

... PRIMA DI SCAVARE

Giacomo Cusmano



Una scarsa attenzione al sito e alle opere esistenti nel sottosuolo possono comportare costose varianti in corso d'opera. Da qui l'importanza di un rilievo preciso e accurato delle sporgenze fisse, delle fondazioni, delle reti impiantistiche esistenti nell'area di cantiere prima di procedere alle operazioni di scavo. Ecco un vademecum con consigli e suggerimenti pratici.

Progettare e poi realizzare un'opera edile nel sottosuolo comporta attenzioni particolari da parte degli operatori edili su aspetti a volte anche semplici, ma che, se trascurati o non posti in evidenza durante le fasi di decisione progettuale, comportano numerosi imprevisti durante la fase di cantiere. Imprevisti che evidentemente anche il committente più disponibile nei confronti dell'impresa vuole evitare.

Progettare nel sottosuolo anche solo sino a profondità banali di 3-5 m per realizzare un gruppo di box o cantine è infatti diverso che non sviluppare lo stesso manufatto a quota del piano campagna. Vi sono aspetti tecnici che l'occhio meno esperto può non vedere, perché nascosti nel sottosuolo o all'apparenza ininfluenti, ma che un operatore edile consapevole del proprio lavoro non può non rilevare.

Preventivamente al progetto si rende necessaria, anzi si può dire improcrastinabile a fasi successive, un'azione di "rilievo del sito con occhio critico da cantiere".

L'obiettivo è chiaro: prevenire in progetto per non improvvisare in corso d'opera.

Nello specifico si ricorda che il progetto deve essere frutto, oltre che di scelte estetico-funzionali, di valutazioni:

- sui problemi che il nuovo edificio sotterraneo, e ancor prima lo scavo di cantiere, possono comportare sulle costruzioni adiacenti;
- sugli aspetti geotecnici-geologici legati alla natura stratigrafica del terreno e alla presenza di acqua di falda sotterranea;
- sulle esigenze di spazi di manovra in orizzontale e in verticale dei mezzi di lavoro;
- sugli spazi di deposito dei materiali del cantiere.

Valutazione visiva del cantiere

In premessa andrebbe sempre ricordato che un progetto anche piccolo è pur sempre un intervento su un'area urbana, e quindi vanno poste osservazioni:

- sulle *modifiche urbanistiche* che un cantiere prima e un progetto poi comportano su vie e circolazioni stradali. Vi sono da istituire sensi unici? Si deve deviare il traffico? Aumenta, e dove, il flusso dei veicoli? Dove transitano i pedoni e i residenti nella fase di chiusura dell'area di lavoro per uno-due-tre anni? "Il cantiere come luogo urbano, da vivere, e non come ostacolo per la città": questo è il motto da seguire;
- sull'*interferenza* dell'opera in progetto con possibili tracciati metropolitani o stradali di interesse collettivo;
- sulla necessità o meno di *deturpare la natura di superficie* interferendo con alberature anche centenarie e viceversa, di conseguenza, sui vincoli di rispetto da imporre al progettista;
- sulle *ripercussioni acustiche* del cantiere e dell'opera finite sugli abitanti dell'area cittadina oggetto d'intervento.

A fronte di tali considerazioni globali di analisi sul sito, con un banalissimo taccuino vanno annotati punti di rilievo come di seguito elencati.

