Diritto all'ambiente®
www.dirittoambiente.com
Testata giornalistica on line

APPLICAZIONE DEL TELERILEVAMENTO NEL CENSIMENTO DELLE COPERTURE IN CEMENTO – AMIANTO

di Daniele Grandesso, Tecnico della Prevenzione Arpa Veneto

Una problematica ambientale e sanitaria tristemente nota e ancora diffusa nel territorio è la presenza di manufatti in cemento-amianto, prodotto industriale derivante dall'impasto di cemento con amianto (nelle varietà più utilizzate "crisotilo", "crocidolite" e, più raramente, "amosite") in concentrazione ponderale variabile fra il 4 ed il 14-20 %.

Tale prodotto, commercializzato con i nomi "eternit" (più conosciuto e divenuto sinonimo universale del materiale), "fibronit" e altri, è stato utilizzato nella costruzione dei più svariati manufatti, fra i quali canne fumarie, tubi, cisterne, lastre piane ed ondulate, tegole, sino ai vasi da fiori per giardino.

Questi manufatti, dagli inizi del '900 sino al 1994, hanno trovato larghissimo impiego in edilizia.

Il problema più diffuso, che crea maggior allarme sociale anche perché sotto gli occhi di tutti, è dovuto alla presenza pressoché ubiquitaria di edifici, sia civili che industriali, provvisti di coperture realizzate con lastre di tale materiale.

La presenza delle lastre, facilmente riconoscibili per la caratteristica colorazione grigio-chiaro e la forma prevalentemente ondulata, costituiscono una importante problematica ambientale, non tanto per la presenza di un singolo tetto in un determinato luogo (con le dovute eccezioni nel caso di tetti molto degradati), ma per l'enorme diffusione sul territorio di questo tipo di manufatti.

Si pensi che in un convegno tenuto nel 1999 da Assoamianto, in base alla quantità materia prima fornita alle aziende produttrici, si stimava la presenza nel territorio italiano di 1,8 miliardi di m^2 di coperture in cemento-amianto.

L'esposizione del cemento-amianto all'azione erosiva degli agenti atmosferici e biologici (dilavamento, piogge acide, muschi e licheni, grandine) determina negli anni una progressiva erosione della matrice cementizia, causando la progressiva liberazione di fibre amiantifere nell'ambiente esterno, tanto maggiore quanto più estesa è la copertura dell'edificio.

Si rammenta a tal proposito che la dispersione di fibre da coperture in cemento-amianto è valutata mediamente in circa 3 grammi per metro quadro per anno.

La Legge n. 257 del 1992 ha messo al bando tutti i prodotti contenenti amianto, vietandone la produzione, il commercio, l'importazione e l'impiego nei prodotti commercializzati dopo il 1994.

© Copyright riservato www.dirittoambiente.com - Riproduzione vietata
La pirateria editoriale è reato ai sensi della legge 18-08-2000 n° 248

La stessa norma ha previsto inoltre che le regioni effettuassero un censimento degli edifici nei quali erano presenti materiali o prodotti contenenti amianto.

La prima fase del censimento, rivolta innanzitutto ad individuare situazioni maggiormente a rischio (fabbriche di produzione di manufatti contenenti amianto, edifici pubblici o ad uso pubblico tipo scuole, caserme, ospedali, grossi complessi edilizi) in ragione anche della presenza di amianto friabile, è stata realizzata - più o meno completamente - sotto la supervisione iniziale delle ASL e successivamente delle ARPA.

Successivamente, con il Decreto 18/03/2003 n.101, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio ha stabilito le regole per la realizzazione della mappatura completa delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto nonché per la realizzazione degli interventi di bonifica di particolare urgenza.

La mappatura è stata prevista in due fasi successive: durante la prima fase i siti caratterizzati dalla presenza di amianto devono essere individuati e delimitati, mentre nella seconda fase è necessario selezionare i siti per i quali sono necessari interventi di bonifica urgenti.

Il Decreto prescrive inoltre che la mappatura delle zone interessate dalla presenza di amianto venga realizzata avvalendosi di sistemi informatici impostati su base territoriale, imponendo che i siti individuati siano precisamente ubicati su una base cartografica.

