

L'indagine di presenze storiche nel tracciato della Brebemi



Tecnologia, esperienza, innovazione e competenze avanzate sono al lavoro nel cantiere dell'infrastruttura lombarda per individuare eventuali siti archeologici, analizzarne le strutture, interpretarne i dati e realizzare modelli virtuali in 3D.

di Claudio Guastoni

Sul cantiere del tracciato Brebemi, il collegamento autostradale di connessione tra Brescia, Bergamo e Milano, sono in corso le indagini preventive sotto la direzione scientifica del prof. Stefano Campana dell'Università di Siena finalizzate a individuare eventuali giacimenti archeologici su cui saranno focalizzate ricerche puntuali durante o preventivamente l'esecuzione dell'infrastruttura. Perché le indagini risultino efficaci è stata proposta una strategia innovativa che prevede, accanto a studi archivistici e analisi documentali, l'applicazione di un sistema di indagine sul campo basato sulle più avanzate conoscenze nel settore della diagnostica archeologica, che riduce al minimo il margine di incertezza sulla presenza di evidenze archeologiche di tipo positivo (murature, strutture monumentali, ecc.) o negativo (buche, fossati, resti organici, ecc.). I sistemi diagnostici sono riconducibili a due macro settori: rilevamento aereo e prospezioni geofisiche a terra. Nel primo caso, Ats srl, lo spin-off dell'Università di Siena che coordina tutto il progetto di archeologia preventiva, ha realizzato direttamente le ricognizioni aeree nell'estate del 2009 indagando sistematicamente tutta l'area prevista dal tracciato individuando 15 nuovi siti archeologici tra cui spiccano alcuni rinvenimenti inediti altamente significativi. Accanto alla ricognizione aerea sono stati acquisiti i dati Li-

Dar di tutto il tracciato. Si tratta di una tecnologia che consente di misurare con estrema precisione e ad alta risoluzione (4 punti/mq) le variazioni micro morfologiche del terreno individuando anche le più modeste depressioni e alti morfologici del terreno. Anche le indagini geofisiche hanno un carattere altamente innovativo grazie alle tecnologie Arp e Amp. Queste tecnologie messe a disposizione da Geocarta, l'esperienza e la specializzazione di Soing nella geofisica applicata e le competenze archeologiche di Ats forniscono un servizio a 360° in grado di individuare un sito archeologico, analizzarne le strutture, interpretarne i dati fino a realizzare modelli virtuali

in 3D. Il sistema, non invasivo, gestisce, incrocia ed elabora un enorme flusso di dati in tempi rapidi e con assoluta precisione.

Tecnologia Arp

La tecnologia Arp (Automatic Resistivity Profiling) misura la resistività elettrica del terreno in continuo e in multi-profondità, consentendo di effettuare indagini preventive non invasive di vaste superfici per localizzare e definire l'eventuale presenza di strutture archeologiche sepolte. Finalizzata originariamente all'ambito agricolo, si è capito che, con l'utilizzo di un Gps, questa tecnologia poteva essere applicata

L'OPERA

Brebemi

Brebemi spa è una società di progetto preposta a seguire le operazioni di progettazione, realizzazione e gestione della costruenda autostrada. Le indagini archeologiche preventive, che in base alle normative prevedono di affiancare alle ricerche storico-archivistiche quelle sul campo, in un'opera così estesa (62 km di autostrada e 40 km di viabilità connessa) non potevano svolgersi in modo esaustivo tramite lo sterro cauto, e trattandosi di un'infrastruttura realizzata in project financing, era importante ottimizzarle per rispettare tempi e costi. Brebemi ha affrontato le indagini archeologiche con spirito innovativo affidando le indagini preventive al controllo ed alla consulenza del prof. Stefano Campana dell'Università di Siena e responsabile di Ats. Secondo l'ing. Lorenzo Foddai, referente per le attività di progettazione ed esecuzione relative alle mitigazioni ambientali e ai beni archeologici e architettonici in Brebemi spa, sebbene questa esperienza risulti un po' «pionieristica» e senza precedenti in Italia, e per questo sia recepita con molta cautela dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici e Architettonici della Lombardia, il team Brebemi crede in questo approccio all'avanguardia, e collabora strettamente con i tecnici del gruppo Ats-Soing-Geocarta, ipotizzando che in futuro la metodologia possa essere utilizzata anche per la bonifica del territorio da ordigni bellici.

LA TECNOLOGIA ARP

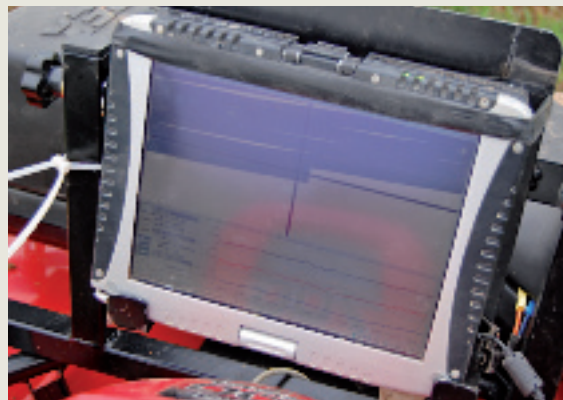


Un'indagine Arp in corso su un campo del futuro tratto autostradale nel comune di Antegnate (Bg), per misurare la resistività elettrica del terreno e localizzare l'eventuale presenza di strutture archeologiche sepolte.

