

Attuazione di un programma integrato di controllo per la mappatura delle coperture di cemento-amianto tramite riprese iperspettrali MIVIS

G. Campobasso (**), V.F. Uricchio (*) S. D'Arpa (*)

(*) Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca Sulle Acque-V.le F. De Blasio,5, 70132 Bari,
tel 0805820511, fax 0805313365

e-mail,vito.uricchio@ba.irsa.cnr.it, stefania.darpa@ba.irsa.cnr.it

(**) Regione Puglia, Area politiche per l'ambiente, le reti e la qualità urbana, Servizio ciclo rifiuti e bonifica
Via delle Magnolie, 8 ,70056 Modugno (BA), tel 080 540 7864, fax 080 540 4371

e-mail, g.campobasso@regione.puglia.it

Riassunto

L'esperienza dell'Assessorato alla Qualità dell'Ambiente della Regione Puglia per la mappatura delle coperture di cemento amianto ha privilegiato un approccio multidisciplinare e multilivello basato sull'utilizzo integrato di una serie di attività quali rilevazioni iperspettrali realizzate con il MIVIS (*Multispectral Infrared & Visible Imaging Spectrometer*), rilevazioni ottiche da elicottero e sinergiche attività di controllo diretto sul territorio finalizzato al riscontro a terra delle informazioni acquisite con le tecnologie del telerilevamento.

In particolare, le riprese iperspettrali sono state realizzate attraverso un volo con sensore MIVIS effettuato nell'ambito del progetto S.I.T.A.- Sistema Informativo per la Tutela dell'Ambiente, gestito dal Comando Generale Arma dei Carabinieri e finanziato dal PON 2000-2006 Sicurezza per lo Sviluppo del Mezzogiorno d'Italia Misura 1.3, mentre le attività di georeferenziazione ed interpretazione delle immagini telerilevate per la conseguente mappatura delle coperture di cemento-amianto, si sono svolte nell'ambito dell'azione di monitoraggio dei siti potenzialmente inquinati finanziata dalla Misura 1.8 del POR Puglia 2000-2006.

Il lavoro di mappatura eseguito dal CNR attraverso l'elaborazione dei dati iperspettrali raccolti, ha condotto oltre che all'individuazione e delimitazione di circa n. 5.000 tetti di amianto, di cui 2.751 con dimensioni superiori a 200 m² e 1.706 superiori a 500 m² anche alla acquisizione di informazioni relative allo stato di degrado delle coperture censite, caratterizzate da firme spettrali lievemente differenti ma discriminabili tra loro.

In aggiunta, nell'ambito di un Accordo Quadro per la Tutela dell'Ambiente realizzato tra Regione Puglia, il CNR, ARPA Puglia, il Comando Tutela Ambiente dei Carabinieri, la Guardia di Finanza ed il Corpo Forestale dello Stato, sono state condotte attività di controllo sia da elicottero, finalizzate al conteggio delle lastre, che a terra per avere riscontro diretto nelle situazioni di maggiore criticità.

L'integrazione di tali tecnologie di rilevamento ed interpretazione multilivello, è stata orientata all'individuazione dei responsabili di eventuali smaltimenti abusivi. I risultati ottenuti hanno altresì permesso alle Forze dell'Ordine e delle Polizie Municipali di pianificare, in maniera più mirata, le attività di controllo oltre che stimolare ed ottimizzare le azioni di messa in sicurezza e di bonifica.

Abstract

The experience of the Apulia Region - Environment Quality Department, in the mapping operations of asbestos cement roofing, has focussed on a multidisciplinary and multilevel approach, based on the integrated use of a series of activities such as hyperspectral measurements made with the MIVIS (*Multispectral Visible & Infrared Imaging Spectrometer*), optical surveys from helicopter and

synergic activities of direct control on territory involved, in order to confirm the information detected with remote sensing techniques, with the actual real situation of the territory.

Hyperspectral shots were taken by a flight MIVIS, realized under the project S.I.T.A.- Sistema Informativo per la Tutela dell'Ambiente, operated by the Comando Generale Arma dei Carabinieri and funded by PON 2000-2006 Sicurezza per lo Sviluppo del Mezzogiorno d'Italia - Misura 1.3, while, the activity of preprocessing and interpretation of remote sensing images for the mapping of asbestos-cement roofing, were conducted within the monitoring activities of potentially contaminated sites funded by Measure 1.8 of the POR Puglia 2000 -2006.

