

LOCALIZZAZIONE DEGLI STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE NEL CONTESTO URBANISTICO E TERRITORIALE.

Alessandra Marino, Sergio Bellagamba, Fiorenzo Damiani, Mariano Ciucci, Alessio Rinaldini

ISPESL/DIPIA via Urbana 167 00185 Roma tel. 0646202325 fax 064744017 e-mail alessandra.marino@genie.it

SOMMARIO

Il Decreto Ministeriale del 9/5/2001, in attuazione di quanto previsto dall'art. 14 del D. Lgs. 334/99 stabilisce i "Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le aree interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante".

Obiettivo dell'applicazione del decreto è la verifica (analisi della vulnerabilità territoriale nei confronti degli incidenti rilevanti) e la ricerca (adozione di varianti agli strumenti pianificatori) della compatibilità territoriale e ambientale degli stabilimenti industriali.

Il telerilevamento e le tecniche GIS sono strumenti efficaci per la valutazione della vulnerabilità e per la verifica della compatibilità territoriale (sicurezza per la popolazione e le infrastrutture) e della compatibilità ambientale (protezione degli elementi naturali sensibili).

Pertanto le funzioni richieste dal D.M. del 9/5/01 possono essere agevolate e ottimizzate da queste metodologie innovative sia in fase di rappresentazione della situazione reale aggiornata, sia per la programmazione, ed in particolare per la predisposizione e la valutazione del documento "RIR".

1. INQUADRAMENTO NORMATIVO

1.1 Il Decreto Legislativo n.334/99

Il contesto urbanistico e territoriale in cui insiste uno stabilimento a rischio di incidente rilevante viene richiamato più volte nel D.Lgs 334/99.

In particolare il gestore, nell'ambito della sua politica di prevenzione degli incidenti rilevanti finalizzata alla salvaguardia dei lavoratori, della popolazione e dell'ambiente, deve fornire un scheda informativa che contiene la descrizione del territorio circostante lo stabilimento, con l'individuazione di eventuali recettori sensibili (quali scuole, ospedali, uffici pubblici, altri impianti industriali, nel raggio di 5 km).

La notifica deve contenere informazioni sull'ambiente circostante lo stabilimento e in particolare, l'individuazione degli elementi che potrebbero causare un incidente rilevante o aggravarne le conseguenze.

Il rapporto di sicurezza deve contenere una descrizione del sito su cui è impiantato lo stabilimento, relativamente agli aspetti geografici, meteorologici, geologici, idrografici.

Il piano di emergenza esterno sottintende un'analisi del territorio, nelle sue componenti antropiche e naturali, ai fini della programmazione degli interventi da attivare in caso di incidente.

L'art. 14 ("Controllo dell'Urbanizzazione") dedica esplicitamente l'attenzione al territorio circostante lo stabilimento, evidenziando l'importanza che l'uso del suolo ha nei confronti di un incidente rilevante. In particolare, articolo indica la possibilità di agire sul territorio, attraverso gli strumenti di pianificazione, per mitigare il rischio connesso alla presenza di uno stabilimento, mantenendo opportune distanze tra stabilimenti e zone residenziali, o adottando misure mirate a prevenire gli incidenti rilevanti o limitarne le conseguenze.

Tali misure di pianificazione consistono fondamentalmente in varianti che gli enti territoriali devono apportare ai propri strumenti di pianificazione, e possono essere applicate nel caso della progettazione di nuovi stabilimenti, di modifiche di stabilimenti esistenti tali da comportare un aggravio al livello di rischio preesistente (D.M. 9/8/00), e di programmazione di nuovi insediamenti civili e infrastrutture nelle vicinanze di stabilimenti esistenti.

Il comma 6 dell'art.14 prende invece in considerazione il caso di stabilimenti esistenti. Per essi si prescrive che qualora siano ubicati vicino a zone vulnerabili (frequentate dal pubblico, residenziali, o in particolare interesse naturale) il Comune deve invitare il gestore ad adottare misure tecniche complementari per contenere i rischi per le persone e per l'ambiente.

1.2 Il Decreto Ministeriale del 9 maggio 2001

In attuazione di quanto previsto dal citato art. 14 del D. Lgs. 334/99, il D. M. del 9/5/2001 stabilisce i "Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le aree interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante", che si applica al territorio circostante gli stabilimenti soggetti agli obblighi di cui agli articoli 6, 7 e 8 del D.Lgs.334/99.

Obiettivo dell'applicazione del decreto è la verifica (mediante l'analisi della vulnerabilità territoriale nei confronti degli incidenti rilevanti) e la ricerca (mediante l'adozione di varianti agli strumenti pianificatori o di particolari provvedimenti e azioni sul territorio) della compatibilità territoriale e ambientale degli stabilimenti industriali di cui all'art. 14 del D. Lgs. 334/99.

Per compatibilità territoriale si intende la garanzia di requisiti minimi di sicurezza per la popolazione e le infrastrutture; per compatibilità ambientale si intende un'adeguata protezione per gli elementi naturali sensibili al danno ambientale.

