

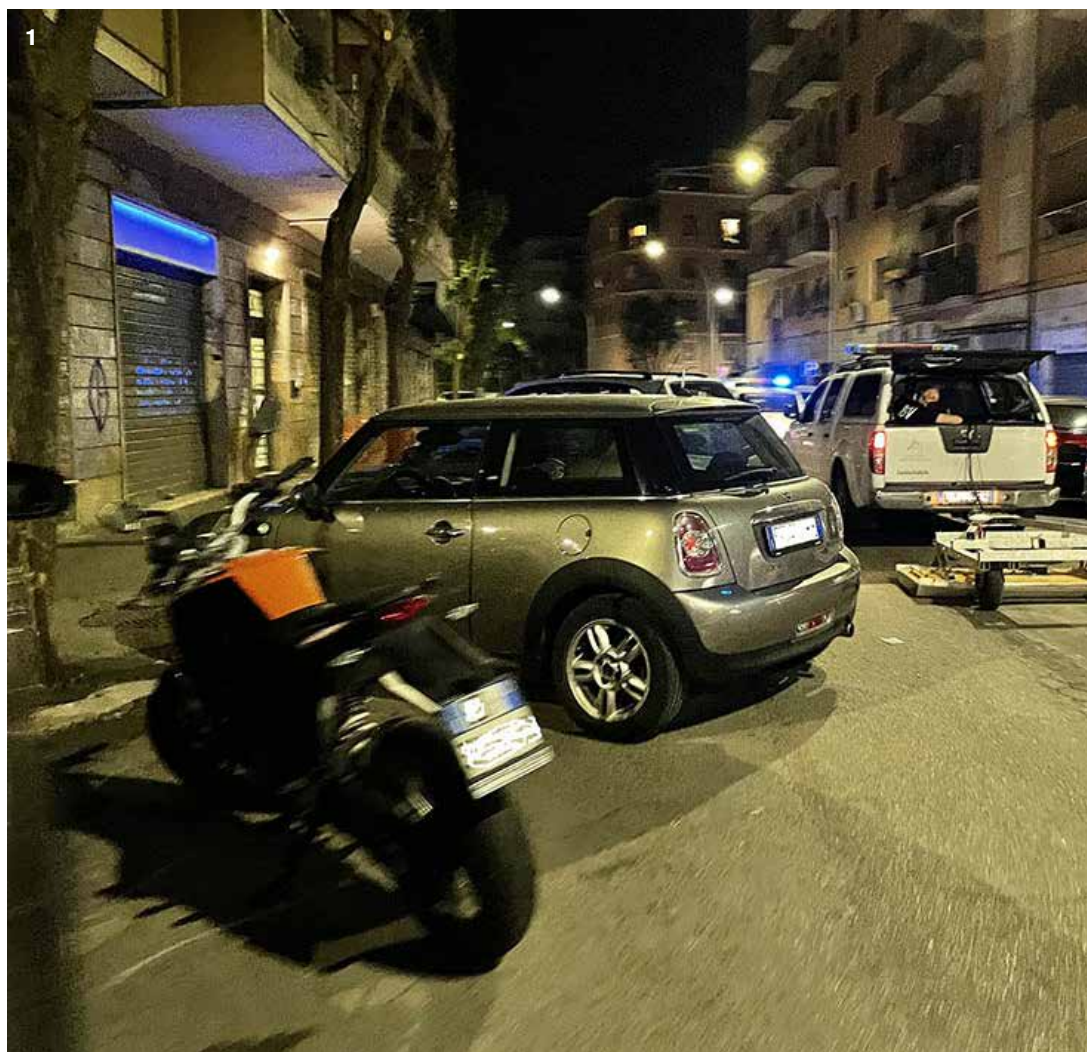
Una “tech” force anti-voragini

UNA METODOLOGIA INNOVATIVA, BASATA SU UN APPROCCIO MULTI-RISCHI, IN GRADO DI FORNIRE INFORMAZIONI UTILI ALLA PREVENZIONE DI VORAGINI O SMOTTAMENTI NELLE CITTÀ. È QUELLA MESSA A PUNTO DA ENEA E INGV NELL'AMBITO DEL PROGETTO MUSE E ADOTTATA A ROMA, A SUPPORTO DELLA PROTEZIONE CIVILE. TRA I PUNTI DI FORZA DEL PROGETTO, LE TECNOLOGIE INNOVATIVE: DAL GEORADAR MULTIFREQUENZA ALLA GEOELETRICA CAPACITIVA.

