

Relazione illustrativa dell'organizzazione e realizzazione della missione di rilievo e prima elaborazione dei dati di n.2 edifici siti nella National Preserve "Kyiv-Pechersk Lavra" in Ucraina svolta dal 26 Giugno al 1 Luglio 2023



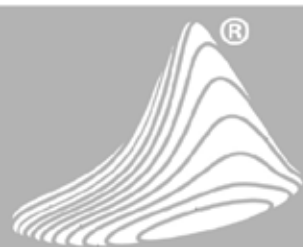
Caro Sostenitore della missione, ringraziando per il supporto, vorremmo raccontarti quanto grazie al tuo contributo siamo riusciti a realizzare.

Dopo una intensa serie di contatti e preparazione di documenti la missione di rilievo è stata fissata per il periodo dal 26 giugno al 4 luglio, due giorni in più rispetto al periodo 27/06 – 03/07 inizialmente ipotizzato. I due giorni aggiuntivi sono dovuti alla lunghezza del viaggio e alla possibilità di dover interrompere il rilievo a causa dei probabili allarmi aerei che avrebbero obbligato il team a scendere nei rifugi.

La strumentazione prevista per la missione è stata ridotta al minimo indispensabile per evitare problemi alla dogana, ridurre rischi e rendere più veloce il trasporto al team.

L'elemento principale è il **laser scanner 3D Zoller + Frohlich IMAGER® 5010**.





Laser class	1		
Beam divergence	<0,3 mrad (fullangle)		
Beam diameter	approx. 3,5 mm (0,1 m distance)		
Range	187,3 m (unambiguity interval)		
Minimum distance	0,3 m		
Resolution range	0,1 mm		
Data acquisition rate	Max. 1.016 million pixel / sec.		
Linearity error	≤ 1 mm		
Range noise	black 14%	grey 37%	white 80%
Noise 10 m	0,5 mm rms	0,4 mm rms	0,3 mm rms
Noise 25 m	1,0 mm rms	0,6 mm rms	0,5 mm rms
Noise 50 m	2,7 mm rms	1,2 mm rms	0,8 mm rms
Noise 100 m	10 mm rms	3,8 mm rms	2,0 mm rms
Laser plummet	<1,5 mm a 1,5 m		
Levelling display	electronic level in onboard display and LRC		
Communication	1GB Ethernet / W-Fi		
Data storage	internal 64 GB flash card, 2 x 32 GB USB external flash drive		

Caratteristiche tecniche laser scanner 3D Zoller + Frohlich IMAGER® 5010.

Fotocamera α6000 della SONY con sensore APS-C.

Caratteristiche tecniche:

TIPO DI SENSORE

Sensore APS CMOS Exmor® HD di tipo APS-C (23,5 x 15,6 mm)

NUMERO DI PIXEL (EFFETTIVI)

Circa 24,3 megapixel

SENSIBILITÀ ISO

Foto: equivalente a ISO 100-25.600 (1/3 stop EV), AUTO (ISO 100-25.600, limite inferiore e superiore selezionabili); video: equivalente a ISO 100-12.800 (1/3 stop EV)/AUTO (ISO 100-12.800, limite inferiore e superiore selezionabili).

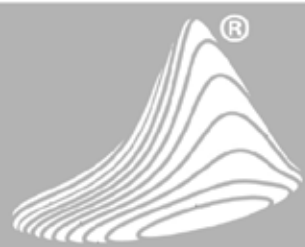


Drone Dji Mavic Mini

caratteristiche tecniche

Hovering Accuracy Range: vertical +/- 0.1m (with Vision Positioning), +/- 0.5m (with GPS Positioning); horizontal +/- 0.3 (with Vision Positioning), +/- 1.5m (with GPS Positioning).

GNSS Module: GPS+GLONASS. 3 axis stabilizer (tilt, roll, pan)



Angular vibration rate: $\pm 0.01^\circ$.

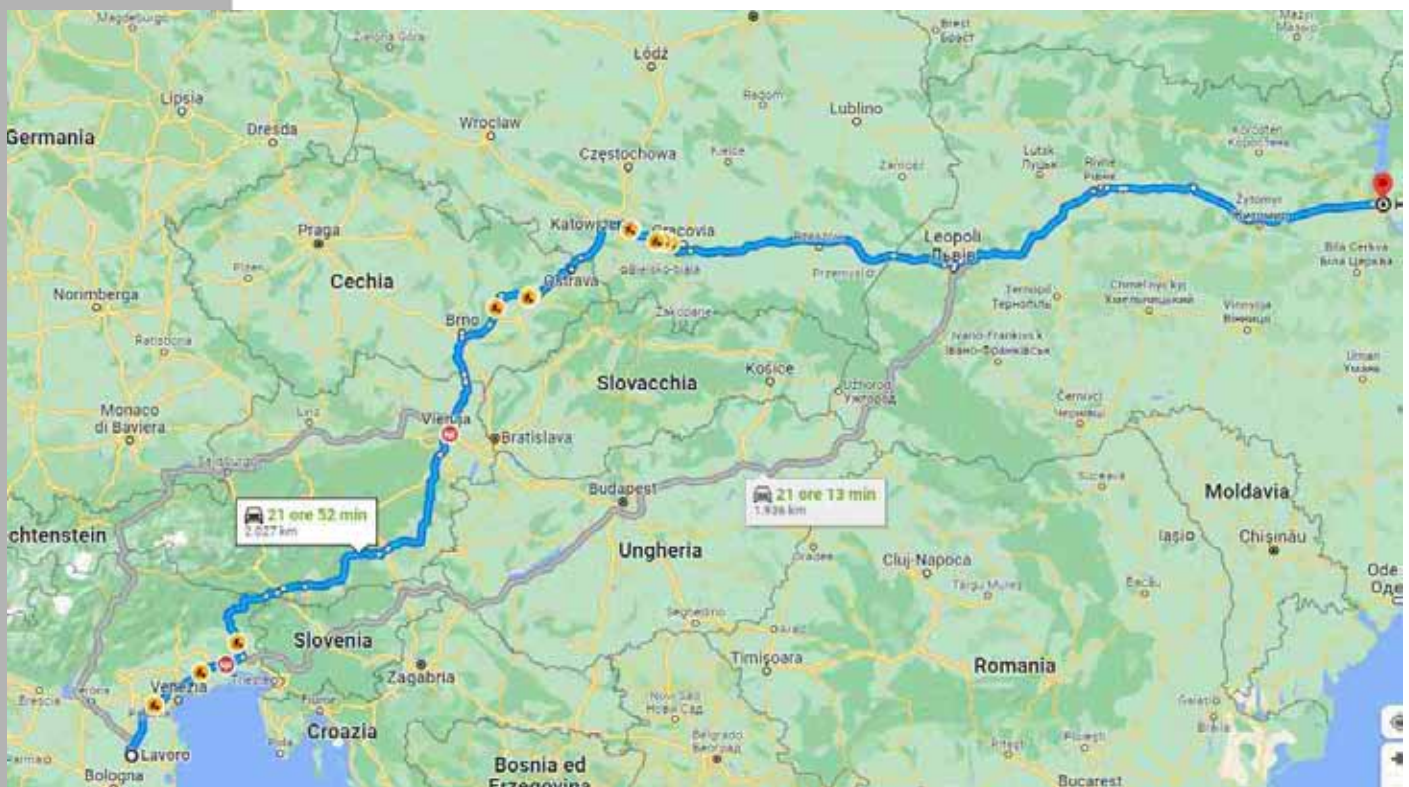
Sensing system: downward 0.5-10m; Operating environment: Non-Reflective, discernable surfaces, with diffuse reflectivity ($>20\%$), and adequate lighting ($\text{lux} > 15$).
Camera: sensor 1/2,3" CMOS, lens: FOV 85° , 35 mm format equivalent 24mm, Aperture: f/2.8,

Focus range 1 m to ∞ ; ISO video: 100-3200 (auto and manual), Photos: 100-1600 (auto) 100-3200 (manual).
Transmission system: Enhanced Wi-Fi; Live View quality: 720p/30fps.



