

UTILIZZO DI DATI TELERILEVATI MIVIS A SUPPORTO DELLE DECISIONI NELLA
PIANIFICAZIONE TERRITORIALE.

UN CASO DI STUDIO: L'AREA PORTUALE DI GIOIA TAURO.

L. FIUMI¹, G. QUATTRONE²

SOMMARIO

Le analisi ambientali nella pianificazione territoriale rivestono un ruolo determinante. Maggiore è il loro grado di dettaglio e maggiormente si consente di capire i processi e le dinamiche di trasformazione del territorio e del paesaggio.

Le indagini da telerilevamento MIVIS in tal senso costituiscono un valido strumento per la lettura del territorio. Le caratteristiche del sensore MIVIS, 102 bande, l'elevata risoluzione spaziale a terra con un pixel fino a 3 metri, nonché l'elevatissima risoluzione spettrale da 0,43 a 12,70 micron ne fanno infatti uno strumento unico "(Fiumi *et al.*, 2004)".

Il paper intende presentare un lavoro, attualmente in corso, frutto di una collaborazione tra ricercatori con diverse competenze dell'Istituto sull'Inquinamento Atmosferico, che apre nuove prospettive nel settore delle indagini territoriali; un nuovo approccio metodologico che parte dalla conoscenza certa ed univoca del territorio per arrivare a fornire elementi concreti finalizzati ad interventi di gestione e pianificazione del territorio. Il territorio studiato è la Piana ed il porto di Gioia Tauro; la scelta è ricaduta proprio su quest'area perché si rivela centrale per l'intera economia regionale e perché caratterizzata dalla coesistenza di insediamenti produttivi, porto, urbanizzazione, insediamenti turistici ed aree agricole. Lo

Consiglio Nazionale delle Ricerche- Istituto sull'Inquinamento Atmosferico

¹ c/o Consorzio per l'Università di Pomezia, Via Pontina km. 31.400, 00040 Pomezia, Roma, Italia, e-mail fiumi@iia.cnr.it

⁽²⁾ c/o Università Mediterranea di Reggio Calabria, Dipartimento di Progettazione della Città e del Territorio, via Melissari, contr.da Feo di Vito, 89100 Reggio Calabria, Italia e-mail g.quattrone@iia.cnr.it

sviluppo di quest'area, a ritardo di sviluppo economico, si basa essenzialmente sulla valorizzazione delle risorse naturali e sulla implementazione, valorizzazione e organizzazione in filiera delle produzioni agricole. In questo contesto le analisi si rivelano indispensabili non solo per monitorare gli impatti negativi sull'ambiente sia delle attività portuali che delle attività agricole, ma anche in termini strategici come strumento di supporto alle decisioni per costruire un modello di sviluppo a basso impatto ambientale per essa.

Il lavoro sull'area portuale di Gioia Tauro, è strutturato in due parti: la prima parte, mira ad evidenziare come il telerilevamento da aereo con dato MIVIS (Multispectral Infrared Visible Imaging Specrometer) permette lo studio e la comprensione di fenomeni in altro modo non investigabili e soprattutto, rappresenta uno strumento per la conoscenza dell'ambiente di realtà complesse e diversificate come appunto le aree portuali. Nella seconda parte del lavoro, le informazioni prodotte dal dato telerilevato vanno a supporto di programmi/proposte mirate ad interventi di recupero e tutela ambientale.

Più nel dettaglio le metodologie utilizzate, sulla vasta area della Piana di Gioia Tauro, hanno permesso di individuare :

- le diverse tipologie edilizie sia industriali, che residenziali, le infrastrutture di collegamento del territorio;
- le anomalie superficiali delle acque del mare e dei corsi d'acqua, in modo sinottico evidenziando la distribuzione aerale e la temperatura, indicatore di una modifica in atto nell'ambiente;
 - la caratterizzazione delle diverse specie arboree e lo stato della vegetazione e stadio fenologico e stato fitosanitario mediante indici.

