

METRO C di Roma:

distribuzione dei dati di monitoraggio

di F.M. Rotundi, F. Bernardini, S. Moretti e O. Tripoli

La Linea C, la terza metropolitana romana prevista dal nuovo Piano Regolatore Generale, collegherà direttamente aree e quartieri oggi distanti, attraversando la città come una spina dorsale e raddoppiando quasi, con la sua estensione, l'attuale sviluppo della rete metropolitana.

Il tracciato fondamentale della Linea C, lungo oltre 25 km e con 30 stazioni, parte dalla zona Clodio-Mazzini e si snoda verso sud-est dapprima in zona centrale (Prati, corso Vittorio Emanuele II, piazza Venezia, Colosseo e San Giovanni), per arrivare in zona semiperiferica (Pigneto, Centocelle, Alessandrino) proseguendo lungo la via Casilina oltre il Grande Raccordo Anulare. Da qui, in zona ormai periferica, il percorso si porta in superficie ricalcando il tracciato della ferrovia Termini-Pantano fino al limite orientale del territorio comunale con l'ultima stazione, Pantano, appena all'interno del territorio del comune di Montecompatri.

Il percorso, suddiviso in sette tratte, vede le stazioni, seppur diverse le une dalle altre, ricondursi a due tipologie principali: quelle eseguite interamente tra paratie e stazioni eseguite parzialmente tra paratie con due gallerie gemelle di banchina realizzate a foro cieco con scavo semimeccanizzato.

Soltanto per le tratte T2 e T3 è prevista una soluzione speciale, detta "Modello Roma", che richiede lo scavo a foro cieco per la realizzazione delle discenderie e dei pozzi di servizio, dal momento che le gallerie di banchina vengono realizzate all'interno delle gallerie di linea, in dimensioni compatibili allo scopo.

Controllo dei cedimenti

Il tema della costruzione di gallerie, naturali o artificiali, in ambiente urbano richiede, come è noto, una rigorosa e convincente risposta per il controllo dei cedimenti al fine di salvaguardare tutte le preesistenze: edifici, collettori fognari, tubazioni idriche, del gas ecc.

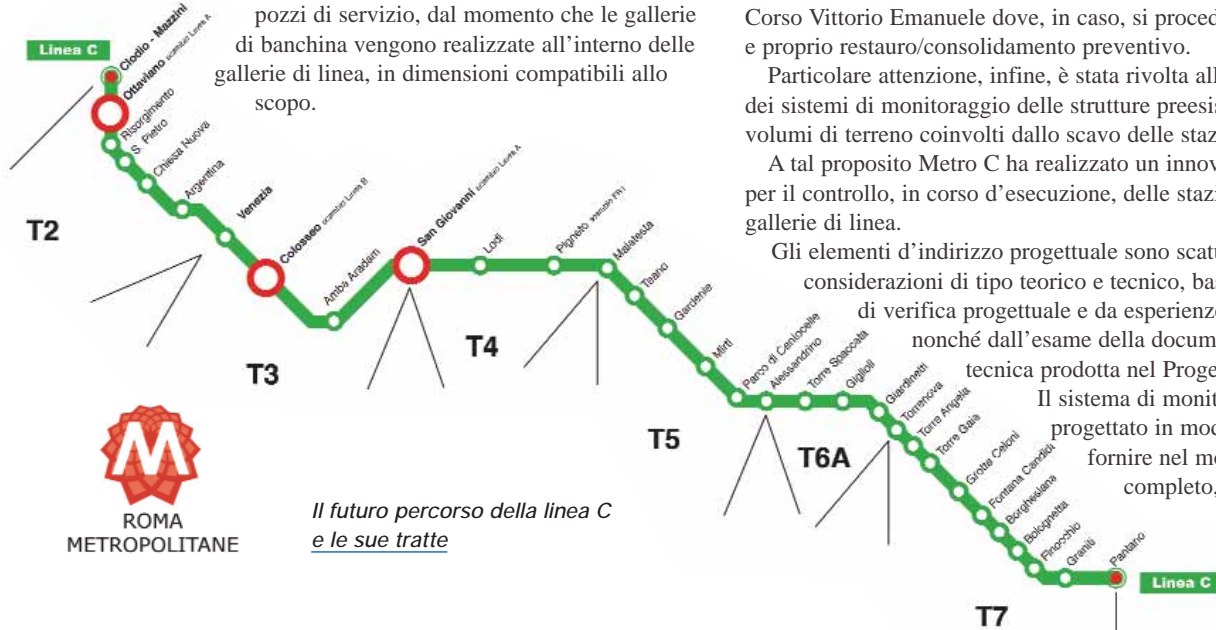
Il problema diventa rilevante se le preesistenze sono costituite da edifici storico-artistici e da beni archeologici d'inestimabile pregio, come nel caso del centro storico di Roma.