Pochi giorni prima della partenza, al ricevimento di tutti i documenti, non ci è stato dato il permesso di introdurre sul suolo ucraino il drone, per motivi di sicurezza, pertanto le riprese per la fotogrammetria sono state possibili solo da terra con la fotocamera "fissa" e per i tetti si sono cercati punti di ripresa sopraelevati.

La partenza è avvenuta il 26 giugno alle 14 e dopo una sosta nei pressi di Brno in Repubblica Ceca siamo giunti a Kiev il 27 giugno alle ore 21:00.



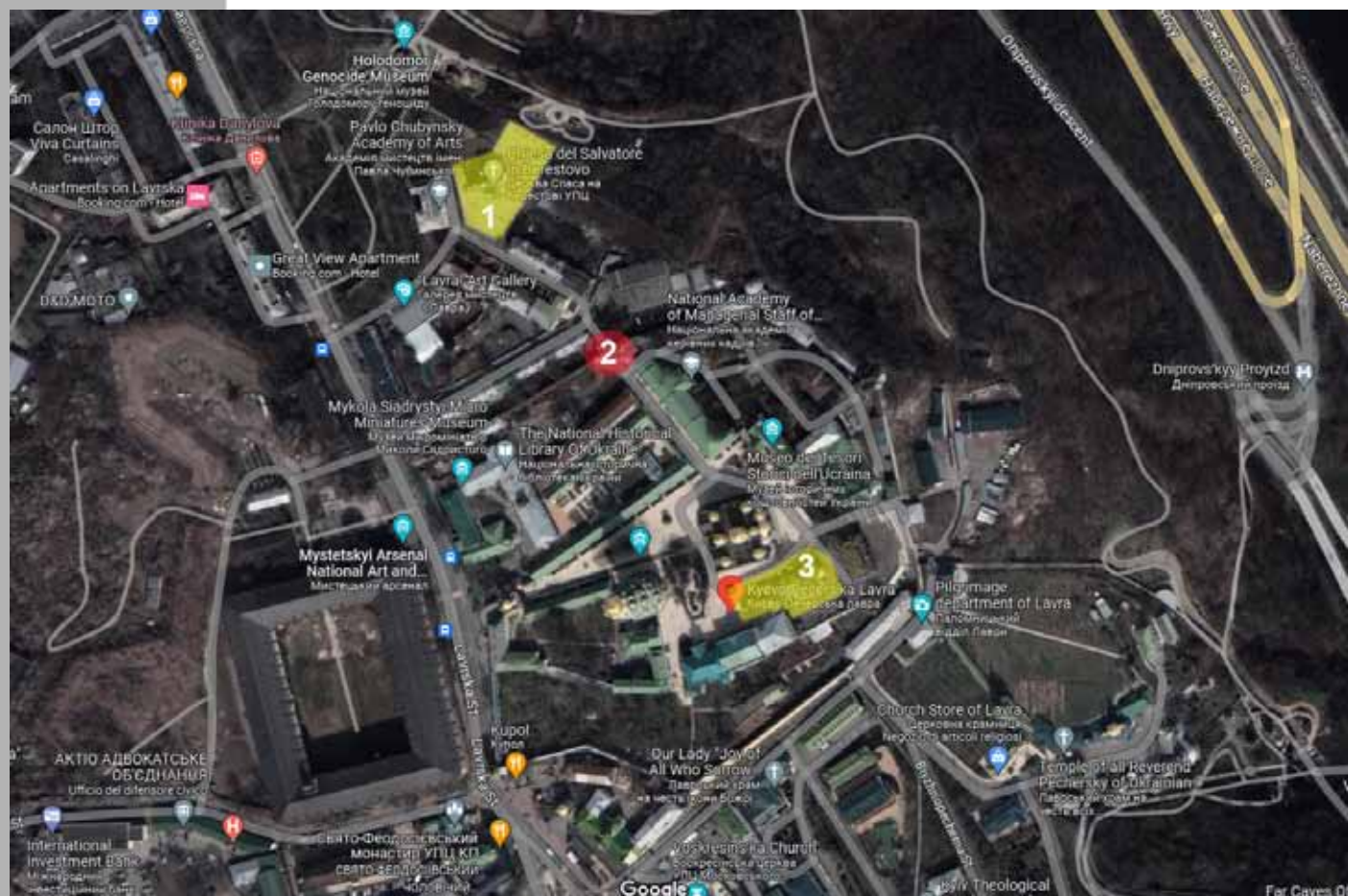
La mattina successiva alle ore 9 abbiamo incontrato, presso la riserva, la Dott.ssa Katerina Yegorova, responsabile per il complesso "Kyiv-Pechersk Lavra" e la Dott.ssa Daryna Nedzelska, Head - Sector for Cooperation with UNESCO - Department of Cultural Heritage - Ministry of Culture and Information Policy of Ukraine, che ci hanno comunicato che un team di esperti UNESCO con



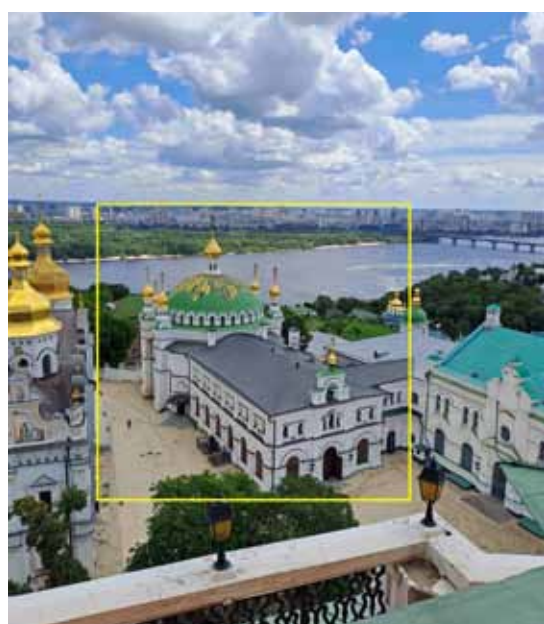
una strumentazione analoga alla nostra avevano già rilevato la Chiesa dei tutti Santi sopra la Porta Economica del XVII secolo.