Successivamente l'elaborazione dei dati analitici ha permesso di individuare le situazioni di rischio e gli ambiti sensibili di questa porzione di territorio con particolare interesse ai fenomeni di inquinamento ed erosione. Altre interpretazioni, più accurate, delle analisi hanno consentito di redigere opportuni quadri di compatibilità ambientale di base per gli strumenti urbanistici e di individuare particolari unità minime paesaggistiche che si configurano quali areali vocazionali su cui puntare per lo sviluppo sostenibile dell'area.

1. INTRODUZIONE

Tutti noi assistiamo a cambiamenti rapidi, tangibili e contrastanti nell'utilizzazione del territorio, che stanno rimodellando i paesaggi e modificando l'ambiente, come mai prima d'ora.

Riconoscere la complessità della realtà urbana ha suggerito l'esplorazione di nuovi metodi d'indagine, di pianificazione, e indirizzato un crescente interesse verso un lavoro pluridisciplinare. Ultimamente, i dati provenienti da telerilevamento hanno illustrato la velocità di questi cambiamenti indotti dall'uomo. Tale tecnica non rappresenta semplicemente un contributo aggiuntivo rispetto a metodologie di indagine in sito di per sé esaustive, ma si inserisce nello scenario della pianificazione come un nuovo strumento che permette la comprensione di fenomeni altrimenti investigabili solo in parte. Le diverse tecnologie di telerilevamento come è noto permettono lo studio e la comprensione di fenomeni in altro modo non investigabili e, soprattutto, rappresentano un moderno ed efficace strumento di controllo ambientale, di realtà complesse e diversificate come appunto le aree costiere.

Infatti, l'antropizzazione dei territori in particolare lungo le fasce costiere, ha comportato e comporta ancora oggi, la indiscriminata cementificazione dei litorali, spesso con distruzione anche della caratteristica vegetazione, con conseguenze sull'erosione dei litorali. A questi interventi si aggiungono la coesistenza di scarichi di sostanze inquinanti trasportate in sospensione da canali che giungono in mare direttamente o attraverso le fognature.

In tale ottica, il CNR, (Consiglio Nazionale delle Ricerche) ha deciso di dedicare particolare attenzione al problema del telerilevamento in particolare al monitoraggio ed al controllo del territorio dando il via al LARA (Laboratorio Aereo Ricerche Ambientali), finalizzato all'acquisizione di dati telerilevati da piattaforma aerea con uno strumento denominato MIVIS (Multispectral Infrared Visible Imaging Spectrometer) . Oltre alla sua elevatissima risoluzione spettrale, lo strumento possiede un'altrettanta elevata risoluzione spaziale con un pixel di pochi metri (3 m x 3 m). Per ulteriori dettagli cfr. Bianchi *et al.*, (1996).

Tabella 1 - Caratteristiche tecniche del sensore aerotrasportato MIVIS

Spettrometro	Regione dello Spettro	Numero Bande	Intervallo Spettrale Micron
I	Visibile	20	0.43-0.83
II	Infrarosso Vicino	8	1.15-1.55
III	Infrarosso Medio	64	2.0-2.5
IV	Infrarosso Termico	10	8.2-12.7

Tali caratteristiche permettono una grande precisione di analisi nel riconoscimento di elementi di arredo urbano e, nel caso specifico, di materiali di rivestimento delle coperture, come laterizi, materiali lapidei, asfalto, piombo, rame, cemento-amianto, ecc.

Uno strumento innovativo per lo studio delle aree antropizzate, con enormi possibilità di conoscenze non ancora del tutto sfruttate.

Lo studio presentato ed illustrato in questo articolo è parte di un progetto di ricerca inizialmente finanziato con l'ISPESL, DIPIA, nell'anno 2006, attualmente le attività stanno proseguendo con l'obiettivo di mirare le informazioni prodotte dal dato telerilevato a supporto di programmi/proposte finalizzate ad interventi di recupero e tutela ambientale.

