



Mappatura 3D del torrente Aposa (BO)



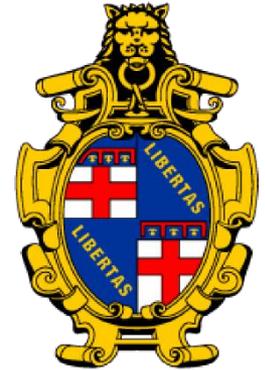
Fabio Negroni e Gualtiero Parmeggiani

Collegio Provinciale Geometri e G.L. di Bologna, Commissione Topografia e Geomatica

40131 Via della Beverara 9, **Bologna**, t.051235626

fabio.negroni@collegiogeometri.bo.it

gualtiero.parmeggiani@collegiogeometri.bo.it



**Consiglio Nazionale
Geometri e Geometri Laureati**



**Fondazione Geometri
e Geometri Laureati
dell'Emilia Romagna**



**Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Bologna**



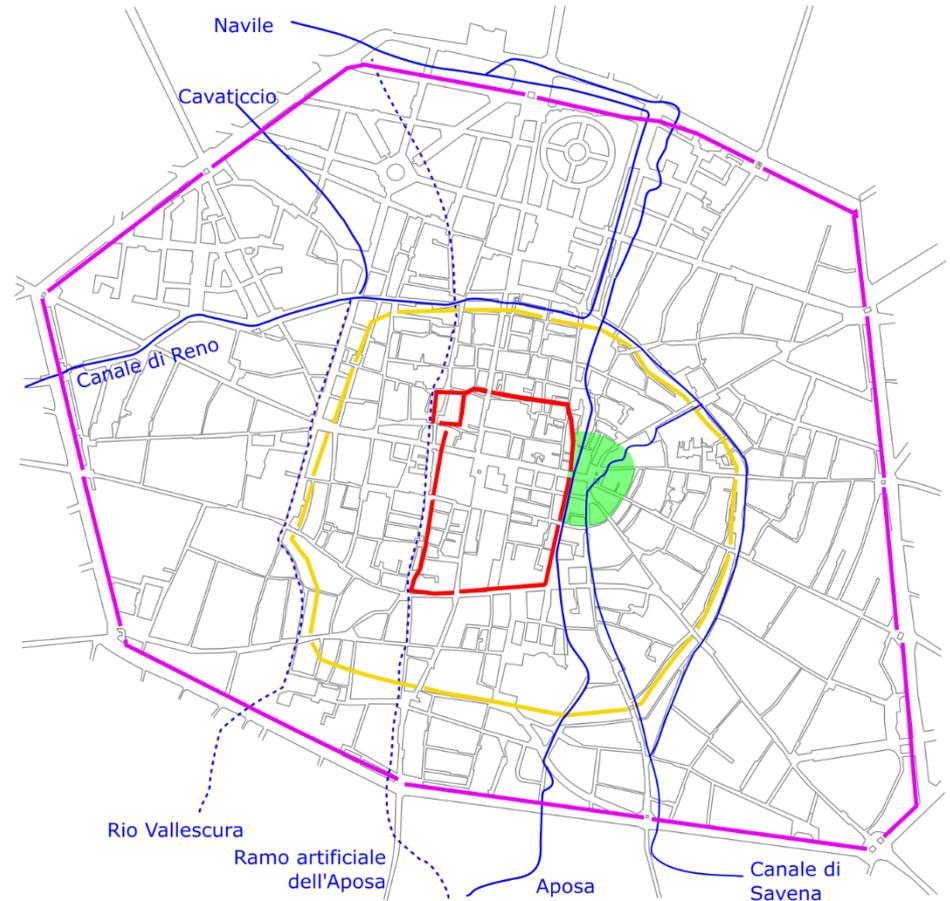
Panoramica sulla città

- Possiede il più grande centro storico del mondo
- Ha i portici più lunghi al mondo
- E' famosa per le sue torri (passate e presenti)
- E' la sede della più antica università del mondo
- Nota per la sua BUONA cucina
- Aveva un porto mercantile fluviale
- Vanta ancora oggi diversi corsi d'acqua sotterranei e a cielo aperto