Purtroppo non tutte le regioni hanno ancora attivato tale procedura, che comporta la necessità di fondi del bilancio regionale da destinare ad hoc. Si pensi alla complessità e vastità di territori a vocazione sia industriale che agricola, per cui la modalità del censimento "porta a porta" risulta di difficile attuazione a causa dell'enorme impegno di mezzi e risorse umane, specie se delegata ad un unico organo di verifica.

Per tale motivo, grazie ai progressi della tecnologia moderna, si è sperimentata in varie zone d'Italia un'altra metodologia per il censimento delle coperture in cemento-amianto, già ampiamente utilizzata per il controllo dell'inquinamento e delle fonti di pressione ambientale, dello stato di salute della vegetazione, e nella repressione dei reati ambientali[1]: il telerilevamento.

Varie amministrazioni pubbliche hanno già impiegato positivamente tale applicazione, ad esempio i comuni di Broni (PV), Napoli, Roma, Peschiera Borromeo (MI), la Regione autonoma della Valle d'Aosta.

[1] "Le applicazioni del telerilevamento in campo ambientale", A. Franza, Diritto all'Ambiente - www.dirittoambiente.net;

© Copyright riservato www.dirittoambiente.com - Riproduzione vietata
La pirateria editoriale è reato ai sensi della legge 18-08-2000 n° 248

L'indagine avviata presso il comune di Broni (scelto a suo tempo per l'elevata concentrazione di coperture in cemento-amianto dovuta alla presenza di una delle maggiori fabbriche italiane di questo manufatto, attualmente dismessa) ha permesso di sperimentare l'applicazione del telerilevamento iperspettrale, permettendo di individuare e cartografare con accuratezza le superfici in cemento-amianto presenti nell'area. Tale indagine ha consentito inoltre di discriminare con sufficiente precisione la variabilità dello stato di alterazione fisica del materiale, riscontrata e confermata dai successivi controlli a terra.

Si definisce "telerilevamento" (*Remote Sensing*) la tecnologia che permette di acquisire informazioni su un oggetto, senza entrare in contatto fisico con esso.
Nel telerilevamento applicato al censimento del cemento-amianto viene utilizzato il sistema MIVIS (Multispectral Infrared and Visibile Imaging Spectrometer).
Il MIVIS è uno strumento, di tipo a specchio rotante, costituito da quattro spettrometri in grado di misurare la radianza della radiazione elettromagnetica (emessa o riflessa dalla superficie terrestre).

Foto 1 – Strumento MIVIS

Esso opera nel campo del visibile, del vicino infrarosso, del medio infrarosso e dell'infrarosso termico, per un totale di 102 canali, come riassunto nella sottostante tabella.

Regione spettrale	Numero di bande	Intervallo di lunghezze d'onda
Visibile e primo infrarosso	20	0.43 ÷ 0.83 μm
Vicino infrarosso	8	1.15 ÷ 1.55 μm
Medio infrarosso	64	2.0 ÷ 2.5 μm
Infrarosso termico	10	8.2 ÷ 12.7 μm

L'elevato numero di bande di registrazione permette di distinguere con notevole accuratezza i diversi tipi di superfici presenti nelle aree analizzate.

© Copyright riservato www.dirittoambiente.com - Riproduzione vietata
La pirateria editoriale è reato ai sensi della legge 18-08-2000 n° 248

L'apparecchiatura di rilievo viene installata su un aereo, che si muove seguendo percorsi definiti e regolari, scelti in modo da ottenere la copertura dell'intero territorio con l'unione delle immagini relative ai vari tratti di volo ("strisciate"). Una strisciata acquisita con il MIVIS, presenta normalmente queste caratteristiche:

L'immagine presenta alcune distorsioni derivate dalla geometria dello scanner e dall'effetto delle perturbazioni che disturbano la rotta dell'aereo durante il volo.

Nonostante le distorsioni vengano in parte corrette nella pre-elaborazione dei dati, ne permangono alcune rispetto alla cartografia di riferimento, che richiedono successivi aggiustamenti al fine di rendere l'immagine coerente con il sistema cartografico prescelto per la georeferenziazione dei siti.

