REGIONE ABRUZZO

Convenzione tra

Direzione Affari della Presidenza, Politiche Legislative e Comunitarie, Programmazione, Parchi, Territorio, Ambiente, Energia
SERVIZIO GESTIONE RIFIUTI

E

Università degli Studi "G. D'Annunzio"
CENTRO DI ATENEO DI ARCHEOMETRIA E MICROANALISI "CAAM"

Accordo di programma per la definizione degli interventi di MISE e bonifica delle aree comprese nel sito di interesse regionale S.I.R. di Chieti Scalo

Estratto della Relazione Finale

ATTIVITÀ DI INDAGINE RELATIVE AL CENSIMENTO CON TECNICA DI TELERILEVAMENTO DELLE COPERTURE IN CEMENTO AMIANTO, INDIVIDUAZIONE DI EVENTUALI POTENZIALI SITI DI INTERRAMENTO DI RIFIUTI, CENSIMENTO ED ANALISI DEGLI SCARICHI IDRICI

DGR n.121 del 01.03.2010 - DGR n.234 del 04.04.2011 - DD n. DA21/7 del 27.07.2012

INDICE

1 Premessa 3
2 Area analizzata 3
3 Immagini utilizzate 4
4 Applicazioni delle tecniche di telerilevamento per la mappatura e censimento delle coperture in materiale contenente amianto (mca) e per la ricerca di siti di discariche non censiti e/o siti estrattivi e sbancamenti colmati 5
4.1 Background scientifico 5
4.2 Censimento e mappatura delle coperture in MCA 5
4.2.1 Risultati del censimento delle coperture in MCA 7
4.3 Ricerca di siti di discariche e/o siti estrattivi non censiti e sbancamenti colmati 8
4.3.1 Risultati della mappatura dei siti censiti 9
5 Censimento ed analisi degli scarichi nella zona SIR con recapito nel fiume Pescara 11
5.1 Discussione dei risultati analitici 12

1 Premessa

In accordo con quanto previsto nella Convenzione tra Regione Abruzzo – Direzione Ambiente – Servizio Gestione Rifiuti ed il Centro di Ateneo di Archeometria e Microanalisi (CAAM) dell'Università Gabriele d'Annunzio di Chieti-Pescara, stipulata il 12 dicembre 2012, nell'ambito dell' "Accordo di programma per la definizione degli interventi di MISE e bonifica delle aree comprese nel sito di interesse regionale S.I.R. di Chieti Scalo" di cui alla Determinazione Dirigenziale DA21/7 del 27.07.2012, con il presente documento si illustrano i risultati delle attività previste nella convenzione di che trattasi, ed in particolare:

- implementazione della mappatura delle coperture contenenti amianto con utilizzo delle tecniche di telerilevamento nella zona SIR di Chieti Scalo e quella prospiciente per una estensione di circa 30 km^2;
- ricerca di siti estrattivi o sbancamenti colmati potenzialmente con rifiuti e non ancora individuati entro il SIR e nelle sue immediate vicinanze;
- censimento ed analisi degli scarichi con recapito nel fiume Pescara della zona SIR e da quella industriale/commerciale subito ad est.

2 Area analizzata

L'area analizzata comprende la zona Sito di Interesse Regionale (SIR) di Chieti Scalo e la prospicente zona industriale, l'area urbanizzata ed importanti strutture pubbliche quali l'Università G. d'Annunzio, l'Ospedale, infrastrutture quali la stazione ferroviaria ed arterie di comunicazione come il Raccordo Autostradale Pescara-Chieti e la SS5 Tiburtina (Fig. 1). Inoltre, nello stesso ambito, è compresa un'ampia zona agricola ove sono ubicati centri abitativi di minori dimensioni.

L'analisi dell'area con tecniche di telerilevamento e rilievo di superficie ha permesso di testare la procedura di mappatura e censimento delle coperture in cemento amianto, messa a punto dai ricercatori del CAAM, su una molteplicità e variabilità di coperture ancora in opera su edifici adibiti a diversi usi come quello industriale/civile e quello agricolo/zootecnico, ed aventi dimensioni delle coperture da pochi m^2 a migliaia di m^2.