Il lavoro, sull'area portuale di Gioia Tauro, è strutturato in due parti:

- la prima parte, mira ad evidenziare come il telerilevamento da aereo con dato MIVIS (Multispectral Infrared Visibile Imaging Specrometer) permette lo studio e la comprensione di fenomeni in altro modo non investigabili e soprattutto, rappresenta uno strumento per la conoscenza dell'ambiente di realtà complesse e diversificate come appunto le aree portuali. A questo proposito si illustrano una metodologia di classificazione di elementi e materiali, e delle analisi termiche sulle acque e sul suolo
- la seconda parte del lavoro, le informazioni prodotte dal dato telerilevato vanno a supporto di programmi/proposte mirate ad interventi di recupero e tutela ambientale .

2. DATI E SOFTWARE UTILIZZATI

Dati MIVIS acquisiti nell'anno 2005, con una risoluzione al suolo del pixel di 4m x 4m
Carta Tecnica Regionale vettorializzata in scala 1:10.000.

Software utilizzati

ENVI 4.0 per l'elaborazione dei dati telerilevati;

ARCGIS 8.3 per l'estrazione del DTM e overlay tra dati;

AUTOCAD 2004 per la gestione della cartografia vettoriale

3. AREA DI STUDIO

La scena è stata acquisita con il sensore MIVIS un' area costiera della Calabria nel tratto che va dall'abitato di S.Ferdinando a quello di Gioia Tauro, con incluso il Porto di Gioia Tauro, vedi figura 1.



L'area portuale di Gioia Tauro (RC) è collegata all'autostrada A3 Salerno-Reggio Calabria, mentre la viabilità interna è costituita da un'asse attrezzato di 3 km circa, che separa l'area portuale dall'area agricola.

Sempre nell'immagine si individua, a nord del porto, il terminal containers collegato alla rete ferroviaria nazionale. L'area è caratterizzata da un ampio avamposto difeso da due moli convergenti, denominati sud e nord, della lunghezza complessiva di circa 1500 m, imbasati su un fondale massimo di 20 m e protetti da una mantellata di dolos da 30 t, parzialmente rinforzati con profilati metallici, disposti secondo una particolare configurazione spaziale. All'avamposto segue una lunga darsena operativa, ricavata nella terraferma e protetta, dal lato mare, per un tratto di 600 m da un'opera a scogliera, con mantellata di dolos, da 15 t, per i restanti 2800 m da paratie destinate ad essere protette da idonea scogliera allorquando l'erosione in atto ne avrà scalzato il piede.

Figura 1 - Gioia Tauro ripresa MIVIS acquisita nell'anno 2000 con una risoluzione al suolo del pixel di 4m x 4m. Questa sintesi RGB riproduce le colorazioni reali della superficie investigata.

4. CARATTERIZZAZIONE TERMICA DELLE ACQUE

Nello studio dei parametri che caratterizzano la qualità delle acque, soprattutto in ambiente costiero e nelle aree portuali il telerilevamento con dato MIVIS, ha permesso di vedere in modo sinottico e dinamico i cambiamenti delle acque. Tali cambiamenti possono dipendere da diversi fattori tra cui fenomeni di inquinamento o a evoluzioni in atto.

Fra le informazioni derivabili con una buona affidabilità mediante l'utilizzo del canale termico corrispondente a 8.2-8.6 micron la distribuzione delle temperature superficiale dell'acqua risulta di estremo interesse sia nella definizione del livello di eutrofizzazione delle acque sia nella modellistica di circolazione dei corpi idrici osservati "(Brivio *et al.*, 2006)".

L'elaborazione dei dati MIVIS ha permesso di individuare una serie di anomalie termiche delle acque sia positive (acque calde) sia negative (acque fredde) che evidenziano alterazioni significative rispetto ai valori medi registrati nell'area d'indagine "(Zilioli, 2001)".

E' ben noto come la temperatura sia un indicatore di una modifica avvenuta o in atto generalmente riconducibile ad interventi antropici quali ad esempio scarichi industriali coinvolgono l'equilibrio termico dei corpi idrici, sia in forma diretta che indiretta "(Tonelli, 1992)".

A titolo esemplificativo nella figura 2 e nei dettagli vengono riportati i valori di temperatura superficiali delle acque, su più livelli di colore registrati in acqua dal sensore ad una quota di 2.000 metri nell'area portuale di Gioia Tauro.