La pianificazione territoriale viene vista come strumento di prevenzione del rischio e mitigazione degli impatti legati alla presenza di stabilimenti a rischio di incidente rilevante, mediante l'attivazione di procedure di variazione delle diverse destinazioni programmate di uso del suolo.

Gli enti competenti individuati dalla legge sono le Regioni, con compiti di coordinamento, le Province e i Comuni, cui spetta di verificare la compatibilità degli strumenti di pianificazione con la presenza degli stabilimenti e di apportare le eventuali varianti ai propri strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

Ai fini della raccolta e diffusione di dati e informazioni utili per il controllo dell'urbanizzazione, i Ministeri competenti (Lavori pubblici e Ambiente) promuovono accordi con le Regioni, e si avvalgono dell'ANPA, dell'ISPESL, dell'ISS e del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco quali organi tecnici. I ruoli e la natura di tali informazioni è chiarita nel punto 7.2 delle Linee guida allegate al decreto, in cui si stabilisce che i Comitati Tecnici Regionali (di cui fanno parte rappresentanti degli enti sopra elencati) trasmettono alle autorità competenti per la pianificazione territoriale e urbanistica le informazioni contenute nel rapporto di sicurezza, le eventuali variazioni apportate alla stima delle aree di danno rispetto alle informazioni trasmesse dal gestore, gli elementi che possono essere presi in considerazione per un più corretto giudizio di compatibilità territoriale e ambientale (es. adozione di particolari provvedimenti tecnologici, di misure di carattere gestionale, di misure di allertamento e protezione degli insediamenti civili, adozione di misure tecniche complementari per il contenimento dei rischi per le persone e l'ambiente, di cui all'art.14, comma 6 del D.Lgs.334/99).

Il risultato dell'analisi condotta sui rapporti intercorrenti tra uso del suolo programmato e stabilimento a rischio deve essere riportata in un apposito documento "*Elaborato tecnico Rischio di Incidenti Rilevanti*" (RIR), che costituisce parte integrante dello strumento urbanistico.

La verifica della compatibilità viene effettuata nelle seguenti fasi:

- Individuazione degli elementi territoriali e ambientali vulnerabili. Ciò viene fatto integrando le informazioni fornite dal gestore nella scheda informativa, riguardo la descrizione del territorio nei 5 km circostanti lo stabilimento e lo strumento urbanistico esistente, che tiene conto degli usi del suolo attuali e programmati.
- Rappresentazione cartografica dell'inviluppo delle aree di danno che individuano la pericolosità territoriale dello stabilimento, in base ai dati forniti dal gestore o dal Comitato Tecnico Regionale. Il Decreto stabilisce la categorizzazione delle aree di danno rispettivamente territoriale e ambientale, la cui individuazione spetta al gestore nella fase di identificazione e valutazione dei rischi rilevanti, per i diversi scenari incidentali. Individuazione delle aree eventualmente non compatibili mediante sovrapposizione dei due insiemi di dati precedenti.

La vulnerabilità territoriale viene valutata mediante una categorizzazione delle aree in base al valore dell'indice di edificazione e all'individuazione di specifici elementi sensibili quali luoghi soggetti ad affollamento, luoghi in cui sono presenti soggetti con limitata mobilità, nodi di trasporto, insediamenti industriali, artigianali, agricoli, etc.. Si tiene inoltre conto della presenza/previsione di elementi di particolare rilevanza sociale, economica o culturale: infrastrutture di trasporto e tecnologiche lineari e puntuali, beni culturali-storico-architettonici. Spetta alle regioni integrare eventualmente l'elenco e la suddivisione in categorie forniti. La vulnerabilità ambientale viene valutata mediante individuazione di elementi ambientali sensibili, che comprendono: beni paesaggistici e ambientali di cui al D.Lgs.490/99, aree naturali protette, risorse idriche superficiali e profonde (aree di ricarica delle falde, acquiferi superficiali), determinati tipi di uso del suolo (aree coltivate di pregio, aree boschive). Per la valutazione della vulnerabilità tali elementi devono essere correlati al tipo di danno specifico che può essere prodotto dalla fenomenologia incidentale prevista, alla rilevanza ambientale e sociale della risorsa, alla possibilità di mettere in atto interventi di ripristino a seguito del danno.

I criteri di compatibilità territoriale sono riportati in apposite tabelle all'interno del decreto che definiscono quali tipi di uso del suolo sono ammessi all'interno delle diverse aree di danno. I criteri di compatibilità ambientale sono definiti in termini di "non compatibilità" per la presenza di elementi sensibili nelle aree di "danno grave" e compatibilità parziale (alcuni provvedimenti devono comunque essere presi) per la presenza nelle aree di "danno significativo". Oltre agli elementi vulnerabili, la compatibilità ambientale è determinata dalla presenza di fattori che possono aggravare le conseguenze di un eventuale incidente o influire negativamente sugli scenari incidentali (rischio sismico, idrogeologico) e anche dalla presenza di

elementi e situazioni che possono aggravare le conseguenze sulle persone e sul territorio del rilascio dell'inquinante nell'ambiente.