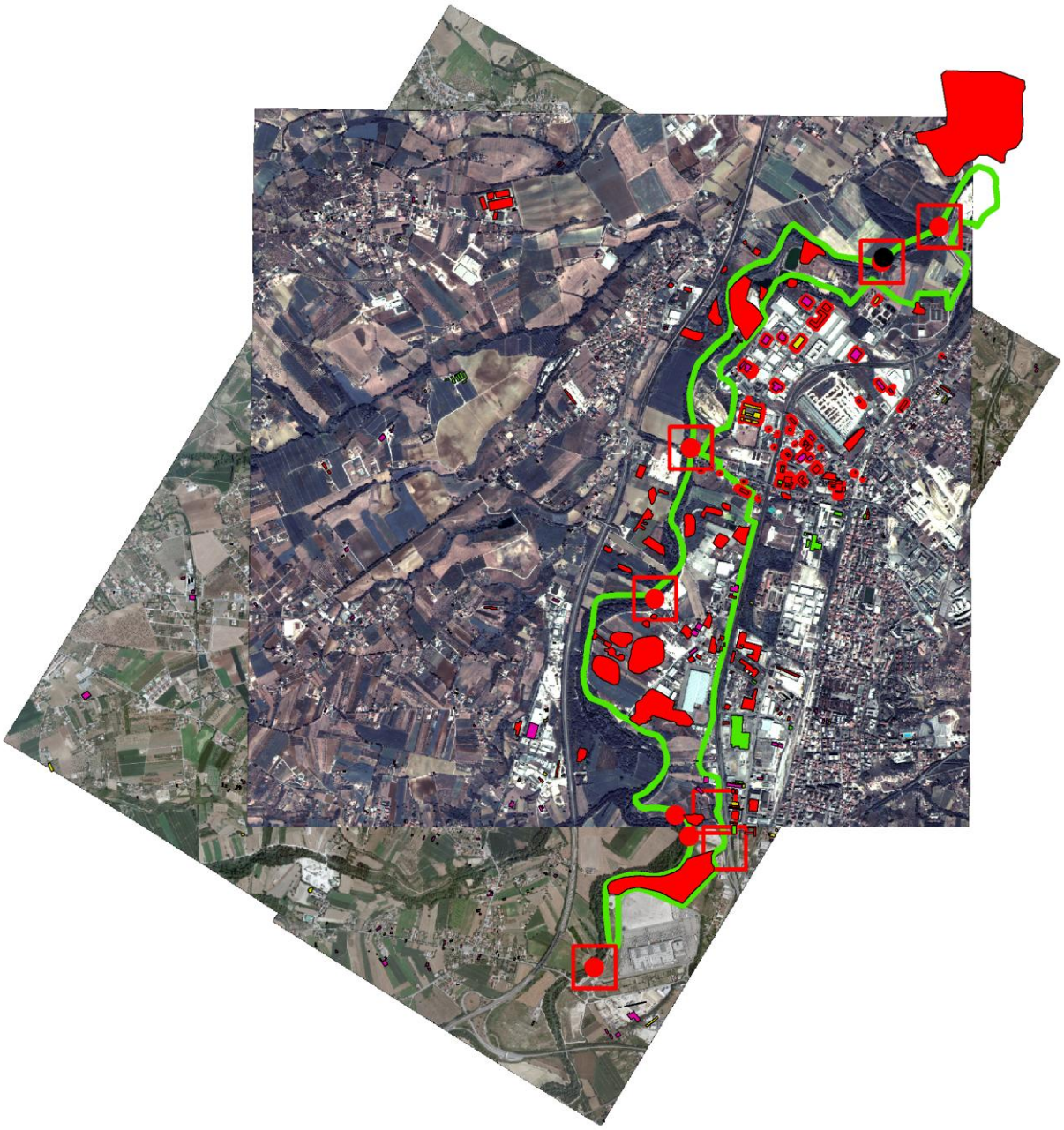

Fig. 1: Area di studio. "SIR - Chieti Scalo"

3 Immagini utilizzate

Le immagini multispettrali utilizzate per il presente studio, sono state acquisite sia da piattaforma satellitare che aerea. In particolare sono state analizzate:

- immagine ad alta risoluzione spaziale di circa 2,5 m per pixel, acquisita nel 2008 dal piattaforma satellitare (Quick Bird);
- immagini ad altissima risoluzione spaziale di 0,2 m per pixel, acquisite da piattaforma aerea del 2010 (AGEA).

4 Applicazioni delle tecniche di telerilevamento per la mappatura e censimento delle coperture in materiale contenente amianto (mca) e per la ricerca di siti di discariche non censiti e/o siti estrattivi e sbancamenti colmati

4.1 Background scientifico

Le tecniche del telerilevamento (Remore Sensing) consentono di acquisire informazioni qualitative e quantitative dell'ambiente naturale e costruito analizzando lo spettro elettromagnetico riflesso o emesso dalla superficie terrestre e da oggetti posti su di essa, colpiti dalla radiazione solare. La radiazione elettromagnetica riflessa od emessa viene misurata e registrata da sensori posizionati a bordo di piattaforme satellitari o aeree e trasformata in immagine digitale multibanda. L'analisi di queste immagini consente di estrarre informazioni che possono essere utilizzate oltre che per la mappatura e censimento di coperture in Materiali Contenenti Amianto (MCA), anche per la localizzazione di strutture sepolte, lo studio dei processi di erosione costiera e desertificazione, il censimento degli immobili, il monitoraggio di scarichi inquinanti, la ricerca mineraria, etc.

4.2 Censimento e mappatura delle coperture in MCA

Gli studi pilota realizzati dai ricercatori del CAAM hanno dimostrato che è possibile utilizzare con successo nuove tecnologie nell'ambito del telerilevamento per l'individuazione di coperture contenenti amianto.

Questo progetto segue una serie di altri studi pilota per la mappatura delle coperture in MCA effettuati dagli stessi ricercatori in Toscana, Marche e Lazio.

Il censimento e la mappatura delle coperture in MCA, è stato eseguito attraverso diverse fasi che di seguito vengono elencate:

- Analisi multispettrale delle immagini (satellitari ed aeree) per l'individuazione delle coperture in MCA (indicate in rosso nelle Fig. 2 e 3);