La superficie totale dell'edificio è 240 mq. Il numero dei locali: 3 (il vestibolo, la parte centrale, altare). Consci dell'importanza della missione per la DIREZIONE GENERALE SICUREZZA DEL PATRIMONIO CULTURALE abbiamo accettato

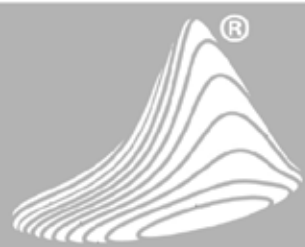
di rilevare un altro edificio del complesso: la Chiesa dei Santi Antonio e Teodosio con l'annesso refettorio per una superficie totale di 816 mq. E' stata una sfida per dimostrare la validità e la velocità del nostro metodo di rilievo, nel nuovo edificio non è stato possibile accedere ad un'area della chiesa per motivazioni religiose e ai locali tecnici posti sotto la chiesa.



1. Chiesa di San Salvatore di Berestove del 12 secolo.
2. Chiesa di tutti Santi sopra la Porta Economica del XVII secolo. (NON RILEVATA)
3. Chiesa dei Santi Antonio e Teodosio con l'annesso refettorio

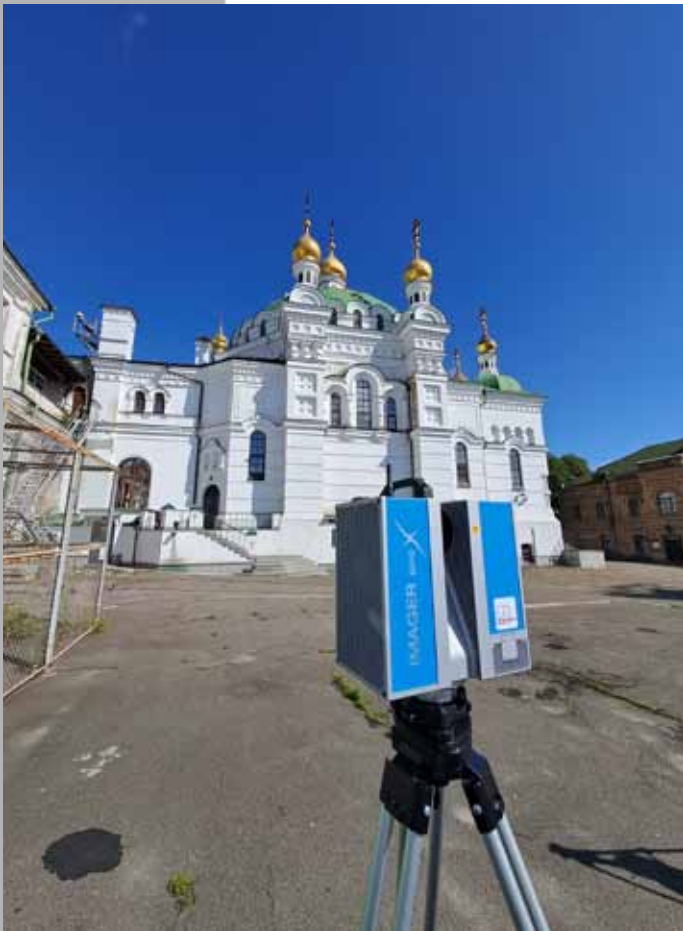


Chiesa dei Santi Antonio e Teodosio con l'annesso refettorio
Superficie totale di 816 mq



Il rilievo pertanto è iniziato da questo secondo edificio, il 28 giugno a Kiev era bel tempo pertanto ci siamo posti l'obiettivo di rilevare tutti gli esterni dei due edifici. Lo scanner dotato di sistema GPS autonomo consente di localizzare le varie stazioni in esterno, il software poi permette di collegare una stazione all'altra se si ha l'accortezza di "vedere" dal secondo punto di stazione il primo.

La conformazione dell'edificio vede una parte collegata ad un secondo complesso che non è stato rilevato, si è pertanto partiti con il rilievo dal retro, una zona che è separata dal resto dell'area del complesso anche da un muro alto 2mt.



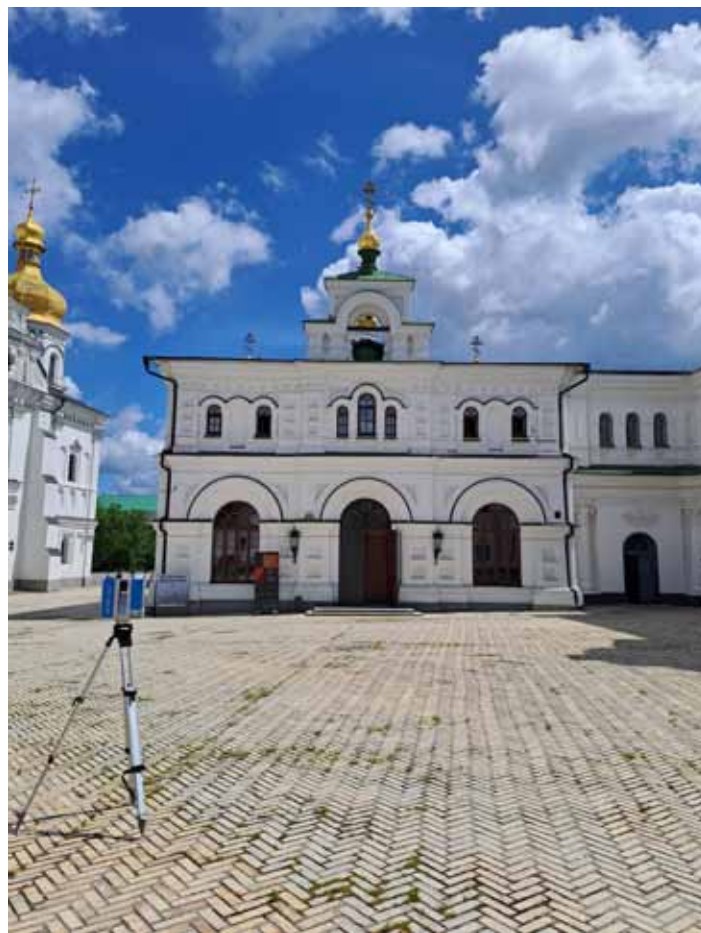
Chiesa dei Santi Antonio e Teodosio con l'annesso refettorio, posizionamento dello strumento sulla zona posteriore dell'edificio.