Il procedimento di correzione si basa sull'interpolazione di punti di controllo al suolo aventi coordinate cartografiche note, cioè punti di riferimento precisamente identificabili sull'immagine (incroci stradali, ponti, elementi morfologici) e riscontrabili sulla cartografia di riferimento.

L'interpretazione numerica dei dati MIVIS viene stata effettuata definendo le classi di oggetti da investigare e, per ognuna di esse, individuando sull'immagine un numero di pixel rappresentativi (training set), da cui estrapolare le informazioni spettrali che permettono all'algoritmo classificatore di segmentare l'immagine. Foto aeree a colori acquisite contemporaneamente all'immagine MIVIS, nonché osservazioni a campo, permettono l'identificazione delle coperture presenti nell'area in esame, per la definizione del training set.

Si possono definire così diverse classi di cemento-amianto, differenziate sulla base del grado di alterazione fisica che ne caratterizza il comportamento spettrale nel visibile (determinato dalla differente colorazione) e nell'infrarosso. Il materiale, infatti, acquisisce con l'invecchiamento caratteri cromatici e strutturali diversi che ne influenzano la riflettività. Ai training set delle classi di cemento-amianto individuate si aggiungono quelli di altre superfici presenti nell'area in esame (manto stradale in asfalto o cemento, tipico di parcheggi o

© Copyright riservato www.dirittoambiente.com - Riproduzione vietata
La pirateria editoriale è reato ai sensi della legge 18-08-2000 n° 248

piazzali, coperture edilizie in alluminio) il cui comportamento spettrale, soprattutto in particolari situazioni di ripresa, può causare errori di classificazione da parte dell'algoritmo.

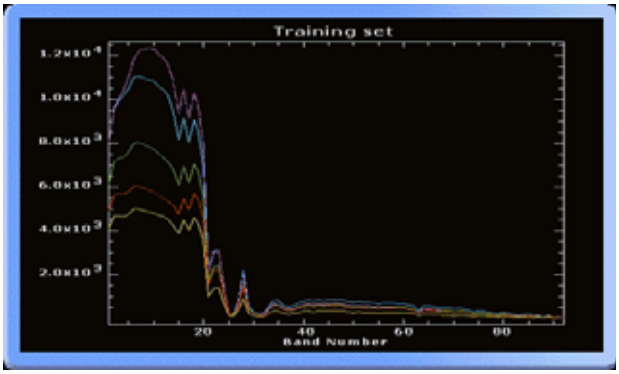

Foto 2 - Curve di radianza dei materiali investigati che ne evidenziano il diverso comportamento spettrale nei canali di ripresa del MIVIS

Con riferimento alle medesime classi d'informazione, si individuano a terra un congruo numero di coperture di edifici da utilizzare in sede di verifica dei risultati della classificazione (cd. testing set). Successivamente viene applicato un processo di interpretazione automatica dell'immagine telerilevata che associa gli elementi dell'immagine, cioè i pixel, alle classi le cui caratteristiche fisiche hanno un riscontro nella scena reale (classi d'informazione). La classificazione guidata si basa sulla conoscenza a priori di alcune aree campione, rappresentative delle superfici che si vogliono classificare, ben localizzate sull'immagine, le quali vengono utilizzate per guidare la classificazione di tutta la scena. In una prima fase del processo si estraggono dall'immagine i valori numerici del training set, determinando il comportamento spettrale (firme spettrali) di ciascuna categoria. Successivamente l'algoritmo di classificazione classifica i pixel dell'immagine, assegnandoli alle classi predefinite in base al confronto fra i loro valori di radianza ed i valori propri delle aree campione.

Nell'indagine commissionata dalla Valle d'Aosta, ad esempio, il sistema è stato calibrato per confronto con la presenza di tetti in cemento-amianto accertata da sopralluogo compiuto da tecnici dell'ARPA, utilizzando 95 siti di verifica distribuiti sull'intero territorio.Si è in questo modo pervenuti all'identificazione di siti a diversa probabilità di presenza di amianto:

- Certezza: campioni oggetto di verifica sul posto della presenza di cemento-amianto (utilizzati per la taratura del sistema).
- Alta-probabilità: campioni discriminati "con sufficiente ragionevolezza".
- Media-probabilità: campioni discriminati "con prudenza".