La compatibilità viene valutata prendendo in considerazione anche i possibili effetti indiretti derivanti dall'esercizio dello stabilimento o dallo specifico uso del territorio e tiene conto dell' eventuale impegno del gestore ad adottare le misure tecniche complementari di cui al comma 6 dell'art. 14 del D. Lgs. 334/99. La valutazione di compatibilità ambientale deve essere fatta solo nei casi di nuovi stabilimenti o di modifiche.

Infatti il Decreto 9 maggio 2001 si applica a:

- insediamenti di stabilimenti nuovi;
- modifiche agli stabilimenti di cui all'art. 10, comma 1 del D.Lgs. 334/99;
- nuovi insediamenti o infrastrutture attorno agli stabilimenti esistenti, quali ad esempio, vie di comunicazione, luoghi frequentati dal pubblico, zone residenziali, qualora l'ubicazione o l'insediamento o l'infrastruttura possano aggravare il rischio o le conseguenze di un incidente rilevante.

A seguito dell'analisi di compatibilità, le aree risultate non compatibili devono essere sottoposte a specifica regolamentazione.

Per quanto riguarda la realizzazione della compatibilità territoriale, le misure che è possibile adottare hanno come oggetto il territorio e sono fondamentalmente mirate a ridurre l'entità delle conseguenze e quindi la vulnerabilità delle costruzioni ammesse. Esse consistono in: varianti urbanistiche al tipo di uso del suolo programmato, creazione di infrastrutture e opere di protezione, adozione di misure gestionali, di specifici criteri progettuali e opportuni accorgimenti ambientali o edilizi, pianificazione della viabilità. Tali misure devono tenere conto delle eventuali misure complementari adottate dal gestore (di cui al comma 6 dell'art. 14 del D.Lgs.334/99) che hanno invece come oggetto lo stabilimento e sono mirate a ridurre la pericolosità mediante riduzione delle aree di danno. Le misure individuate devono essere accompagnate da una analisi socio-economica e finanziaria e di fattibilità tecnica e amministrativa degli interventi previsti.

Per quanto riguarda la realizzazione della compatibilità ambientale, nel caso di incompatibilità il Comune invita il gestore a programmare e trasmettere misure complementari atte a ridurre il rischio ambientale (comma 6 dell' art. 14 del D.L. 334/99). Nel caso di compatibilità parziale (danno significativo) bisogna comunque introdurre nello strumento urbanistico prescrizioni edilizie, urbanistiche, misure di prevenzione o mitigazione, particolari accorgimenti e interventi di tipo infrastrutturale, gestionale e territoriale per la protezione dell'ambiente, finalizzati alla riduzione della categoria di danno.

In base a quanto definito vengono aggiornati e adeguati gli strumenti urbanistici.

Questo decreto regola una problematica che ha un forte impatto sulla realtà territoriale italiana, dove negli ultimi decenni sono emerse numerose situazioni di incompatibilità fra attività industriali e territorio circostante a causa della cattiva gestione dello sviluppo urbanistico.

In realtà la crescita demografica ed economica ha implicato una notevole espansione delle aree urbane, spesso caotico (in alcuni casi con fenomeni di abusivismo). Per questo stabilimenti industriali inizialmente isolati sono stati inglobati a notevole intensità abitativa.

2. STRUMENTI DI SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA IN AREE A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE

Lo svolgimento delle funzioni richieste dal D.M del 09/05/01 può essere agevolato e ottimizzato da una serie di strumenti e metodologie innovative.

Il telerilevamento può costituire un valido ed efficace strumento per la pianificazione territoriale e urbanistica. Tale capacità deriva dalle caratteristiche intrinseche della metodologia, vale a dire che il dato telerilevato è sinottico, multitemporale, multispettrale.

La sinotticità permette di studiare ampie zone di territorio e di identificare e comprendere le interazioni fra le varie componenti territoriali.

La possibilità di effettuare varie riprese della stessa area (multitemporalità) permette di osservare e monitorare le variazioni nel tempo e di disporre sempre della situazione più aggiornata.

Inoltre la possibilità di indagare le superfici al di là del visibile (multispettralità) consente di comprendere importanti caratteristiche intrinseche degli elementi del territorio.

Il formato digitale consente elaborazioni dei dati che permettono la realizzazione di mappe utilissime come la carta di uso del suolo, che può essere efficacemente confrontata con cartografia tematica come quella relativa alla pianificazione territoriale e urbanistica, consentendo di rilevare le eventuali incongruenze.

E' comunque importante selezionare il tipo di dato telerilevato da utilizzare sulla base di esigenze fondamentali come la scala dei risultati desiderati. Per sfruttare appieno le potenzialità di questo strumento è necessario che i dati vengano sottoposti ad elaborazioni adeguate mirate all'estrazione del massimo contenuto informativo e alla loro rappresentazione in immagini effettivamente interpretabili anche da chi non abbia esperienza specifica nel telerilevamento.