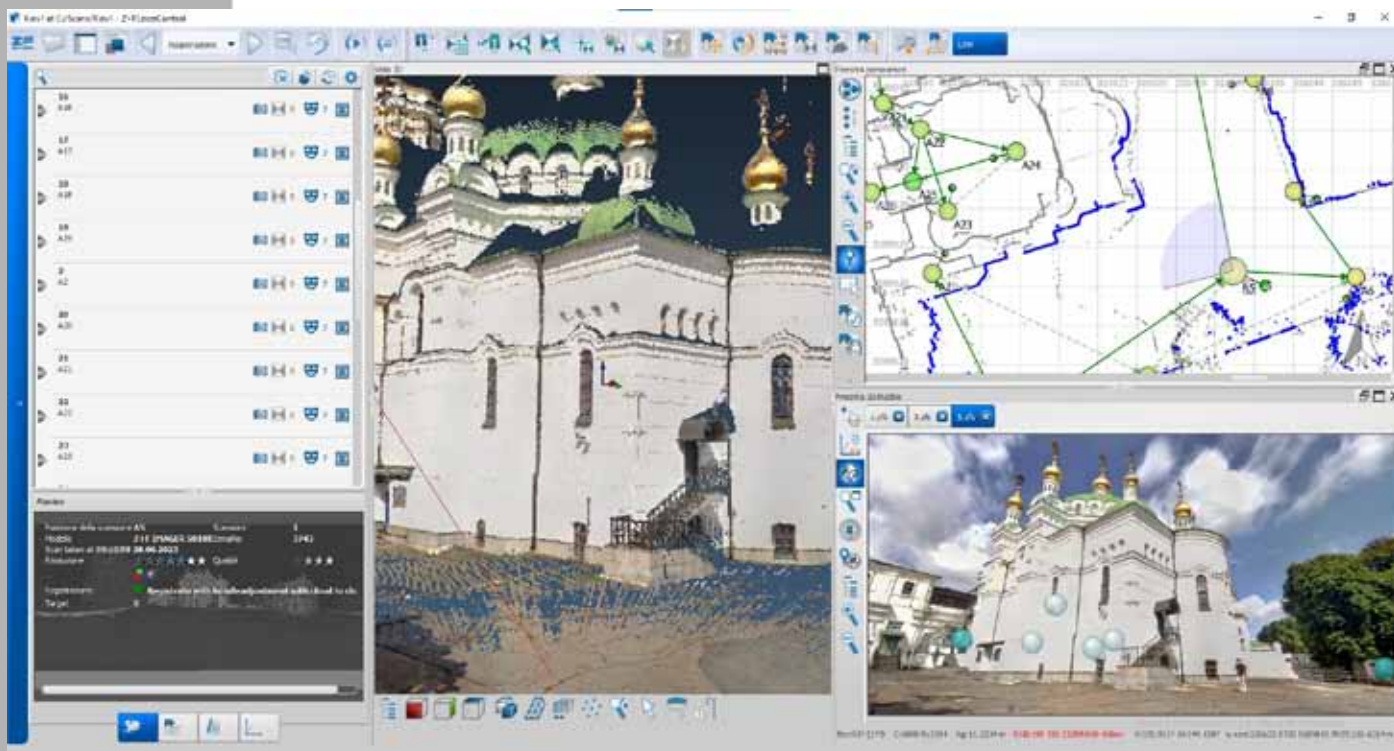
Chiesa dei Santi Antonio e Teodosio , ripresa dei tetti dalla parte superiore della torre campanaria del complesso di "Kyiv-Pechersk Lavra"

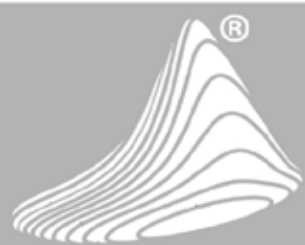


Chiesa dei Santi Antonio e Teodosio con l'annesso refettorio, posizionamento dello strumento sulla zona laterale (la parte accessibile dalla piazza del complesso) e frontale.



Chiesa dei Santi Antonio e Teodosio : schermata del software di registrazione delle scansioni con una singola scansione evidenziata.





Per coprire al meglio quest'area sono state realizzate 10 stazioni di scansione con una griglia di 3 mm a 10 mt, lo strumento, terminata la scansione, realizza anche un fotomosaico sferico di foto in HD che permette di "colorare" con le coordinate RGB la nuvola di punti.

Per la parte rimanente dell'edificio e dell'annesso refettorio si sono realizzate altre 10 scansioni con la stessa precisione, due delle quali dal punto più alto (raggiungibile con la strumentazione) della torre campanaria del complesso, che ci hanno permesso anche di coprire tutta la zona del tetto del refettorio e quella frontale delle cupole della chiesa.

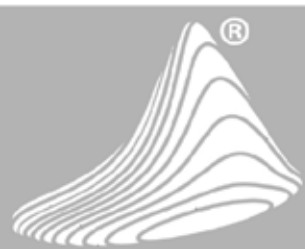
Contemporaneamente, utilizzando la fotocamera con cavalletto, sono state realizzate ben 366 foto alla massima risoluzione per eseguire la mappatura di tutto l'esterno e la fotogrammetria.

Per coprire tutte le zone accessibili dell'interno invece sono servite 8 stazioni di scansione alla stessa risoluzione mentre le foto per la fotogrammetria sono state completate tra il primo e il secondo giorno, in cui si è realizzata, da terra e con cavalletto, la fotomosaicatura completa della cupola, per un totale di 508 fotografie.

In totale sono stati raccolti per questo modello 4.873.576.573 punti di coordinate note x,y,z e RGB.



Chiesa dei Santi Antonio e Teodosio : Stazione di scansione in interno e riprese fotografiche per il modello fotogrammetrico dell'interno.

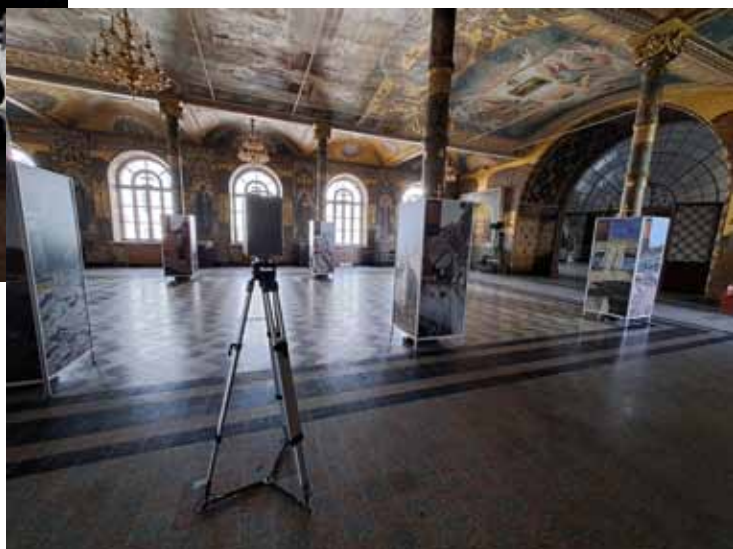


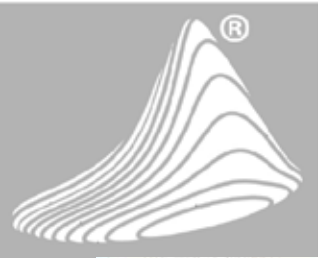
Chiesa dei Santi Antonio e Teodosio : Vista dell'interno.