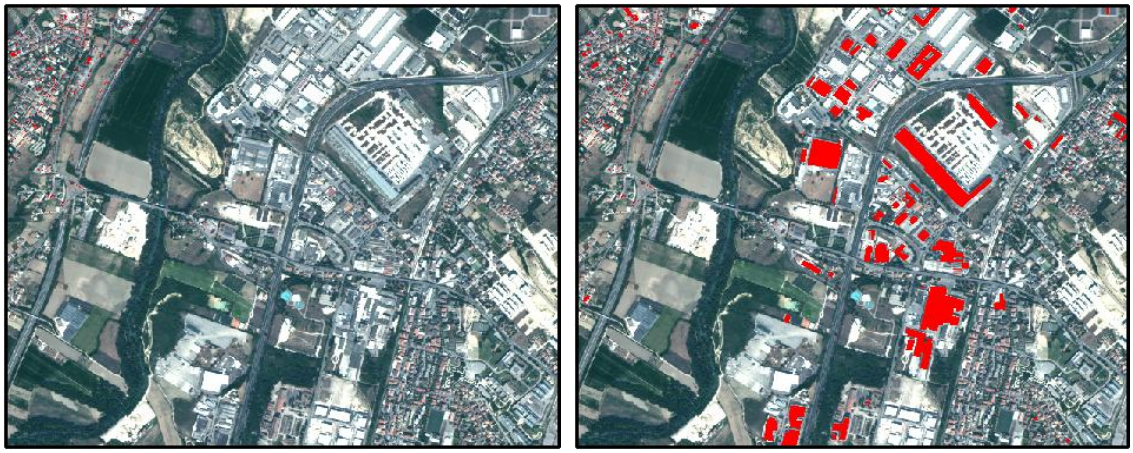

Figura 2. Immagine satellitare del 2008 (risoluzione di 2,5 m/pixel).

Figura 3. Ortofoto del 2010 (risoluzione 0,2 m/pixel)

- Verifica post-analisi spettrale, finalizzata alla risoluzione dell'indeterminatezza delle coperture che non hanno mostrato in maniera chiara ed esplicita le caratteristiche dei MCA;
- Analisi multitemporale, nelle zone di sovrapposizione, per il confronto delle analisi spettrali effettuate sulle immagini acquisite nel 2008 e nel 2010, che ha permesso di individuare le coperture in MCA rimosse o sostituite (Fig. 4);

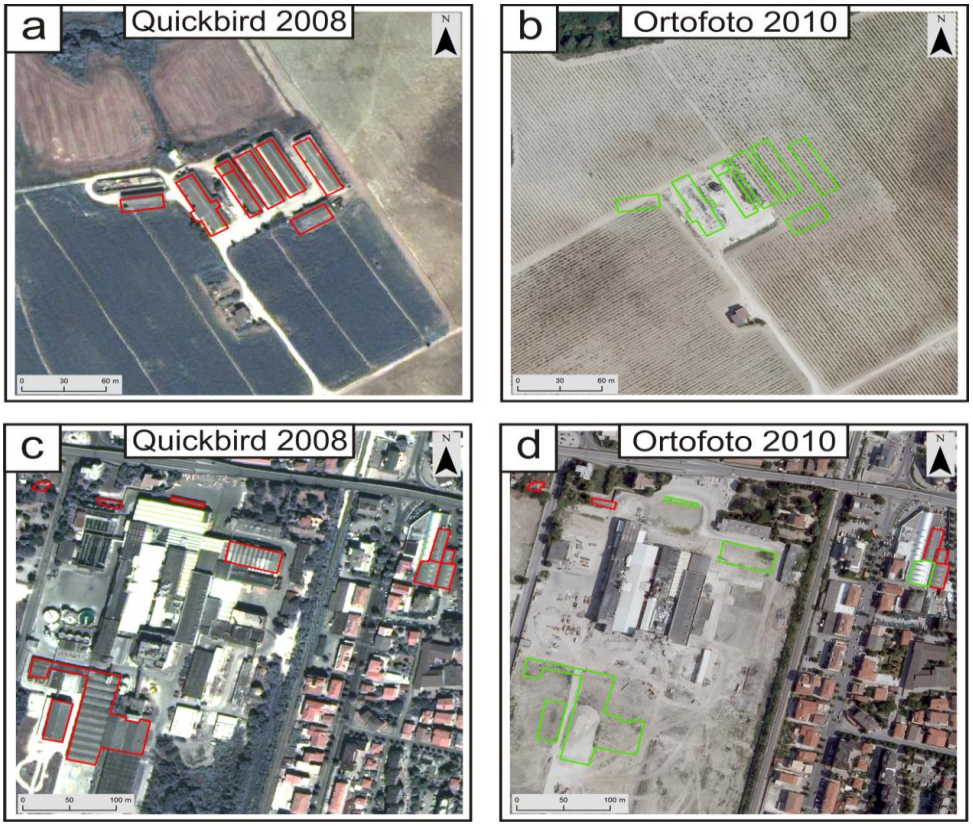

Figura 4. Confronto tra analisi di immagini satellitari del 2008 (a-c) e ortofoto AGEA del 2010 (b-d). In rosso sono indicate le coperture in MCA. In verde sono indicate le coperture rimosse o sostituite.

- Verifica a terra delle coperture georiferite (univocamente identificate da latitudine e longitudine) con controllo visivo direttamente in sito o con drone (multirotore radiocomandato) munito di fotocamera, nei casi in cui le stesse non erano direttamente osservabili (Fig. 5), con il fine di stabilire la confidenza dei risultati del censimento effettuato con il telerilevamento;

