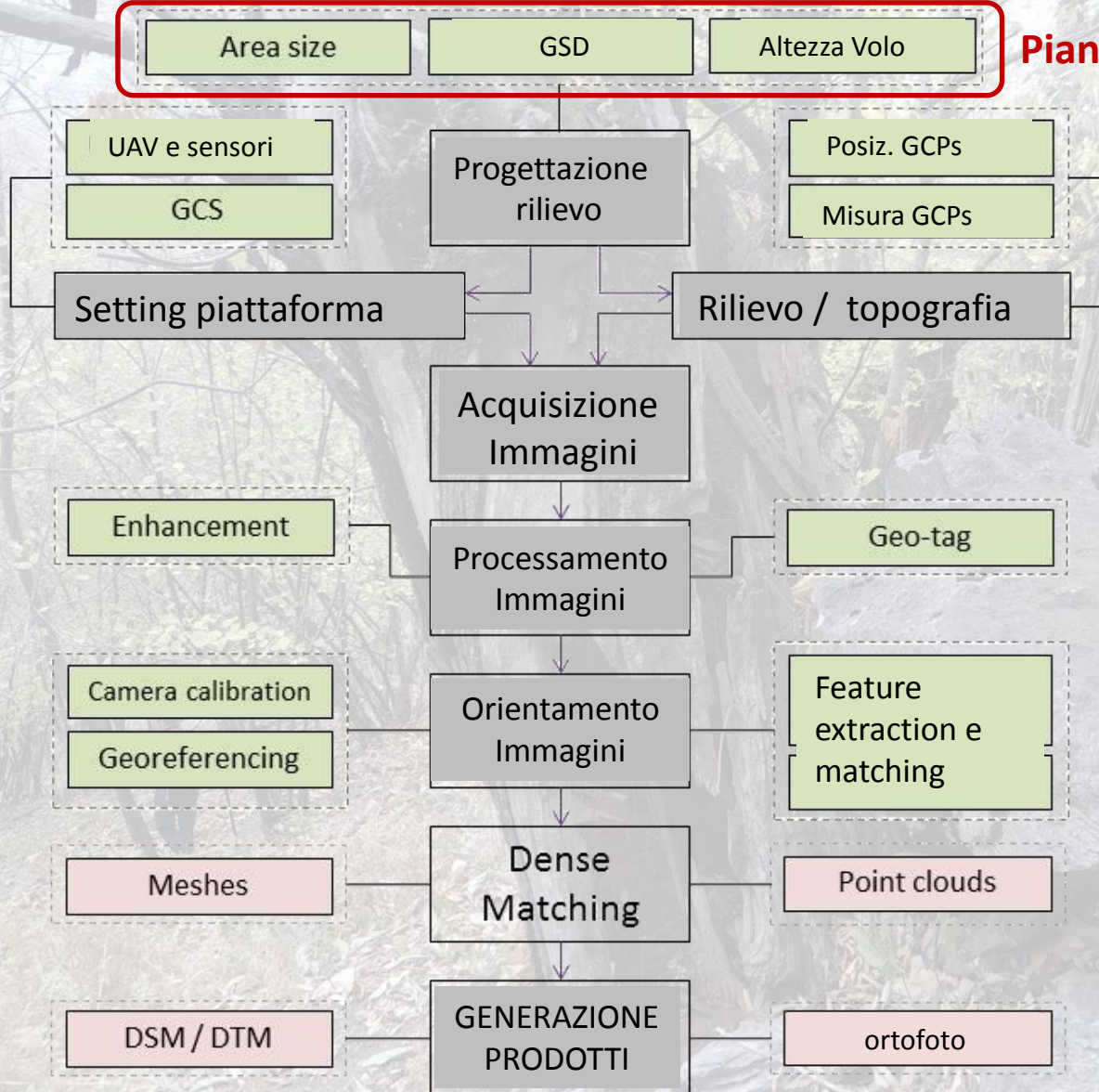
RIEGL VUX-1UAV



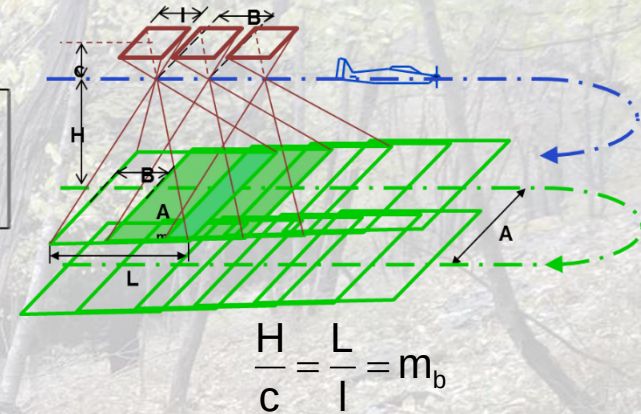
Hokuyo
UTM-30LX



WORKFLOW



Pianificazione del volo



Legenda

Involved features

Output data

OBIETTIVI DEL LAVORO

- Stimare la qualità (precisione) dei DTM / DSM generate con immagini acquisite da **Ebee-PLUS-RTK UAV (fotogrammetria diretta)**
- **Benefici:**
 - Riduzione dei tempi di rilievo;
 - Ripetibilità;
 - Rilievo più “sicuro”, perchè limita la necessità di accesso nel sito.