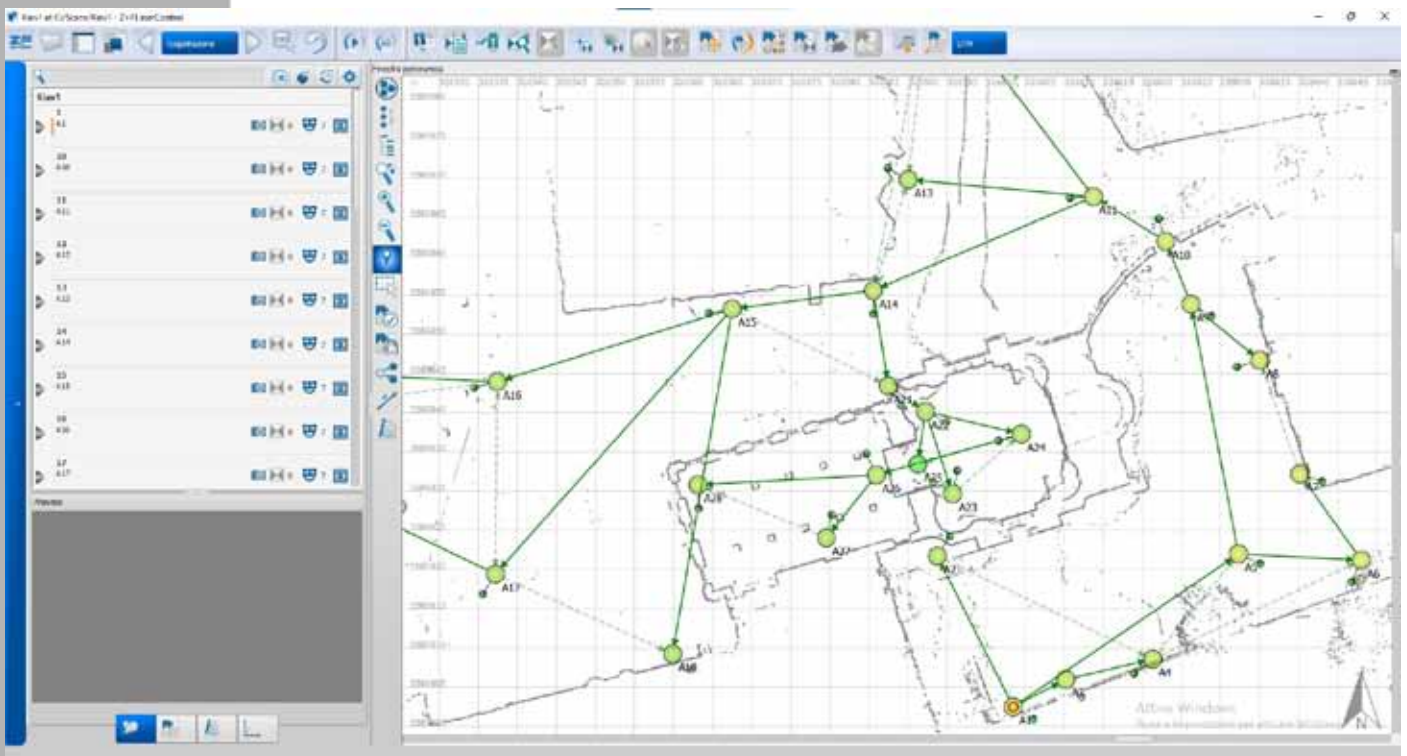
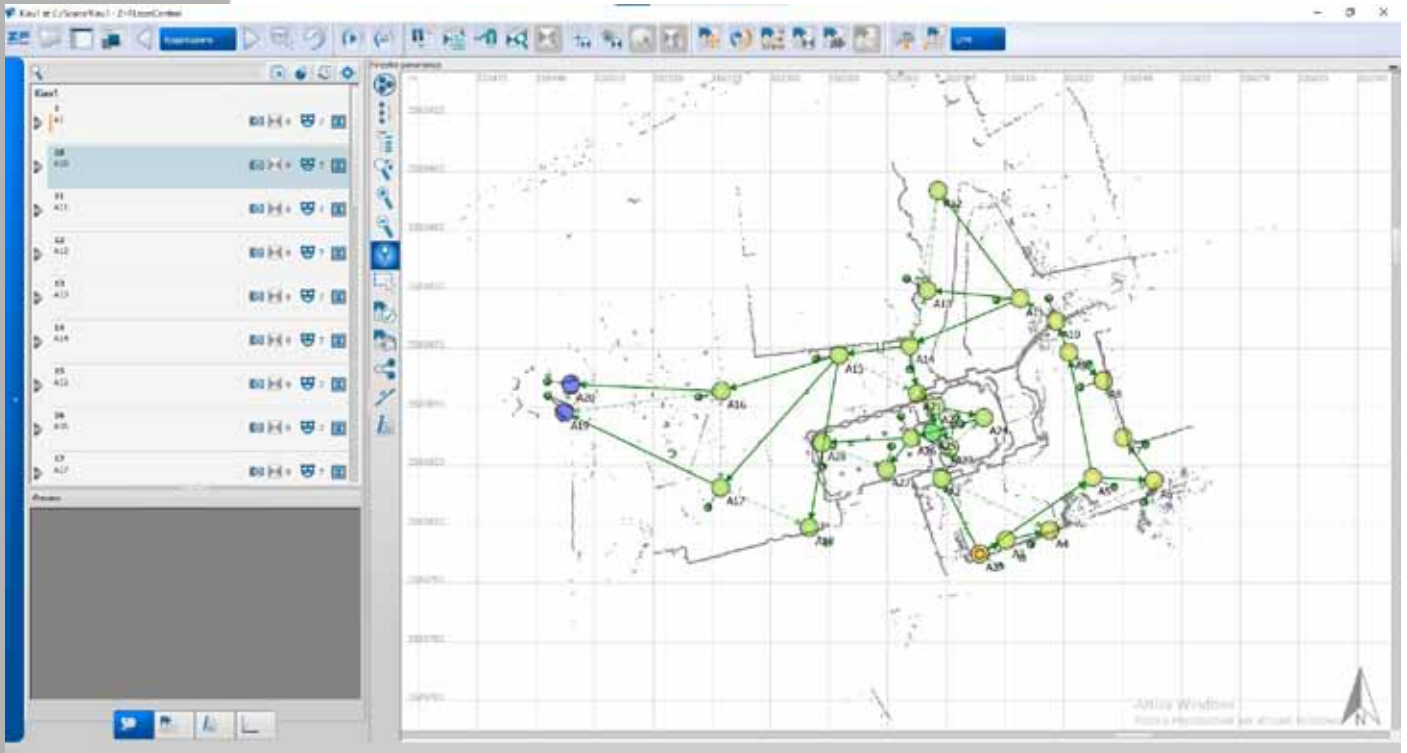
Chiesa dei Santi Antonio e Teodosio :Stazione di scansione della zona sopraelevata.

Chiesa dei Santi Antonio e Teodosio : Stazione di Scansione dell' Interno del Refettorio.

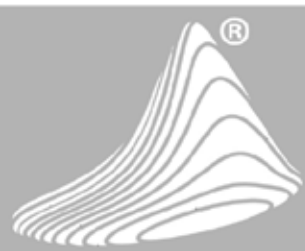




Chiesa dei Santi Antonio e Teodosio : Vista del software di registrazione con mappatura della posizione delle scansioni.



Chiesa dei Santi Antonio e Teodosio : Vista del software di registrazione con mappatura della posizione delle scansioni, dettaglio.



Successivamente siamo passati al rilievo del secondo edificio, la Chiesa di San Salvatore di Berestove del 12 secolo. Gli affreschi e la pittura murale all'interno della chiesa risalgono al XII, XVII e XIX secolo. La superficie totale dell'edificio è di 328 m.q. e il numero dei locali: 6 (il primo livello del campanile, il vestibolo, altare maggiore, due cappelle laterali). L'edificio è più piccolo ma molto articolato.



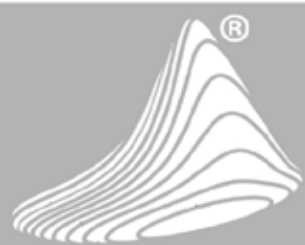
Sfruttando il bel tempo, abbiamo iniziato il rilievo dalla parte alta del campanile fino a dove era possibile accedere con l'attrezzatura, la ripida scala di accesso ci ha costretto a posizionare lo scanner su ogni pianerottolo. Al contempo, poter accedere al campanile ci ha permesso di rilevare una buona parte del tetto.