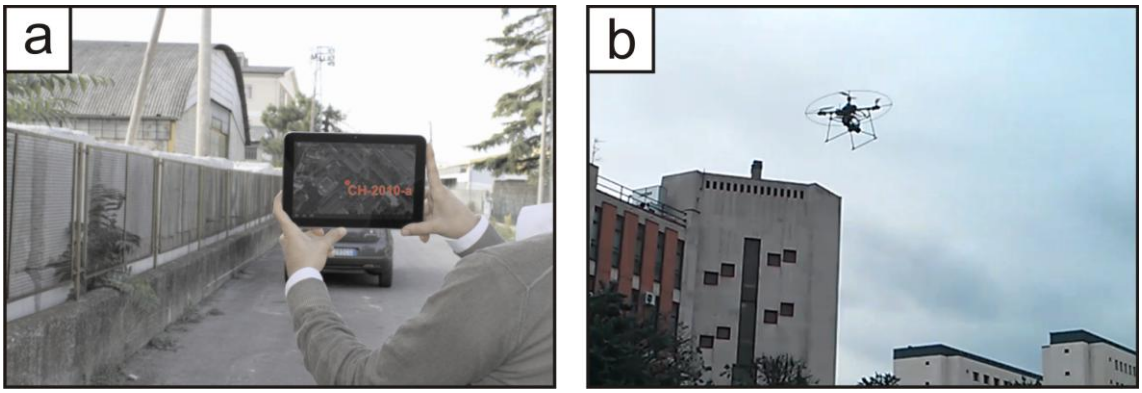

Figura 5. a) Verifica visiva da strada; b) Verifica visiva con l'ausilio di multirotore radiocomandato in volo.

- Restituzione del censimento e dalla mappatura delle coperture in MCA in formato cartaceo su base cartografica CTR e su supporto digitale in formato compatibile con sistemi GIS.

Inoltre i ricercatori del CAAM, considerando l'elevato numero di edifici con coperture in MCA presenti nella zona indagata, hanno sperimentato, su una porzione di territorio, l'incrocio dei dati del censimento con la banca dati catastale, al fine di verificare la possibilità di ottenere in maniera automatica l'estrazione degli estremi catastali (fogli e particelle) corrispondenti agli edifici con le coperture in MCA ancora in opera.

4.2.1 Risultati del censimento delle coperture in MCA

Il progetto di censimento delle coperture in MCA ha consentito di testare la tecnica di mappatura e censimento con analisi di Remote Sensing su un'area di 30 Km^2 comprendente la zona SIR di Chieti Scalo e il suo intorno.

Sulla base dell'analisi multispettrale effettuata, sono state individuate complessivamente n. 478 coperture in MCA al 2008 e n. 454 coperture in MCA al 2010. Complessivamente la superficie totale stimata delle coperture ancora in opera nell'anno 2010 è di 214.268 m^2. Le coperture dubbie sono risultate n. 70, per una superficie stimata di 25.772 m^2. Le dimensioni delle coperture individuate sono molto variabili, le più piccole sono di circa di 3 m^2.

Le verifiche a terra effettuate dai ricercatori del CAAM hanno interessato n. 159 coperture pari al 35% di quelle censite nel 2010.

Alcune coperture "dubbie" non sono state verificate a terra per mancanza di titolarità nella richiesta dell'accesso.

L'analisi multitemporale (confronto tra le immagini del 2008 e del 2010), ha permesso di individuare nella zona di sovrapposizione, n. 24 coperture bonificate o sostituite (pari al 4.8% delle totali censite nel 2008) per un totale di 21.493 m^2.

Tutti i dati sono stati restituiti in ambiente GIS, che ha permesso l'assegnazione ad ogni copertura censita di un codice identificativo univoco (es. CH-001), delle coordinate geografiche ed il calcolo delle aree di ogni singola copertura.

L'analisi statistica dell'errore nel censimento (omissione e commissione) con la tecnica utilizzata è generalmente pari al 4-5%.

	n. coperture MCA	**area coperture in MCA (m^2)**
coperture **positive** censite al 2008	**478**	**235.755**
coperture **positive** censite al 2010	**454**	**214.268**
coperture **controllate a terra** (e percentuale sul totale di riferimento del 2010)	**159 (35%)**	**115.000 (53.7%)**
coperture **bonificate o sostituite** tra il **2008 e 2010** (e percentuale sul totale di riferimento del 2008)	**24 (4.8%)**	**21.493 (9,12%)**

La stima delle aree è da considerarsi leggermente sottostimata per i seguenti motivi:

- sono considerate le proiezioni in pianta delle coperture;
- sono escluse le porzioni di sovrapposizione delle lastre e dei colmi dei tetti;

Considerando i dati della precedente tabella ed i seguenti fattori di conversioni tipici per le lastre in cemento amianto:

- 1 m^2 = 15 kg;
- 30 m^2 = 1 m^3

e considerando le coperture che sono state bonificate o sostituite (pari a 21.493 m^2) risulta che nella zona indagata, di circa 30 km^2, al 2010 sono presenti non meno di:

~ **7.142,27 m^3** di MCA

~ **3.213.930 kg** (~ 3.213,93 tonn.) di MCA

4.3 Ricerca di siti di discariche e/o siti estrattivi non censiti e sbancamenti colmati

Il metodo di analisi delle immagini multispettrali è stato utilizzato anche per la ricerca di siti estrattivi, sbancamenti colmati, riporti che potenzialmente potessero contenere rifiuti. L'area d'indagine comprende la zona SIR - Chieti Scalo e quella prospicente,

comprendente la piana alluvionale del fiume Pescara. Nella zona indagata sono presenti aree dismesse, terreni abbandonati o che hanno subito un recupero parziale ma non per uso agricolo, ovvero zone di estrazione di inerti, nelle quali potrebbero essere presenti zone di interramento di rifiuti, aree di riporto di terreno e altri materiali inerti.

L'individuazione di potenziali aree di interramento è stato eseguito attraverso l'analisi delle caratteristiche spettrali della vegetazione tenendo in considerazione le variazioni litologiche e tessiturali del suolo, quindi di caratteristiche idrogeologiche e composizionali del terreno che possono influire sullo sviluppo della vegetazione.

