



Rilevazione perdite occulte da dati radar satellitari

Elena Francioni, e-GEOS SPA, elena.francioni@e-geos.it

Giuseppe Vicini, IDRAN srl, gvicini@idran.net

Vittorio Gentile, e-GEOS SPA, vittorio.gentile@e-geos.it

Vincenzo Scotti, e-GEOS SPA, vincenzo.scotti@e-geos.it

Parole chiave: satellite; perdite occulte; radar; remote sensing; piattaforma; satellite; acquedotto

ABSTRACT

L'acqua è univocamente riconosciuta per essere un bene tanto prezioso per la società quanto sensibile nella sua disponibilità ai fenomeni connessi al climate change. Recenti direttive, impongono ai gestori di rendere più efficienti le loro infrastrutture limitando sprechi e perdita di risorse.

La difficoltà di monitoraggio delle reti tecnologiche deriva dalla caratteristica di essere reti diffuse nel territorio e pertanto difficilmente monitorabili con sensori a terra. Una ulteriore difficoltà deriva dallo sviluppo delle reti idriche prevalentemente nel sottosuolo. Viene in soccorso però il radar satellitare che unisce la visione sinottica alla capacità di penetrazione nel terreno del segnale elettromagnetico.

La Water Leaks Detection da satellite consiste nell'individuazione di zone di umidità presenti nel terreno derivate dall'elaborazione del dato radar che, incrociate attraverso specifiche piattaforme applicative con dati georiferiti della rete e dell'ambiente, permettono di individuare le perdite, il tipo (chiare/scure) e l'ammontare della perdita, allo scopo di meglio indirizzare gli interventi in campo.

La tecnica si basa su alcuni principi base: la capacità di risalita capillare dell'acqua, la capacità del segnale radar di penetrare nel sottosuolo e a variazione della costante dielettrica del terreno in base alla presenza di acqua.

1. L'esigenza

Recenti normative internazionali impongono una particolare attenzione rispetto alla gestione della risorsa idrica, richiedendo a tutti i gestori delle infrastrutture di dotarsi di tecniche, strumenti e procedure per limitare la dispersione delle acque. In particolare il decreto 2015/1787/EU emesso dalla Comunità Europea sul tema "from the retrospective control on the distributed waters, to the prevention and management of risks in the drinking water supply chain" è proprio relativo alla gestione di questa risorsa e impone ai gestori di dimostrare che si stanno adottando le opportune misure per proteggere l'infrastruttura al fine prevenirne perdite, ottimizzare i consumi ed evitare inutili sprechi di una risorsa che troppo spesso viene data per scontata.

Proprio in questa ottica, la generazione di mappe di perdite occulte dalla rete idrica in maniera speditiva e su ampia scala, caratteristica permessa dal satellite, può essere considerata un supporto diretto alla gestione delle conseguenze del climate change. Come si è avuto modo di sperimentare anche in Italia, le ultime stagioni sono sempre più caratterizzate da fenomeni estremi: piogge molto violente si alternano a periodi di estrema siccità, o ancora settimane con temperature primaverili in inverno contrapposte a gelate in primavera. Proprio in queste condizioni l'acqua diventa ancora più preziosa, oltre il valore economico della fornitura di un servizio, ma in quanto bene primario necessario per la popolazione e la vita sociale. Quando l'acqua inizia a diminuire in disponibilità, è necessario agire anche sul risparmio partendo dalla riduzione degli sprechi. Proprio su questi aspetti va ad operare la soluzione di identificazione delle perdite.

2. La soluzione

La soluzione di Water Leaks Detection consiste nella generazione di mappe di umidità associate alla rete idrica al fine di identificare possibili perdite occulte della rete stessa e indirizzare così gli interventi in campo in maniera più specifica.

In genere in fatti la ricerca di perdite occulte viene fatta a campione lungo la rete, senza basarsi quindi su dati oggettivi rispetto alle singole porzioni di tubatura, attraverso squadre in campo dotate di strumentazioni di varia natura. Il processo di individuazione di una perdita è quindi molto lungo e dispendioso e non permette una analisi completa di tutta la rete.