Per le gallerie di linea, la scelta dello scavo meccanizzato con pressione controllata del fronte consentirà di minimizzare i cedimenti rispetto ai criteri tradizionali di scavo a foro cieco, anche ricorrendo ad appropriate tecniche di consolidamento. Per le gallerie naturali, eseguite in tradizionale, gli stessi provvedimenti che garantiranno l'impermeabilizzazione in fase di scavo, consentiranno anche di garantire la stabilità del cavo e del fronte con deformazioni limitate. Per quel che riguarda le opere di difesa dei fabbricati, non sono stati previsti interventi diretti sulle fondazioni, ad eccezione di alcuni edifici storici di Corso Vittorio Emanuele dove, in caso, si procederà ad un vero e proprio restauro/consolidamento preventivo.

Particolare attenzione, infine, è stata rivolta alla realizzazione dei sistemi di monitoraggio delle strutture preesistenti e dei volumi di terreno coinvolti dallo scavo delle stazioni della linea.

A tal proposito Metro C ha realizzato un innovativo sistema per il controllo, in corso d'esecuzione, delle stazioni e delle gallerie di linea.

Gli elementi d'indirizzo progettuale sono scaturiti da considerazioni di tipo teorico e tecnico, basate su analisi di verifica progettuale e da esperienze assimilabili, nonché dall'esame della documentazione tecnica prodotta nel Progetto Esecutivo. Il sistema di monitoraggio è stato progettato in modo da poter fornire nel modo più completo, rapido e



Il futuro percorso della linea C e le sue tratte



Esempio di prodotto che documenta il punto di installazione dei sensori

semplice possibile, i parametri necessari ad effettuare una tempestiva analisi della situazione in corso d'opera (definizione delle soglie di controllo) e della sua possibile evoluzione (metodo osservazionale).

L'applicazione del metodo osservazionale rappresenta uno strumento di controllo più generale che verrà impiegato per la verifica della correttezza delle ipotesi progettuali, per l'eventuale affinamento dei modelli e parametri di progetto (applicando i metodi della *back analysis*) e per la verifica dell'efficacia di eventuali azioni progettuali da apportare durante le fasi esecutive.

Requisiti

Il sistema di monitoraggio realizzato da Metro C S.c.p.A. possiede i seguenti requisiti:

- ◆ Completezza delle informazioni da acquisire: per la rappresentazione qualitativa e quantitativa del comportamento tensio-deformativo delle opere e dei risentimenti nell'intorno;
- ◆ affidabilità delle misure: saranno disposte procedure di controllo e per la limitazione dell'influenza degli errori;
- ◆ ridondanza: sono previsti più strumenti dello stesso tipo per verificare l'affidabilità delle misure; inoltre è possibile misurare o correlare un parametro sensibile con diverse tipologie di strumenti;
- ◆ elevata precisione: in relazione all'entità attesa dei parametri da misurare;
- ◆ tempestività di trasmissione ed elaborazione dei dati: resa possibile attraverso sistemi di automatizzazione delle misure e remotizzazione delle trasmissioni ed elaborazioni;
- ◆ evidenza automatizzata e tempestiva del raggiungimento delle principali soglie di controllo: per l'attivazione delle procedure di accertamento dei fenomeni e per efficace elaborazione e disposizione delle eventuali contromisure.