Tale approccio si basa sul concetto che la vegetazione è un indicatore della situazione ambientale locale e direttamente legata alla matrice ambientale suolo non esclusivamente riguardante la sua porzione superficiale.

In particolare lo stress della vegetazione, non dovuto a variazioni litologiche, può derivare dalla contaminazione del suolo indotto ad esempio dalla presenza di rifiuti interrati.

Per l'individuazione ed estrazione di lineamenti ed anomalie attribuibili a siti di discariche e/o siti estrattivi, sono state effettuate diverse fasi di analisi consistite in:

- analisi delle caratteristiche geologiche e della tipologia di substrato presente nell'area;
- analisi spettrale delle immagini acquisite sia da piattaforma satellitare che aerea: La presenza delle anomalie è stata valutata mediante l'utilizzo di indici di vegetazione, che si basano su relazione algebriche tra le bande tipiche di assorbimento e riflessione, e che possono essere definite come una serie di relazioni quantitative fra dati telerilevati e parametri biofisici della vegetazione.
- analisi multi-temporale del materiale cartografico a disposizione;
- restituzione delle immagini e delle elaborazioni in formato cartaceo su base cartografica CTR e su supporto digitale in formato compatibile con sistemi GIS.

Durante le diverse fasi di analisi, il dataset di immagini ed elaborazioni è stato georiferito e trattato in ambiente GIS, al fine di permettere la sovrapposizione delle anomalie individuate nei diversi periodi in determinate aree e per poterne individuare la posizione e la persistenza nel corso del tempo.

4.3.1 Risultati della mappatura dei siti censiti

L'analisi delle immagini multispettrali individua anomalie degli indici di vegetazione e di terreno non direttamente riconducibili a variazioni geo-litologiche in n. 46 siti con abbancamenti di materiale per lo più alloctono o sbancamenti colmati, per un'area complessiva di circa 835.100 m^2 (Fig. 6).

L'analisi con tecniche di remote sensing, essendo una indagine indiretta, individua anomalie a terra non riconducibili a variazioni litologiche o stratigrafiche, che tuttavia potrebbero non essere direttamente correlate alla presenza di rifiuti interrati.

La tecnica utilizzata è utile per la perimetrazione di ex-siti estrattivi che potenzialmente potrebbero contenere rifiuti, ed è propedeutica alle indagini diretta per la verifica della natura e composizione del materiale di rinterro.

Nello studio effettuato la principale criticità riscontrata ha riguardato principalmente la presenza di zone asfaltate o cementate, nelle quali l'analisi multispettrale non è applicabile.