Sfruttando la tecnologia radar satellitare, è invece possibile individuare zone di umidità superficiale presente nel terreno. Il satellite in particolare, con il suo punto di vista privilegiato permette di analizzare in un'unica volta aree molto estese identificando le zone di perdita: in questo modo gli operatori in campo possono essere indirizzati dal





gestore dell'infrastruttura in maniera puntuale nell'area identificata, in pratica annullando il tempo necessario per le survey in situ.

È stato poi fondamentale l'uso del software ArcMap, attraverso cui è stato possibile incrociare tale mappa di umidità con i dati georiferiti della rete e con le caratteristiche tecniche della stessa permettono in prima istanza associare alle aree umide la possibile presenza di perdite nel sistema idrico, in seconda di stimare anche la quantità di acqua che si sta disperdendo nel sottosuolo, e infine di caratterizzarne la tipologia (acque chiare / acque scure).

Per ottenere le mappe di umidità si sfruttano:

- la capacità di risalita capillare dell'acqua che porta l'acqua dispersa anche qualche metro di profondità di risalire verso la superficie, impregnando più o meno il terreno soprastante la tubatura;
- la capacità del segnale radar di penetrare nel sottosuolo per frazioni della propria lunghezza d'onda, del segnale di amplificarsi a seguito di rimbalzi multipli, e, infine, la sua sensibilità alle variazioni della costante dielettrica del terreno. È evidente quindi che maggiore è la lunghezza d'onda della radiazione, maggiore è la capacità di penetrazione della stessa, per cui il sensore che si preferisce utilizzare è un sensore radar in banda L, che ha la lunghezza d'onda maggiore (circa 24cm) rispetto a tutti i sensori disponibili su piattaforma satellitare.
- La sensibilità del segnale radar alle variazioni della costante dielettrica, costante legata alla presenza di acqua.

e-GEOS ha sviluppato una soluzione proprietaria per l'individuazione di perdite occulte di acqua. Già dai primi prototipi realizzati (senza riferimenti o informazioni sulla rete idrica) si è ottenuto un buon riscontro in aree mediamente urbanizzate. Ottimi risultati confermati dai successivi test e prodotti generati.

Il prodotto finale integra anche le informazioni dell'infrastruttura per identificare con ragionevole confidenza le perdite ed indirizzare le attività in campo.

Attraverso piattaforme GIS dedicate, quali ArcMap, è poi possibile integrare i dati di operatività della rete (es. portata, diametro etc.), le caratteristiche del contesto circostante, al fine sia di raffinare l'analisi sia di stimare con maggior precisione anche i volumi effettivi delle perdite.

2.1 Caratteristiche principali della soluzione

Lo sviluppo è all'avanguardia sotto il piano scientifico e prospetta un'ampia potenzialità di business a livello di mercato.

Da un punto di vista scientifico si va ad implementare il modello semi empirico di Oh (Oh et al. 1977, 2004) la cui teoria si basa sul fatto che il suolo sia sostanzialmente assimilabile a una miscela di particelle di terreno, aria e acqua libera e legata. Con l'aumentare dell'umidità del suolo, l'acqua è in grado di muoversi più liberamente intorno alle particelle di terreno ed è questa acqua libera che ha un effetto dominante sulla costante dielettrica (ϵ). La teoria alla base del rilevamento remoto alle microonde dell'umidità del suolo si basa sul grande contrasto tra le proprietà dielettriche dell'acqua liquida ($\epsilon \approx 80$) e del suolo secco ($\epsilon \approx 6$) che si traduce in un'alta dipendenza della costante dielettrica complessa sull'umidità volumetrica del suolo.

Esistono anche altri modelli che approcciano la medesima problematica utilizzano il dato satellitare SAR, ma in fase di implementazione si è optato per questo che sfrutta appieno le caratteristiche di polarizzazione del dato radar disponibile.