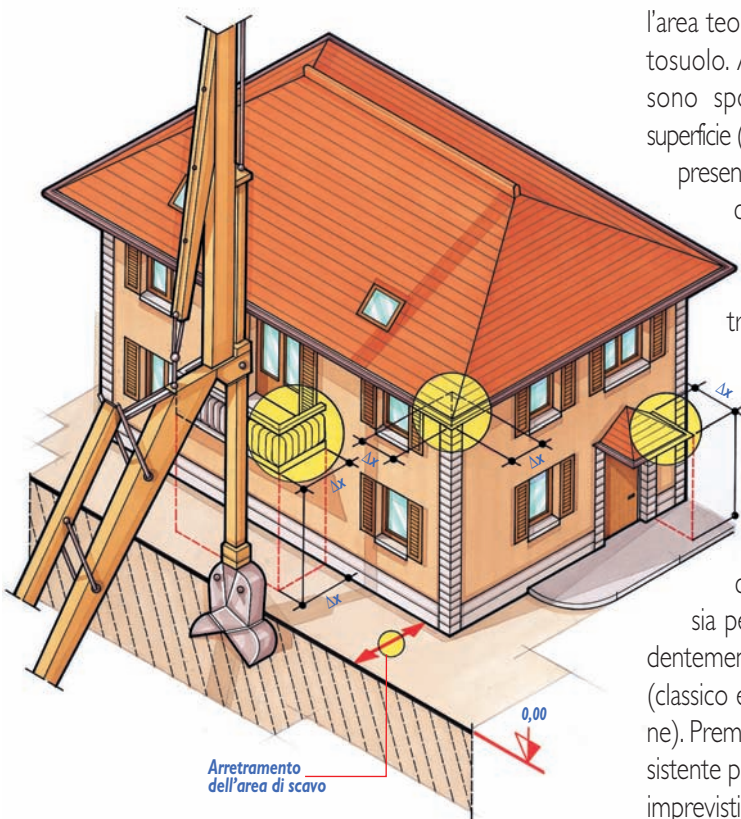
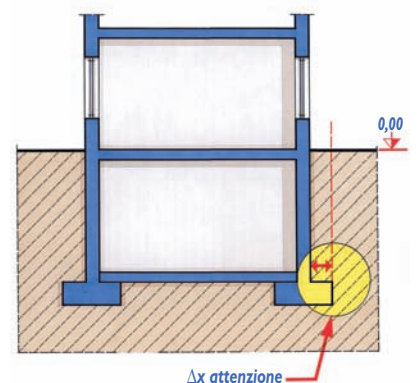
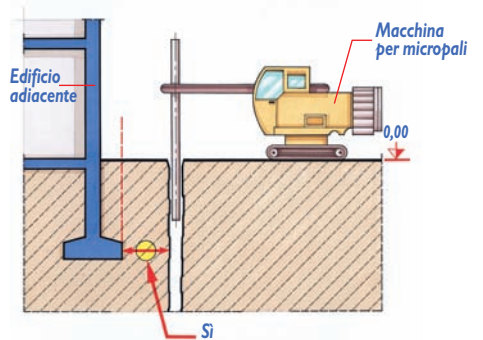
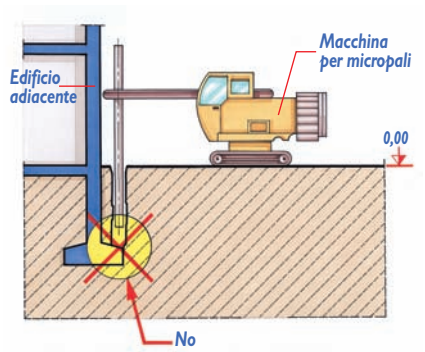
- *Difficoltà geometriche dell'esistente con quanto riportato nelle mappe catastali o di tavole già esistenti di rilievo*: per comodità, a volte anche per pigrizia, si parte a progettare da disegni recuperati in archivio. Un grosso errore. Tra esi-

stente e mappa vi possono essere difformità legate a modifiche di realizzazione risalenti all'epoca di costruzione che il progettista degli edifici (per noncuranza) può non aver a sua volta aggiornato sulle tavole finali. Altresì, dall'ultimo rilievo storico riportato nella mappa sino al momento attuale possono essersi manifestate aggiunte edili come cabine elettriche, porticati, balconi che riducono lo spazio effettivo di scavo. A fronte di queste considerazioni si consiglia sempre di perlustrare l'esistente con un continuo confronto tra disegni d'archivio e stato di fatto, eseguendo a campione anche delle misure di riscontro.