Una lettura “multipla” del sottosuolo: un grande progetto di innovazione volto, innanzitutto, a definire un approccio, quindi a scendere in campo, avendo come mappa il medesimo, per trarre informazioni più che utili a successivi interventi da parte degli enti preposti alla gestione e alla protezione dei nostri territori, in particolare urbani. Accendiamo un primo riflettore, perché sicuramente altri ne seguiranno, sul progetto MUSE, sviluppato da un pool di operatori di primo livello coordinati da ENEA (Agenzia Nazionale per le nuove tecnologia, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) e INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), con Hypatia, Superelectric, Ylichron e GMatics nell'ambito del programma LAerospaZIO finanziato dal FESR Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (Programma Operativo Regionale del Lazio). L'obiettivo: arrivare a effettuare una sorta di “ecografia” che sia in grado di fornire informazioni utili all'attività di prevenzione di voragini, frane o smottamenti. Nell'ambito di questa iniziativa, oltre al know-how metodologico, svolgono un ruolo di primo piano le tecnologie di cui in questa sede daremo conto concentrandoci, in particolare, su una di esse: il georadar tridimensionale. Non prima di aver presentato il progetto nelle sue linee generali (per informazioni più approfondite il sito web di riferimento è il seguente: laerspazio.enea.it/i-progetti/muse.html

Progetto MUSE

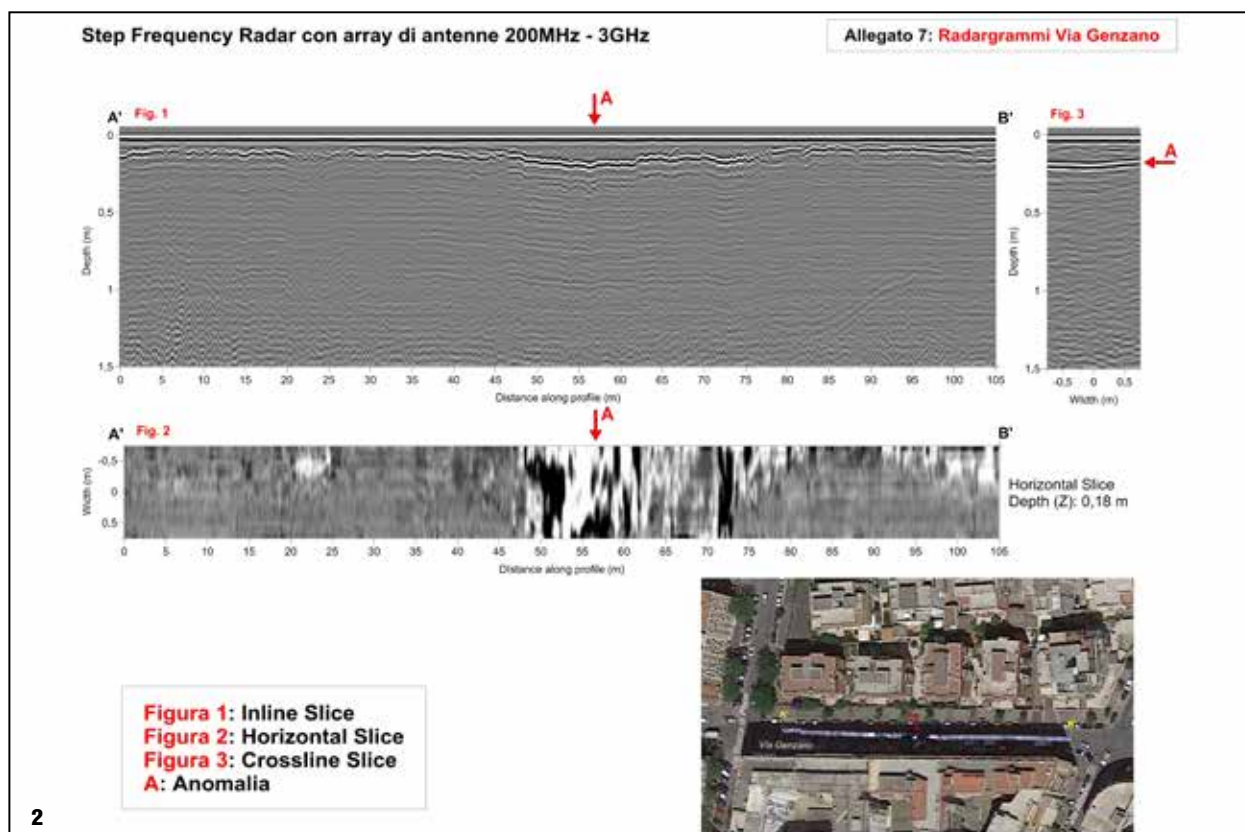
Il progetto MUSE (*MULTIsensor based SERVICES*), finanziato dalla Regione Lazio con fondi POR-FESR, intende realizzare un prototipo di servizio per la valutazione del rischio multi-hazard in ambienti urbani, rischio indotto prevalentemente da problematiche di