Questo è reso possibile anche grazie ad un affinamento della tecnica che tenga conto delle interferenze legate alla presenza di agenti di disturbo in area urbana: l'avanzamento rispetto all'utilizzo del solo modello è costituito proprio da questi processi di ottimizzazione che relazione i risultati al contesto di analisi. Tra i principali agenti di disturbo si riportano, a titolo di esempio, automobili parcheggiate, elementi della vegetazione urbana. Inoltre è importante osservare come, a parità di perdita, diversi risultati si possono poi avere in base alla tipologia di terreno che costituisce un ulteriore strato informativo di cui tenere conto.



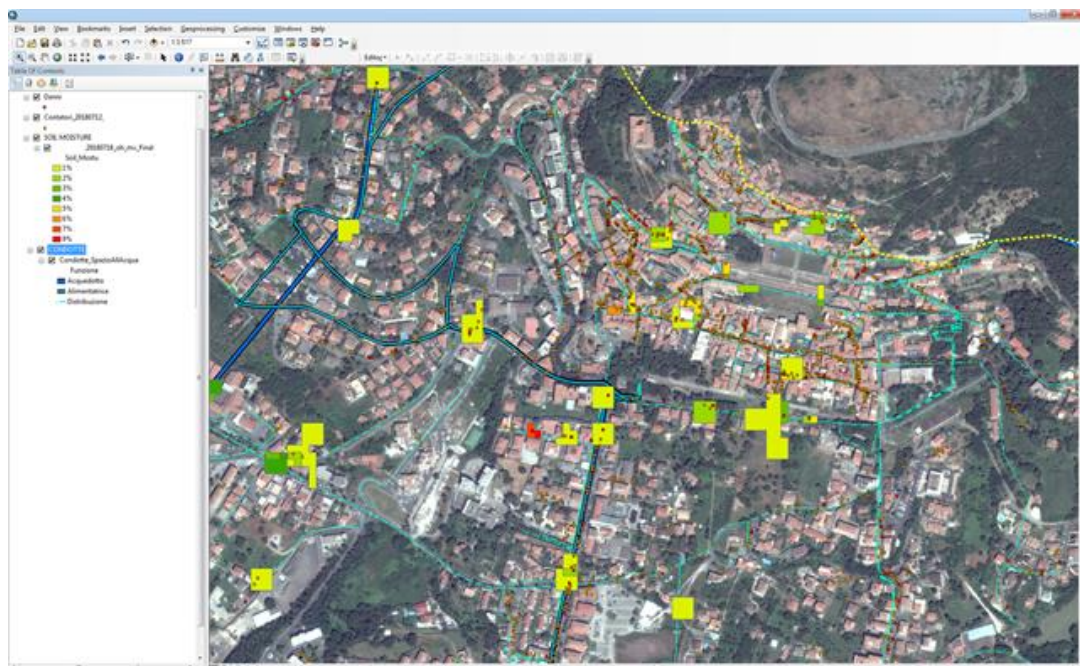


Figura 1 – Esempio di una *water leaks detection map*

Critica risulta quindi la possibilità di accesso in contemporanea a diversi dati georiferiti: dalla mappa di umidità ad immagini ottiche coeve al dato radar per l'individuazione degli elementi di disturbo, dalla rete idrica inclusiva dei suoi elementi specifici (tubature, pozzetti, contatori, etc.) alla pedologia che identifichi le principali tipologie di terreno nei suoi strati costitutivi. Per facilitare questo tipo di analisi e permettere quindi una specifica foto interpretazione delle aree di umidità sono indispensabili strumenti software che semplifichino il lavoro del foto-interprete prima, e del gestore dell'infrastruttura poi, per analizzare meglio i risultati associandoli ai dati specifici della gestione della rete e pianificare al meglio eventuali interventi o ispezioni in loco.