UAV: CARATTERISTICHE

EBEE PLUS RTK/PPK UAV

- FLIGHT AUTONOMY: 59 min
- MAX. PAYLOAD: 0,3 kg
- MAX. SPEED: 110 km/h
- GNSS RECEIVER: GPS+GLONASS dual frequency
- CORRECTION SERVICES (PPK/RTK): VRS, CORS



RGB SenseFly S.O.D.A CAMERA

- CCD SENSOR SIZE: 12.75 x 8.5mm
- RESOLUTION: 5272x3648 pixel (20MP)
- FOCAL LENGTH: 10 mm Fissa (28 mm)



NIR Canon PowerShot S110 CAMERA

- CCD SENSOR SIZE: 7,32 x 5,49mm
- RESOLUTION: 4048x3048 pixel (12MP)
- FOCAL LENGTH: 5,2 mm

Georeferenziazione dati

UAV RTK/PPK

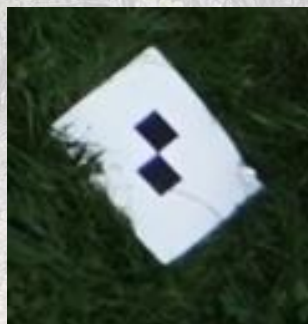


- POSIZIONAMENTO: PPK

- NETWORK GNSS (se disponibile): *SpinGNSS* (VRINEX = 1km)
ITALPOS (VRINEX = 1km)

Immagini con
geotag

GEOREFERENZIARE MARKER



- POSIZIONAMENTO : RTK
- COSTELLAZIONE: GPS+GLONASS

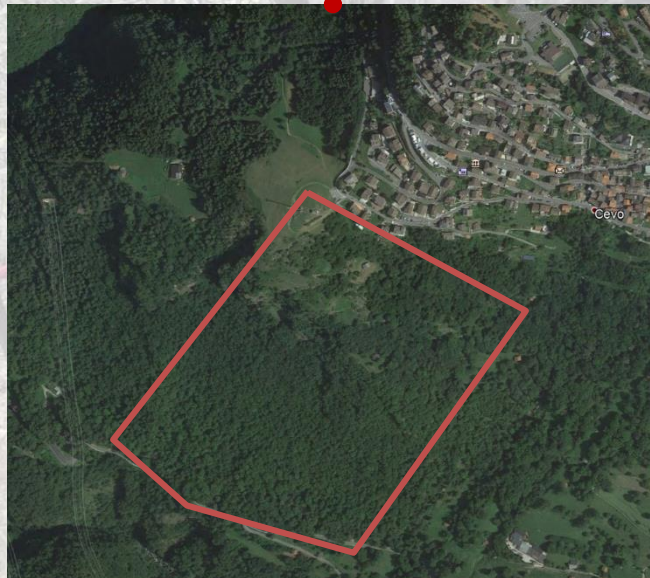


Area studio 1: CEVO

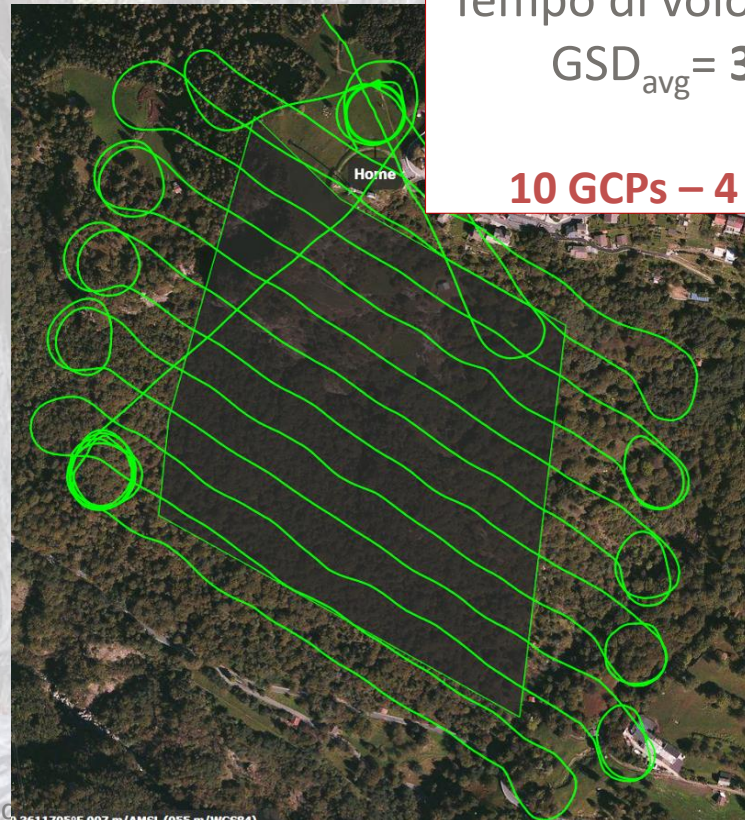
CEVO, (BS), Italy



Piano di volo

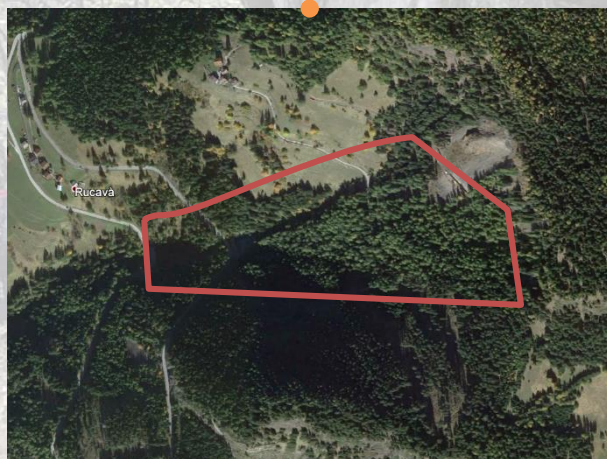


$H_{avg} = 127,5 \text{ m}$
Differenza H : 150m
Area: 15,4 ha
188 immagini
Tempo di volo: 13:46 min
 $GSD_{avg} = 3\text{cm/px}$
10 GCPs – 4 Check pts