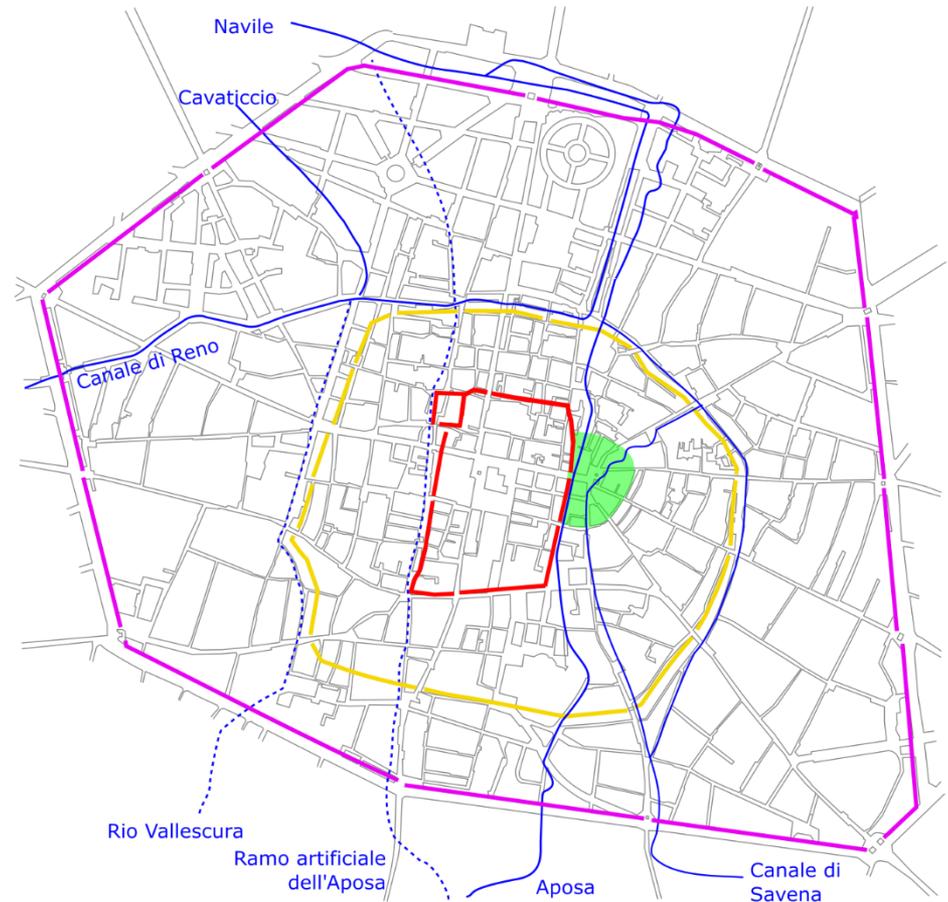


Il torrente APOSA

- E' il solo corso d'acqua che attraversa in sotterranea l'intera città per circa 7,5 km
- Nel medioevo correva a cielo aperto per tutto il suo tragitto
- Oggi, dopo essere stato scarico fognario per secoli è stato bonificato e restaurato in alcuni tratti
- E' stato reso visitabile, a cittadini e turisti con tour guidati, per un breve tratto



- La complessità della gestione, che coinvolge diversi enti, dalla tutela delle acque meteoriche alla promozione turistica, dalla conservazione storico/archeologica dei tratti “monumentali” alla complessa gestione dei reflui cittadini ha portato per necessità a diverse basi dati non allineate tra loro e non sempre aggiornate
- Le odierne inderogabili valutazioni legate alla sicurezza: statica, dei visitatori, del personale addetto alle manutenzioni, ambientale, etc..., hanno reso quindi necessario l’**acquisizione di una base geometrica** certa e aggiornata sui cui fondare tutte le ulteriori analisi



Convenzione ricerca metodologie mappatura 3d

- Collegio Provinciale Geometri e G.L. di Bologna (*Commissione geomatica e topografia*)
- Comune di Bologna
- Associazione Amici delle vie d'acqua e dei sotterranei di Bologna

Sperimentazione attuata sul tratto campione del torrente sotterraneo compreso tra Piazza San Martino e Piazza Minghetti per una lunghezza di circa 550 metri.

- Partner tecnici:



Overview tratto sotterraneo su Google maps



Ambiente 3d da ricostruire



Metodologie

Predisposizione dell'ambiente di lavoro

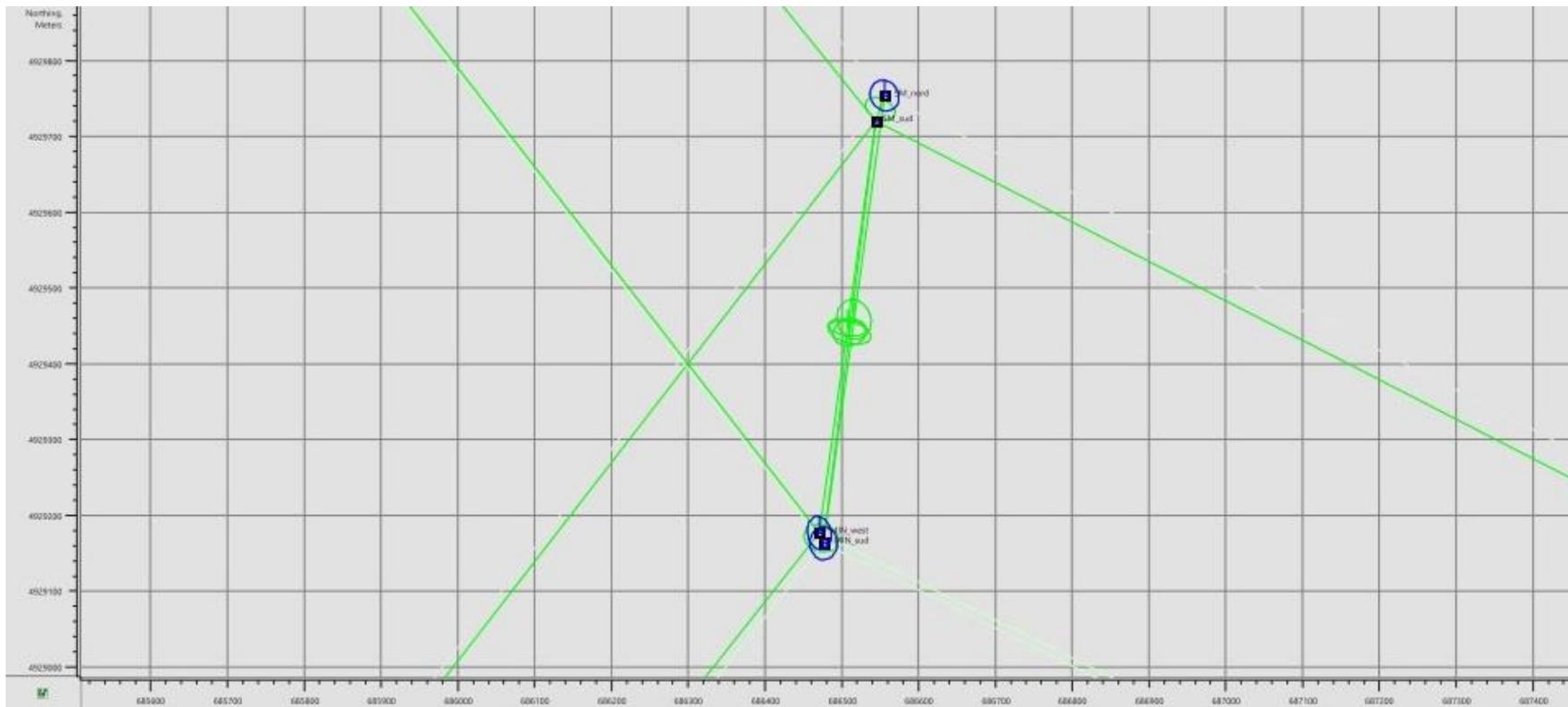
- Materializzazione control points 3d
- Georeferenziazione e compensazione rete GNSS
- Sottorete con poligoni topografiche di superficie e underground per target a parete e chiodi a terra
- Rilievi Laser Scanner terrestre e mobile