Il Quad, che opera a 20 km/h, ha pneumatici a larga sezione e bassa pressione per non danneggiare le colture dei terreni indagati, mentre le ruote del sistema Arp (i cui denti costituiscono gli elettrodi) penetrano nel terreno con facilità, senza comunque danneggiare le colture.

Grazie a un software di gestione dati, l'operatore controlla sullo schermo del pc in tempo reale la sua traiettoria e la qualità delle misure ai 3 livelli di profondità di indagine. Le apparecchiature sono collegate a un georesistivimetro ad alta velocità e interfacciate a un pc di controllo e acquisizione dati del posizionamento spaziale, entrambi fissati alla moto.

Il sofisticato sistema di posizionamento Gps ad alta risoluzione serve per la georeferenziazione delle misure. Il carrello a ruote dentate è dotato anche di un radar che informa sulla distanza percorsa. Grazie allo sfilo di cui è dotata, l'attrezzatura può essere accorciata e trasportata, completa di Quad, su un veicolo furgonato.



LA TECNOLOGIA AMP



Anche il sistema per indagine Amp, basato sulla magnetometria ed efficace per l'individuazione nel sottosuolo di evidenze di tipo negativo, viene trainato da un Quad. I vari passaggi sul terreno consentono di acquisire profili con larghezza di 2 m. Il carrello che supporta i sensori, costruito in materiale amagnetico, è leggero ma presenta un'elevata resistenza alle sollecitazioni. I sensori sono molto delicati e misurano il gradiente verticale del campo magnetico terrestre, registrando eventuali valori anomali provocati da sorgenti metalliche o da materiali con magnetizzazione naturale o derivante da azioni antropiche. Le ruote, che sono realizzate in vetroresina e sono basculanti, assorbono le irregolarità del terreno mantenendo i sensori nella giusta posizione, affinché il gradiente verticale del campo magnetico sia misurato con la massima precisione. Il sistema è dotato di Gps per il posizionamento in tempo reale delle misure, con restituzione in coordinate Utm o Gauss-Boaga.

anche in archeologia con ottimi risultati. Le misure vengono effettuate sul campo in continuo dall'operatore con l'ausilio di un mezzo motorizzato Quad, che traina una struttura metallica a 8 ruote dentate su cui è montato l'apparato tecnico, ovvero un sofisticato sistema di posizionamento Gps ad alta risoluzione per la georeferenziazione delle misure e un radar che informa sulla distanza percorsa. Le apparecchiature sono collegate a un georesistivimetro ad alta velocità e interfacciate a un pc di controllo e acquisizione dati del posizionamento spaziale, entrambi fissati alla moto. Un dipolo immette corrente elettrica mediante le ruote dell'ultimo asse più vicino alla moto, gli altri 3 dipoli di ricezione misurano il potenziale elettrico trasmesso. Più distanti sono i dipoli di ricezione dal dipolo di iniezione di corrente, maggiore è la profondità esplorata. La corrente immessa nel terreno si propaga in funzione della conducibilità elettrica del terreno stesso: se il terreno è conduttivo, la corrente si trasmette con facilità, se è resistivo, con maggior difficoltà. Il georesistivimetro, che misura la resistività del terreno al passaggio della corrente, può così indicare, con un innalzamento dei valori di resistività, eventuali variazioni di corrente dovute alla possibile presenza di strutture archeologiche sepolte. Il sistema permette di indagare contemporaneamente 3 distinti livelli del terreno i cui valori vengono rappresentati da mappe planari di resistività, rispettivamente a 0-50, 0-100 e 0-200 cm di profondità, e il contrasto di resistività esistente tra il terreno e le strutture archeologiche sepolte viene evidenziato da appropriate scale cromatiche. La vantaggiosa applicazione Arp in ambito archeologico consente di ottenere la misura della resistività del sottosuolo e valutare il contrasto di resistività tra «contenuto» (struttura sepolta) e «contenitore» (la litologia ed il campo); la superficie viene coperta ad alta definizione (passo 1 m tra ogni passaggio) con produzione giornaliera compresa tra 1 e 7 ha/giorno in base alle condizioni del campo; si ottiene la georeferenziazione in tempo reale di ogni dato acquisito ogni 20 cm di distanza percorsa e la creazione di un modello numerico del terreno; i dati ottenuti sono integrabili in ogni tipo di sistema Gis.