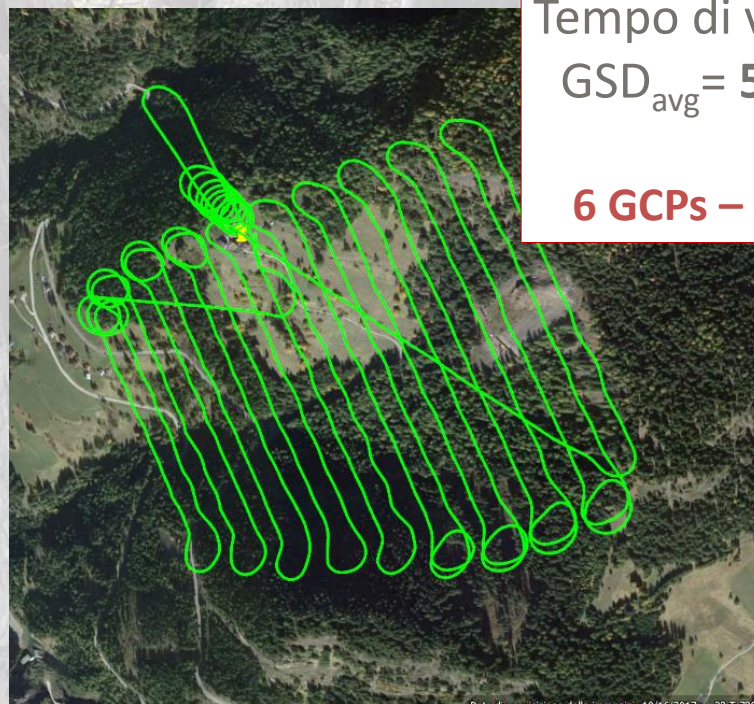


Area studio 2: COLLE SANTA LUCIA

COLLE SANTA LUCIA, (BL), Italy



Piano di volo



$H_{avg} = 100$ m

Differenza H : 359m

Area: 57,61 ha

302 immagini

Tempo di volo: 22 min

$GSD_{avg} = 5,47$ cm/px

6 GCPs – 4 check pts

KAARTA Stencil

**Principio di
funzionamento**

TOF

Range [m]

100

FOV [°]

360 (H) – 30 (V)

Risoluzione [°]

2

Frequenza [Hz]

20

Accuratezza [mm]

30 (10 pp)

Dimensione [mm]

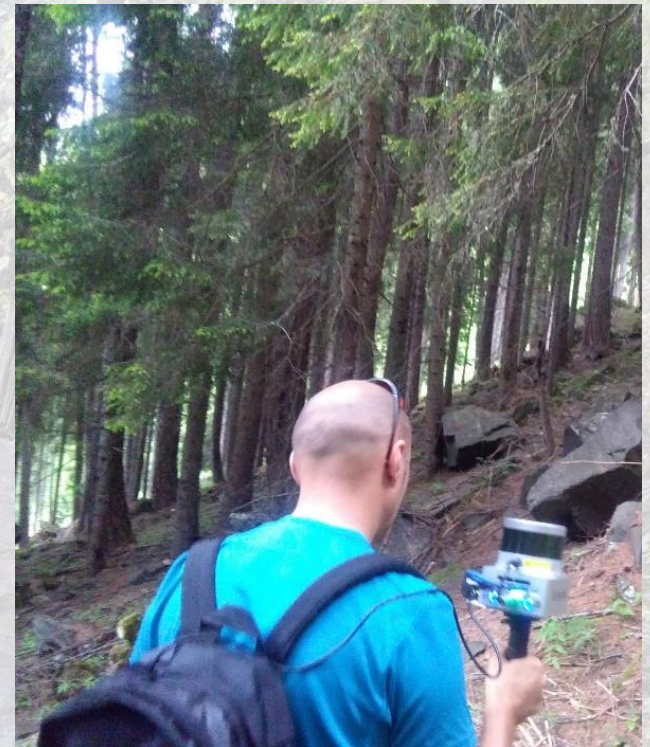
162x114x141 scanner
20x120x150 batteria

peso [kg]

0,7 laser+ 1,0 PC+batteria

prezzo [€]

>30'000
ProductS - midterm conference
italiana - Milano



Area studio 3: CESANA TORINESE

CESANA TORINESE,
(TO), Italy

Piani di volo:

2 voli RGB

1 volo NIR

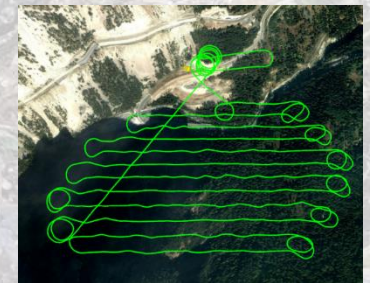
$H_{avg} = 100$ m
Diff. H : 403m
Area: 60 ha
214 Immagini
T volo: 18 min
 $GSD_{avg} = 5,47$ cm/px

$H_{avg} = 100$ m
Diff. H : 225m
Area: 40 ha
137 immagini
T volo: 12 min
 $GSD_{avg} = 5,47$ cm/px

$H_{avg} = 100$ m
Diff. H : 382m
Area: 76,4 ha
176 immagini
T volo: 19 min
 $GSD_{avg} = 6,29$ cm/px