1. Progetto MUSE: indagini con georadar multifrequenza a Roma

2. Esempio di rivelazione

3. Il georadar “step frequency” è una delle tecnologie innovative utilizzate nell’ambito del progetto coordinato da ENEA e INGV



natura geo-dinamica, atmosferica e ambientale in grado di produrre danni a territorio e cittadini. La prima dimensione del rischio riguarda l’impatto del dissesto idrogeologico (problematiche connesse al sottosuolo) delle città, la seconda è legata all’inquinamento proveniente da molteplici sorgenti (naturali e an-tropiche), la terza riguarda prevalentemente le attività antropiche legate sia alla modifica del paesaggio urbano (conferimenti illeciti e via dicendo), sia all’inquinamento e al rilascio di sostanze tossiche in aria e nel suolo. Il progetto MUSE intende integrare tutti questi “domini di rischio” e fornire una piattaforma completa di servizi da poter offrire agli interlocutori (operatori delle infrastrutture, municipalità e altri *stakeholder* che hanno il compito di proteg-gere territorio, ambiente e cittadini). Le aree di interesse di MUSE sono:

- Area geofisica e geodinamica, con analisi geofisiche del suolo (sia in ambiente urbano sia peri- ed extra-urbano);
- Area Atmosferica, con analisi dell’atmosfera prossima al suolo, con tutte le sue componenti naturali e legate alle attività antropiche come gas inquinanti, eccetera;
- Area Ambientale, relativa alle modifiche del tessuto urbano con componenti solide (ovvero conferimenti abusivi) e liquide (ovverossia sversamenti, eccetera).

Queste tre Aree vengono presidiate attraverso tecnologie “stato-dell’arte” e innovative, alcune delle quali in corso di sviluppo e prototipizzate all’interno del progetto. L’idea alla base del programma è quella di acquisire dati di diversa natura, indipendenti tra loro e caratterizzati da risoluzioni spaziali e spettrali differenti, capaci di fornire, componendosi insieme, un quadro accurato e affidabile del territorio.