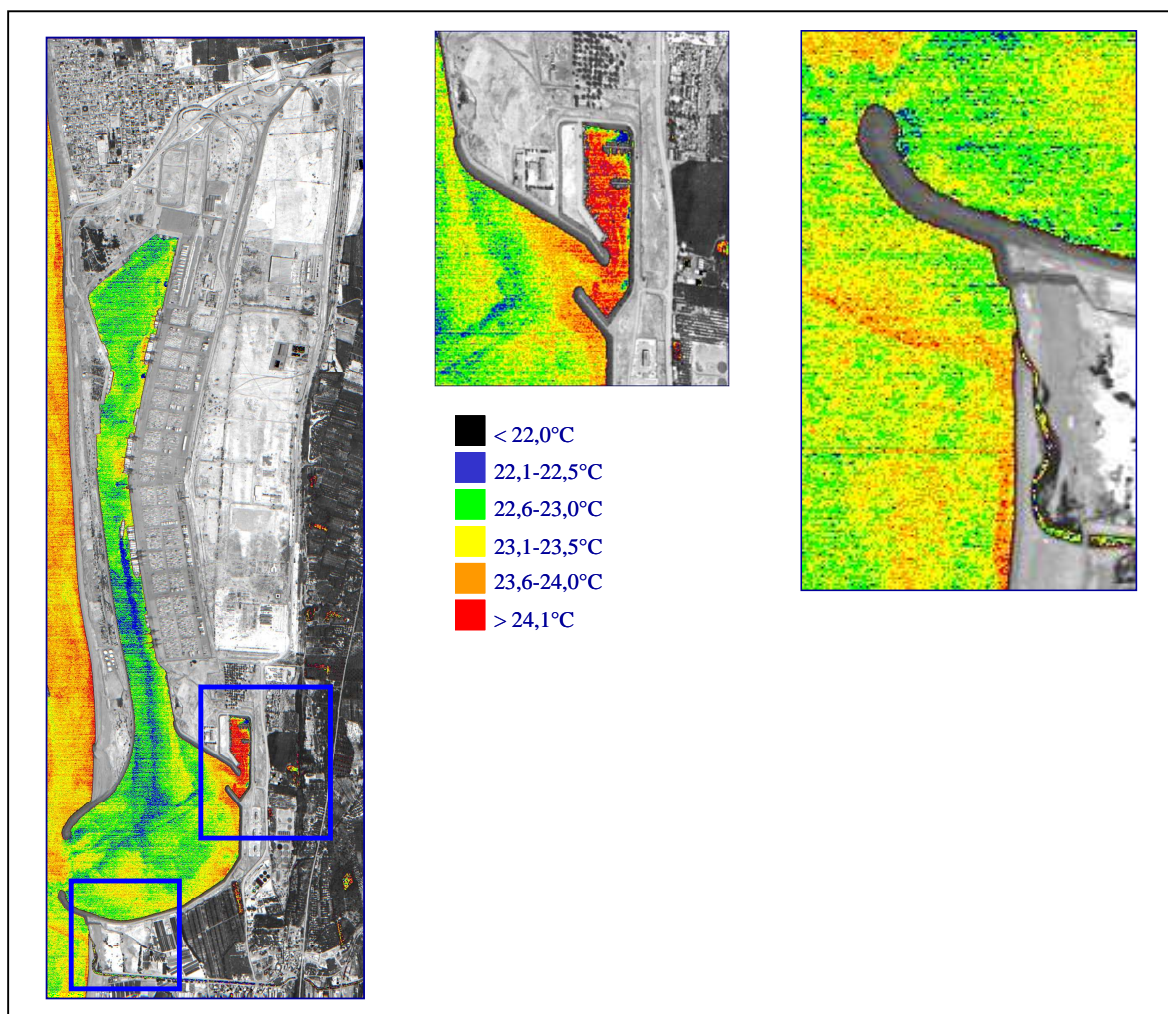


Figura 2 - Nell'immagine a sinistra si apprezza una variabilità della temperatura delle acque. Ciò può essere dovuto a diversi fattori tra i quali si possono annoverare le condizioni di marea, di corrente (es. darsena interna al porto), di vento, tipo e profondità dei fondali (es. linea di costa) e la presenza di sostanze in sospensione nell'acqua che mascherano parzialmente o totalmente l'aspetto originario dell'oggetto di osservazione. Al centro un dettaglio della darsena turistica, contraddistinta da elevati livelli termici (>24,1°C), probabilmente a causa di uno scarso ricambio idrico con possibili conseguenze sulla qualità delle acque. A destra si evidenzia l'immissione del torrente Budello nelle acque costiere caratterizzata da una temperatura diversa.