+

Rilievo integrato con
KAARTA Stencil 3D

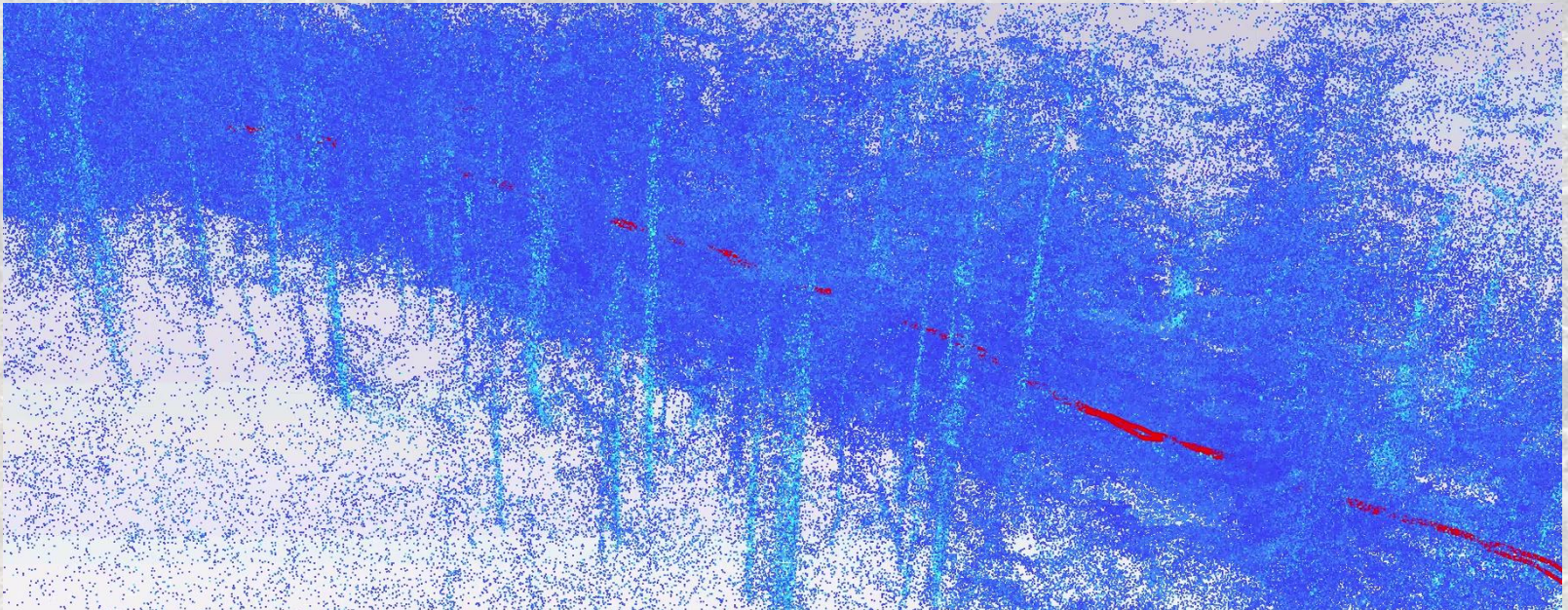


12 GCPs – 4 check pts

Processamento:
12 GCPs – 4 check pts

KAARTA data

- 1 scan
- 30 milioni di punti
- tempo: 16 minuti
- Traiettorie chiuse ed acquisizioni vicine attorno alle piante
- Particolare attenzione alle prese per ottenere un corretto allineamento scansioni



Data processing

Workflow

Import immagini

Allineamento immagini

Import GCPs e identificazione markers
nelle immagini

Ottimizzazione parametri camera

Generazione nuvola densa

Classificazione nuvola densa

Generazione Mesh

Generazione DTM/DSM e ortofoto

Software:

- **Agisoft Photoscan Professional**
- **Pix4D**

Data processing

Workflow

Import immagini

Allineamento immagini

Import GCPs e identificazione markers
nelle immagini

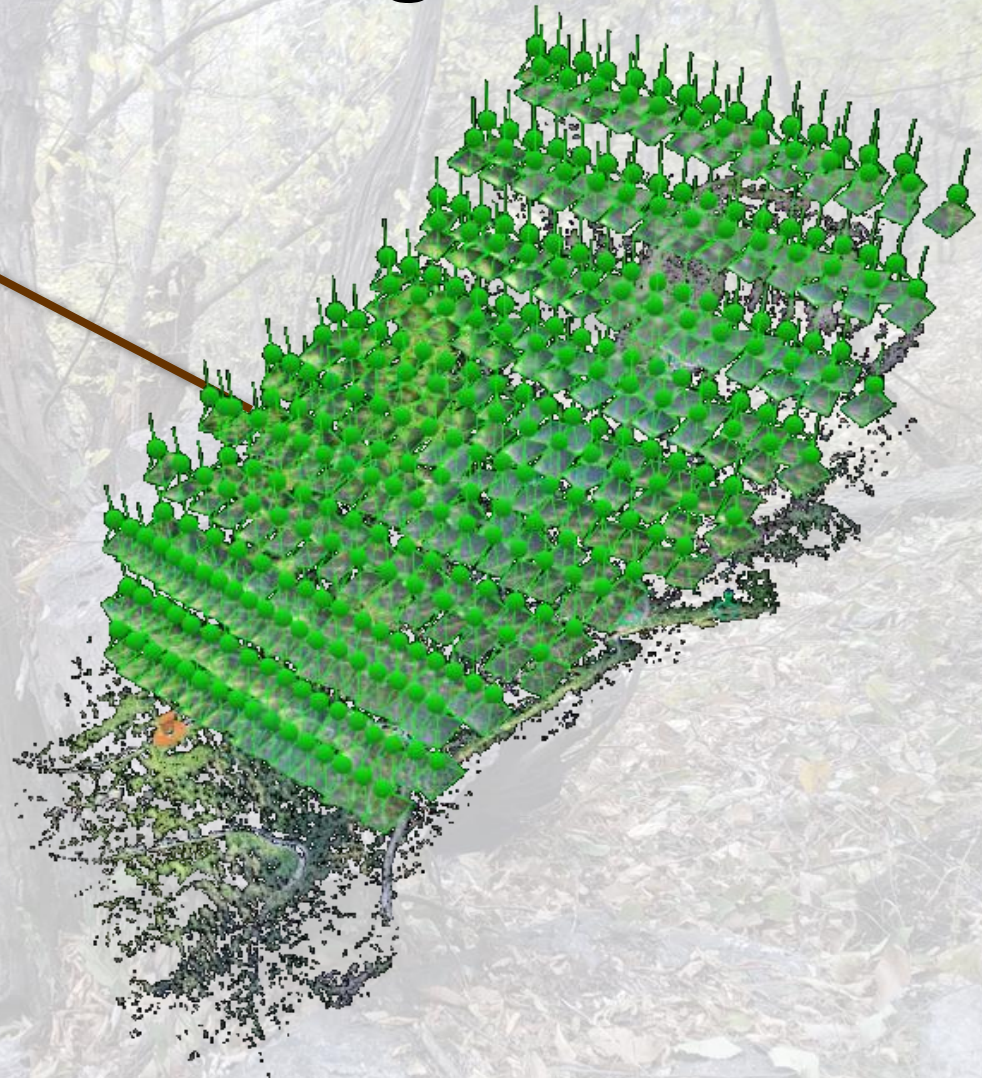
Ottimizzazione parametri camera

Generazione nuvola densa

Classificazione nuvola densa

Generazione Mesh

Generazione DTM/DSM e ortofoto



Data processing

Workflow

Import immagini

Allineamento immagini

Import GCPs e identificazione markers
nelle immagini

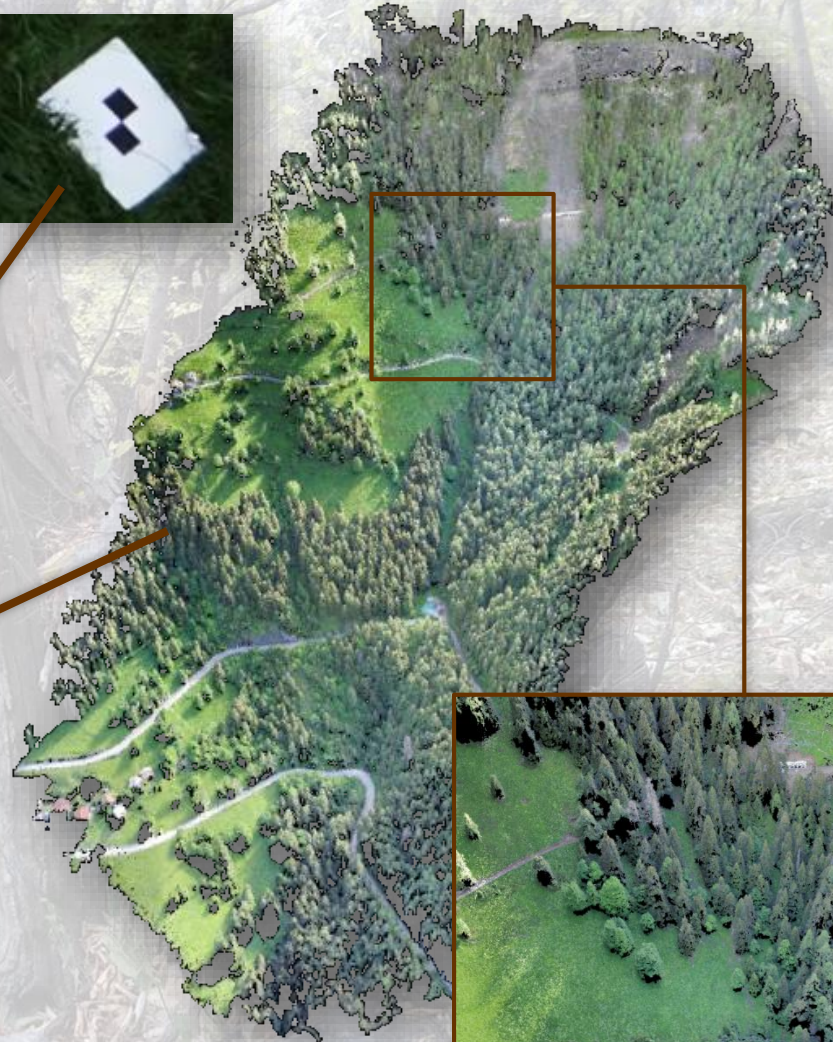
Ottimizzazione parametri camera

Generazione nuvola densa

Classificazione nuvola densa

Generazione Mesh

Generazione DTM/DSM e ortofoto



Data processing

Workflow

Import immagini

Allineamento immagini

Import GCPs e identificazione markers
nelle immagini

Ottimizzazione parametri camera

Generazione nuvola densa

Classificazione nuvola densa

Generazione Mesh

Generazione DTM/DSM e ortofoto



Caso studio	N. Punti (dense point cloud)
Cevo	>21 milioni
Colle Santa Lucia	>33 milioni
Cesana RGB	>35 milioni
Cesana NIR	>47 milioni