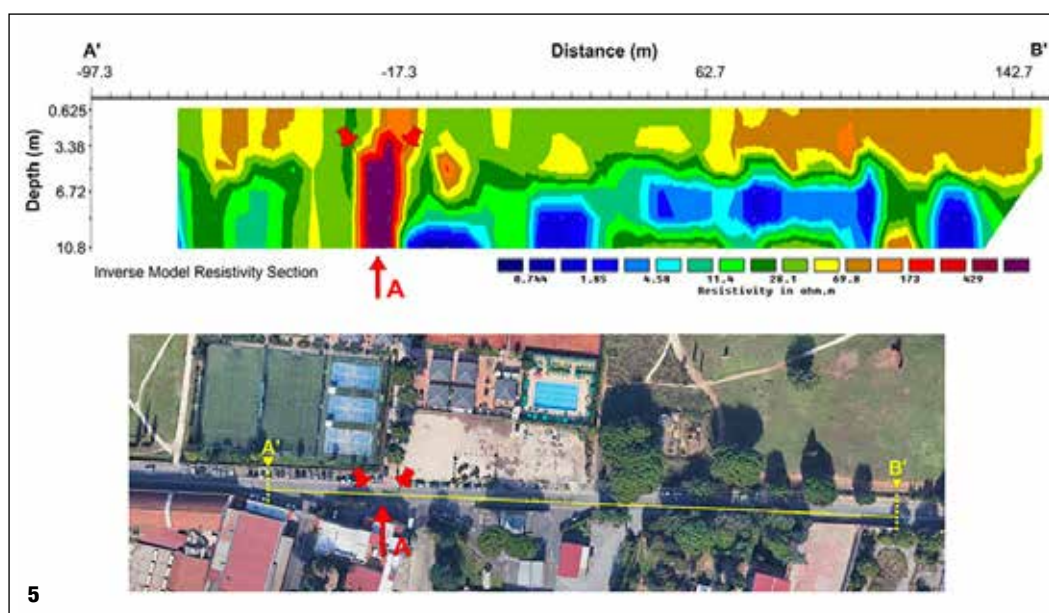
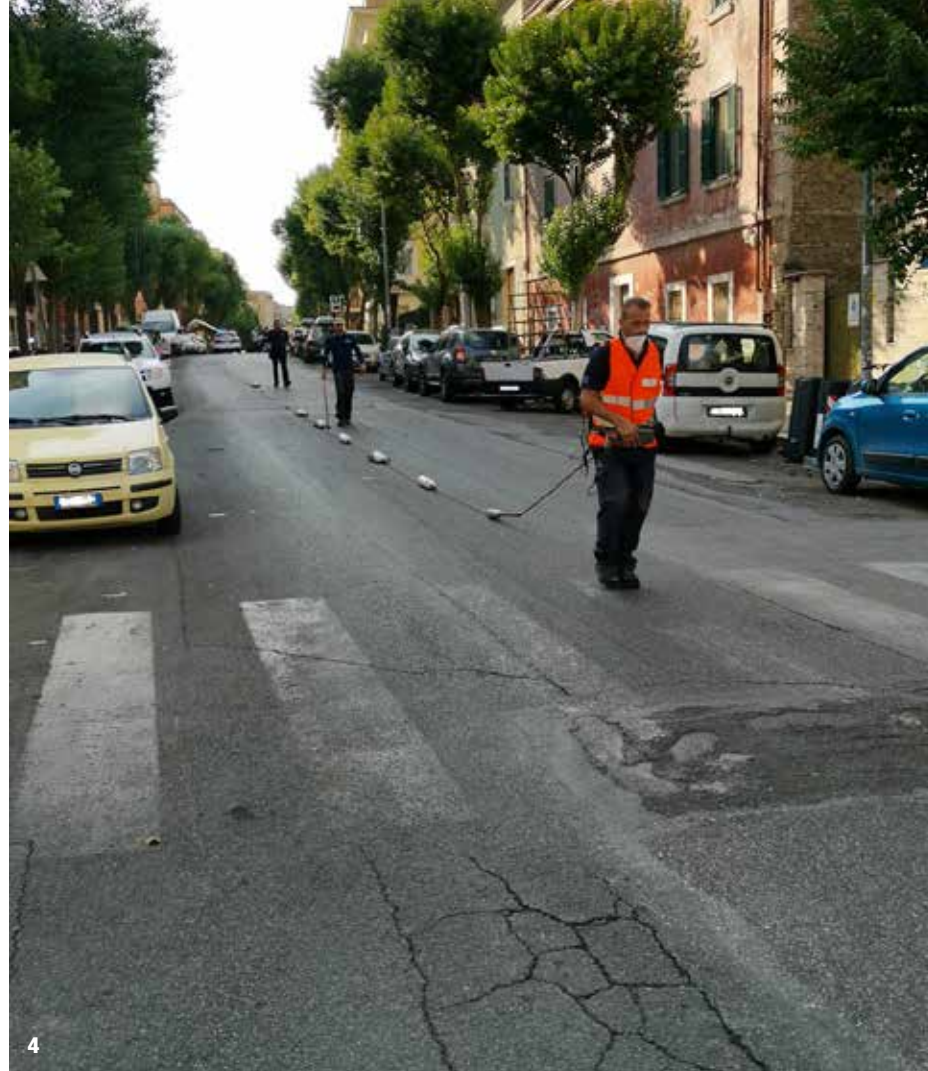
Il set di tecnologie (*components*) previste in MUSE comprende:

- *Remote Service Components* legate all’analisi di dati provenienti dalle diverse costellazioni satellitari, in particolare nell’area dei servizi interferometrici (SAR). L’analisi di questi dati consentirà di acquisire dati a bassa risoluzione a terra, ma con un’elevata capacità di verificarne il movimento verticale, utili in particolare in ambienti urbani;
- *Proximal Service Components* legate all’analisi di dati da strumentazione montata su aerei o UAV. Questi dati potranno sia riguardare lo stato del territorio (analisi dati multi-spettrali), sia dati di analisi chimiche dell’aria, attraverso una nuova classe di sistemi di misura basati su analisi spettrale dei gas raccolti;

• *Ground Service Components* legati all'analisi di dati da strumentazione (fissa o mobile) a terra. Tali dati acquisiti attraverso l'utilizzo di antenne a microonde (range delle centinaia di MHz) saranno in grado di rappresentare al meglio la situazione del sottosuolo prossimo al piano stradale, per l'analisi di problematiche ai sottoservizi e per evidenziare la presenza di cavità (*sinkholes*).

Best practice capitolina

Un protocollo di analisi, dunque, delle aree urbane e delle sue anomalie geomorfologiche, da realizzare attraverso rilevazioni effettuate con satelliti, droni o velivoli e l'impiego delle più moderne tecniche geofisiche per l'indagine del primo sottosuolo come la geoelettrica capacitiva o il georadar multifrequenza. *"Grazie a queste tecnologie - spiegano Vittorio Rosato e Stefano Urbini, coordinatori di MUSE rispettivamente per ENEA e INGV siamo in grado di effettuare una sorta di 'ecografia' del sottosuolo che ci permette di studiarlo con diversi livelli di approfondimento, per rilevare così l'eventuale presenza di vuoti di varia origine e sprofondamenti del suolo per emersioni di cavità sotterranee, i 'camini di collasso', precursori della formazione di vere e proprie voragini in superficie. Le tecnologie impiegate, supportate anche dall'analisi dei dati satellitari, vanno da approfondimenti strumentali in situ a indagini integrate di tipo indiretto". "La formazione di voragini, spesso collegata ad anomalie elettriche ed elettromagnetiche del sottosuolo, è uno dei nuovi rischi per le nostre città, anche a causa degli intensi sviluppi urbanistici che nel secolo scorso hanno caratterizzato molti centri urbani"*, sottolinea Vittorio Rosato, responsabile del Laboratorio analisi e protezione delle infrastrutture critiche dell'ENEA. *"Roma, ad esempio, è caso emblematico di struttura complessa del sottosuolo che richiede indagini e monitoraggi del territorio per verificare l'eventuale presenza di anomalie geofisiche imputabili all'emersione di cavità antropogeniche"*. Su richiesta della Protezione Civile di Roma Capitale, con la quale è in atto una collaborazione pluriennale, le attività del progetto si stanno focalizzando sull'analisi del sottosuolo urbano per prevenire la formazione di nuovi *sinkhole* antropogenici causati dall'emersione di antiche cavità presenti nel sottosuolo (cave di pozzolana, tufi, sabbia, catacombe e ipogei, ecc.) o a seguito di guasti e rotture dei sottoservizi (rete fognaria e idrica). *"La Protezione Civile di Roma Capitale è costantemente impegnata nel monitoraggio del sottosuolo della città attraverso indagini esplorative dirette nelle cavità sotterranee e, in particolare, nelle aree in cui è già nota la propensione agli sprofondamenti del suolo per caratteristiche geologiche e archeologiche, come le aree del V Municipio. Il supporto tecnico della ricerca pubblica e privata è estremamente utile poiché consente all'Amministrazione capitolina di acquisire standard tecnologici di qualità con i quali svolgere attività di previsione e prevenzione di questi fenomeni che destano forti preoccupazioni tra i cittadini e la cui individuazione può essere complessa perché, spesso, non è accompagnata da evidenti fenomeni precursori"*, sottolinea Gianluca Ferri, geologo e responsabile dell'Ufficio Rischio Geologico e Geomorfologico del Dipartimento Sicurezza e Protezione Civile di Roma Capitale.