- *Presenza di sporgenze fisse a bassa quota sulle facciate di edifici adiacenti*: al lettore va posto in chiara evidenza che l'area del cortile o della piazza in cui si intende realizzare l'architettura sotterranea non sempre può coincidere con l'area teorica di progetto nel sottosuolo. A volte, anzi spesso, vi sono sporgenze orizzontali in superficie (prime fra tutte quelle rappresentate da balconi e gronde)

che non sempre possono essere eliminate a basso costo. La loro proiezione sul livello del piano campagna individua vincoli che richiedono un arretramento del progetto se si intende procedere con ampi e alti macchinari di cantiere.

- *Presenza di fondazioni sporgenti degli edifici attigui rispetto al filo esterno delle facciate*: nel progetto delle opere di sostegno occorrenti per lo scavo (paratie o berlinesi di pali) è sempre importante avere un asse verticale libero da vincoli costruttivi di qualsiasi natura. Ciò deve valere sia per ciò che di costruito vi è in superficie, ma evidentemente e ancor di più per ciò che vi è nel sottosuolo (classico esempio: mensole sporgenti di plinti di fondazione). Premesso che è buona norma non interferire con l'esistente per non creare edifici zoppi o vibrazioni con danni imprevisti, non sempre è facile individuare ostacoli nel sot-



A lato, le sporgenze di un edificio (balconi - gronde) possono causare l'arretramento dell'area di scavo.

tosuolo senza scavare. Ciononostante, a ben vedere, alcuni aspetti edili possono essere "letti" e previsti con buona probabilità di successo anche dall'alto. In primo luogo va dedotta la tipologia costruttiva dell'edificio adiacente. Se vi sono murature portanti è presumibile la presenza nel sottosuolo di superficiali fondazioni continue, che sporgono di poche decine di centimetri, se vi è viceversa uno schema a telaio in c.a. non è da escludere la possibile presenza di fondazioni con allargamenti di plinti, anche se va detto che la presenza di esistenti piani interrati è usualmente condizione per cui si preferisce realizzare fondazioni continue anche in questi casi.

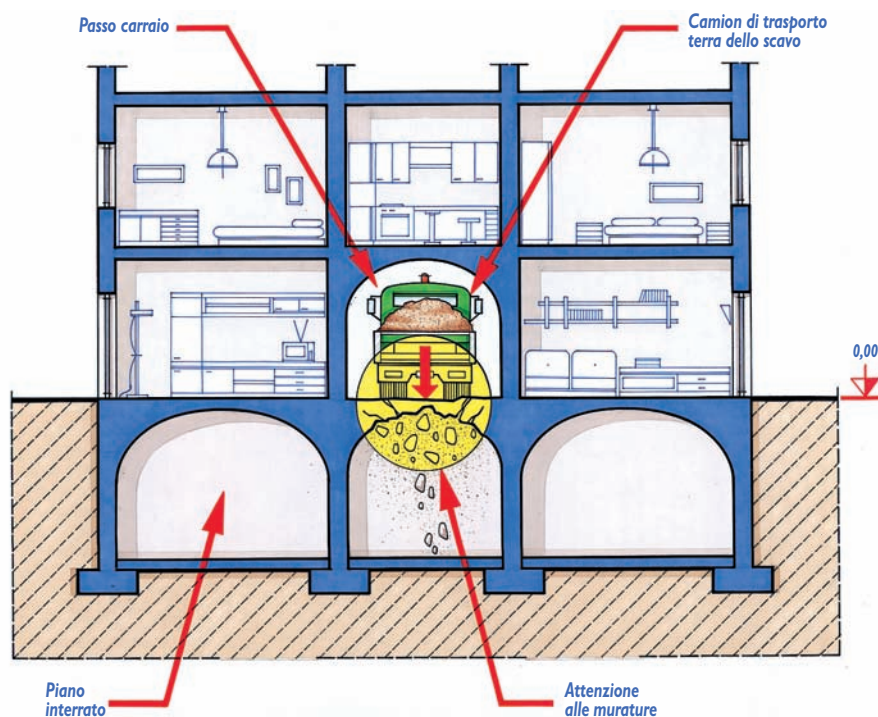
- *Valutazioni di impatto psicologico sugli abitanti degli edifici adiacenti allo scavo:* dato che lo scavo necessario per l'insediamento della nuova opera ipogea comporta nel tempo di pochi mesi lo svuotamento di una profonda area, l'estrema vicinanza di costruzioni esistenti comporta un forte impatto psicologico negativo per i vicini che si affacciano dalla finestra della propria abitazione. All'improvviso tali cittadini estranei al progetto si vedono scomparire "la terra da sotto i piedi" (così viene percepito il fenomeno) e chi abita ai piani alti vede spesso raddoppiato il dislivello da 10 a 20 m. Che non è poco. Ciò comporta che alla formazione di piccole lesioni anche insignificanti sul proprio stabile causate da assestamenti del terreno, sorgano rilevanti contrasti con i vicini su indubbie paure di crollo, contrasti con perizie successive che inevitabilmente ritardano i lavori. In sito è dunque importante rilevare la presenza di pareti cieche piuttosto che finestrate, l'altezza di quanto di esistente vi è presente, se vi è un unico proprietario e, condizione non da poco da non trascurare, se l'immobile di confine possiede già un evidente quadro fessurativo. Con questi dati il progettista potrà poi valutare se procedere con le opere di scavo mediante tecnica tradizionale "a scavo aperto" piuttosto che "a scavo chiuso" con procedura dall'alto verso il basso (realizzando in precedenza allo scavo la soletta superficiale del piano campagna). Ovviamente anche un arretramento della "fossa profon-