Data processing

Workflow

Import immagini

Allineamento immagini

Import GCPs e identificazione markers
nelle immagini

Ottimizzazione parametri camera

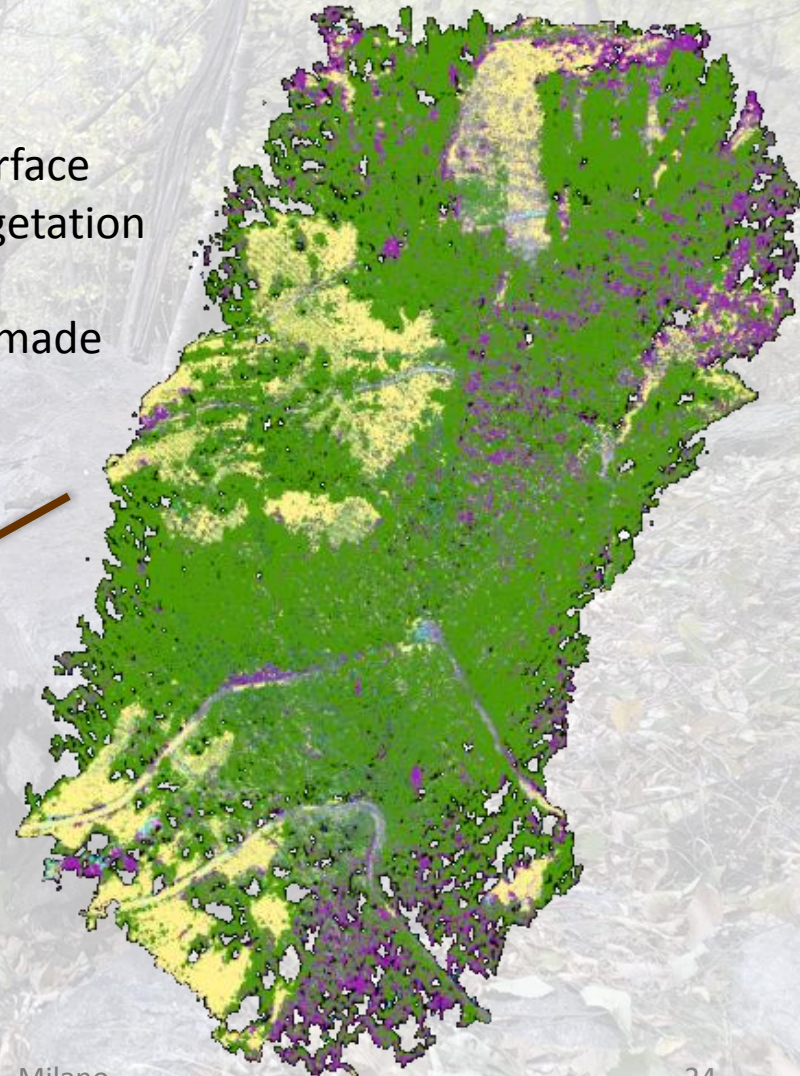
Generazione nuvola densa

Classificazione nuvola densa

Generazione Mesh

Generazione DTM/DSM e ortofoto

- Ground
- Road surface
- High vegetation
- Building
- Human made objects



Data processing

Workflow

Import immagini

Allineamento immagini

Import GCPs e identificazione markers
nelle immagini

Ottimizzazione parametri camera

Generazione nuvola densa

Classificazione nuvola densa

Generazione Mesh

Generazione DTM/DSM e ortofoto

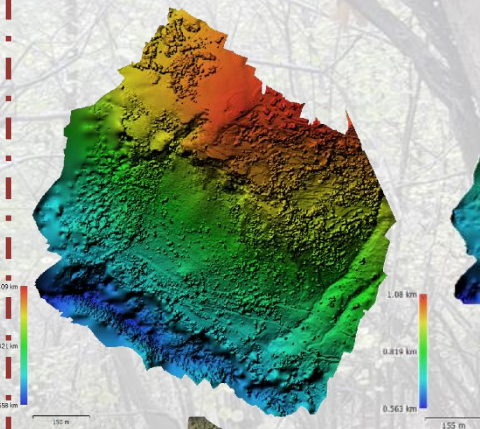


RISULTATI

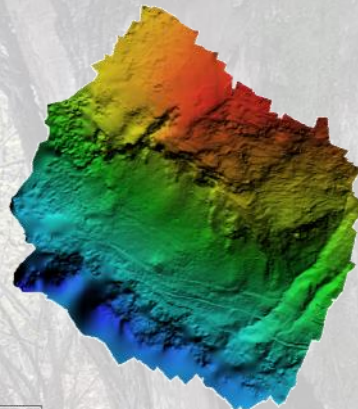
DSM/DTM e ortofoto

CEVO

DSM
20x20 cm



DTM
20x20 cm



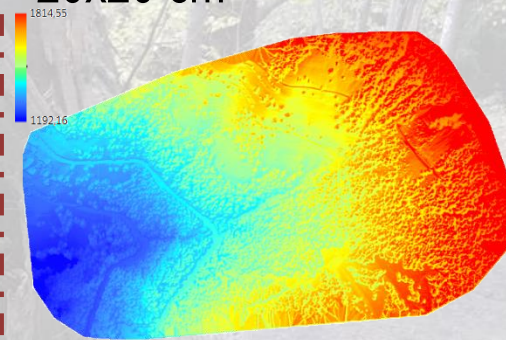
Ortofoto
20x20 cm



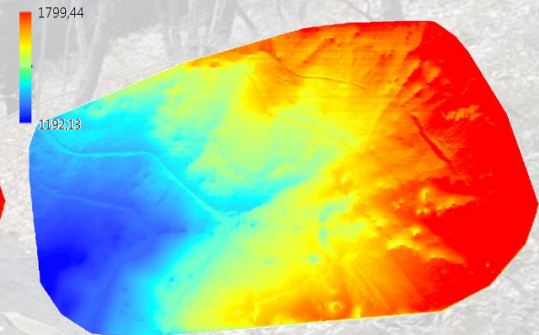
11/12/2018

COLLE SANTA LUCIA

DSM
20x20 cm



DTM
20x20 cm



Ortofoto
20x20 cm



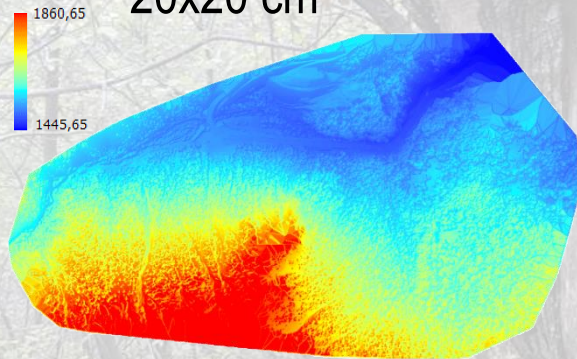
RISULTATI

DSM/DTM e ortofoto

CESANA RGB

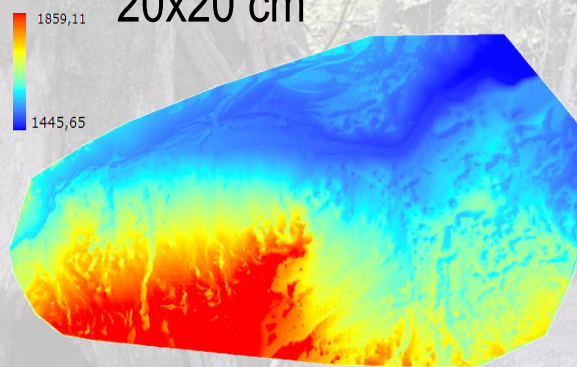
DSM

20x20 cm



DTM

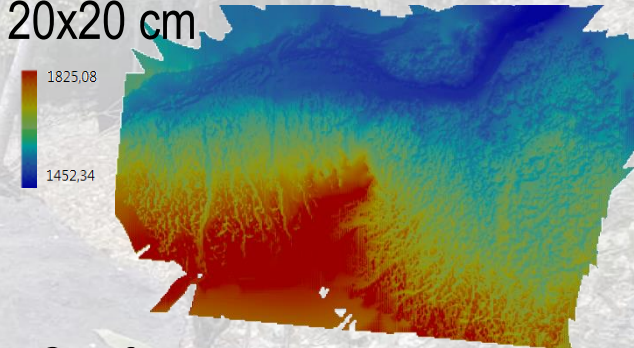
20x20 cm



CESANA NIR

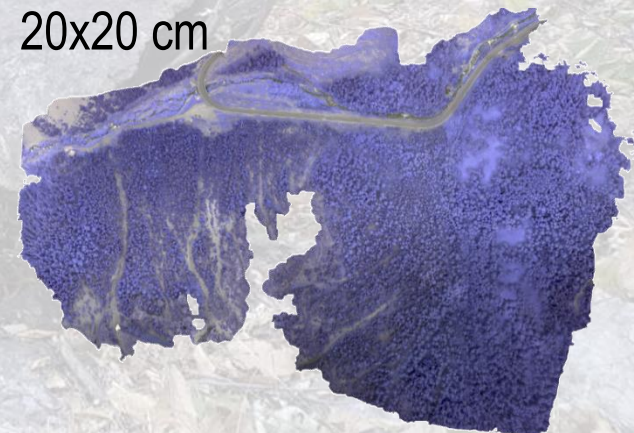
DSM

20x20 cm



Ortofoto

20x20 cm



Ortofoto
20x20 cm

Risultati e discussione

Analisi delle accuratèzze

Casi studio	N. imm	Geotag	RMSE sui CPs			RMSE sui CPs (no GCPs)		
			E [m]	N [m]	H [m]	E [m]	N [m]	H [m]