Nell'affrontare gli ultimi due punti chiave Metro C S.c.p.A. ha realizzato in collaborazione con A&C 2000 ed IMG S.r.l. un sistema di distribuzione dati che permette di accedere ai risultati del monitoraggio usando tecnologie Web

che comprendono una visualizzazione GIS delle varie entità coinvolte. L'accesso, reso semplice ed efficace grazie ad un'interfaccia pulita e modulare, consente la visualizzazione non solo dei rapporti di monitoraggio, ma anche il reperimento delle informazioni tecniche e di installazione dei diversi strumenti, con un accesso diretto all'individuazione di eventi di attenzione o di allarme con la relativa documentazione.

Dal punto di vista dell'architettura il sistema si compone di due parti: il CED (Centro Elaborazione Dati) che raccoglie i dati di monitoraggio e li valida creando rapporti di monitoraggio in forma di documenti, e lo SDD (Sistema Distribuzione Dati), un server remoto che fornisce l'accesso ai risultati di monitoraggio.

Il CED, gestito da IMG S.r.l., alimenta in continuazione lo SDD, mentre questo è accessibile, tramite il collegamento ad Internet, da parte di una popolazione di utenti che operano nell'ambito del progetto.

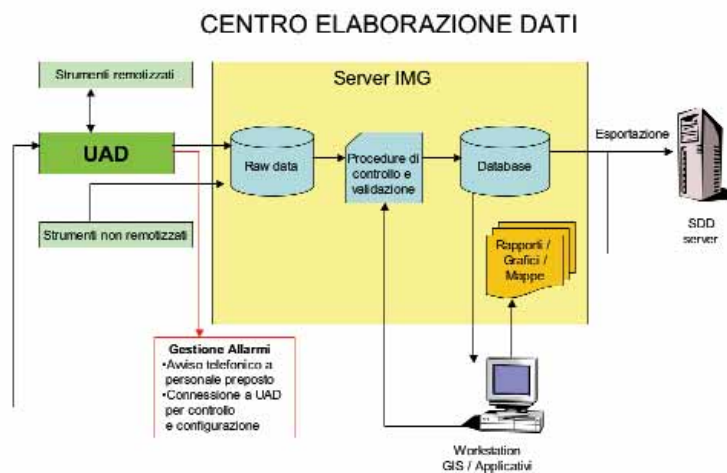
Realizzazione del sistema Web-GIS per l'accesso ai dati di monitoraggio

Il sistema Web-GIS realizzato per il progetto di Metro C non è un sistema inteso secondo il significato usato comunemente per questo termine. E' anche, infatti, un sistema di ricerca nel quale la componente documentale e la componente GIS interagiscono in modo semplice ed efficace.

L'esperienza di A&C2000 S.r.l. nel settore ha fatto sì che ci si concentrasse sull'efficacia dei Web-GIS che, pur presentando interfacce geografiche di buon livello, sono sempre carenti dal lato dell'accesso ai dati quando la quantità di questi assume dimensioni interessanti.

Nell'intento di realizzare un sistema modulare, estensibile e flessibile, si è optato nell'offrire all'utente non un'unica interfaccia centrata sulla *mappa*, bensì due tipi di interfacce (ricongfigurabili): una *vista a priorità di mappa* ed una *vista a priorità di dati*.

La vista a priorità di mappa, offre la possibilità di cercare strumenti ed oggetti monitorati esplorando il territorio con un'interfaccia tipicamente Web-GIS. E' possibile selezionare singoli strumenti, gruppi di strumenti, oppure oggetti monitorati con il comportamento dell'azione di selezione che cambia a seconda del contesto. Sul lato destro della vista sono elencati gli strumenti che risultano da una selezione sulla mappa. Selezionando uno strumento è possibile, in basso, ottenere l'elenco dei documenti relativi allo strumento.





Vista a "priorità di mappa"

In questa modalità, dunque, il criterio di selezione è puramente su base geografica ed illustrato anche dalla cartografia sottostante che può comprendere *layers vettoriali*, *raster generici* e *layers* legati a strumenti (come gli edifici monitorati, evidenziati in giallo).