The mapping performed by the CNR, led to the identification and delineation of approximately 5000 roofs of asbestos, of which 2751 are larger than 200 m² and 1706 are over 500 m² and to the collection of information on the deterioration of roofings detected; degradation evidenced by spectral signatures slightly different but discriminable between them.

Moreover, within a Framework Agreement for the Environmental Protection between Apulia Region, CNR, ARPA Puglia (Regional Environmental protection and prevention agency), Comando Tutela Ambiente dei Carabinieri (Environment Protection Command of the Carabinieri), Guardia di Finanza and Corpo Forestale dello Stato, (State Forestry Department), helicopter flights were conducted in order to designed a series of control activities aimed to count asbestos sheets and to get direct feedback in most critical situations.

The integration of the results achieved from the use of these detection technologies with the data on the areas by the presence of illegal disposal, could allow to the identification of potential polluters.

The results achieved with the implementation of this multilevel and multidisciplinary work approach allowed to the police and municipal police to better plan the monitoring and remediation activities.

Introduzione

Il Decreto del Ministro dell'Ambiente n. 101 del 18 marzo 2003, ha avviato in Italia un percorso strutturato per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto, allo scopo di ridurre i relativi rischi legati e, attraverso la conoscenza delle situazioni di maggiore criticità, stimolare azioni di messa in sicurezza e bonifica di impianti industriali attivi o dismessi, di edifici civili e produttivi, di edifici pubblici interessati dalla presenza di amianto compatto o friabile (scuole di ogni ordine e grado, ospedali e case di cura, impianti sportivi, grande distribuzione commerciale, di istituti penitenziari, cinema, teatri, sale convegni, biblioteche, luoghi di culto, etc.).

Le caratteristiche dell'amianto, infatti, associate ai bassi costi di estrazione, in un particolare periodo storico, hanno fortemente contribuito al loro impiego per la produzione di manufatti utilizzati in ambito edile.

Le tecniche di telerilevamento iperspettrale da piattaforma aerea, e l'interpretazione dei dati derivanti dall'uso di tali tecnologie si sono dimostrate estremamente efficaci per l'individuazione e la mappatura di manufatti in cemento-amianto, sia con riferimento alla loro individuazione che per valutarne lo stato di degrado.

Tali tecnologie rappresentano un valido supporto ai metodi di censimento tradizionali delle coperture in cemento-amianto - sopralluoghi, ispezione viva delle superfici, campionamento e analisi in laboratorio - in quanto in grado di fornire alle autorità di governo una efficiente, rapida e ripetibile procedura di mappatura ambientale del territorio telerilevato e la possibilità di ricavare informazioni sull'esatta posizione di lastre di amianto danneggiate, quindi particolarmente pericolose (Bassani et al. 2007).

Anche al Regione Puglia, nell'ambito della programmazione degli interventi di individuazione e mappatura dei tetti in cemento-amianto presenti sul proprio territorio, ha potuto proficuamente utilizzare i dati ricavati da riprese iperspettrali, acquisite durante un volo realizzato nell'estate del 2004 sull'intera regione con un sensore MIVIS (*Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer*) di proprietà del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

I risultati delle attività di individuazione e georeferenziazione per la realizzazione della mappatura delle coperture di cemento-amianto presenti sul territorio pugliese oltre a fornire le prime risposte concrete agli impegni regionali ai sensi della L. 93/2001 e del D.M. 101 del 18/3/2003, sono state finalizzate alla definizione delle priorità di intervento in materia di bonifica da amianto. Tali informazioni sono confluite in un Sistema Informativo tematico riferito alla “Mappatura delle coperture di cemento-amianto” e consultabile sul portale ambientale dell’Assessorato alla Qualità dell’Ambiente della Regione Puglia (www.regione.puglia.it/ambiente), nonché nel software gestionale utilizzato dalle Forze dell’Ordine pugliesi allo scopo di completare gli accertamenti a terra e prevenire e contrastare eventuali smaltimenti illeciti dei rifiuti contenenti amianto.

Il presente lavoro intende dunque porre l’accento sull’approccio metodologico di tipo multidisciplinare e multilivello adottato nell’ambito di realizzazione di tali attività che, avvalendosi di un’ampia collaborazione interistituzionale, di una sussidiarietà e convergenza di finanziamenti e di azioni sinergiche ed integrate, ha condotto alla realizzazione ed attuazione di un articolato programma di controllo, per la pianificazione delle attività di bonifica e di contrasto degli smaltimenti abusivi connessi alla rimozione delle coperture di cemento amianto.