da" di qualche metro può essere un punto di partenza per ridurre l'impatto psicologico di strapiombo improvviso sui vicini.

- *Presenza di percorsi impiantistici nel sottosuolo oggetto di intervento:* il "sistema città" deve funzionare anche a cantiere aperto per diversi anni e quindi bisogna prevedere il più possibile, in fase di progetto iniziale, se vi sono impianti comuni a più stabili o di servizio alla città che possono essere interrotti per lunghi periodi. Al di là dell'operazione di recupero (presso i gestori degli impianti o presso l'ufficio tecnico comunale) di tavole con indicanti la disposizione dei tracciati impiantistici (operazione spesso ardua, se non impossibile, in quanto le tavole non sono esistenti) quando si parla di impianti sotterranei si parla involontariamente di tombini, collettori fognari, caditoie, botole di ispezione e pluviali. Sono indubbiamente questi i primi campanelli di allarme che devono mettere in condizione di riflessione i progettisti e l'impresa. La prima domanda che un addetto al rilievo si deve porre riguarda il come e dove avviene la raccolta delle acque meteoriche, ma ovviamente altre possono essere le riflessioni, legate ad esempio alla vicinanza di una vera e propria cabina tecnica in superficie.

Il rilievo dei vincoli di cantiere

Imbastire il progetto sulla base di semplici riflessioni vive non è sufficiente. Vincolante è una carrellata di considerazioni sulle tecnologie edili alternative da impiegare e



sugli opzionali macchinari da lavoro ad esse correlate. L'ottica dei problemi di chi lavora in cantiere non deve mai essere messa in secondo piano rispetto ad aspetti puramente architettonici finali. Non vi è chi non vede che un buon progetto deve saper combinare entrambi gli aspetti.

Nello specifico del generico cantiere di una costruzione sotterranea in luogo urbano la scelta delle tecnologie non può prescindere dalla lettura di un ulteriore elenco di avvertenze.

- *Presenza di un ristretto e/o basso passo carraio per accedere all'area di scavo:* spesso si intuisce che all'interno di un ampio cortile urbano può trovar collocazione un nuovo parcheggio sotterraneo o degli spazi di servizio per gli edifici di superficie. Il progetto è semplice e può essere eseguito con tecniche tradizionali, ma solo all'ultimo si scopre un fatto banale: la macchina per eseguire le paratie (per citare un esempio) non riesce ad accedere all'area causa un ristretto passo carrabile. E' evidente che situazioni di questo tipo non devono essere delle sorprese, ma vanno banalmente segnalate a chi deve prendere decisioni sulle tecnologie d'uso.