Terminato il campanile ci siamo concentrati sugli esterni realizzando 23 stazioni, la conformazione del territorio circostante presentava fortunatamente diverse posizioni rialzate, un terrapieno sulla sinistra della chiesa con una passeggiata che portava ad un parco e un terrapieno sulla destra, da queste due posizioni rialzate è stato possibile rilevare molta della superficie delle cupole.

Contemporaneamente sono state realizzate 303 foto per la mappatura e la fotogrammetria degli esterni.

Il primo giorno si è chiuso alle 19; la chiesa, che attualmente è un museo, chiude alle 18, inoltre alle 22 circa tutti i ristoranti non prendono più ordinazioni per via del coprifuoco, pertanto siamo dovuti rientrare in hotel.

In totale sono state 10 ore di rilievo continuativo.



Chiesa di San Salvatore di Berestove: Stazione di scansione alla sommità del campanile, raggiungibile con una ripida scala in muratura e legno.



Chiesa di San Salvatore di Berestove: Alcune immagini delle numerose stazioni di scansione realizzate per rilevare il campanile e la scala di accesso.



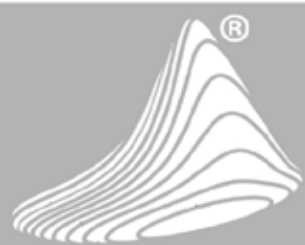


Chiesa di San Salvatore di Berestove: Alcune immagini delle numerose stazioni di scansione realizzate per rilevare il campanile e la scala di accesso.



Chiesa di San Salvatore di Berestove: Alcune immagini delle stazioni di scansione esterne.

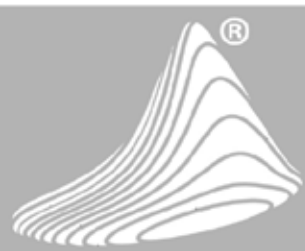




Verificati i dati siamo stati sicuri di aver raccolto tutti gli esterni, il giorno successivo era prevista pioggia e tempo molto variabile, infatti la zona è stata oggetto di ripetuti temporali, che hanno limitato molto le operazioni in esterno. Ci siamo pertanto concentrati sugli interni di San Salvatore di Berestove.

Abbiamo quindi realizzato 25 scansioni dell'interno, durante questa fase di lavoro abbiamo ricevuto la visita del Vice Capo Delegazione dell'Ambasciata Italiana il Dott. Francesco Pesce che ha seguito con interesse alcune fasi del rilievo e si è rivelato molto entusiasta del progetto.





Di tutti gli interni sono state scattate 932 foto per la fotogrammetria e la mappatura. Per raccogliere tutti i dati della seconda giornata sono state necessarie 8 ore di lavoro, successivamente abbiamo verificato tutti i dati e, in accordo con la dott.ssa Yegorova abbiamo dichiarato conclusa la fase di rilievo.

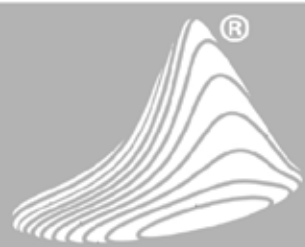
Abbiamo incontrato Kostiantyn Krainii, Deputy General Director for Scientific Work del complesso per illustrare il lavoro fatto, le tempistiche in cui forniremo il database e le prospettive di utilizzo di questi dati.



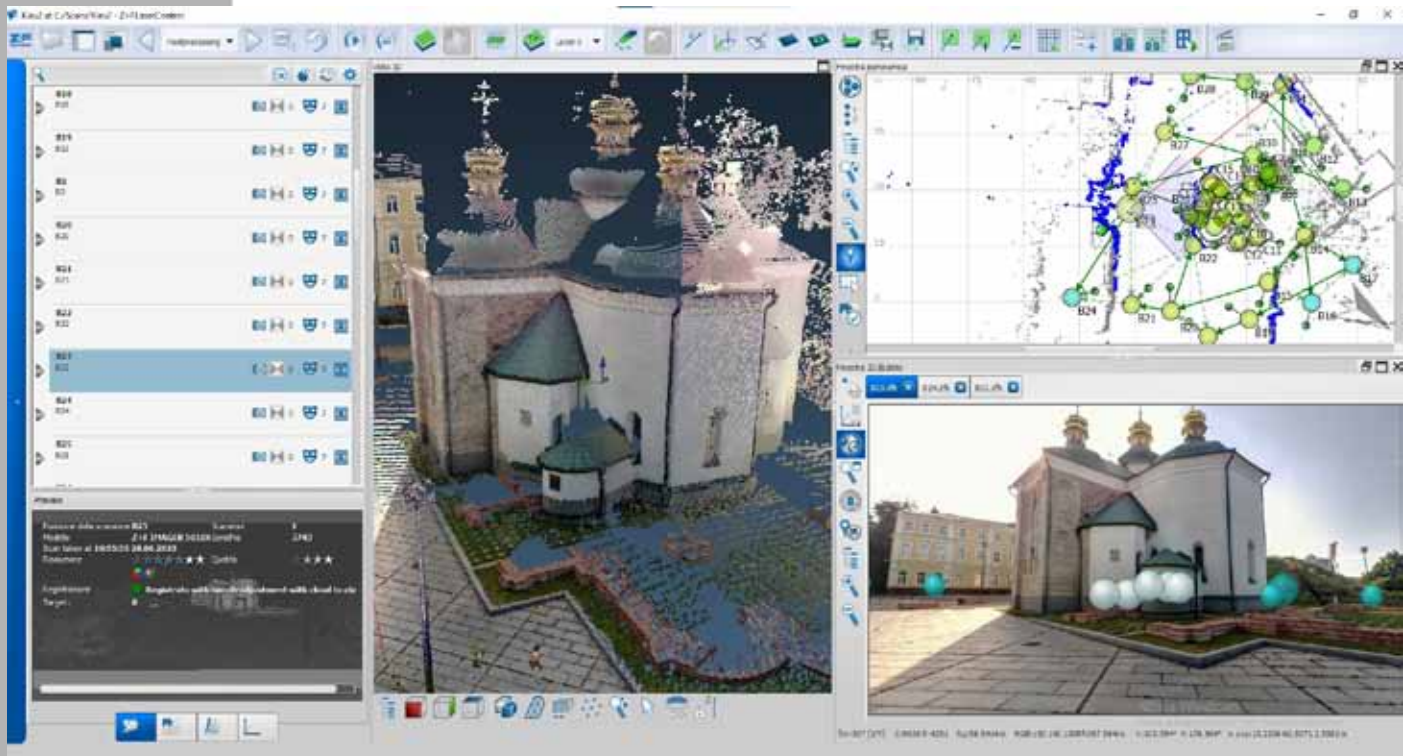
Per il modello di San Salvatore di Berestove, sono stati raccolti circa 6.510.300.125 punti.



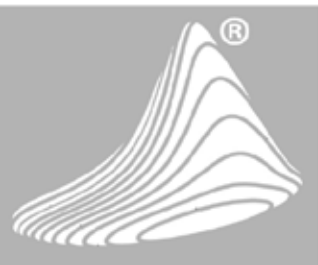
Chiesa di San Salvatore di Berestove: visita del Vice Capo Delegazione dell'Ambasciata Italiana il Dott. Francesco Pesce.