Le attività di Individuazione e mappatura delle coperture di cemento-amianto tramite analisi iperspettrali MIVIS

Il MIVIS (*Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer*) è uno strumento modulare costituito da 4 spettrometri che riprendono ed analizzano simultaneamente la radiazione proveniente dalla superficie terrestre nel campo del visibile, dell’infrarosso vicino (NIR), dell’infrarosso medio (MIR) ed in quello termico. Si tratta complessivamente di 102 canali nei quali i valori di radianza sono registrati in forma digitale automaticamente e simultaneamente su differenti tracce della memoria di massa collegata al MIVIS.

Nell’ambito delle attività di telerilevamento del territorio pugliese ai fini dell’individuazione e della mappatura dei tetti in cemento-amianto è stato utilizzato un sensore iperspettrale aviotrasportato MIVIS montato su aereo CASA 212/C. Con un piano di volo effettuato ad una quota relativa di 2500 m, sono state realizzate 124 strisciate per una lunghezza complessiva di circa 8100 km e le riprese effettuate hanno coperto in totale 1.932.671 ettari di terreno, corrispondente all’intera superficie della regione Puglia.

L’elevato numero e la tipologia dei canali di cui è dotato il sensore MIVIS ha permesso, oltre alla mappatura dei tetti in fibro-cemento, la rilevazione di altre caratteristiche ambientali finalizzate a realizzare una valutazione integrata delle informazioni acquisite per la redazione cartografie di tematiche orientate all’individuazione dei tetti di amianto e di cumuli di rifiuti contenenti amianto.

Il CNR per conto della Regione Puglia (D.G.R n. 1360 del 28.09.2005) ha condotto l’attività di pre-processamento radiometrico e geometrico delle riprese MIVIS, di georeferenziazione delle strisciate e di classificazione delle coperture ai fini dell’ubicazione dei siti individuati su base cartografica ed ortofotografica così come prescritto dal D.M. 101/2003.

Le coperture d’amianto sono state classificate attraverso utilizzo dell’algoritmo *Spectral Angle Mapper* - S.A.M che è un classificatore basato sulla teoria della corrispondenza spettrale, ovvero classifica in base alla similarità spettrale fra spettro di riferimento e spettro ottenuto, calcolando gli angoli fra gli spettri (Yuhas et al., 1992).

La metodologia adottata, così come schematizzato in figura ha previsto una prima fase di campionamento a terra, finalizzata all’individuazione di punti di controllo (Ground Control Point – GPC) distribuiti su tutto il territorio pugliese; i campioni individuati sono stati in seguito riconosciuti su ortofoto e riportati sulle strisciate MIVIS e usati come Region Of Interest (ROI) da classificare con l’algoritmo scelto, il S.A.M. La classificazione ottenuta è stata riportata su immagine MIVIS ed infine interpretata e digitalizzata su ortofoto (Fig.1).

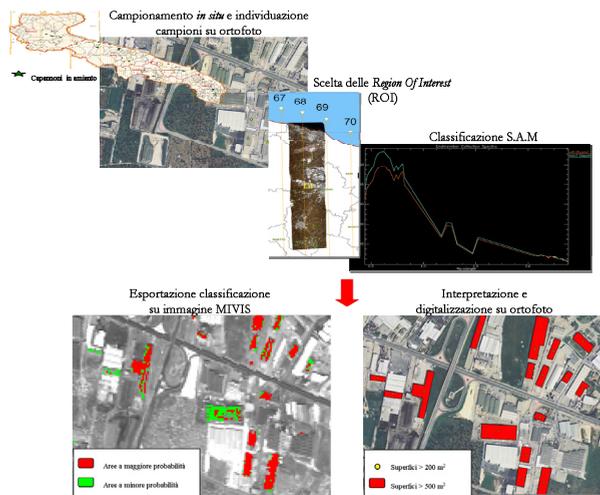


Figura 1 – Schematizzazione metodologia per l'individuazione e la mappatura delle coperture in cemento-amianto.

Integrazione ed implementazione nel Sistema informativo e pianificazione di interventi di rimozione e bonifica

I risultati delle attività di individuazione e mappatura delle coperture in cemento amianto sono stati strutturati in *layers* tematici integrati nei Web GIS già disponibili come servizi nei sistemi informativi della Regione Puglia (tra cui Banca Dati Tossicologica del Suolo e dei prodotti derivati – BDT, Perimsiti ed il Sistema Informativo Pugliese Ambientale SIPA).

In particolare il risultato della classificazione delle immagini MIVIS digitalizzata in vettoriale ha prodotto due *shape files* relativi alle dimensioni delle superfici d'amianto individuate al suolo.