- *Presenza di volta muraria sotto il passo carraio o il percorso di accesso all'area di scavo:* il fatto che il passo carraio sia ampio non significa che la situazione cantieristica sia sempre ottimale. Va infatti ricordato che in numerosi stabili storici vi sono piani di calpestio di accesso all'edificio e al cortile interno che celano un piano interrato costituito da volte murarie. E' evidente che se la volta del piano interrato è in grado di sopportare il passaggio di autoveicoli, questo non significa che lo sia anche nel caso di passaggio del camion che porta via la terra estratta dal sito dove si scava. Il carico di esercizio è ben diverso! Una verifica tecnica è quanto mai indispensabile. Nel dubbio il prevedere opere di puntellazione della volta sopra cui si prevede il passaggio dei camion è indispensabile.

- *Individuazione di uno spazio pubblico/privato per l'installazione della gru di cantiere:* la realizzazione di una costruzione sotterranea richiede spesso la formazione di uno scavo su quasi tutta l'area del sito a disposizione. Altresì va evidenziato che mediamente i lavori si protraggono per almeno un paio d'anni. Vi è dunque una domanda importante cui bisogna fornire una concreta risposta: "Dove si può collocare la gru se quasi tutto lo spazio privato è occupato dallo scavo e dalle opere di sostegno del terreno?"

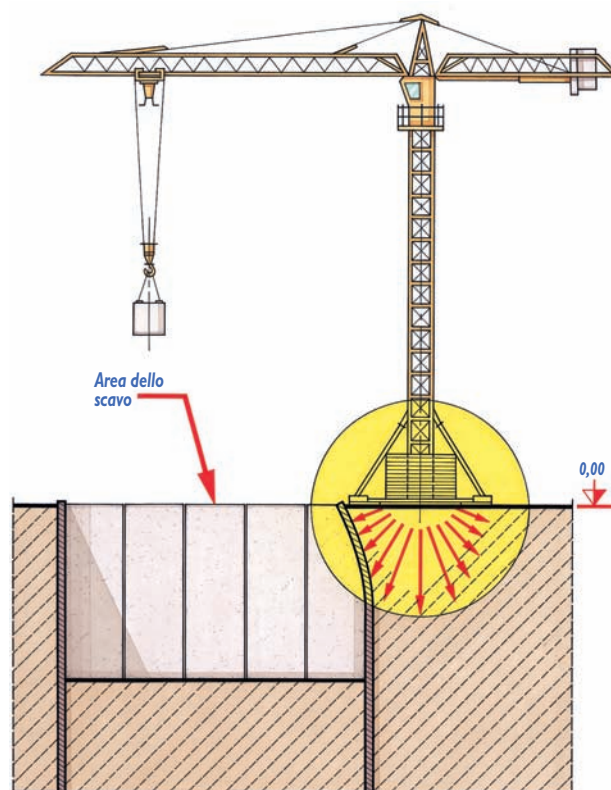
Più volte si finisce per richiedere al Comune l'occupazione di una parte del suolo pubblico per un lungo tempo, ma è evidente che da un lato si creano problemi di traffico e dall'altro la soluzione appare un ripiego per inca-

pacità progettuali. A volte, a ben vedere, esistono altre soluzioni alternative.

- *Individuazione di spazi per il deposito dei materiali e dei box di cantiere:* il problema di fondo è analogo a quello dello spazio da ricercare per la gru. Un cantiere, per funzionare, ha bisogno di spazi logistici di manovra e uso. Dove si collocano tali funzioni? Le soluzioni alternative vertono attorno a un'analoga occupazione di luogo pubblico, all'occupazione di una parte dello scavo con strutture a sbalzo, alla suddivisione dell'opera in due fasi o all'impiego di tecnica di scavo dall'alto verso il basso con soletta iniziale al piano



Dove viene posizionata la gru? Attenzione che se la gru è nei pressi dello scavo bisogna prevedere dei rinforzi aggiunti sulle opere attigue di sostegno del terreno. Nella foto, un esempio di rinforzo dello scavo in corrispondenza della gru: Berlinese di micropali con doppia fila di tiranti (anzichè singola come nel resto del cantiere).



campagna. La conclusione è però una: il cantiere si progetta assieme all'edificio, non lo si improvvisa sul luogo.