Inoltre le immagini telerilevate necessitano comunque sempre di una validazione con dati di verità in sito.

I risultati tematici dell'elaborazione di immagini telerilevate possono essere efficacemente inseriti, insieme ad altri strati informativi, in sistemi informativi geografici (GIS). Questa metodologia di gestione dell'informazione territoriale permette di integrare, in forma di strati informativi, in una banca dati di tipo geografico informazioni anche molto differenti fra loro. I dati possono essere inseriti in vari formati: raster, vettoriali, puntuali, tabelle, ecc.). Esistono poi alcuni specifici operatori (analisi di prossimità, overlaying, analisi matriciale, ricodifica) che consentono una integrazione dei vari contenuti informativi e la realizzazione di specifiche mappe tematiche finali (es. mappe di rischio e vulnerabilità, visualizzazione di modelli relativi ad eventi incidentali).

Questi strumenti sono supporti efficienti e relativamente economici per la pianificazione territoriale e urbanistica, sia in fase di rappresentazione della situazione reale aggiornata sia per la programmazione, ed in particolare per:

- l'individuazione e la rappresentazione su base cartografica aggiornata degli elementi territoriali ed ambientali vulnerabili (Elaborato Tecnico "Rischio di incidenti rilevanti" - RIR; D.M del 9/5/2001);
- la rappresentazione su base cartografica dell'involuppo geometrico delle aree di danno per ciascuna delle categorie di effetti e per ciascuna classe di probabilità (Elaborato Tecnico "Rischio di incidenti rilevanti" - RIR; DM del 9/5/2001);
- l'individuazione e disciplina delle aree sottoposte a specifica regolamentazione da risultanti dalla sovrapposizione cartografica degli involuppi e degli elementi territoriali ed ambientali vulnerabili (Elaborato Tecnico "Rischio di incidenti rilevanti" - RIR; DM del 9/5/2001);
- la definizione della compatibilità territoriale e ambientale basata sui criteri e le indicazioni riportate in apposite tabelle all'interno del DM del 9/5/2001.

3. AREA DI STUDIO

Le metodologie proposte sono state applicate per lo studio dell'area di Pescara (Fig. 1).

L'area coperta dai dati telerilevati può essere considerata come la copertura territoriale appropriata per definire le condizioni ambientali che interagiscono con l'area industriale di Pescara.

L'area di studio, essendo localizzata in prossimità della costa, è caratterizzata dalla presenza di insediamenti produttivi, aree urbane e zone agricole, nonché da una certa vocazione turistica.



Figura 1. Area di studio

4. RISULTATI

Per lo studio dell'area di Pescara sono stati utilizzati i seguenti dati:

- ortofoto AIMA;
- cartografia IGM (1:25.000);
- immagini iperspettrale MIVIS;
- carte tematiche (geologia, idrogeologia, geomorfologia).

Come già evidenziato in precedenza risulta fondamentale la scelta del dato telerilevato da utilizzare sulla base di esigenze fondamentali come della scala dei risultati, e il contenuto informativo che si vuole ottenere.

A tale scopo il 30 settembre 1999 è stato realizzato un volo specifico ad una altitudine di 1500m e 2900m dal suolo. Per il rilievo è stato utilizzato un sensore iperspettrale MIVIS (Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer) che ha raccolto dati in 102 canali spettrali fra 0.43 e 12.7 μm .

Le immagini, radiometricamente calibrate, sono state georeferenziate utilizzando le ortofoto AIMA. Tale processo è stato effettuato con un algoritmo basato sui *Ground Control Points*, con interpolazione spaziale lineare e intensità di ordine zero (*nearest neighbour*).

Le immagini iperspettrali sono state elaborate per ottenere informazioni accurate e aggiornate sulle condizioni ambientali dell'area, al fine di evidenziare visualizzare e rappresentare gli elementi territoriali ed ambientali caratterizzati da particolare vulnerabilità, e per evidenziare situazioni di "incompatibilità". Fra i parametri rilevati si possono ricordare la qualità delle acque, lo stato di salute della vegetazione, e particolari fenomeni di inquinamento termico.

Per quanto riguarda le acque fluviali e marine i parametri di qualità visualizzati sono: la temperatura, il carico sedimentario, la torbidità, il contenuto di materia organica, l'eutrofizzazione, il contenuto di clorofilla, le eventuali fioriture algali, i fenomeni di inquinamento termico, chimico e organico; inoltre dall'elaborazione delle immagini sono state ottenute importanti informazioni sulle batimetrie, sulle caratteristiche dei fondali, sulla circolazione idrodinamica.

Per ottenere informazioni sullo stato della vegetazione (interessante indicatore delle condizioni ambientali di un sito), in prossimità degli insediamenti industriali presenti nell'area di studio, è stato calcolato l'indice della differenza normalizzata della vegetazione (NDVI o Normalized Difference Vegetation Index) tramite la relazione:

$$\text{NDVI} = (\rho_{\text{IR}} - \rho_{\text{R}}) / (\rho_{\text{IR}} + \rho_{\text{R}})$$

dove:

ρ_{IR} → riflettività di radianza nell'infrarosso vicino

ρ_{R} → riflettività di radianza nel rosso

In effetti la tecnica ha consentito di individuare alcune situazioni critiche nelle vicinanze di alcune attività industriali.