I tematismi creati sono stati importati, come *layers* nel software sviluppato dal CNR-IRSA, *PerimSiti* che è un database contenente dati geografici ed alfa-numeriche concepito per agevolare le operazioni di controllo sul territorio da parte delle Forze dell'ordine con competenze ambientali e di perimetrazione dei siti potenzialmente contaminati allo scopo di dimensionare le successive attività di caratterizzazione, messa in sicurezza e bonifica dei siti (Fig.2).

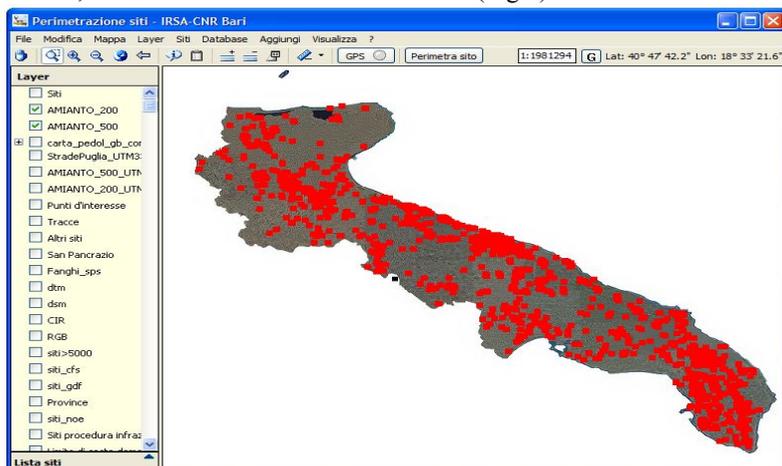


Figura 2 – Maschera del software Perimsiti con attivati i layers relativi ai siti caratterizzati da presenza di tetti di coperture in cemento-amianto.

I siti mappati come caratterizzati da presenza di coperture in cemento-amianto sono altresì serviti ad aggiornare l'Anagrafe dei siti da bonificare, una banca dati con cui la Regione Puglia gestisce e aggiorna i dati relativi alla presenza di siti contaminati nel territorio regionale implementata nell'ambito del S.I.T. "Banca dati tossicologica del suolo e dei prodotti derivati – BDT".

La BDT, che costituisce un tassello fondamentale del Sistema Informativo Ambientale Pugliese S.I.P.A., oltre a rendere immediatamente disponibili e facilmente consultabili informazioni riguardanti le principali caratteristiche ambientali della Regione, lo stato di inquinamento del suolo pugliese, le schede tossicologiche relative ai principali inquinanti, nonché le tecniche da utilizzare per la bonifica dei suoli interessati da inquinamento puntuale (industriale) e diffuso (agricolo), supporta la gestione delle emergenze in caso di rischio d'inquinamento consentendo l'estrazione d'informazioni sia grafiche che alfanumeriche utili alle decisioni sulle azioni da intraprendere in ordine alla valutazione dei rischi per la salute: tutti strumenti e funzioni che diviene strategico poter utilizzare nell'ottica dell'implementazione di un efficace programma integrato di controllo e di conseguente realizzazione di interventi di rimozione, bonifica e messa in sicurezza.

Una seconda fase del programma ha previsto inoltre, nell'ambito di un Accordo Quadro per la Tutela dell'Ambiente realizzato tra Regione Puglia, il CNR, ARPA Puglia, il Comando Tutela Ambiente dei Carabinieri, la Guardia di Finanza ed il Corpo Forestale dello Stato, l'integrazione delle attività di indagine MIVIS con azioni di controllo da elicottero ed a terra per ottenere un riscontro diretto nelle situazioni di maggiore criticità e programmare interventi di rimozione di manufatti e rifiuti contenenti amianto.

In particolare, ad oggi, nell'ambito dello svolgimento di tali attività di controllo a terra, oltre il 10% delle strutture mappate e classificate è stato opportunamente verificato dalle Forze dell'Ordine e dalle Polizie Municipali. I risultati dei riscontri a terra, in aggiunta hanno dimostrata l'elevata attendibilità degli algoritmi di classificazione e mappatura che ha raggiunto il 100% dei successi.