- *Individuazione di spazi di passaggio pedonali o carrabili per i condomini aventi diritto:* anche se si sta realizzando un'opera pubblica, il cantiere deve essere rispettoso dei diritti altrui di passaggio, soprattutto se l'area di lavoro investe anche immobili che nulla hanno a che fare (in termini di proprietà) con l'opera ipogea finale. In fase di progetto non ci si deve esimere dalla valutazione di soluzioni che garantiscono comunque dei sicuri percorsi pedonali di collegamento della strada con le diverse unità abitative di perimetro. Ovviamente la presenza di passi carrai o di box interni può costituire un ulteriore vincolo, che costringe l'operatore edile a raggiungere accordi dispendiosi con gli aventi diritto o addirittura ad eseguire modifiche sostanziali al progetto. Prevederne la presenza in fase di progetto è sempre la soluzione migliore per non improvvisare soluzioni maldestre in corso d'opera.

DALLA MATITA AL PC

Da sempre il rilievo e la relativa restituzione grafica hanno comportato operazioni manuali lunghe e complesse. Una soluzione per semplificare e rendere più preciso e rapido tale operazione è offerta da BlockNotus, una soluzione proposta da ACCA. Si tratta di un software funzionante su Pocket PC e da un particolare blocco per appunti su cui ciascun tecnico può alloggiare, per il rilievo, il proprio Pocket PC. Questo nuovo strumento risulta utilissimo per le imprese edili e impiantistiche; infatti consente di effettuare in maniera veloce rilievi per lavorazioni da realizzare o già realizzate e può costituire la base per calcoli economici, studi e programmazione degli interventi da effettuare. Grazie a BlockNotus i disegni e le misure annotati sul blocco per appunti sono riportati automaticamente come un perfetto disegno su Pocket PC in formato elettronico (formato DXF compatibile con AutoCAD e altri CAD).

Le funzionalità di BlockNotus, garantiscono tre vantaggi fondamentali:

- 1) Velocità ed Ordine nell'esecuzione del rilievo;
- 2) Controllo immediato delle misure rilevate con triangolazioni, diagonali, chiusure di poligoni, ecc., tutto calcolato in loco, con la possibilità immediata di rendersi conto delle eventuali misure mancanti e non dover ritornare inutilmente in cantiere per altre misure di completamento;
- 3) Azzeramento del lavoro di rielaborazione dati in ufficio. Il rilievo dal Pocket PC, può essere esportato direttamente in formato DXF, in modo da essere gestito da qualsiasi CAD. In pratica, la pianta rilevata con muri, porte, finestre, pavimenti, ecc., può essere immediatamente stampata o rielaborata.

Semplicemente schizzando le aree da rilevare e indicando le misure sul blocco per appunti, si ottiene il rilievo su Pocket PC e quindi il calcolo immediato delle chiusure dei poligoni, delle diagonali, delle aree, delle misure ancora necessarie per un rilievo realmente efficace. Tabelle di "attributi", personalizzabili dal tecnico e caricabili anche da procedure esterne, consentono di rendere immediato e dettagliato il rilievo. Gli elementi del rilievo, come muri e vani, sono dotati di attributi, per cui si possono assegnare materiali e caratteristiche ad ogni cosa, per rendere il rilievo completo e tutte le informazioni immediatamente leggibili da altre procedure. Il rilievo può essere completato con le immagini fotografiche, allegate all'oggetto ripreso, e con la segnalazione su pianta del punto da cui è stata scattata la foto.

Alla fine del lavoro avremo il disegno in formato elettronico e tutte le informazioni all'interno di data base. Grazie alle esportazioni in DXF ed XML, tutti i dati possono essere riportati ed elaborati anche in altre procedure.