Georeferenziazione rete GNSS con dati RINEX staz. Rif. Fondazione Geo ER



Compensazione rete GNSS



Sottorete con poligoni topografiche di superficie e underground per target a parete e chiodi a terra



Strumentazione

Le ditte invitate hanno autonomamente scelto la strumentazione più adatta per la mappatura 3d.

- Topcon GLS-2000 (chiodi a terra)
- Zoller + Fröhlich 5010x (scacchiere a parete)
- Leica P30 + Ntech iSTAR 360 (chiodi a terra)

- Gexcel Heron AC-1 (chiodi a terra, rilevati con sfere)
- 3Dtarget Scanfly backpack
- Trimble Timms (chiodi a terra)



Laser scanner terrestre

- Topcon GLS-2000
- Zoller + Fröhlich 5010x
- Leica P30 + Ntech iSTAR 360



Laser scanner terrestre

- Gli strumenti che ci sono stati portati hanno eseguito egregiamente i compiti richiesti anche se con tempistica e qualità differente.
- Il **Topcon GLS-2000** (120000pps) ha operato in modalità topografica ma ha sofferto di scarsa velocità nelle operazioni di rilievo. Inoltre la fotocamera interna non ha reso possibile le acquisizioni del colore entro livelli di accettabilità, vittima delle condizioni di scarsa luminosità non correttamente compensate dall'esposimetro interno.
- Degne di nota le prestazioni ottenute dall'utilizzo della camera esterna Ntech iSTAR 360 dotata di *hdr* in accoppiata al solido e veloce **Leica P30** (1000000pps) nelle condizioni fotografiche limite del tratto sotterraneo. L'utilizzo delle funzioni topografiche per l'esecuzione del rilievo ha consentito una notevole velocità e un'immediata verifica qualitativa degli scarti sugli allineamenti.
- E' stata molto apprezzata anche la possibilità di registrare *on the fly* direttamente in campagna le scansioni acquisite con lo **Z+F 5010x** (1000000pps) dotato di sw Z+F Scout su tablet in collegamento wireless con lo scanner. Questo ha consentito di valutare on-site eventuali problemi di allineamento C2C. Non sono state acquisite le informazioni cromatiche per problemi logistici.