L'applicazione della tecnica di visualizzazione *density slice* nell'infrarosso termico ha consentito di investigare e valutare le possibili anomalie o problematiche relative a fenomeni di inquinamento termico, anche delle acque, nelle vicinanze degli insediamenti industriali studiati. Ad esempio sono state evidenziate la presenza di alcuni canali di scarico di acque calde, provenienti da un impianto industriale, immessi nel Fiume Pescara, e le modificazioni indotte nell'andamento termico del corso d'acqua naturale. Anche nell'area del porto è stato possibile osservare una anomalia prodotta dalla presenza di un impianto di depurazione di acque reflue.

Un dato importante a supporto della pianificazione territoriale ed urbanistica è costituito da una aggiornata ed affidabile carta di uso del suolo. La classificazione del territorio di Pescara è stata realizzata utilizzando sia algoritmi *unsupervised* (K-means) che *supervised* (Maximum Likelihood e Neural Net).

Intuitivamente sembrerebbe che più bande si utilizzano per la classificazione, migliore saranno i risultati. In realtà esiste generalmente un numero relativamente piccolo di bande ottimali, poiché il contenuto informativo di una banda rilevante può essere "contaminato" da dati non significativi in altre bande molto correlate fra loro, con una conseguente diminuzione di accuratezza. Questo problema è particolarmente acuto quando viene utilizzato un numero elevato di bande correlate. La decisione relativa a quali bande, originali o sintetiche, utilizzare ha implicato lo studio dei singoli istogrammi e della separabilità fra bande. L'analisi delle componenti principali ha superato il problema rappresentato dall'alto grado di correlazione fra bande, definendo un nuovo sistema di coordinate proiettate in direzione dei componenti principali, cioè lungo in massimo *range* di dispersione. Il prodotto è costituito da una serie di bande sintetica a contenuto informativo progressivamente decrescente (oltre la terza si trova solo "rumore"). L'applicazione di questa tecnica ha consentito la creazione di 13 bande sintetiche ad alto contenuto informativo che sono state utilizzate per le classificazioni.

Le classificazioni *unsupervised* di tipo classico e alternativo hanno fornito informazioni che, integrate con l'interpretazione e la conoscenza del territorio e sulla base informativa tematica, hanno permesso di identificare i campioni da utilizzare con le tecniche di classificazione *supervised*.

Fra i tre classificatori *unsupervised* utilizzati quello che ha dato i migliori risultati in termini di separabilità delle classi è risultato essere l'algoritmo K-means. La significatività statistica dei campioni è stata valutata attraverso l'analisi degli istogrammi, degli *scatterplots*, della statistica delle firme spettrali e della separabilità delle classi. La classificazione Isodata ha identificato 34 classi che sono state aggregate in

13 classi rappresentative (suoli, vegetazione, urbanizzato, industriale, viabilità) sulla base dell'interpretazione e della conoscenza del territorio.

L'algoritmo "massima verosimiglianza" è stato applicato per ottenere una classificazione *supervised* dell'uso del suolo. Tale classificatore calcola quantitativamente sia la varianza che la correlazione della risposta spettrale in ogni classe quando classifica un pixel sconosciuto. Per fare ciò si assume che la distribuzione nelle classi sia di tipo Gaussiano. La classificazione ha consentito di ottenere una mappa di uso del suolo con 13 classi differenti (Fig. 2).

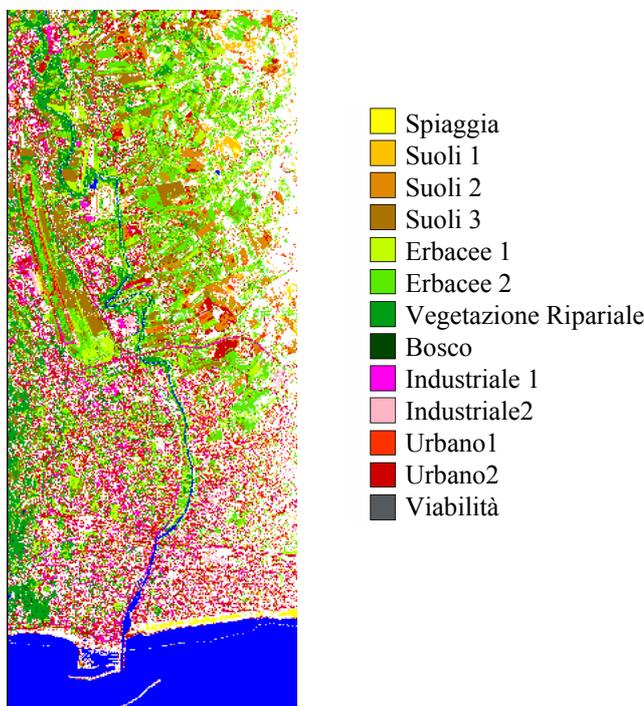


Figura 2. Classificazione dell'area di studio

Un ulteriore elemento di interesse del lavoro è costituito dal confronto fra i risultati dell'applicazione di tecniche di classificazione tradizionali (MLC) e quelli ottenuti da approcci differenti (*neural net*).