La determinazione dei parametri geologico-geotecnici di progetto

Il dimensionamento degli elementi costruttivi principali, con particolare riferimento alle opere di sostegno del terreno, ma ancor prima le scelte di base inerenti le tecnologie edili d'intervento più appropriate al caso in esame (micropali? Paratie? Jet-grouting? Impermeabilizzazione bentonica o in pvc?) devono avvenire sulla scorta di un rilievo geologico/geotecnico da eseguirsi con apposite prove in sito determinanti:

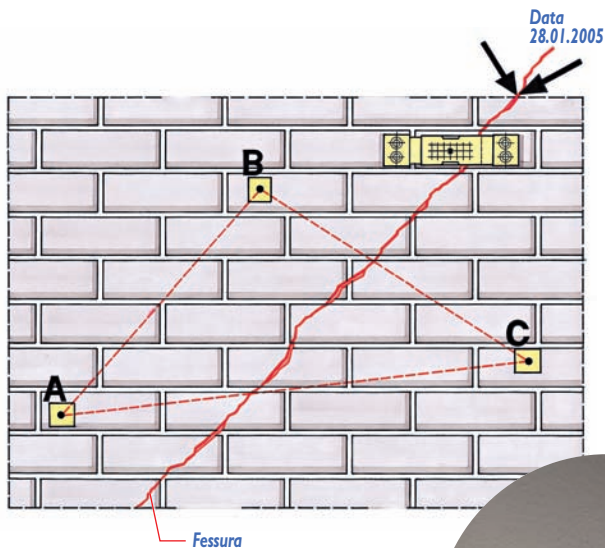
- la stratigrafia del terreno sino a una profondità di circa 1,5 volte superiore alla massima profondità di scavo prevista. In merito alla profondità d'indagine si ricorda che nella stragrande maggioranza dei casi le opere di sostegno si devono estendere per una profondità nettamente maggiore di quella della costruzione finale, funzionando così come mensole infisse nel terreno;
- le caratteristiche meccaniche e di permeabilità dei singoli strati di terreno;
- il livello dell'acqua di falda. Si ricorda che spesso conoscere il livello dell'acqua di falda può non essere condizione sufficiente di progetto se non ne si valuta la stabilità del livello stesso, nel senso che occorre valutare se è in atto una lenta risalita, una fluttuazione periodica, una discesa, una stagnazione del livello. Tali dati possono essere reperiti presso gli organismi comunali o provinciali di rilievo;
- presenza di strati di terreno poco permeabili posti quasi in superficie: in tale caso l'acqua piovana o di perdite da condotti idraulici ristagna su lenti di argilla superficiali e può divenire un'acqua battente sulla costruzione sotterranea, determinando così infiltrazioni periodiche nell'edificio. Tale situazione deve mettere in allarme il progettista che si deve premunire con la progettazione di un idoneo strato di tenuta a ridosso delle strutture.

Il rilievo preventivo degli edifici adiacenti all'area di scavo

Sembra banale ricordarlo, ma l'opera edile sotterranea, in tutte le sue fasi (cantiere ed esercizio), interferisce con quanto di costruito vi è nell'intorno.

Le scelte tecnologiche da impiegare devono passare anche attraverso valutazioni concrete degli effetti dello scavo sugli edifici adiacenti.

Nello specifico si ricorda che, anche in presenza di opere di sostegno del terreno, quest'ultimo può subire dei cedimenti, che inevitabilmente si ripercuotono sulle aree limitrofe. Come e cosa rilevare in maniera preven-

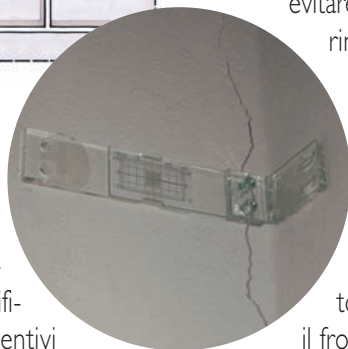


tiva per discutere delle scelte più idonee al caso personale? E soprattutto in quali punti critici vi possono essere concrete possibilità di danni se non si eseguono specifici interventi aggiuntivi di rinforzo preventivi allo scavo?