Poincloud view TLS

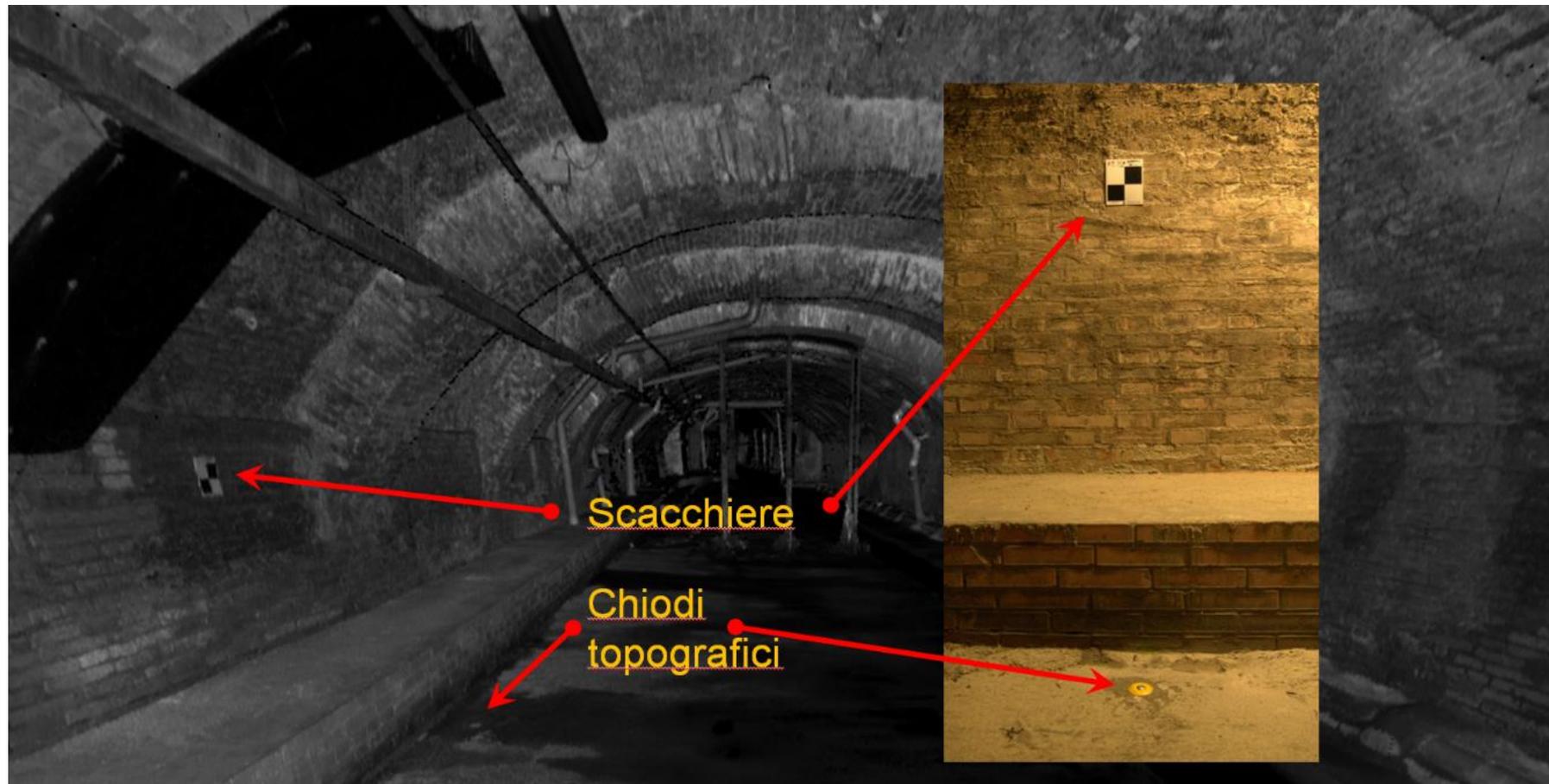


*Immissione
fognaria privata*

*Condotta fognaria
principale*