Per la classificazione tramite reti neurali è stato utilizzata una rete del tipo *Perceptron* con addestramento *back propagation* con 13 canali in input (2 unità per ciascun canale), due *layers* intermedi e 16 classi di output. Questo sistema di classificazione non ha fornito comunque un contenuto informativo superiore alla metodologia tradizionale, come invece si verifica nell'analisi di superfici molto accidentate con presenza di zone in ombra.

Le mappe di uso del suolo ottenute, opportunamente georeferenziate, sono state inserite nel GIS e integrate con altre informazioni come idrogeologia, geomorfologia litologia, struttura geologica, stratigrafia, ortofoto, localizzazione degli insediamenti produttivi, caratteristiche delle industrie ad alto rischio di incidente rilevante, insediamenti urbani, altre mappe tematiche elaborate, inserite nel GIS come strati informativi.

Il software EASI-PACE (PCI) ha consentito di considerare ed elaborare informazioni sia in formato raster (come le mappe di uso del suolo) che in formato vettoriale (come la localizzazione degli insediamenti industriali a rischio di incidente rilevante). L'elaborazione è stata realizzata utilizzando tipici operatori GIS come l'indicizzazione, la ricodifica, l'analisi matriciale, e l'analisi di prossimità. L'analisi matriciale assegna un differente valore in uscita ad ogni unica combinazione di valori in entrata. L'analisi di prossimità crea uno strato informativo che riporta le successive aree di prossimità (distanza) da una specifica entità o da un gruppo di entità. La scelta degli indici, dei valori di ricodifica, dei pesi e delle matrici è stata basata sulla bibliografia, sull'esperienza personale e sulla conoscenza dell'area. La ricodifica e l'indicizzazione sono state applicate per ottenere un numero ridotto di classi per ogni strato, al fine di una migliore comprensione del contenuto informativo.

Sono state analizzate le possibili interazioni fra insediamenti industriali, con particolare riguardo a quelli a rischio di incidente rilevante, aree urbane e altre componenti ambientali e territoriali. Questo ha consentito la creazione ed elaborazione di differenti strati tematici come mappe di qualità, vulnerabilità, rischio e

impatto, con la visualizzazione di modelli relativi ad eventi incidentali, come supporto per la pianificazione urbanistica e territoriale.

In Figura 3 sono riportate l'individuazione e la rappresentazione degli elementi territoriali ed ambientali vulnerabili nell'intorno di un insediamento compreso nel campo di applicazione dell'art. 8 del D. Lgs. 334/99, un deposito di GPL. Si può notare la presenza, nelle vicinanze dell'attività produttiva, di un aeroporto, di un centro commerciale, di uno stadio, di una superstrada, di zone residenziali, di un corso d'acqua, di altri insediamenti industriali (Fig. 4).

Nella Figura 5 è riportata la rappresentazione dell'involuppo geometrico delle aree di danno da flash fire (evento più probabile sulla base delle informazioni fornite dal gestore), si può notare fra l'altro la presenza, nella zona di letalità, della superstrada e di altri insediamenti industriali.

Nella Figura 6 sono riportate l'individuazione e la rappresentazione degli elementi territoriali ed ambientali vulnerabili nell'intorno di un insediamento compreso nel campo di applicazione dell'art. 6 del D. Lgs. 334/99, cioè alcuni serbatoi di idrocarburi. Si può notare che questi serbatoi sono inseriti in un'area portuale cittadina, caratterizzata fra l'altro dalla presenza di zone residenziali densamente abitate, di un porto turistico e di un grande mercato ortofrutticolo (Fig. 7 e 8).

Si ricorda comunque che il Decreto 9 maggio 2001 si applica a:

- insediamenti di stabilimenti nuovi;
- modifiche agli stabilimenti di cui all'art. 10, comma 1 del D.Lgs. 334/99;
- nuovi insediamenti o infrastrutture attorno agli stabilimenti esistenti, quali ad esempio, vie di comunicazione, luoghi frequentati dal pubblico, zone residenziali, qualora l'ubicazione o l'insediamento o l'infrastruttura possano aggravare il rischio o le conseguenze di un incidente rilevante.

Quindi non si applica nei casi sopra riportati, anche se l'analisi consente di evidenziare le potenzialità del telerilevamento e GIS come strumenti di supporto per la pianificazione urbanistica e territoriale e per verificare la compatibilità fra insediamenti produttivi a rischio di incidente rilevante, realtà territoriale e ambiente.