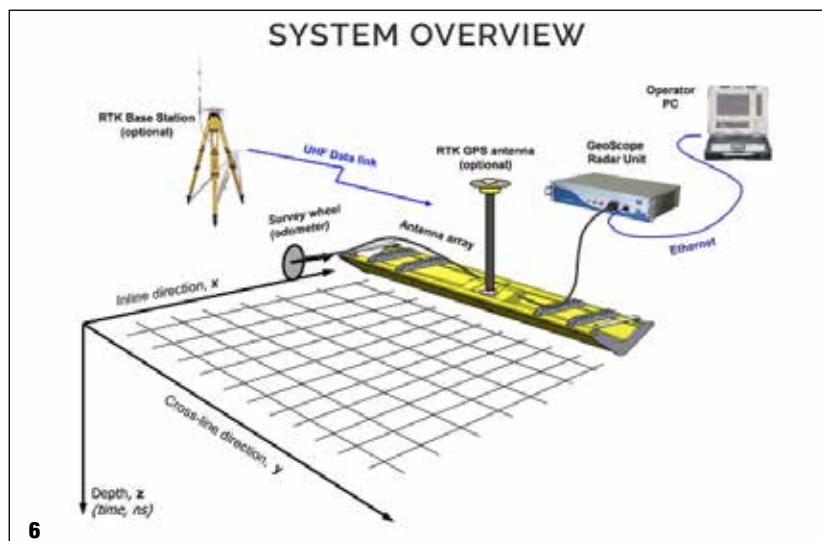


Tecnologia 3D-Radar

Tra le tecnologie impiegate nell'ambito del progetto MUSE anche un georadar ad alta innovazione di cui ci siamo già occupati raccontando interventi avanzati di indagine infrastrutturale, sia su strade sia in ambienti complessi e particolari come le gallerie. Stiamo parlando di 3D-Radar, sviluppato dall'omonima azienda norvegese e portato in Italia da Codevintec. La tecnologia rappresenta l'evoluzione dei

4. Rilievo con il metodo geoelettrica capacitiva

5. Esempio di rilevazione



6. Come funziona 3-D Radar

7. Lo strumento, impiegato con successo anche in molti contesti di gestione stradale e autostradale, in Italia è distribuito da Codevintec

tradizionali georadar e, basandosi sulla tecnica step-frequency, consente di ottenere livelli di dettaglio senza precedenti essenzialmente in ragione del fatto che lo strumento utilizza l'intera banda di frequenza impiegabile, da 200 MHz fino a 3 GHz, mentre un georadar convenzionale trasmette su una sola frequenza centrale. Operare su tale ampiezza di banda permette per esempio di ottenere risultati eccellenti sia in termini di risoluzione, sia di penetrazione di indagine, e tutto questo praticamente in tempo reale. Codevintec, da parte sua, sta collaborando assiduamente con progettisti, imprese e gestori (e, come abbiamo visto, anche nell'ambito di importanti progetto di ricerca applicata come MUSE) nell'utilizzo di questa tecnologia,

per esempio in contesti autostradali e stradali (pavimentazioni, ponti, gallerie), risolvendo di fatto i noti problemi di coabitazione tra cantieri e traffico e fornendo agli operatori una mole di informazioni senza precedenti, funzionali alle scelte manutentive.