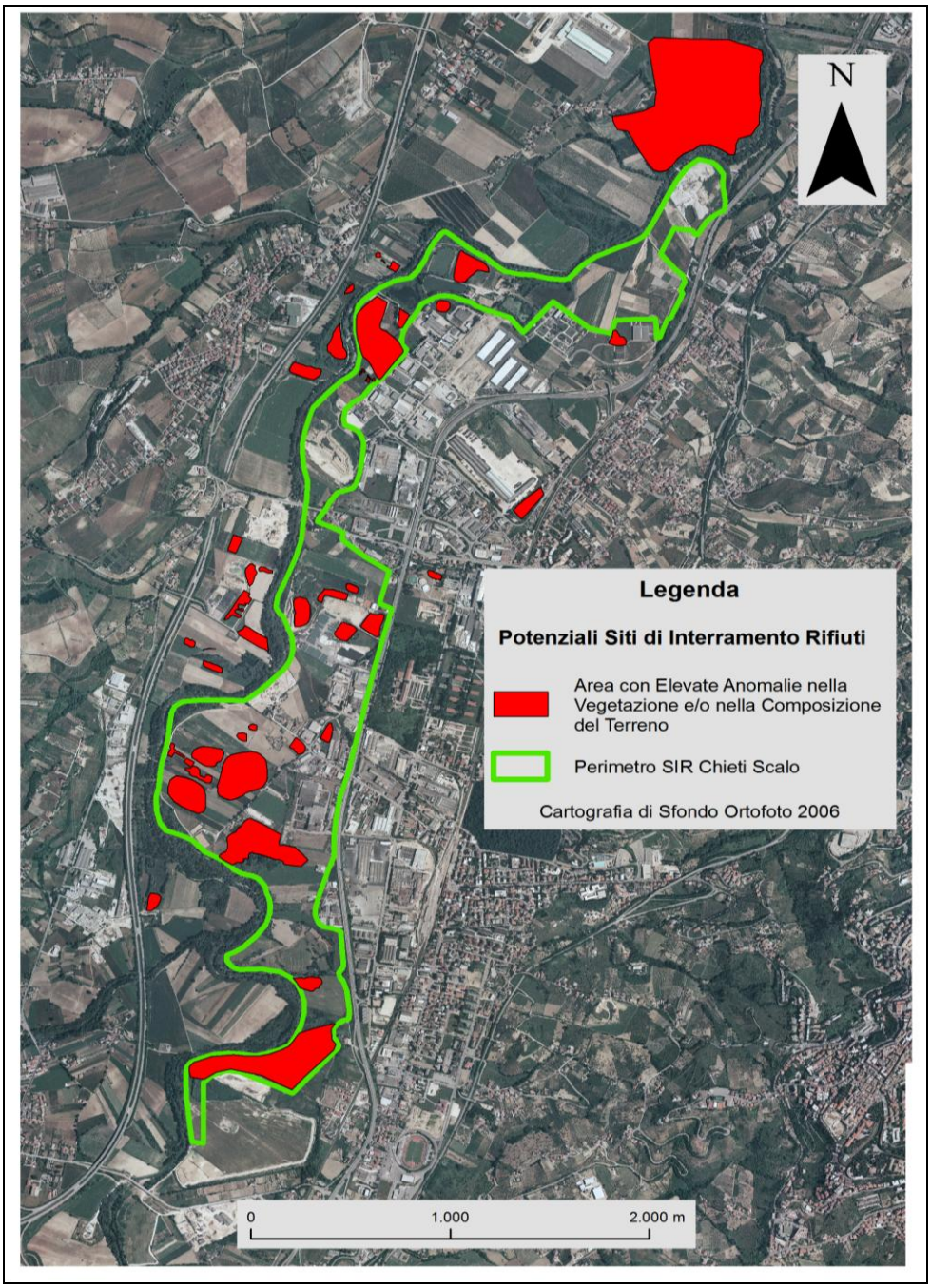

Figura 6. Carta dei potenziali siti di interramento - SIR Chieti Scalo.

5 Censimento ed analisi degli scarichi nella zona SIR con recapito nel fiume Pescara

Le analisi condotte su campioni di sedimenti fini prelevati dalla zona della darsena del porto di Pescara (ARTA 2011), hanno rilevato la presenza di elevate concentrazioni di metalli pesanti, non giustificate dalla natura delle rocce affioranti nel bacino idrografico del fiume Pescara che producono i sedimenti trasportati dal fiume al mare.

Infatti nel bacino idrografico del fiume Pescara non sono presenti ne rocce ignee granitiche che spieghino la presenza di Pb, ne rocce mafiche o ultramafiche, eccetto il piccolo affioramento di La Queglia (Comune di Pescosansonesco), che possano giustificare le concentrazioni di Ni e Cr. Inoltre la presenza di As, Cu e Zn non è compatibile con la composizione chimica delle predette rocce o di rocce di altra natura. Questo lascia supporre che la sorgente dei metalli pesanti rilevati non sia naturale, ma antropica.

La concomitante presenza di concentrazioni relativamente alte dei vari tipi di metalli indica che, le possibili sorgenti siano scarichi industriali recapitati nel fiume Pescara, che rappresentano di fatto delle sorgenti di potenziale contaminazione.

Sulla base di queste considerazioni, è stata realizzata una Ricerca Scientifica centrata sul censimento ed analisi degli scarichi con recapito nel fiume Pescara provenienti dal settore orientale (in destra idrografica) che attraversano la zona SIR e la industriale/commerciale subito ad Est.

Il censimento di tali punti di scarico presenti nel tratto interessato del Fiume Pescara è stato condotto con rilevamento di superficie, nel corso del quale sono stati individuati n.8 scarichi di cui n.7 attivi, con portata variabile (Fig. 7). Gli scarichi attivi individuati sono stati censiti e georeferenziati in ambiente GIS.

Le acque di scarico sono state analizzate dal Laboratorio di Geochimica e Vulcanologia del Dipartimento - DISPUTER dell'Università G. d'Annunzio. I parametri fisico-chimici determinati in situ sono pH, T, P (atm), EC (Conducibilità Elettrica), TDS (Sali Disciolti Totali), ORP (Potenziale di ossido-riduzione), OD (Ossigeno Disciolto). Sui campioni sono state eseguite le seguenti determinazioni analitiche di laboratorio: Durezza totale, BOD_5, COD, NH_4, NO_2, NO_3, PO_4, Cl, Al, Fe, Cromati, Pb, Zn, Cu, Ni, Mn, Ca^{2+} e Mg^{2+}.

Le analisi "tal quale" hanno messo in evidenza concentrazioni di Pb superiore ai "Valori limite di emissione in acque superficiali e in fognatura" del D.Lgs. 152/06 (Parte terza, Allegato 5, Tabella 3), usati come valori di riferimento per questa ricerca.

Pertanto si è proceduto all'analisi dei campioni filtrati (filtro 0.45 μm), per gli analiti Pb, che per Zn e Cu, che avevano mostrato concentrazioni elevate, al fine di determinare se tali metalli siano presenti in forma colloidale o in soluzione.

Le analisi sui campioni filtrati indicano che il Pb è presente nelle acque in soluzione, mentre Zn e Cu sono presenti in forma colloidale.