5. CONCLUSIONI

Il telerilevamento e le tecniche GIS sono strumenti efficaci per la valutazione della vulnerabilità e per la verifica della compatibilità territoriale (garanzia di requisiti minimi di sicurezza per la popolazione e le infrastrutture) e della compatibilità ambientale (protezione degli elementi naturali sensibili) degli stabilimenti industriali di cui all'art. 14 del D. Lgs. 334/99.

Pertanto le funzioni richieste dal D.M. del 9/5/01 possono essere agevolate e ottimizzate da queste metodologie innovative sia in fase di rappresentazione della situazione reale aggiornata, sia per la programmazione, e in particolare per la predisposizione e la valutazione del documento "Elaborato tecnico Rischio di Incidenti Rilevanti" – RIR.

BIBLIOGRAFIA

- [1] P.A. Brivio, G.M. Lechi & E. Zilioli, *Il telerilevamento da aereo e da satellite*, Milano: Edizioni Delfino, (1990).
- [2] P.A. Brivio, & E. Zilioli, *Il telerilevamento da satellite per lo studio del rischio ambientale*, Roma: Edizioni dell'Ulisse (1995).
- [3] M. Ciucci, A. Marino, S. Bellagamba, R. Delle Piane, G. Ludovisi, A. Moccaldi "Metodologie innovative per lo studio e la valutazione dell'impatto delle attività produttive sul territorio, come supporto alla pianificazione urbanistica e territoriale" *atti dell'8° Convegno di Igiene Industriale*, Corvara (BZ) 20-22 marzo 2002 (2002).
- [4] A. Marino, M. Ciucci, G. Ludovisi & A. Moccaldi "Remote Sensing as a support for Urban and Land-Use Planning" *Proceedings SPIE International Symposium on Optical Science and Technology*, Seattle 7-11 Luglio 2002 (2002).

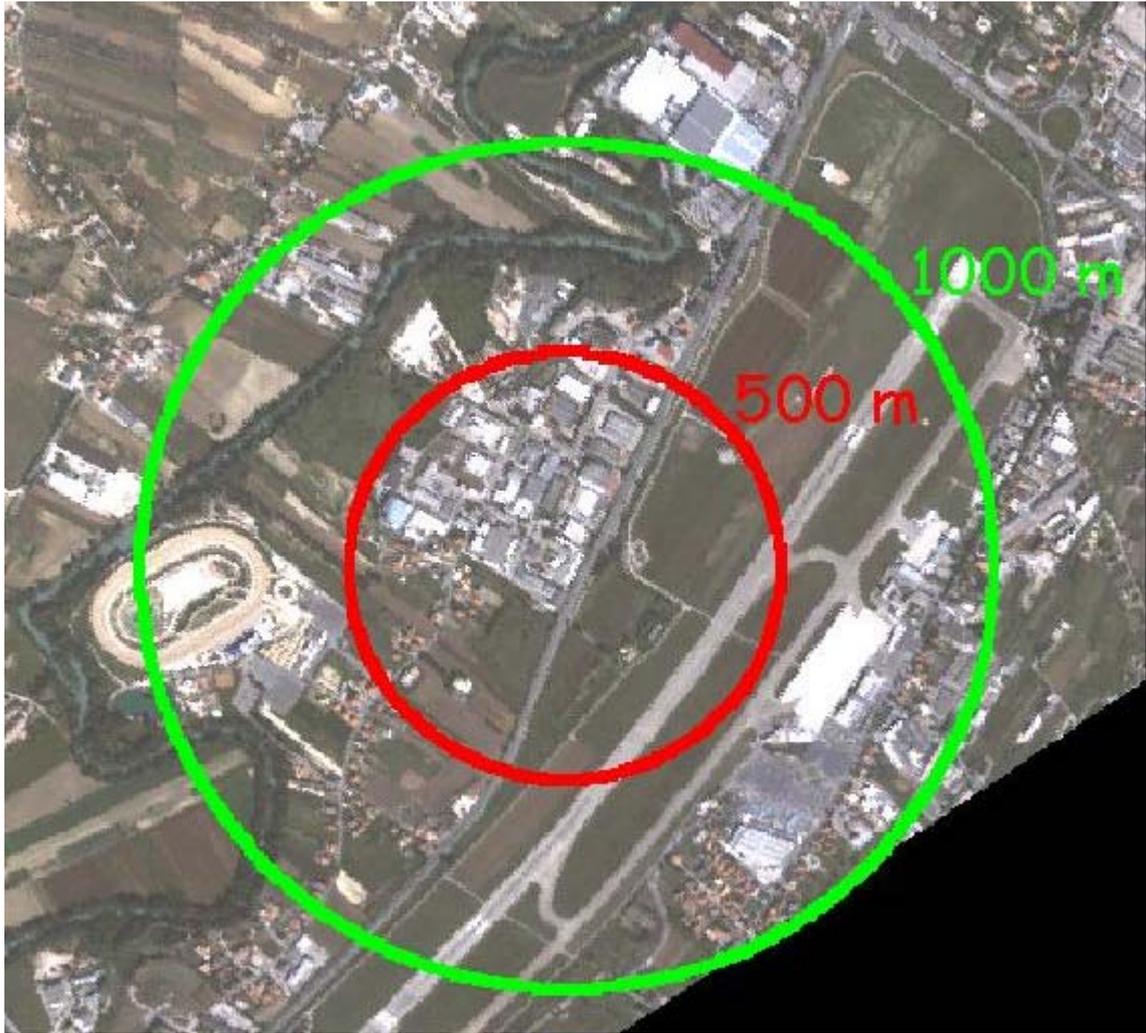


Figura 3. Impianto art.8 D.Lgs. 334/99: individuazione degli elementi territoriali ed ambientali vulnerabili