Il sistema, tra l'altro, è in grado di acquisire dati a velocità molto elevate, a seconda delle tracce (per esempio anche 170 km all'ora ogni 10 cm). Alla tecnologia, viene quindi associato il software Examiner che, senza interrompere le acquisizioni, consente di effettuare operazioni quali la visualizzazione dell'intero rilievo 3D o delle singole coordinate, la verifica della qualità di georeferenziazione e molto altro ancora.



Innovazione, ecco il mini-laser scanner che rileva la presenza di **caverne e cavità**

Indagare via satellite e drone, quindi intervenire su porzioni meno vaste di territorio per esempio con il georadar. E poi? Anche in questo caso l'innovazione tecnologica può rispondere a questa domanda, che ci porta dritti nel futuro, ovvero in una fase di ulteriore "restringimento" del cerchio nell'individuazione di possibili aree critiche da studiare in modo approfondito preferibilmente con tecniche non o poco invasive. Una novità in questo ambito, vista anche da leStrade alla recente fiera Geofluid di Piacenza, è rappresentata da C-ALS Gyro di Carlson, un mini-laser scanner sempre distribuito da Codevintec che si insinua in piccoli fori per entrare in cavità inaccessibili e mostra subito le dimensioni e le forme dei vuoti. Tra le applicazioni: ricerca di erosioni dietro le volte di gallerie; rilievi di luoghi inaccessibili quali canali,

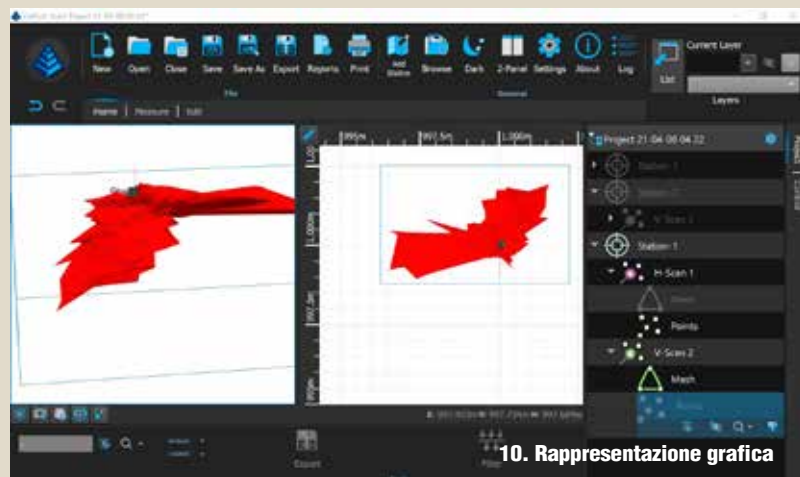


8. Rendering del mini-laser C-ALS Gyro di Carlson

caverne e via dicendo: monitoraggio di serbatoi o impianti industriali pericolosi; scansione di cavità minerarie o luoghi di estrazione; monitoraggio di fenomeni di subsidenza. Per quanto riguarda le caratteristiche dello strumento, possiamo aggiungere che il nuovo giroscopio con sistema di scansione automatica offre una maggiore capacità di navigazione, garantendo che la posizione della sonda lungo il foro sia determinabile anche senza fare affidamento sull'allineamento meccanico delle aste di distribuzione o di una bussola magnetica. Il software Carlson Scan, infine, offre funzionalità di modellazione, manipolazione ed esportazione.



9. Indagine di una cavità in una galleria autostradale



10. Rappresentazione grafica