© Copyright riservato www.dirittoambiente.com - Riproduzione vietata
La pirateria editoriale è reato ai sensi della legge 18-08-2000 n° 248

Quest'ultima classe è stata prevista al fine di non escludere elementi di classificazione "dubbia" che potevano permettere, mediante eventuale verifica a posteriori, di valutare le reali potenzialità del sensore e della metodologia.

I campioni così identificati sono stati quindi trasposti su ortofoto estratte dalla cartografia tecnica regionale. Si è in questo modo pervenuti alla costruzione di un Sistema Informativo Geografico (GIS), che agevola il confronto con strati informativi di natura differente (vettoriali e raster). Laddove possibile, il campione identificato e georeferenziato è stato associato a fotografie di verifica.

Per ogni campione certo è stata elaborata una scheda con i dati riguardanti la posizione, la superficie complessiva, la tipologia della copertura, le eventuali analisi di laboratorio ed i rilievi fotografici ravvicinati.

Foto 3 – ortofoto con evidenziazione delle coperture in cemento-amianto a diversi stadi di degrado

Diverse sono le problematiche correlate nell'applicazione del telerilevamento e successiva classificazione delle immagini MIVIS.

Il dato telerilevato è legato innanzitutto alle condizioni climatiche in cui viene effettuato il volo ed alle caratteristiche dell'area oggetto di verifica, comportando variazioni nelle caratteristiche spettrali delle strisciate.

La morfologia del territorio può comportare deformazioni delle immagini in fase di correzione geometrica portando imprecisioni nella georeferenzazione, e quindi nella individuazione dei campioni e nel confronto della classificazione con ortofoto.

Fattori che possono influenzare il risultato sono inoltre l'orario e il giorno della ripresa, le differenti quote di volo nelle successive "strisciate", oltre all'utilizzo di dati non calibrati atmosfericamente. Tali variabili impongono un accurato utilizzo degli algoritmi di classificazione su ogni singola strisciata.

Ulteriori problemi sono legati alle differenti tipologie di coperture di cemento-amianto (ondulate, lisce).

© Copyright riservato www.dirittoambiente.com - Riproduzione vietata
La pirateria editoriale è reato ai sensi della legge 18-08-2000 n° 248

Si osservata, in alcuni casi, una limitata confusione spettrale della copertura in cemento-amianto con la copertura in asfalto, imputabile a situazioni locali in cui le coperture in cemento-amianto vengono particolarmente interessate dall'effetto di ombre.

Pur tenendo conto di queste limitazioni, le immagini iperspettrali MIVIS si sono dimostrate uno strumento molto utile nell'identificazione e nella mappatura delle coperture in cemento-amianto.

L'accuratezza della rilevazione relativa alle singole coperture risulta decisamente buona per il cemento amianto (94,92%) e per l'alluminio (98,91%), mentre è meno soddisfacente per l'asfalto (86,69%) e, soprattutto, per il cemento (79,57%).

Il telerilevamento MIVIS si è quindi confermato, anche per il censimento delle coperture in cemento-amianto, un valido supporto tecnico in materia ambientale.

Daniele Grandesso

Pubblicato il 22 giugno 2008

© Copyright riservato www.dirittoambiente.com - Riproduzione vietata
La pirateria editoriale è reato ai sensi della legge 18-08-2000 n° 248

Bibliografia consultata:

- Fondazione Lombardia per l'Ambiente www.flanet.org/ricerca/cementoamianto/index.html;
- "Le applicazioni del telerilevamento in campo ambientale", A. Franza, Diritto all'Ambiente www.dirittoambiente.net;
- "Mappatura delle coperture in cemento-amianto tramite riprese iperspettrali MIVIS" L. Busetto, M. Michieletti;
- "Il telerilevamento delle coperture di cemento-amianto con il sistema MIVIS" C. Albonico, F. Frassy.

© Copyright riservato www.dirittoambiente.com - Riproduzione vietata
La pirateria editoriale è reato ai sensi della legge 18-08-2000 n° 248