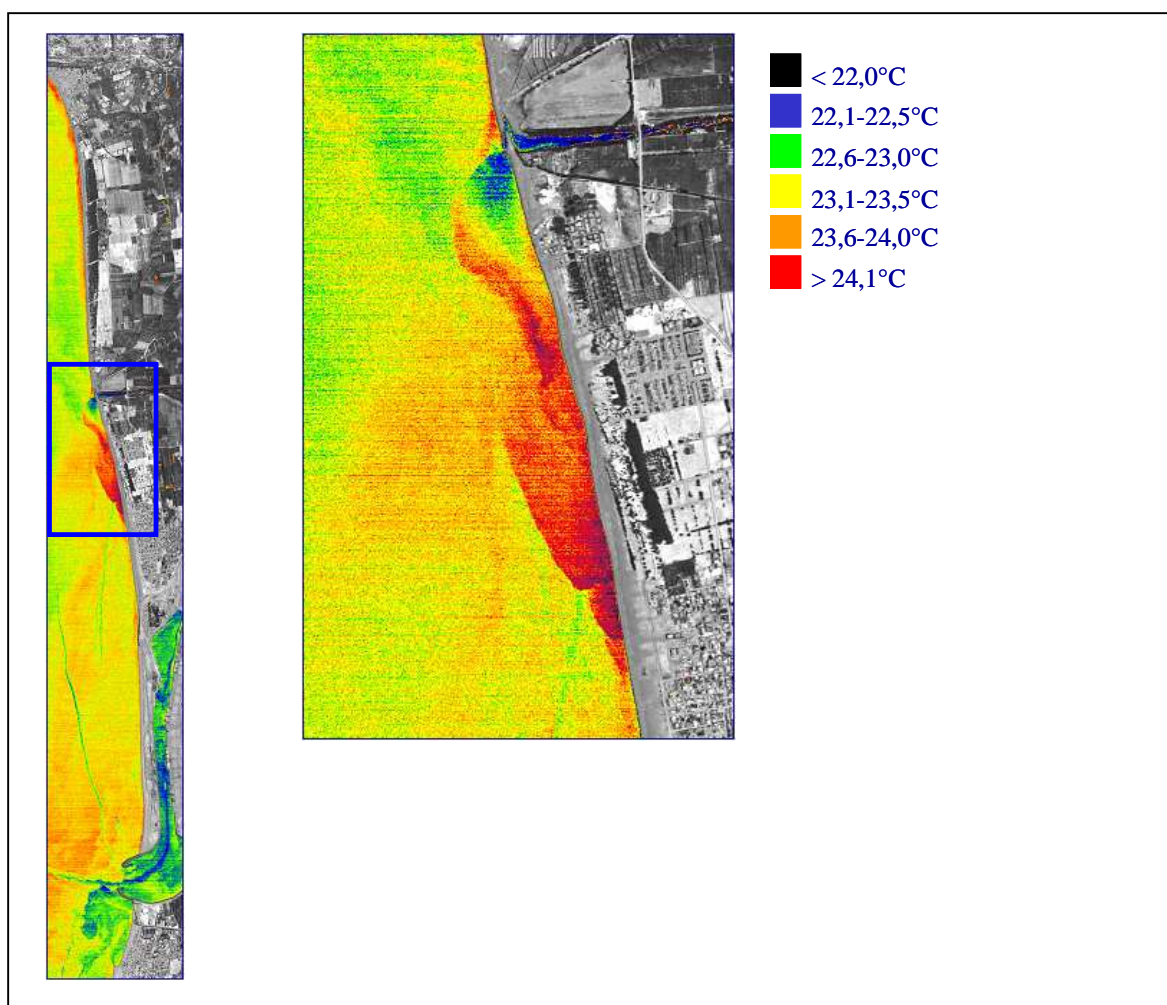


Figura 3 - Dall'analisi termica si apprezzano sottili variazioni di temperatura dovute al traffico marittimo, alle correnti marine, alla batimetria dei fondali, etc .Nel dettaglio a destra, si evidenzia l'immissione con temperature più basse delle acque del torrente Mesima sotto la quale è presente un innalzamento anomalo della temperatura del mare. Questo metodo ha consentito di enfatizzare delle differenze che l'occhio umano non sarebbe in grado di individuare a causa della sua minore sensibilità alle differenze tra tono di grigio.

5. CARATTERIZZAZIONE TERMICA DEL SUOLO

Le caratteristiche dei dati MIVIS hanno permesso un'attenta valutazione dell'uso del suolo allo scopo di produrre mappe con caratterizzate anomalie termiche potenzialmente assimilabili a siti di discariche. Un esempio è riportato in figura 4 a sud dell'abitato di Palmi (RC).

Le bande corrispondenti all'infrarosso termico (dalla 93 alla 102 corrispondenti alle lunghezze d'onda comprese tra 8.2 e 12.7 micron) danno informazioni correlate alla temperatura

superficiale del terreno e la sensibilità del sensore in questo campo dello spettro è tale da poter apprezzare differenze dell'ordine di alcuni decimi di grado “(Brivio *et al.*, 2006)”.

La variazione di temperatura superficiale anche piccoli (in termini areali) sono indicatori molto importanti a per la comprensione dei delicati meccanismi propri delle discariche controllate e non o siti degradati. Infatti elevati livelli endotermici profondi possono dare deboli segnali in superficie a causa dello spessore di suolo entro il quale si veicolano, e possono ulteriormente essere limitate in termini di irraggiamento dalle dispersioni eoliche o dalla natura del soprassuolo.

E' importante a questo proposito dire che i processi di digestione anaerobica, in una discarica di materiale almeno parzialmente composto da sostanze organiche, conducono alla produzione di notevoli volumi di biogas (miscela di metano, anidride carbonica e idrogeno solforato). Essendo la reazione chimica di tipo esotermico, il biogas sviluppa temperature elevate prima di disperdersi nell'atmosfera; le anomalie termiche causate dalla presenza di biogas nel terreno risultano pertanto rilevabili in immagini termiche. Per ulteriore dettagli cifrare: Brivio *et al.*, (2006).