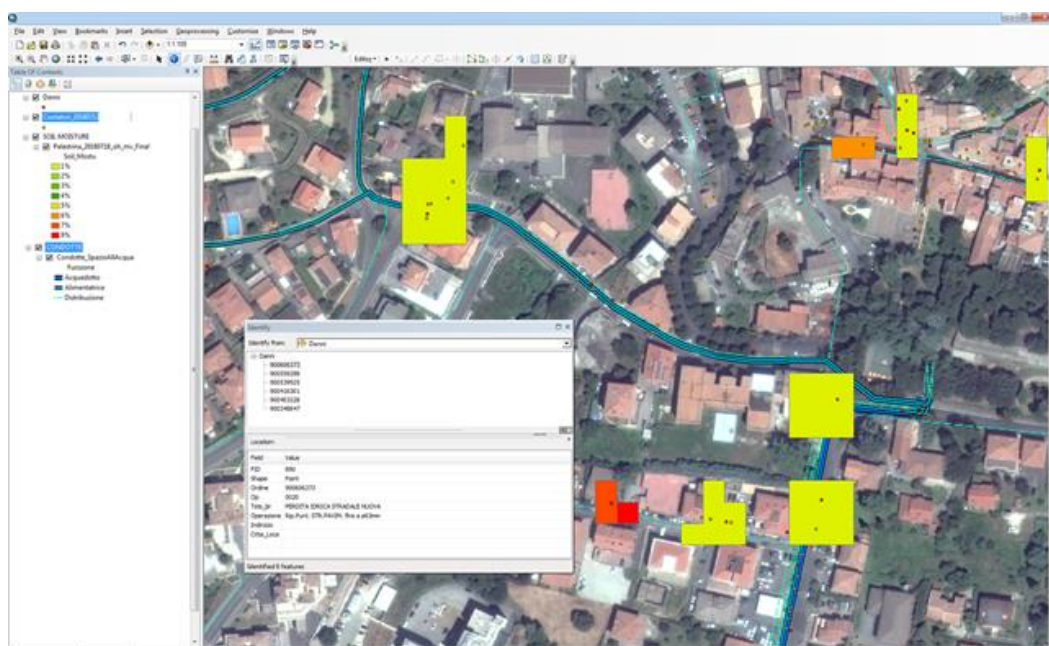


Figura 2 – Integrazione della *water leaks detection map* con la mappa dei contatori che permette di raffinare il livello di confidenza delle perdite rilevate





L'applicabilità della soluzione è fortemente legata al contesto di analisi: le aree caratterizzate da traffico moderato (le autovetture generano dei falsi positivi) ed edifici mediamente alti (3-4 piani) sono quelle più adatte a questo tipo di soluzione.

Per le aree fortemente urbanizzate la componente legata alla presenza di elementi di disturbo (caratterizzate da palazzi molto alti che impediscono alla radiazione elettromagnetica del radar di raggiungere il livello stradale, o dalla presenza di molte autovetture che generano falsi positivi) è elevata per cui è necessario raffinare ulteriormente la tecnica adottata.

In fine, presupposto principe per l'utilizzo della tecnica è la sostanziale assenza di umidità preesistente nel terreno in modo che l'umidità rilevata sia associabile alle sole aree di perdita e non ad esempio a pioggia o attività di irrigazione (aree rurali).

2.2 I dati utilizzati

La tecnica sfrutta le seguenti tipologie di dato:

- una singola immagine satellitare radar in banda L per la generazione della mappa di umidità, possibilmente in full polarization.
- un'immagine ottica ad alta risoluzione il più possibile coeva all'immagine radar per l'analisi degli elementi di disturbo presenti nella zona e raffinare così i controlli di qualità migliorando la confidenza delle informazioni.
- Dati ancillari:
 - Infrastruttura: il tracciato georiferito della rete, le sue caratteristiche (tipologia, elementi costitutivi), dati tecnici (es. portata)
 - Contesto: pedologia, caratteristiche edificato/uso del suolo, dati meteo

Un breve approfondimento è dovuto rispetto alla disponibilità del dato SAR. Al momento il principale satellite SAR operativo in banda L è ALOS 2, satellite giapponese a vocazione ibrida commerciale/scientifica e pertanto non di immediato accesso.