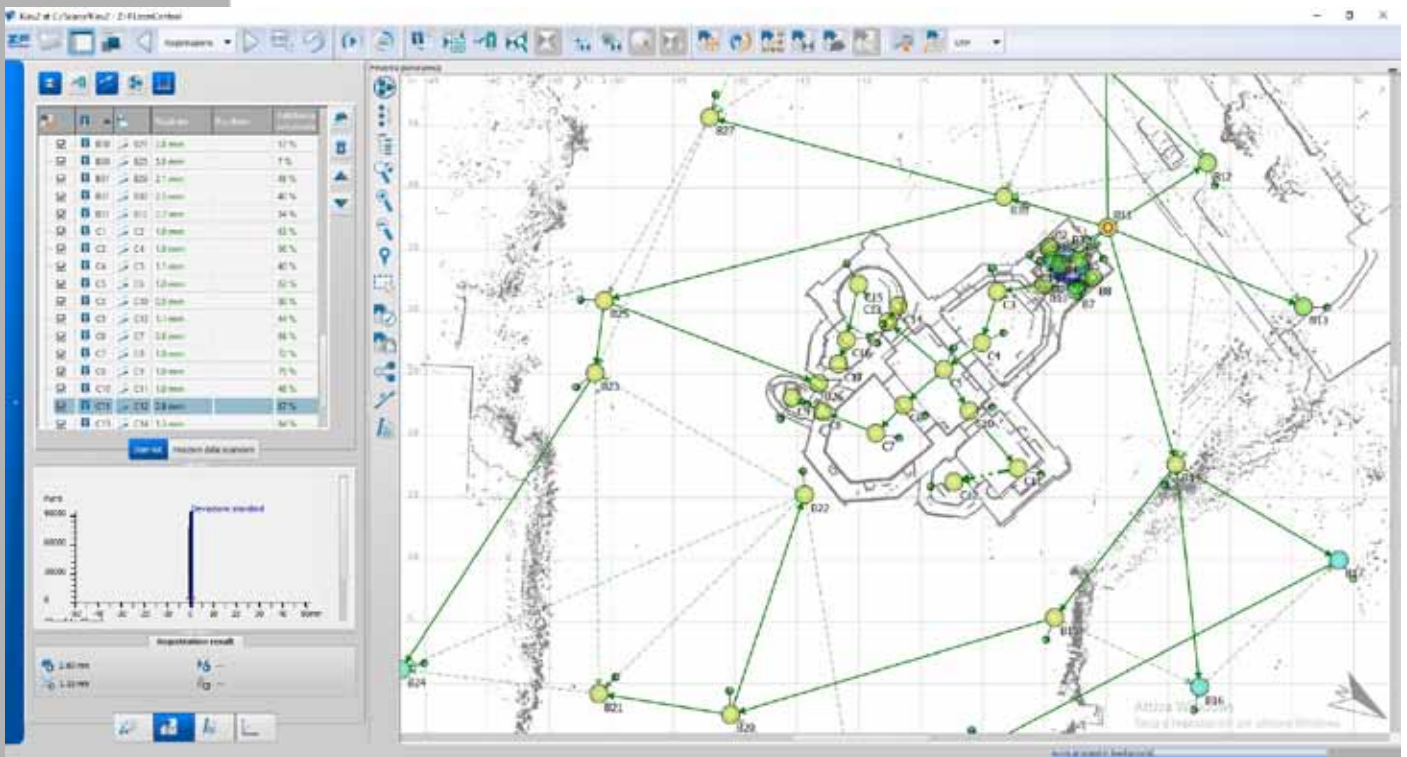
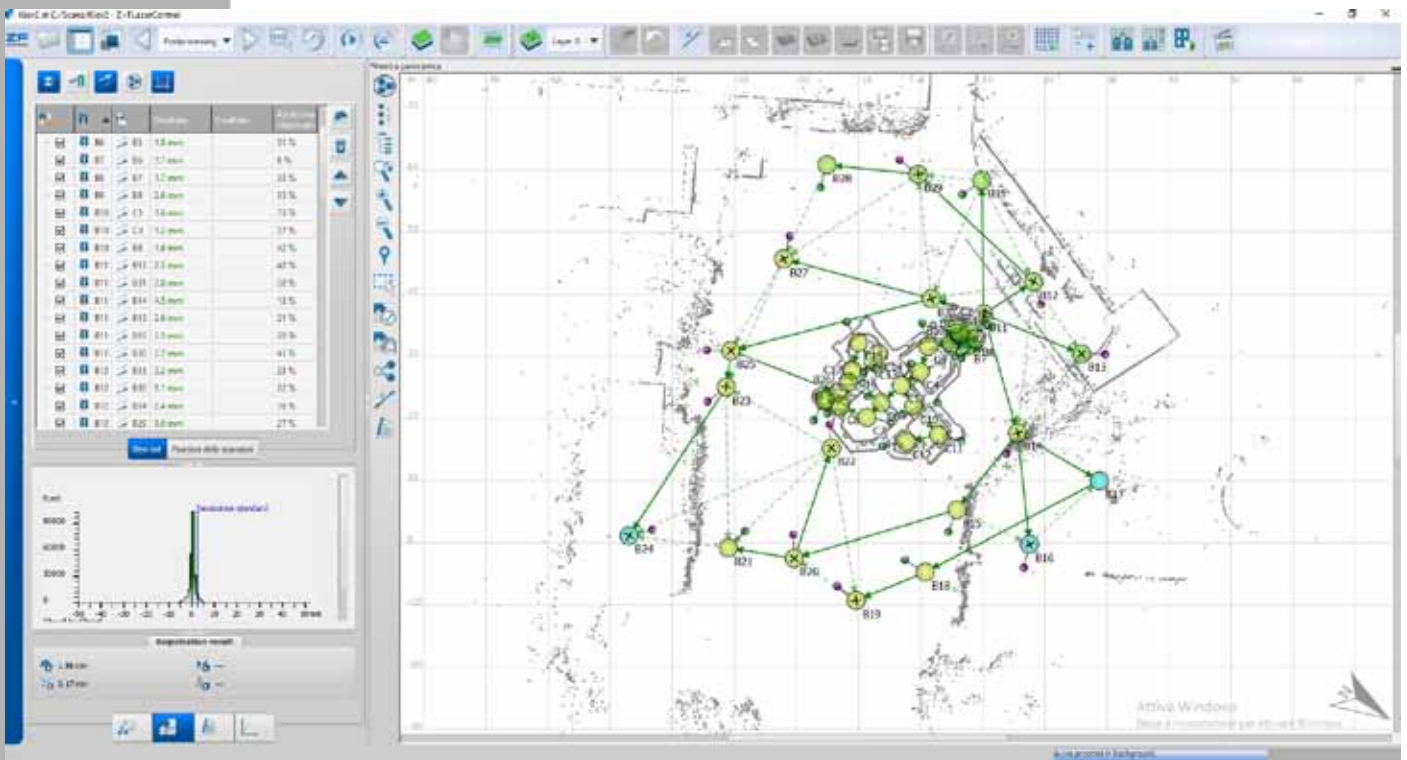
Chiesa di San Salvatore di Berestove:
Raccolta delle immagini per la
fotogrammetria.