La mappatura dei tetti di amianto ha consentito l'individuazione di strutture realizzate in un determinato periodo storico, che presentavano ulteriori elementi di criticità e di rischio all'interno delle stesse ed ovviamente non registrabili con mezzi di telerilevamento, quali nastri e guaine per la coibentazione di tubazioni, di cavi elettrici vicini a sorgenti di calore intenso come forni, caldaie, ecc., barriere antifiamma, pannelli di fibre grezze compresse impiegati per la coibentazione di tubazioni, filtri costruiti con carta di amianto, o semplicemente con polvere compressa, impasti con altri materiali utilizzati come isolanti termici nei cicli industriali con alte temperature (es. centrali termiche e termoelettriche, industria chimica, siderurgica, vetraria, ceramica e laterizi, alimentare, distillerie, zuccherifici, fonderie) o come isolanti termici nei cicli industriali con basse temperature (es. impianti frigoriferi, impianti di condizionamento), etc.

Le strutture con tetti in cemento – amianto si sono rivelate particolarmente frequenti nelle aree industriali storicamente più datate tra cui Bari - Modugno, Foggia, Brindisi e Barletta, come anche si nota una notevole concentrazione di strutture in cemento-amianto nel Salento, scarsamente industrializzato, ma fortemente urbanizzato. Gran parte degli edifici classificati sono ancora in uso e solo alcuni sono stati abbandonati.

Le azioni di controllo effettuate con riferimento a situazioni mappate hanno consentito l'individuazione dei responsabili di smaltimenti abusivi di lastre in fibrocemento, in caso di indisponibilità di documenti atti a dimostrare la corretta rimozione da parte di ditte specializzate, iscritte all'Albo nazionale dei gestori ambientali. In aggiunta la disponibilità di fotografie "a volo d'uccello" realizzate da elicottero sui capannoni mappati ha consentito di relazionare la rimozione delle lastre a rinvenimenti di smaltimenti effettuati in discariche abusive, permettendo l'individuazione dei responsabili degli stessi smaltimenti.

Considerazioni conclusive

Le localizzazioni ottenute dall'attuazione del programma integrato attività di interpretazione delle immagini iperspettrali rilevate oltre a dimostrarsi altamente efficienti nel perseguire l'obiettivo di mappatura del suolo pugliese hanno consentito, andando ad integrare servizi e attività di controllo

svolte dalle forze dell'ordine pugliesi di: ottenere una corposa base di conoscenza finalizzata a pianificare in maniera più mirata le attività di controllo e di bonifica; individuare e prevenire gli smaltimenti abusivi di coperture; adottare idonee misure di prevenzione e protezione al fine di garantire la sicurezza nei luoghi di lavoro e di vita.

La disponibilità di informazioni strutturate in layers grafici resi disponibili in Sistemi informativi territoriali tra loro integrati ed interoperabili, permette la fruizione cooperativa e sinergica della conoscenza codificata, abilitando l'implementazione di procedimenti innovativi di analisi delle informazioni.

In aggiunta la collaborazione interistituzionale che ha coinvolto la Regione Puglia, l'ARPA, le Forze dell'Ordine ed il CNR, concorre significativamente ad incentivare processi di integrazione, favorendo la condivisione, oltre che di basi di dati, anche di esperienze strutturate in inferenze la cui addizione genera valore aggiunto, stimolando processi di efficienza nella realizzazione delle azioni di controllo.

Tale scenario di interoperabilità e di integrazione infrastrutturale, organizzativa e funzionale, rende possibile lo sviluppo di applicazioni innovative in grado di poter fornire risposte concrete nel campo della gestione delle risorse ambientali.

In tale direzione particolarmente interessante si è rivelata la gestione integrata dell'informazione che ha portato ad utilizzare le coperture di cemento-amianto quale utile indicatore per riconoscere il periodo storico di costruzione dell'edificio, orientando la ricerca di amianto anche all'interno della stessa struttura.

Riferimenti bibliografici

Bassani C., Cavalli R.M., Cavalcante F., Cuomo V., Palombo A., Pascucci S., Pignatti S., (2007). "Deterioration status of asbestos-cement roofing sheets assessed by analyzing hyperspectral data." *Remote Sensing of Environment*, 109, 361-378.

Yuhas, R.H., Goetz, A. F. H., and Boardman, J. W., (1992). *Discrimination among semiarid landscape. Endmembers using the spectral angle mapper (SAM) algorithm*. In Summaries of the Third Annual JPL Airborne Geoscience Workshop, JPL Publication 92-14, vol. 1, pp. 147-149.

D.G.R – 28 settembre 2005, n. 1360 POR Puglia 2000-2006 Misura 1.8 - azione 4 "monitoraggio siti inquinati". Sviluppo del sistema di riprese MIVIS per l'avvio dei lavori di mappatura dell'amianto in Puglia. Approvazione schema di convenzione con il CNR Istituto Inquinamento atmosferico - Progetto LARA.