- **Rilevo della tipologia edile di ogni costruzione limitrofa:** anche senza un'apposita documentazione tecnica l'operatore edile può capire se quanto di costruito presente è a rischio danno valutandone il numero dei piani, la presenza di setti in muratura o di un telaio in c.a., la presumibile tipologia di fondazione.

- **Rilevo del quadro fessurativo di ogni edificio:** lo stato di salute di un immobile può essere valutato attraverso il livello di lesioni esistenti sullo stato di fatto. Altresì si ricorda che spesso le lesioni divengono motivo per l'inizio di un contrasto giuridico con il vicino, con rischio di elevate richieste di rimborso anche nei casi in cui il cantiere sotterraneo può essere scagionato. Si ricorda infatti che a volte (ma non sempre, bisogna saper riconoscere le proprie colpe ogni tanto) le fessure nello stabile del vicino sono già preesistenti, a volte subiscono soltanto un allargamento, ma la causa di partenza non è il cantiere in corso. In presenza di edifici importanti o vicini "litigiosi" antecedentemente allo scavo va eseguito un rilievo fotografico degli immobili, eventualmente da depositare presso un notaio. Il rilievo deve contenere, per ogni lesione, indicazioni della sua posizione, le dimensioni principali, considerazioni sull'importanza generale della stessa nello schema costruttivo globale.

- **Monitoraggio delle fessure durante le fasi di cantiere** esse-
scientifici su opere edili esistenti in superficie e di cui non si hanno molti dati a disposizione è sempre operazione ardua



per cui si consiglia, nei casi di stabili importanti o di cui si teme il crollo o il danno, un continuo monitoraggio attraverso strumenti quali fessurimetri a cavallo di fessure e/o sensori elettronici di spostamento, rilievi periodici grafici di fessure, rilievi topografici di punti e distanze ritenuti fissi della costruzione.

- **Rilevo della presenza di piani interrati esistenti adiacenti alla teorica area di scavo:** le opere di sostegno del terreno rappresentano una variabile di costo molto alta negli interventi in sotterraneo e quindi è quanto mai importante capire se e dove sono realmente necessarie. Altresì bisogna evitare che tiranti da infiggere nel terreno perforino erroneamente altrui proprietà. In tale ottica è importante capire sin dove le costruzioni limitrofe di superficie si estendono sotto il piano campagna e soprattutto se il/i piano/i interrati sono sorti con la costruzione di origine o successivamente. Attenzione ai casi in cui il piano interrato vicino esiste, ma non si estende su tutto il fronte di scavo previsto. In tale caso gli operatori edili devono valutare situazioni miste di intervento con, da una parte, micropali con tiranti sin dalla prima quota, e dall'altra pali senza tiranti per un tratto, se non addirittura opere di sostegno che nascono da $-3 \div 4$ m di profondità rispetto al piano campagna.

Il rilievo storico dell'area di scavo

Ultima indagine preventiva, non meno importante, riguarda la probabilità di incontrare reperti archeologici (più o meno significativi) durante le operazioni di scavo.

Può sembrare superfluo ricordarlo, ma un'architettura sotterranea nasce spesso in aree urbane di impianto storico e quindi la probabilità di riscoprire un passato dimenticato (anche contadino) è tutt'altro che remota.

Al di là di quelli che sono gli aspetti archeologici del caso si ricorda al lettore che ogni scoperta comporta obbligatoriamente l'intervento della Soprintendenza con, da un punto di vista cantieristico, ritardi nei lavori. Il problema è proprio questo: far sì che i ritardi da rilievi archeologici vengano preventivati in fase di progetto, costituendo anch'essi tempi di lavoro! L'operatore edile accorto dovrebbe eseguire (preventivamente al progetto) un'indagine storica in biblioteche, in archivi comunali o fra la documentazione in possesso dei proprietari per cercare di ridurre al massimo le incertezze del caso. Può essere che da deduzioni di questo tipo nasca la decisione di spostare l'area di progetto dell'opera sotterranea and

Rilevo grafico su fessura muraria mediante frecce a matita o mediante lettura della distanza tra tre punti A - B - C; in alternativa si adotta un fessurimetro, come indicato nella fotografia.