Tecnologia Amp

L'indagine del sottosuolo con tecnica Arp viene integrata con la metodologia Amp (Automatic Magnetic Profiling), particolarmente efficace per l'individuazione nel sottosuolo di evidenze di tipo negativo. Creato in Germania per le bonifiche da ordigni bellici, il sistema, basato sulla magnetometria, nel tempo è stato significativamente modificato, la tecnica perfezionata, e i sensori calibrati per aumentarne la sensibilità, adattandolo così alle finalità della diagnostica archeologica. Il sistema si compone di un carrello a ruote trainato da una moto Quad. Il carrello che supporta i sensori, in materiale amagnetico (poliestere monofibra ed elementi in alluminio), è leggero e resistente alle sollecitazioni.

I PROTAGONISTI DEL CANTIERE

SOING

Nata nel 1998 come Divisione Ingegneria Ambientale della Soing srl (società della famiglia Morelli, operante dal 1975 nel campo dell'ingegneria meccanica) con lo scopo di gestire i problemi legati all'inquinamento ambientale, la struttura della stessa divisione amplia le competenze trasformandosi, nel 2004, in Soing Strutture & Ambiente srl (Soing): da allora svolge servizi specialistici per le attività di indagine non invasive di tipo geofisico in ambiti diversi: ambiente e geologia, grandi strutture e infrastrutture, edilizia civile e pubblica, Beni Culturali e agricoltura di precisione. La struttura aziendale è composta dalla Divisione tecnico-ambientale, che si occupa di servizi tecnici e consulenza relativi alla caratterizzazione di siti contaminati, alla progettazione, realizzazione e gestione di sistemi di messa in sicurezza delle falde acquifere e sistemi di bonifica di terreni e acque, e dalla Divisione geofisica applicata, che si distingue per l'interdisciplinarietà e la tecnologia avanzata utilizzate per la progettazione e realizzazione di servizi di indagine per la diagnostica e il monitoraggio in molteplici ambiti. L'attività geofisica è svolta anche in numerosi paesi esteri. L'attenzione rivolta all'innovazione e alla ricerca tecnologica, dal 2007 ha portato a definire una solida partnership con Geocarta di Parigi, incentrata sull'applicazione della tecnica Arp (in esclusiva per l'Italia), una nuova tecnologia per lo studio del suolo e del sottosuolo in continuo, per aree molto vaste, sia per l'archeologia che per l'agricoltura e l'ambiente. Dal 2009 tale partnership è stata anche legata all'impiego della tecnica Amp per l'archeologia. Ogni progetto, gestito da un team tecnico multidisciplinare costituito da ingegneri, geologi, architetti ed agronomi altamente specializzati e costantemente aggiornati, che utilizza strumenti sempre



all'avanguardia, viene seguito dalle fasi preliminari fino al collaudo finale degli interventi con un'assistenza completa ed esaustiva. Nel progetto Brebemi la fase di acquisizione dati geofisici con le tecniche citate Arp e Amp è stata diretta e realizzata direttamente da Soing.

Alessio Pacchini, responsabile del cantiere di acquisizione dati Amp e Giovanni Bitella, responsabile delle indagini Arp per Soing.

GEOCARTA

Geocarta nasce nel 2001 come trasferimento tecnologico del Cnrs (Centre national de recherches scientifiques) nell'ambito della legge sull'innovazione per rispondere a tutti i problemi di indagine del suolo (da 0 a 2 m) in vari settori di applicazioni (agricoltura/viticultura, archeologia, geotecnica, ambiente). Ha un'esperienza di altissimo profilo tecnologico nello sviluppo, progettazione e realizzazione di una vasta gamma di strumenti e di software specifici, dall'Arp, sistema di punta per la resistività, all'Amp per le misure magnetometriche, per la realizzazione di indagini geofisiche in continuo di grandi superfici, a vasta scala. I servizi proposti da Geocarta in Francia, in Italia sono gestiti da Soing Strutture e Ambiente.

ATS

Ats (Archaeolandscapes tech&survey) nasce come spin-off dell'Università di Siena. Il settore in cui s'inserisce la società riguarda i Beni culturali e paesistici, con particolare riferimento a studio del territorio, servizi di diagnostica archeologica, rilievo topografico, rilievo e ricostruzione 3D (territorio, monumenti, oggetti), cartografia archeologica e storica, analisi paesistica e spaziale.

ni, ed è collegato alla moto da un asse rettilineo lungo quasi 6 m, perché il metallo della moto non interferisca sui valori dei sensori stessi. Durante il movimento sul campo i sensori misurano il gradiente verticale del campo magnetico terrestre, registrando eventuali valori anomali provocati da sorgenti metalliche o da materiali con magnetizzazione naturale o derivante da azioni antropiche. Il sistema è dotato di Gps per il posizionamento in tempo reale delle misure, con restituzione in coordinate Utm o Gauss-Boa-

ga. In condizioni ideali, la risoluzione dei dati risulta maggiore rispetto ad altre metodologie e permette di indagare notevoli estensioni in poco tempo (tra 4 e 10 ha/giorno di superficie in base alle condizioni dei campi) poiché consente di acquisire profili con larghezza di 2 m con 5 sensori spazati tra loro 50 cm. I dati geofisici acquisiti ed elaborati in mappe sono interpretati da Ats ed eventuali presenze antiche sono segnalate a Brebemi e alla Soprintendenza per gli opportuni saggi di verifica. ●