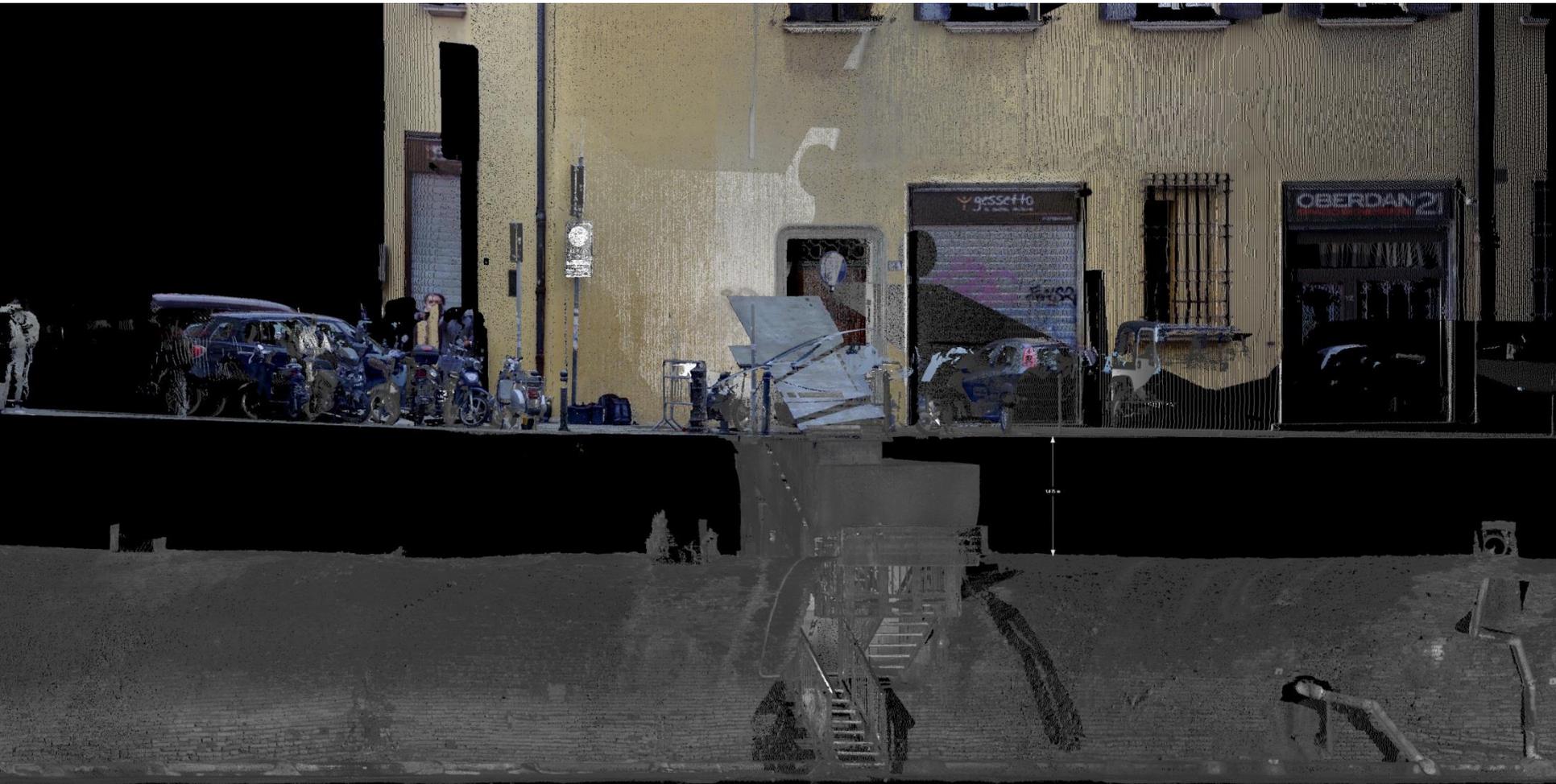
Cunetta di magra acque meteoriche

Poincloud view TLS

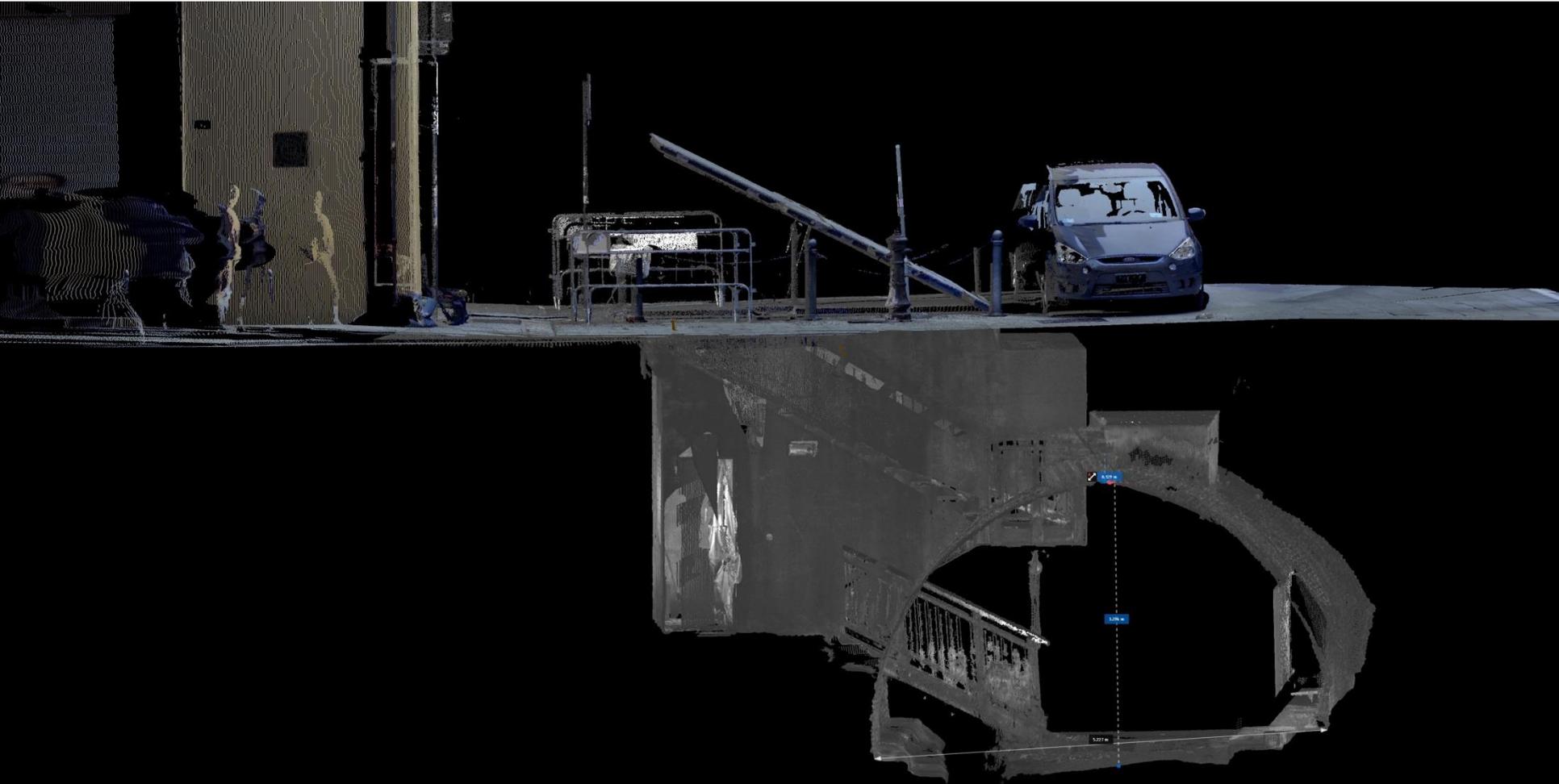


[Breve video TLS](#)