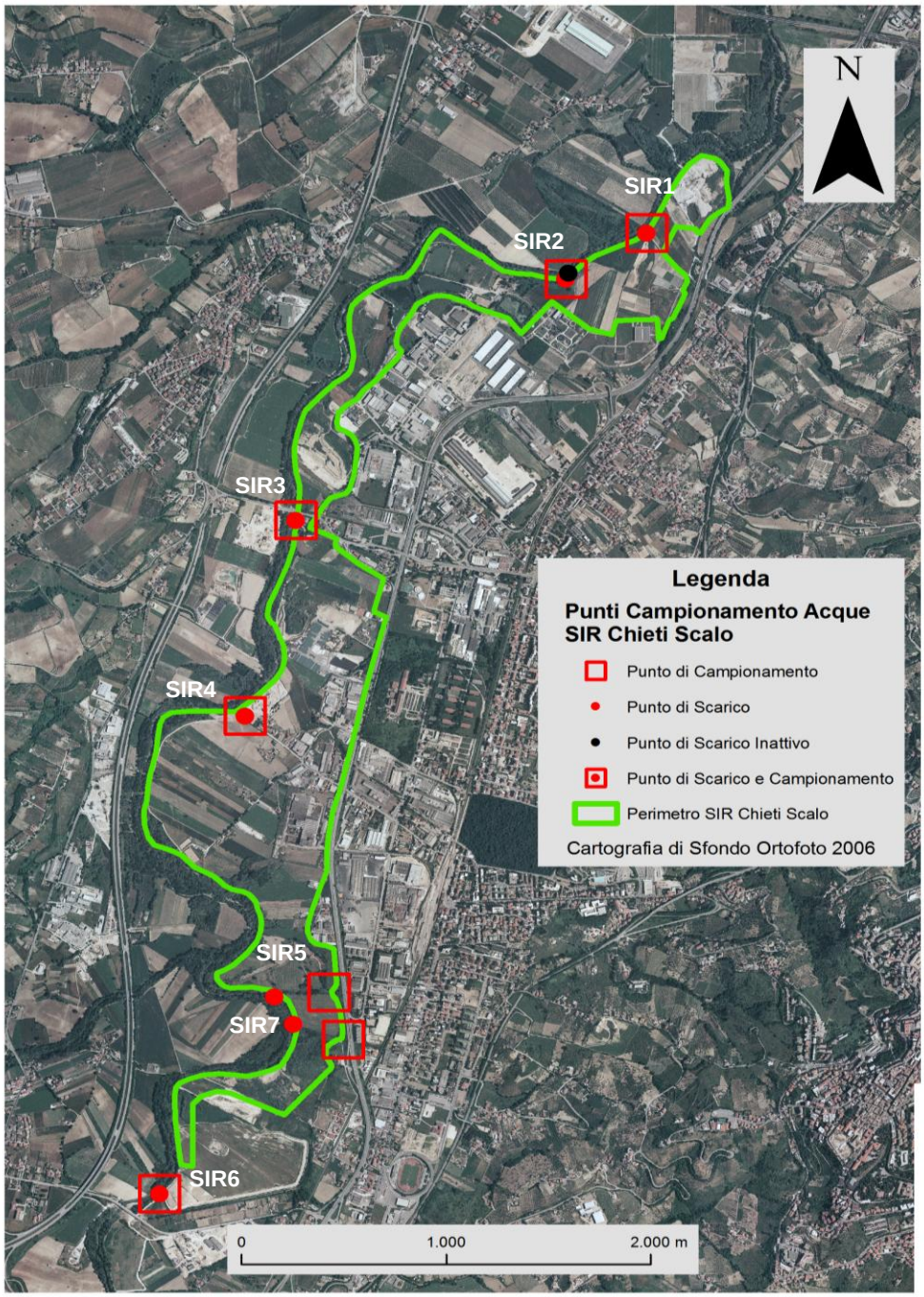

Figura 7. Scarichi censiti e punti di campionamento in area SIR.

5.1 Discussione dei risultati analitici

Il confronto delle determinazioni analitiche dei campioni e i limiti per le acque di scarico con recapito in corsi d'acqua superficiali (D.Lgs. 152/06. Parte terza. Allegato 5. Tabella 3) mostra superamenti in alcuni campioni per: BOD_5, il COD, NH_4 ed il Pb

La maggiore anomalia delle acque di scarico sembra essere la presenza di Pb in soluzione.

I valori di Pb^{2+} misurati sono estremamente elevati se confrontati al Pb presente nelle acque inquinate in contesti industriali e urbani che raggiungono valori dell'ordine di 0.10 - 0.3 mg/l (Cabrera et al., 1995; Da Silva Oliveira et al., 2007).

Il Piombo in soluzione acquosa basica ove sono presenti anioni CO_3^{2-}, forma carbonati insolubili secondo la reazione:

$$Pb^{2+} + CO_3^{2-} \leftrightarrow PbCO_3$$

In ambiente acido si ha ossidazione secondo la reazione:

$$2PbO_{(s)} + 4H^+ + O_2 \leftrightarrow 2Pb^{2+} + 2H_2O$$

e, se l'ambiente è riducente la reazione è inversa.

Viene quindi di seguito valutata la possibilità che gli equilibri di dissoluzione – precipitazione che coinvolgono il Pb siano legati alle condizioni ossido-riducenti delle acque reflue.

Utilizzando i diagrammi di Pourbaix (diagramma Eh/pH), è possibile verificare qualitativamente se le condizioni Eh/pH misurate delle acque di scarico siano compatibili con il trasporto del Pb in soluzione (Fig. 8A). I diagrammi si riferiscono a condizioni standard: 20 °C pressione 1 atm, non dissimili dalle condizioni ambientali di campionamento (Atlas of Eh-pH diagrams, 2005).

Dai diagrammi si evince che in condizioni debolmente basiche e riducenti delle acque di scarico, il Pb si trova in soluzione in forma ionica Pb^{2+} (SIR1 e SIR7) o come idrossido $Pb(OH)^+$, come accertato dalle analisi su campioni filtrati. Inoltre le condizioni Eh-pH delle acque del Fiume Pescara sono simili a quelle degli scarichi quindi il Pb in soluzione può essere trasportato verso la foce (Fig. 8A).