Cevo	188	PPK	0,22	0,34	0,21	0,27	0,735	50,93
Colle Santa Lucia	302	Stand-alone	0,04	0,02	0,05	0,14	0,57	50,10
Cesana RGB	351	PPK	0,04	0,07	0,04	0,06	0,08	54,26
Cesana NIR	176	PPK	0,05	0,07	0,08	0,27	0,42	53,98

2 voli combinati

Differenza tra altezza
ellissoidica e quota
ortometrica
(ondulazione geoidale)

CONCLUSIONI

- Non ESISTE uno strumento UNICO, ma il migliore risultato è ottenuto con l'integrazione di metodologie e tecnologie.
- **Procedura full o semi-automatica di** acquisizione e processamento dati, che consente anche un utilizzo ad utenti meno esperti;
- Tecnologia relativamente a **low-cost**;
- Sistema e metodologia molto adatto per il **monitoring**;
- **Metodologia sicura.**
- Possibilità di integrare sensori;
- Limite sul payload;
- Condizioni meteo e ambientali possono condizionare il rilievo con UAV.

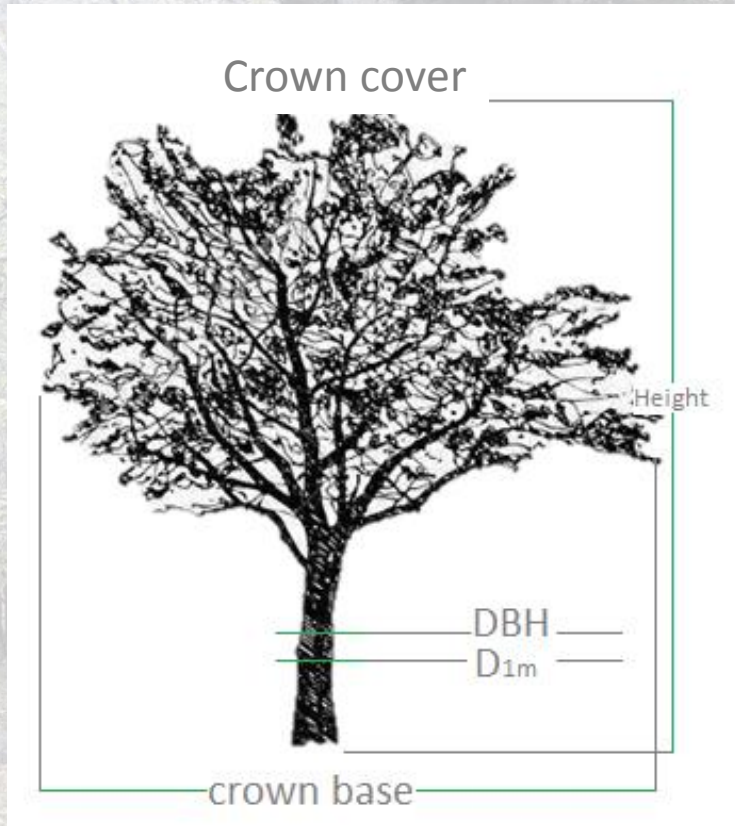
CONCLUSIONI

- Benefici dall'utilizzo di **reti di stazioni permanenti, che permettono l'utilizzo di VRINEX** (Virtual RINEX) per PPK con basi corte;
- La soluzione **PPK** permette di ottenere una ottima soluzione per la fotogrammetria diretta, consentendo la riduzione del numero di GCPs;
- **Tempistiche:** 20-30 minuti per il post-processing PPK rispetto al tempo di installazione, misura e rimozione dei GCPs.;
- La soluzione è abbastanza indipendente dal software utilizzato, ma può essere condizionata dalla geometria dei GCPs utilizzati e dalle condizioni di presa (%sovrapposizione, qualità, ecc)