Figura 4. Impianto art.8 D.Lgs. 334/99

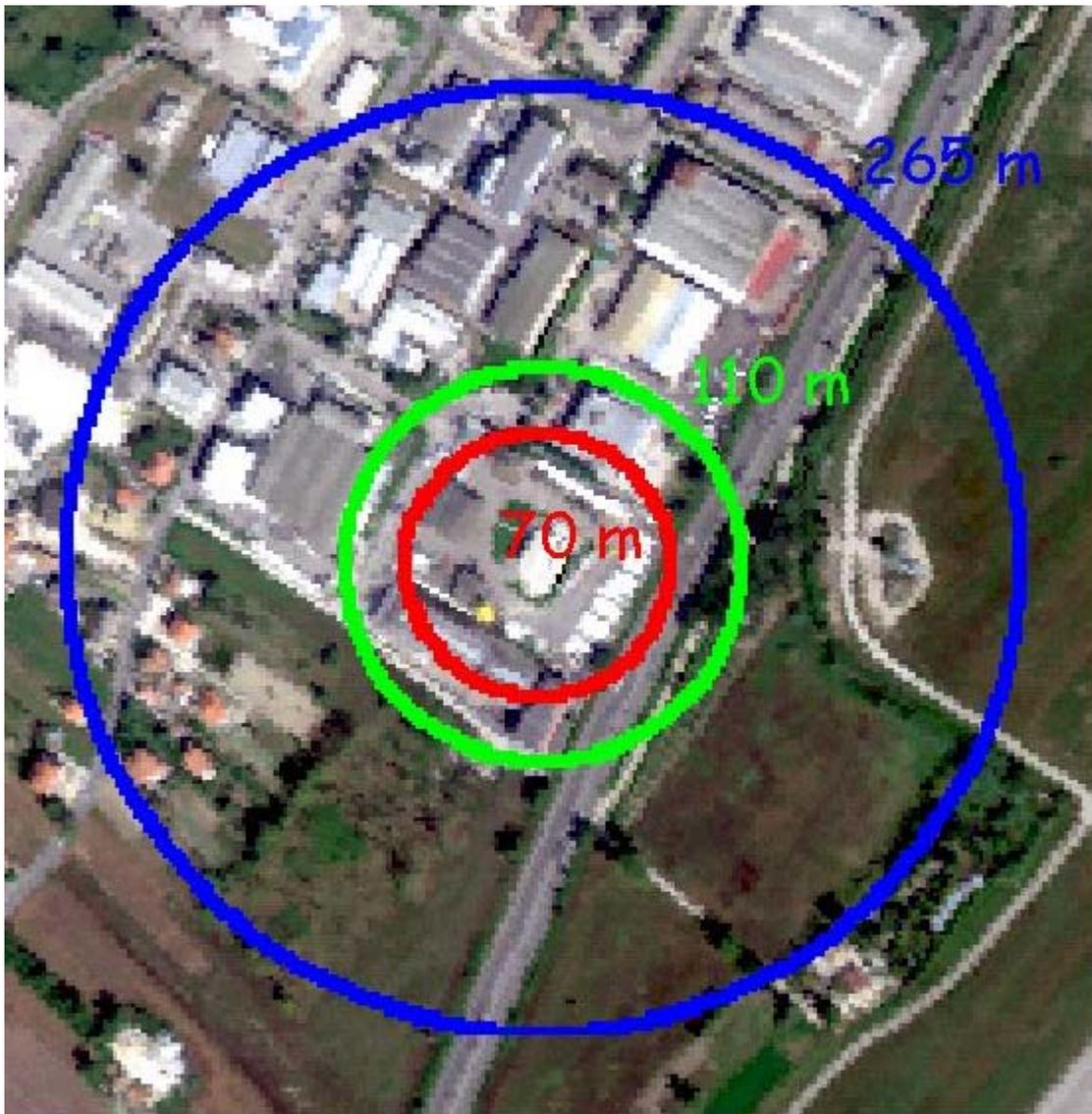


Figura 5. Impianto art.8 D.Lgs. 334/99: rappresentazione dell'inviluppo geometrico delle aree di danno da *flash fire*; in rosso elevata letalità, in verde letalità, in blu lesioni irreversibili.



Figura 6. Impianto art.6 D.Lgs. 334/99: individuazione degli elementi territoriali ed ambientali vulnerabili



Figura 7. Impianto art.6 D.Lgs. 334/99



Figura 8. Impianto art.6 D.Lgs. 334/99