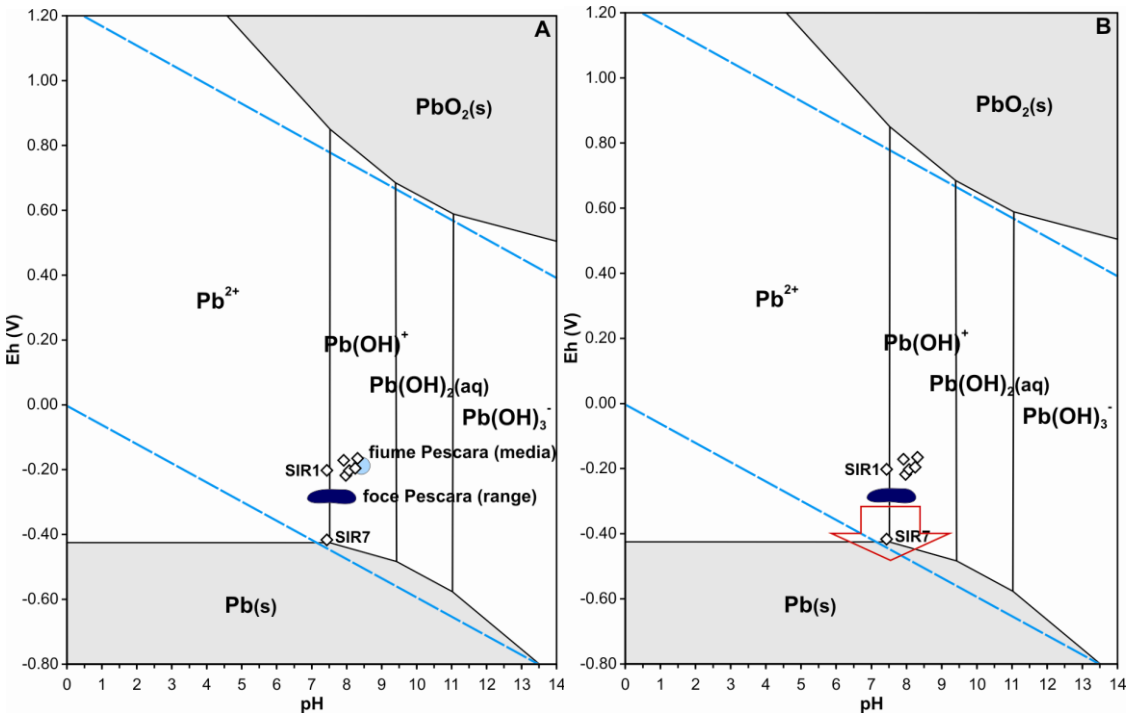

Figura 8. Diagramma di Pourbaix. A) valori misurati negli scarichi comparati con la media dei valori del Fiume Pescara e alla sua foce. B) possibile trend di variazione di Eh durante i mesi estivi in a causa del verificarsi dell'eutrofizzazione per eccessivo carico di nutrienti.

Alla foce la miscelazione delle acque fluviali con le acque marine produce variazioni soprattutto legate alla salinità e quindi alla conducibilità elettrica (EC).

Infatti il parametro EC passa da valori medi di 645.2 µS/cm nel fiume nelle acque fluviali in corrispondenza della zona SIR a valori > 1550 µS/cm (misurati alla profondità di 50 cm) in corrispondenza della darsena del Porto di Pescara fino a valori > 34000 µS/cm (misurati alla profondità di 50 cm) misurati alla foce del fiume.

Chiaramente la miscelazione dell'acqua dolce con quella marina porta ad un aumento dei sali disciolti e della disponibilità di ioni CO_3^{2-}. Questo facilita la precipitazione di Pb come carbonato ($PbCO_3$), il suo legame con ossidi ed idrossidi di Fe e Mn (es. Li et al., 2001), l'adsorbimento su particelle colloidali, ed in condizioni particolarmente riducenti che si potrebbero verificare a causa dei fenomeni di eutrofizzazione, in forma metallica.

Quest'ultimo caso, illustrato in Fig. 8B è potenzialmente il più pericoloso perché il Pb potrebbe essere di nuovo mobilizzato in caso di piccole variazioni di Eh.

È quindi possibile ipotizzare che ai valori anomali di Pb riscontrati nei sedimenti della darsena e del porto di Pescara contribuiscano anche gli scarichi provenienti dall'agglomerato industriale prospiciente alla zona SIR di Chieti Scalo.

Mentre per gli altri inquinanti presenti nei sedimenti del porto di Pescara, si ipotizza che le aree sorgenti siano poste più a monte o più a valle della zona SIR.

Bibliografia

Atlas of Eh-pH diagrams (2005) da Geological Survey of Japan.

Cabrera C., Lòpez M.C., Gallego C., Lorenzo M.L., Lillo E. (1995) Lead contamination levels in potable, irrigation and waste waters from an industrial area in Southern Spain. The Science of the Total Environment 159. 17-21.

Da Silva Oliveira A., Bocio A., Beltramini Trivellato T.M., Magosso Takayanagui A.M., Domingo J.L., Segura-Munoz S.I. (2007). Heavy metals in untreated/treated urban effluent and sludge from a biological wastewater treatment plant. Environmental Science Pollution Research 14. 483-489.

Kadirvelu K., Thamaraiselvi K., Namasivayam C. (2001). Removal of havy metals from industrial wastewaters by adsorption onto activated carbon prepared from an agricultural soil waste. Bioresurce Technology 76. 63-65.

Li X., Shen S., Wai O.W.H., Li Y-Z. (2001). Chemical forms of Pb, Zn and Cu in the sediment profiles of the Pearl River estuary. Marine Pollution Bulletin 42. 215-223.

Chieti, 21/06/2013

Direttore Scientifico del progetto
Dr. Gianluigi Rosatelli