A fine 2018 è stato lanciato il satellite radar in banda L, SAOCOM, a vocazione prevalentemente commerciale e la cui realizzazione è ad opera della Agenzia Spaziale Argentina in collaborazione con l'Agenzia Spaziale Italiana. Terminata la fase di commissioning del satellite, la facilità di accesso al dato permetterà un utilizzo ancora più operativo della tecnica.

La soluzione adottata presenta alcuni punti di forza che la rendono come assolutamente promettente per un utilizzo operativo massivo:

- l'implementazione è avvenuta in stretta collaborazione con uno dei più importanti player nazionali della gestione di impianti idrici: questo garantisce la realizzazione di un prodotto tarato sulle effettive esigenze dell'utente.
- l'utilizzo del dato radar acquisito in full polarization permette di generare mappe di umidità ad alta precisione rispetto ad altre tecniche, restringendo fino a pochi metri l'area minima di umidità e guidando quindi con maggior precisione le squadre in campo. I metodi più diffusi, seppure utilizzando questa modalità non ne sfruttano completamente le potenzialità.

2.3 Collaborazioni

La soluzione Water Leaks Detection è stata sviluppata sfruttando da un lato le competenze e conoscenze uniche di e-GEOS per quanto riguarda il trattamento dei dati SAR e lo sviluppo di procedure e applicazioni basati su questi, dall'altro le competenze di IDRAN sullo sviluppo di modelli di analisi dei fenomeni legati alla gestione delle infrastrutture idriche.

Fondamentale è poi stata l'esperienza operativa di un utente di rilievo quale ACEA che ha scelto proprio e-GEOS come partner per la realizzazione di questa soluzione darà garanzia che ci sia la rispondenza a tutte le necessità operative di chi gestisce un'infrastruttura idrica.

3. Il cambiamento

Le prime risultanze dimostrano come l'utilizzo di questa tecnologia sia in grado di aumentare il numero di perdite individuate fino 5 volte rispetto al solo uso delle tecniche in situ, con una riduzione dei costi e una verifica estesa della rete, possibile in precedenza solo dopo varie campagne pluriannuali.

Un impatto maggiore di questa tecnica si ha nelle aree mediamente urbanizzate (ad esempio paesi e piccole città) la risposta è ottima: nei test effettuati circa il 70% delle verifiche ha dato esito positivo.

I costi a km lineare sono mediamente inferiori rispetto all'utilizzo di squadre in campo, è possibile analizzare l'intera rete (non fattibile con le survey a campione), e l'invio di squadre in campo è vincolato diventa focalizzato e più efficiente: il risultato è un intero flusso operativo molto più efficace ed efficiente.





Ringraziamenti

Si ringrazia ACEA per la proficua collaborazione nella definizione delle esigenze operative e caratteristiche del prodotto finale.

Riferimenti

Y. Oh, K. Sarabandi and F.T. Ulaby, "An empirical model and an inversion technique for radar scattering from bare soil surfaces" IEEE Trans. On Geosci. and Remote Sensing, Vol. 30, 370-381, 1992.

Y. Oh, "Quantitative retrieval of soil moisture content and surface roughness from multipolarized radar observations of bare soil surfaces" IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing, Vol. 42, 596-601, 2004.

G. Picardi et al., "MARSIS data inversion approach" Advanced Ground Penetrating Radar, 2007 4th International Workshop on, 1-4244-0886-5, 2007.

B. W. Barrett, E. Dwyer and P. Whelan, "Soil moisture retrieval, from active spaceborn microwave observations: an evaluation of current techniques" Remote Sens., 1, 210-242, 2009.

F.T. Ulaby, R.K. Moore, A.K. Fung, "Microwave Remote Sensing: Active and Passive. Volume Scattering and Emission Theory, Advanced Systems and Applications", Dedham, MA, USA, 1986.