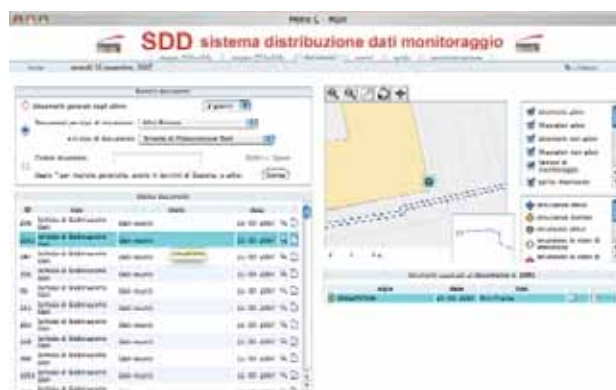
La vista a priorità di dati, offre invece la possibilità di effettuare una ricerca più convenzionale dei documenti, in base alla loro data di edizione, al loro contenuto e, ovviamente, in base alla sigla dello strumento o dell'opera monitorata. In questo caso priorità è data alla ricerca ed ai suoi risultati, mentre la componente Web-GIS assume un ruolo secondario, ed è infatti di dimensioni inferiori al fine di per visualizzare, a seconda del documento selezionato, il contesto di interesse (cioè lo strumento, o gli strumenti, interessati sulla base cartografica). Per una ricerca più precisa è anche possibile richiedere per lo stesso documento informazioni relative agli strumenti riferiti dallo stesso.

I due criteri di visualizzazione possono essere utilizzati per soddisfare diverse esigenze. In particolare, la vista a priorità di dati è usata per gestire separatamente la visualizzazione e la ricerca di eventi di attenzione ed allarme e dei documenti relativi. Allo stesso modo, della vista a priorità di mappa è stata prodotta anche una versione con una mappa di dimensioni maggiori per soddisfare alcune esigenze particolari.

Ai fini dell'aggiornamento dati si è optato per una soluzione semplice ed efficace che vede il CED, gestito da operatori IMG S.r.l., produrre files di aggiornamento che, se relativi alla base dati, vengono importati mediante una semplice procedura anch'essa realizzata tramite un'interfaccia Web. Il sistema è adeguato per le caratteristiche operative che richiedono anche un certo controllo procedurale nell'ambito dell'intero sistema di monitoraggio.

Le tecnologie utilizzate fanno parte dell'odierno know-how delle applicazioni Web soprattutto considerando che l'intero progetto è stato realizzato facendo uso di tecnologie Open-Source. L'utilizzo di queste tecnologie, ospitate all'interno di una piattaforma stabile ed affidabile come quella dei server XServe della Apple, ha permesso di realizzare il sistema in tempi da record e nel budget previsto.

Tra le tecnologie utilizzate vanno ricordati MapServer, il motore per le mappe realizzato dall'Università del Minnesota, il



Vista a "priorità di dati"

linguaggio PHP, il linguaggio Javascript ed il database relazionale MySQL. L'affidabilità di questi strumenti, in alcuni casi portati al limite delle loro capacità di impiego, è un esempio pratico della validità della scelta effettuata.

L'unico vero problema incontrato nello sviluppo del sistema, è stata la costante incompatibilità tra i vari browser Internet in commercio. Se tra i browser derivati dal mondo Open-Source le incompatibilità sono minime, quelli della famiglia Microsoft si sono rivelati poco gestibili, anche dal punto di vista delle incompatibilità tra i prodotti della stessa Microsoft (vedi tra IE6 ed IE7). E' da notare che tali compatibilità sarebbero esistite anche utilizzando prodotti non Open-Source perchè sono limitazioni dei browser e non delle applicazioni.

Conclusioni

Nella scelta dei sistemi software ed hardware necessari alla gestione del Sistema di Monitoraggio, Metro C S.C.p.A ha dunque optato per lo sviluppo di uno strumento innovativo contemporaneamente *dedicato* ed *aperto*: esso è infatti in grado di assecondare tutte le richieste attuali del progetto esecutivo e contemporaneamente rispondere con minimo sforzo alle modifiche che via via si renderanno necessarie nel corso della realizzazione di un progetto a lungo termine come la realizzazione della Linea C della Metropolitana di Roma.

Autori

FRANCESCO MARIA ROTUNDI
Metro C S.C.p.A.
Project Manager

STEFANO MORETTI
IMG S.r.l.
info@img-srl.it

FABRIZIO BERNARDINI
A&C 2000 s.r.l.
fb@aec2000.eu

OTTAVIO TRIPOLI
IMG S.r.l.
info@img-srl.it