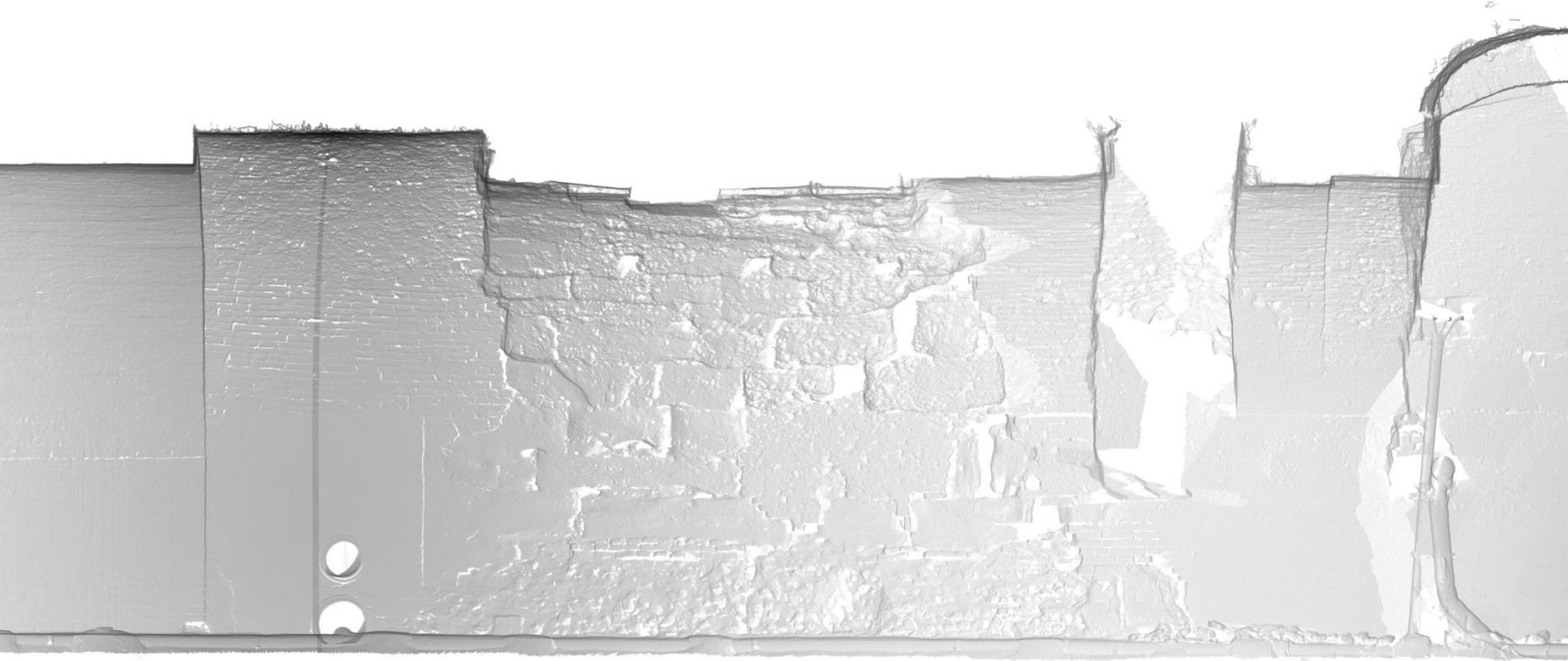
Poincloud view TLS



Poincloud view TLS



Poincloud view TLS

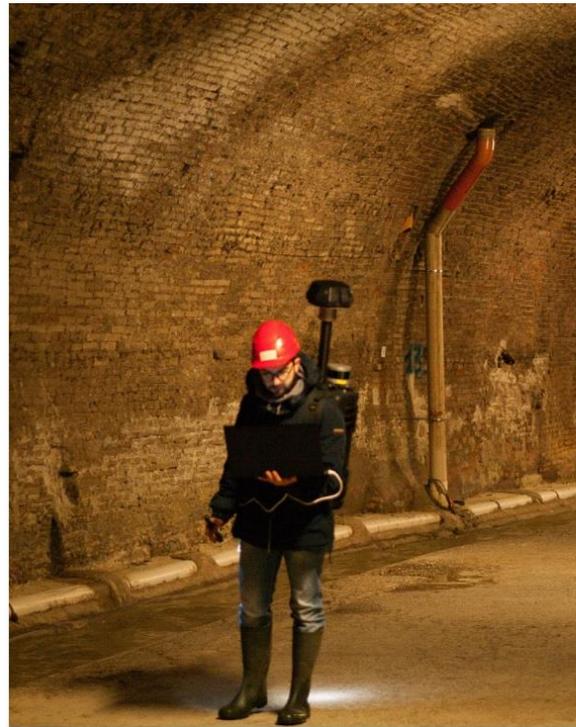


Poincloud view TLS



Laser scanner mobile

- Gexcel Heron AC-1
- 3Dtarget Scanfly backpack
- Trimble Timms

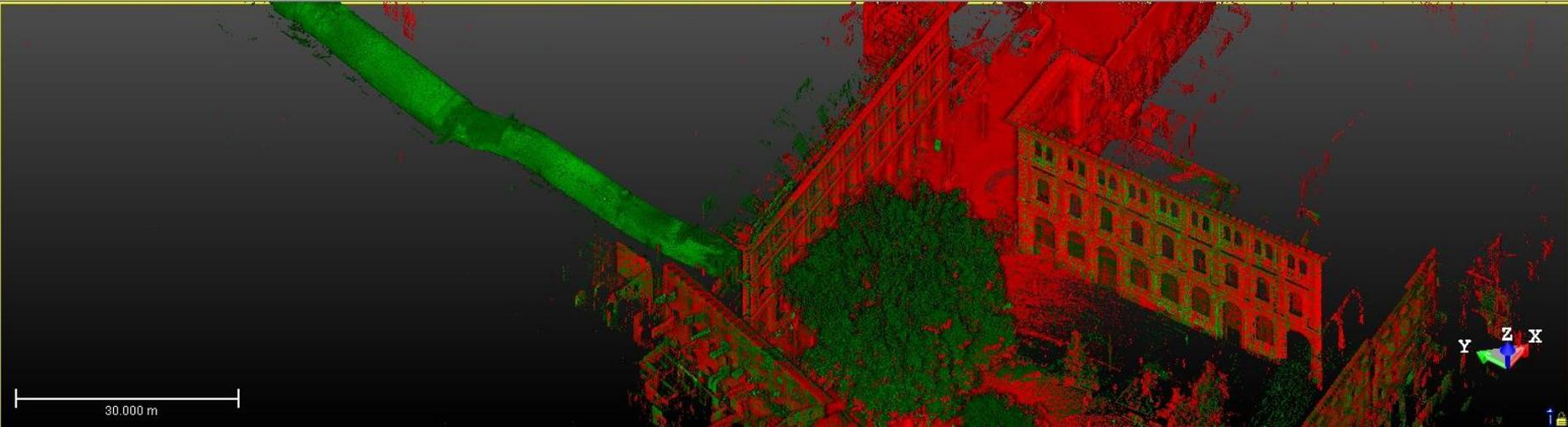


Laser scanner mobile

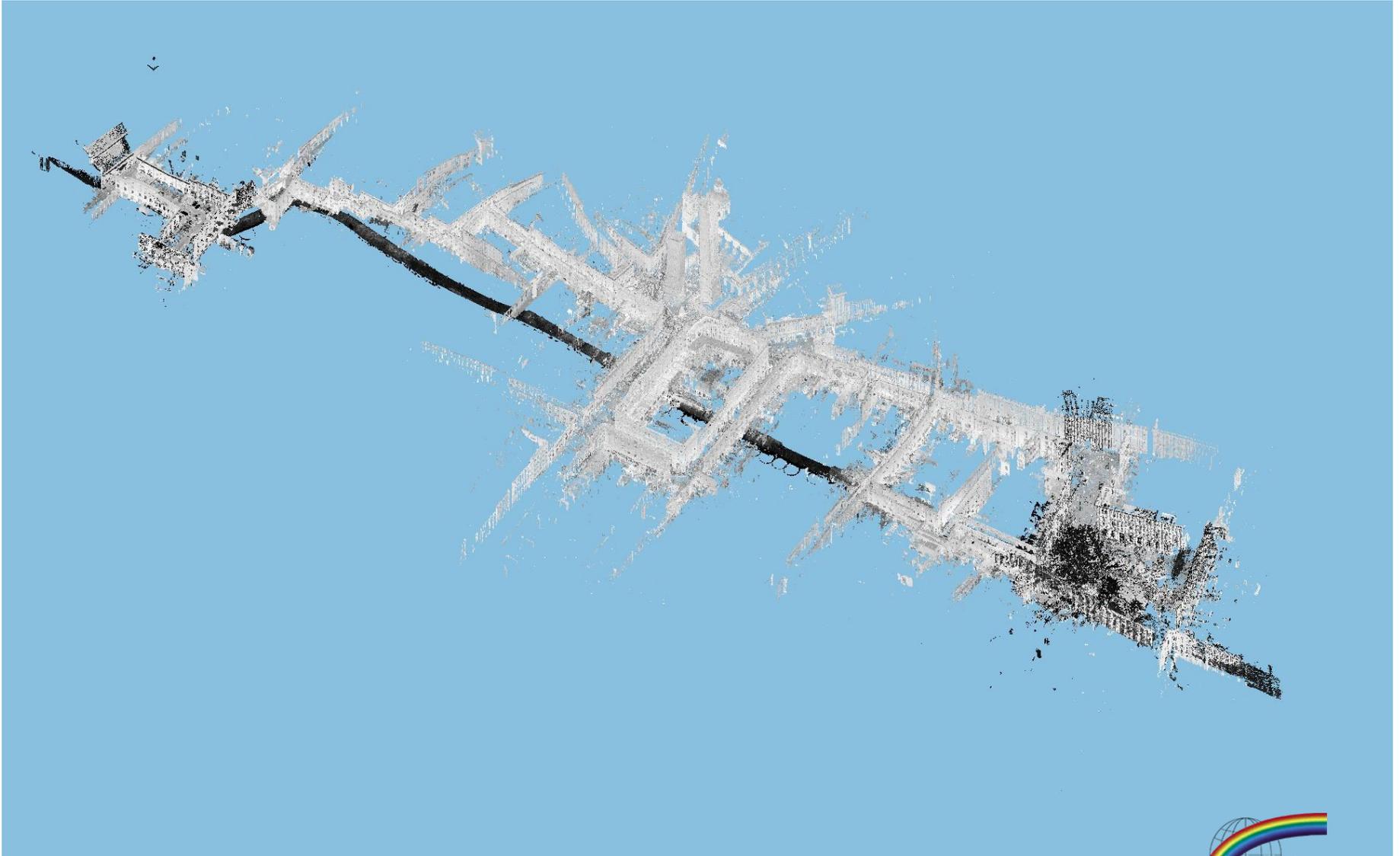
- Il grande assente dalla scena è stato il **Leica Pegasus 2** impegnato in altri fronti e indisponibile al momento dell'esecuzione dei rilievi.
- Il sistema **Heron AC-1** di Gexcel srl, strumentazione portata da Topcon Italia, basato sul sensore **Velodyne HDL-32E** (700000pps) ha dimostrato una notevole elasticità operativa oltre ad un'estrema velocità di acquisizione. Il sistema ha usufruito dei control points materializzati a terra sfruttando dei target sferici per l'acquisizione.
- Lo **ScanFly backpack** di 3Dtarget srl, alla sua prima uscita pubblica essendo ancora in fase terminale di sviluppo al momento del rilievo, basato sul sensore Velodyne VLP-16 da (300000pps) ha operato in maniera rapida e precisa senza problemi. Ci auguriamo di poterlo testare nuovamente a prodotto finito.
- In ultimo abbiamo testato il sistema *mms* di Trimble, il **TIMMS**, che accoppia un *TLS* (basato su Faro Focus da 1000000pps) a un sistema di posizionamento in tempo reale carrellato con fotocamera 360°. Purtroppo non ci è stato possibile eseguire il rilievo sotterraneo per problemi tecnici al sistema automatizzato degli accessi, abbiamo quindi acquisito la parte della città in superficie che "costeggia" e ripercorre il torrente sottostante. Lo strumento si è dimostrato, dopo l'inizializzazione, abbastanza rapido (essendo nato per rilievi indoor) anche se meno maneggevole delle soluzioni *backpack* e molto definito rispetto alle altre soluzioni mobile. Ha utilizzato i control points di superficie opportunamente raffittiti per il controllo della deriva e acquisito le immagini panoramiche a colori.