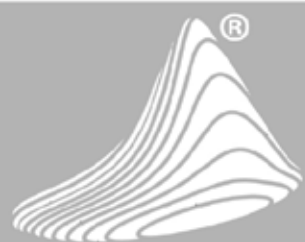
Chiesa di San Salvatore di Berestove: schermata del software di registrazione delle scansioni con una singola scansione evidenziata.



Chiesa di San Salvatore di Berestove: Vista del software di registrazione con mappatura della posizione delle scansioni.



Chiesa di San Salvatore di Berestove: Vista del software di registrazione con mappatura della posizione delle scansioni, dettaglio.



Rientrati in anticipo in Italia, dopo aver terminato al meglio possibile il lavoro e aver cercato di minimizzare i rischi per il team, i dati sono in fase di elaborazione. Sono stati prima catalogati, sono state catalogate le foto e tutto è stato ordinato in cartelle.



I responsabili del complesso ci hanno indicato come tempo limite per inviare i dati Novembre 2023. L'importante, per la salvaguardia di questi importanti edifici, era raccogliere il dato, ovviamente speriamo che la guerra finisca presto.

I tempi di elaborazione delle nuvole sono di circa 12 ore di calcolo ogni modello, la registrazione delle 48 scansioni di San Salvatore di Berestovo ha dato esito nella quality standard deviation di 2,9 mm, mentre quella della Chiesa dei Santi Antonio e Teodosio con l'annesso refettorio di 4,2 mm. Al termine di questa elaborazione occorre "pulire" le nuvole di punti dal "rumore" e dai dati non necessari, il modello di San Salvatore di Berestovo pulito dal "rumore" con le scansioni decimate a 5 mm (per poter lavorare agevolmente il modello ed estrarre i dati) è complessivamente di 800 milioni di punti, eliminato il contesto la sola chiesa è 160 milioni di punti. I modello di San Salvatore di Berestove pulito dal "rumore" con le scansioni decimate a 5 mm è 950 milioni di punti, la sola Chiesa senza contesto è invece 110 milioni di punti.

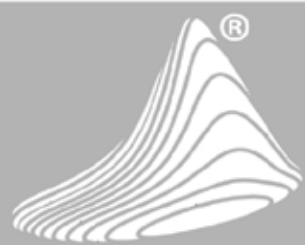




Chiesa dei Santi Antonio e Teodosio : Immagini della nuvola di punti elaborata in modo parziale



Chiesa dei Santi Antonio e Teodosio : Immagini della nuvola di punti elaborata in modo parziale - sezione con vista dell'interno.

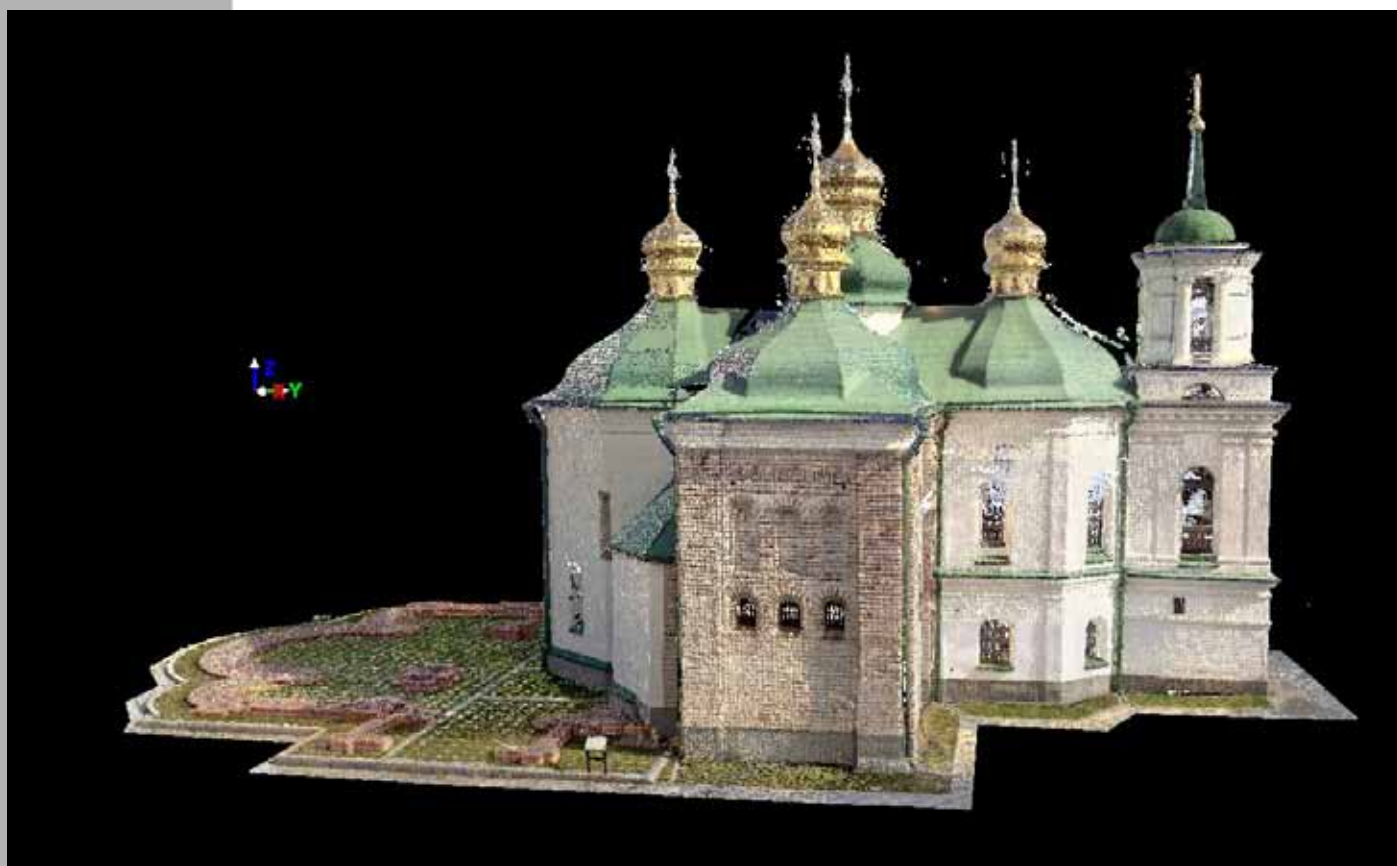


Chiesa di San Salvatore di Berestove: immagini della nuvola di punti derivata dalla registrazione di tutte le stazioni di scansione e pulita dagli elementi del paesaggio.





Chiesa di San Salvatore di Berestove: immagine della nuvola di punti derivata dalla registrazione di tutte le stazioni di scansione e pulita dagli elementi del paesaggio.



Con le foto realizzate si sta calcolando la fotogrammetria per avere un modello che verrà “agganciato” alla nuvola di punti garantendo la massima precisione, da questo modello poi si potranno realizzare delle ortofoto per la mappatura del degrado e degli interventi di restauro.

Nella speranza di aver saputo trasmettere l'importanza di questo viaggio siamo a disposizione per fornire ulteriori informazioni e saremo lieti di mandare un aggiornamento dei lavori dopo l'elaborazione dei dati.

Cordiali saluti



Dott. Arch. Matteo Fabbri
Socio Amministratore Tryeco2.0 srl


TRYECO 2.0 Srl
Via Poledrelli, 21 - 44121 FERRARA
C.F./P.IVA 01833960386
www.tryeco.com