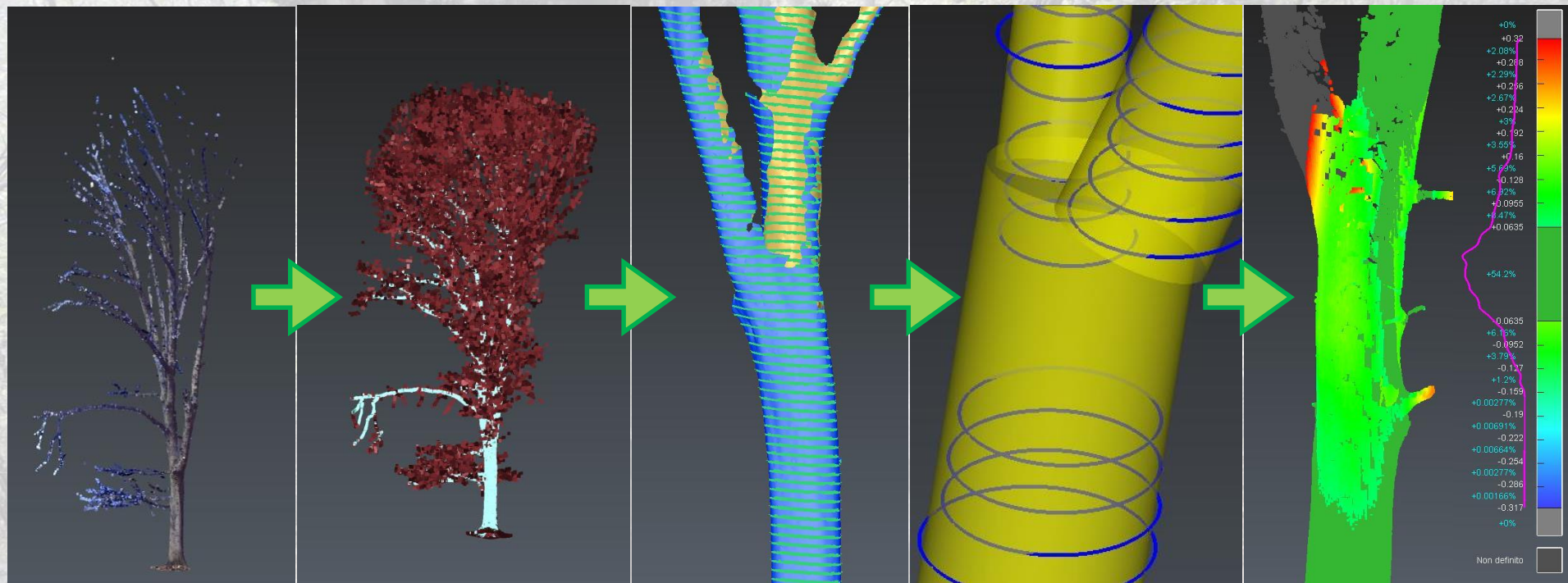
3D data Modelling

Trasformazione delle nuvole di punti in un struttura di albero semplificato, al fine di valutare i parametri dendrometrici principali:

- Diametro 1,00 m
- DBH (Diameter at Breast Height: 1,3m)
- Altezza albero
- Larghezza chioma
- Volume tronco

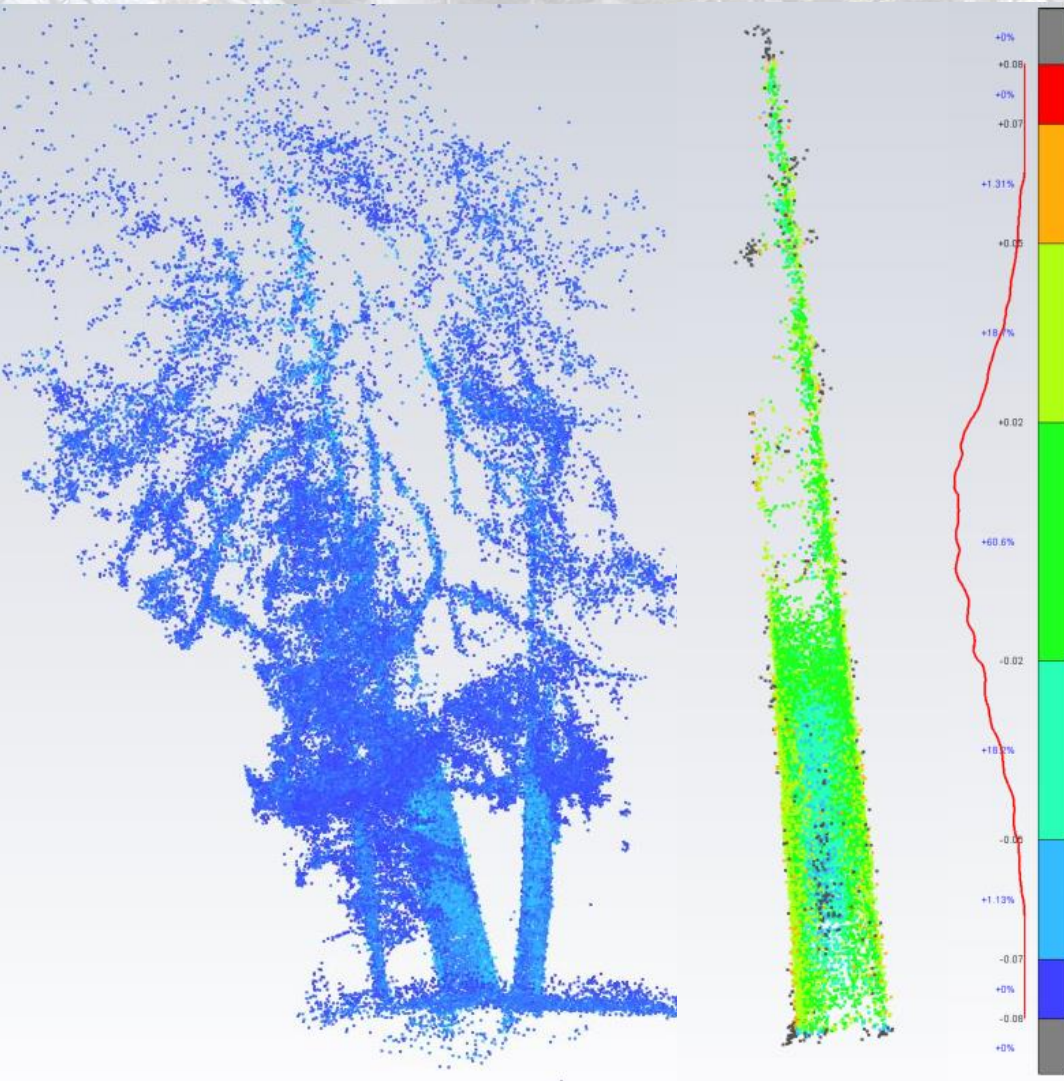


Modelli 3D



3Dreshaper software

Modelli 3D : KAARTA



18.833 punti compongono la struttura principale

Analisi accuratezza, confrontando la nuvola con un modello di riferimento:

61% punti compresi in $\pm 0,02\text{m}$

37% tra $\pm 0,02\text{m}$ e $\pm 0,05\text{m}$

GENERAZIONE DI MODELLI 3D MEDIANTE L'UTILIZZO DI FOTOGRAMMETRIA CON UAV: APPLICAZIONI IN ROCKTHEALPS

Marco PIRAS, Elena BELCORE, Nives GRASSO, Paolo MASCHIO
POLITECNICO DI TORINO – DIATI



Email: nome.cognome@polito.it