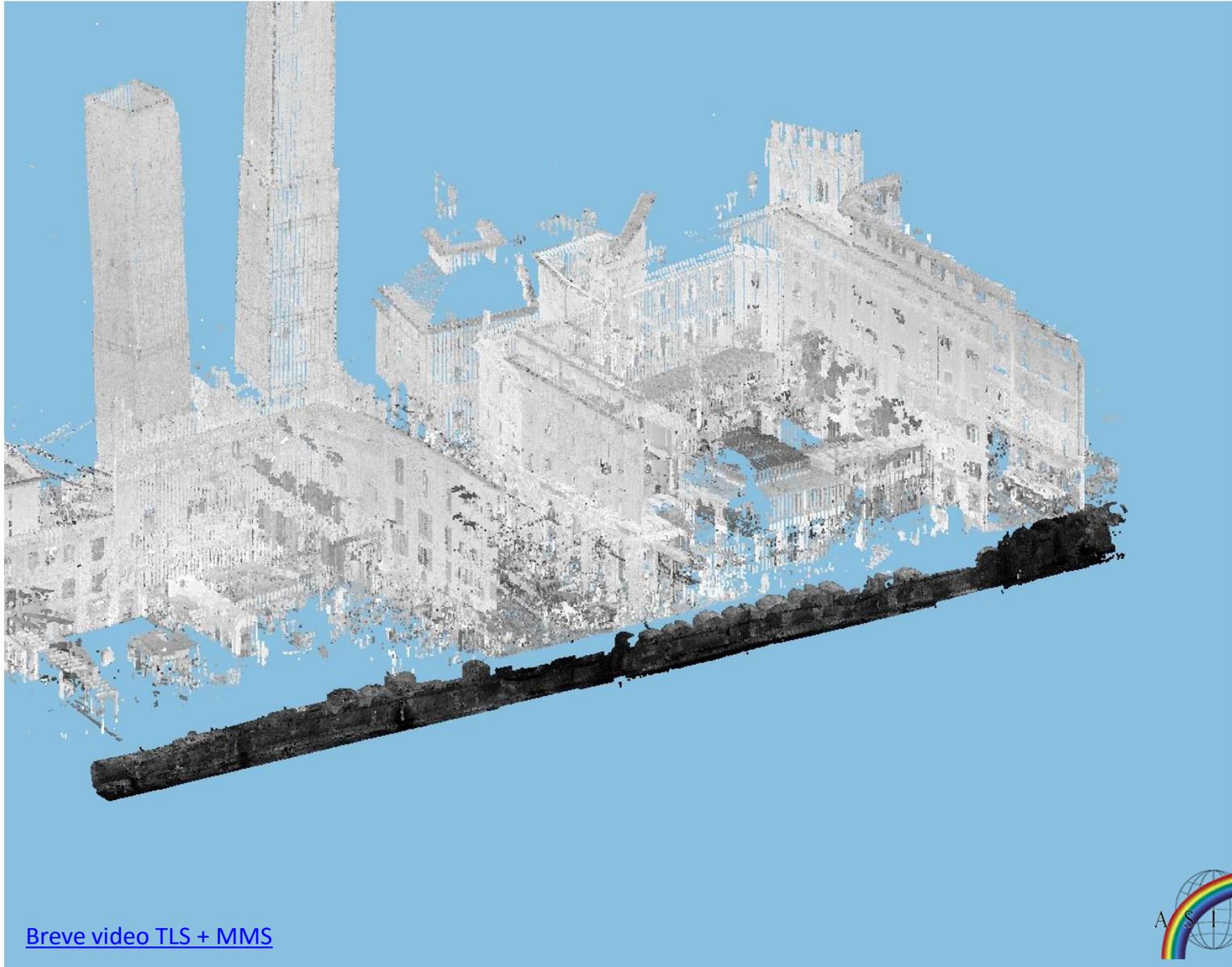
Poincloud view MMS



Poincloud view MMS



Poincloud view MMS



[Breve video TLS + MMS](#)



Risultati preliminari

Tutti gli strumenti utilizzati hanno eseguito egregiamente i compiti richiesti anche se con tempistiche differenti. Al momento ci sono stati forniti solo parte dei dati acquisiti in attesa delle elaborazioni complete. Da questi primi campioni si riesce ugualmente a notare, come intuibile, una più dettagliata acquisizione della scena da parte degli scanner terrestri anche se il sistema *mms* “ibrido” TIMMS unisce la praticità di un sistema mobile alla definizione di un laser scanner terrestre.

Altri scopi

Con le metodologie di rilievo utilizzate oltre ad ottenere il modello 3d dell’ambiente rilevato attraverso successive elaborazioni sarà possibile ottenere:

- Il GIS relativo al catasto delle immissioni fognarie
- Il tour virtuale per scopi turistici/ispettivi
- Il confronto con ogni successivo rilievo



Conclusioni

I sistemi *mobile*, qui utilizzati in configurazione *backpack*, sono sicuramente la scelta giusta per mappare tridimensionalmente in tempi rapidi luoghi come il torrente Aposa. La vera differenza tra i sistemi *mobile*, oltre alla sensoristica differente, viene dal sistema di controllo *on-site* e dal software che li accompagna per la successiva elaborazione dei dati.

I laser scanner *terrestri* si sono difesi molto egregiamente ma un ambiente particolarmente strutturato ,come l'Aposa sotterraneo, ha mostrato i limiti di un sistema di acquisizione basato su treppiedi. I *t/s* offrono un maggiore dettaglio a discapito di tempi di acquisizione superiori anche se alcune tra le soluzioni utilizzate iniziano ad ridurre questo *gap* con procedure automatizzate di elaborazione *on-site*.

Una volta ricevuti i dati definitivi potremo valutare quale soluzione offrirà i migliori risultati costi/benefici ovvero tempistica/risoluzione/qualità in modo da proporre al Comune di Bologna la metodologia più appropriata per questo tipo di rilievo.



Ringraziamenti

Il progetto è stato reso possibile dalla disponibilità dimostrata da diversi attori:

- Comune di Bologna
- Associazione Amici delle vie d'acqua e dei sotterranei di Bologna
- Topcon Positioning Italy srl
- Gexcel srl
- Microgeo srl per la strumentazione Z+F
- 3d Target srl
- Leica Geosystems spa
- Trimble by Spektra srl

Il Collegio Provinciale Geometri e G.L. di Bologna rivolge un sentito ringraziamento per il supporto fornito e l'impegno profuso a tutti coloro che hanno collaborato alla riuscita della sperimentazione.