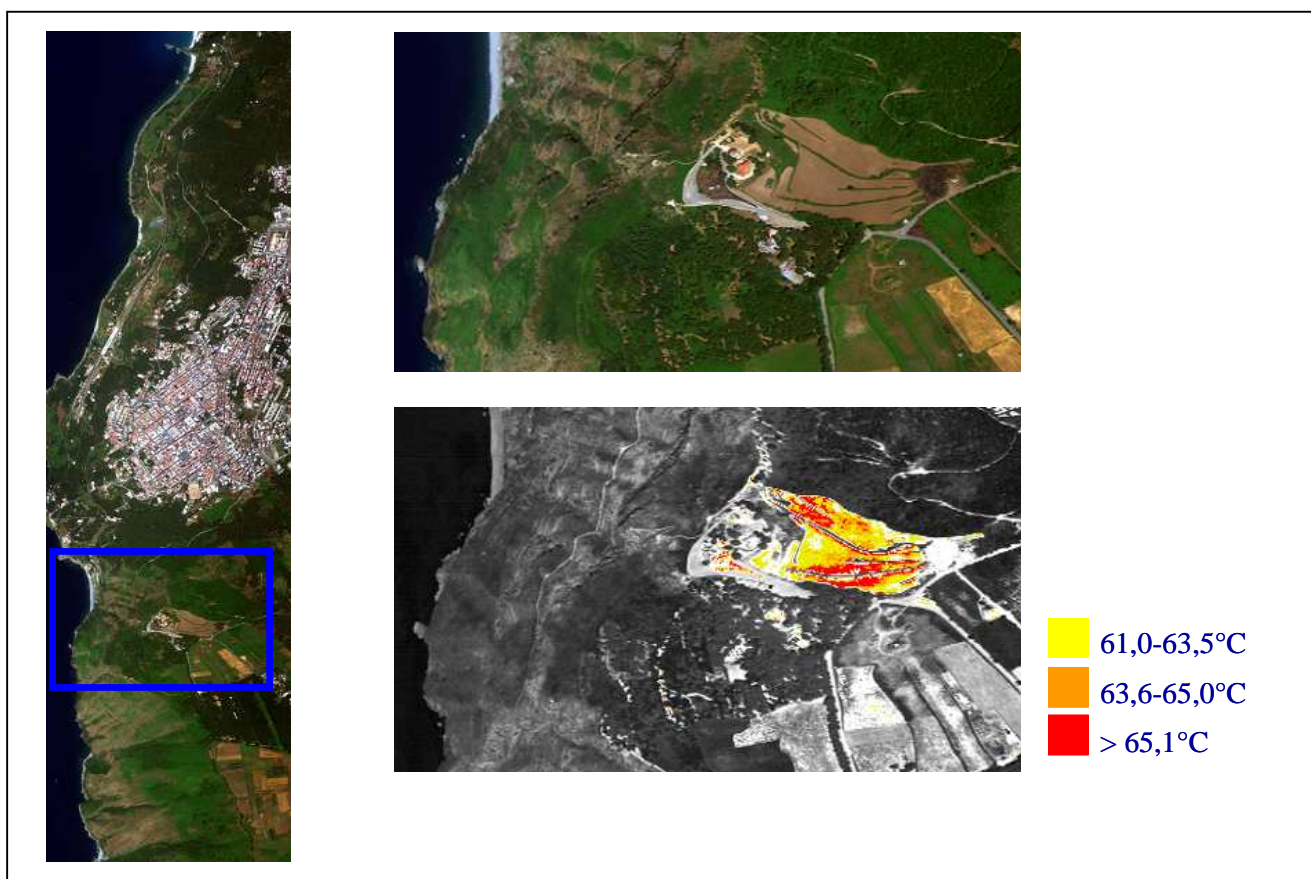


Figura 4 - L'immagine MIVIS acquisita nel territorio di Palmi (RC), visualizza su più livelli di colore i valori massimi di temperatura al suolo registrati dal sensore che contrastano con l'area circostante. L'indagine è rivolta allo studio di fenomeni ricollegabili all'idrogeologia del primo spessore del sottosuolo, o a fughe di calore provocate da processi di digestione anaerobica nel volume della discarica.

Il problema principale dell'applicazione del telerilevamento per lo studio delle discariche è legato alla vastità di tipologie ed al fatto che, spesso hanno un basso contrasto spettrale con le aree contigue.

Pertanto, si rimanda alla consueta ed insostituibile fase di verifica al suolo per verificare l'informazione ottenuta dal dato elaborato MIVIS. Infatti, il telerilevamento con dato MIVIS può portare un valido contributo in indagini a tappeto permettendo di escludere grandissime porzioni di territorio e di indirizzare a successive indagini in campo ed in laboratorio.

Fra le informazioni derivabili con una certa affidabilità mediante dato MIVIS, la distribuzione di temperature superficiali risulta di estremo interesse nella definizione di impatto antropico. In particolare si vuole porre l'attenzione su come l'antropizzazione va a scapito dei territori agricoli, rappresentando una delle problematiche attualmente più stringenti "(Paglia, *et al.*, 2008)". Infatti, l'antropizzazione comporta la copertura con materiali impermeabili; il suolo è perso per sempre oppure non è più in grado di esplicare le sue funzioni, in particolare viene impedita la sua capacità di regolare i flussi idrici con conseguenze sui fenomeni alluvionali.

Gli elevati livelli termici, si registrano dove le strade sono asfaltate

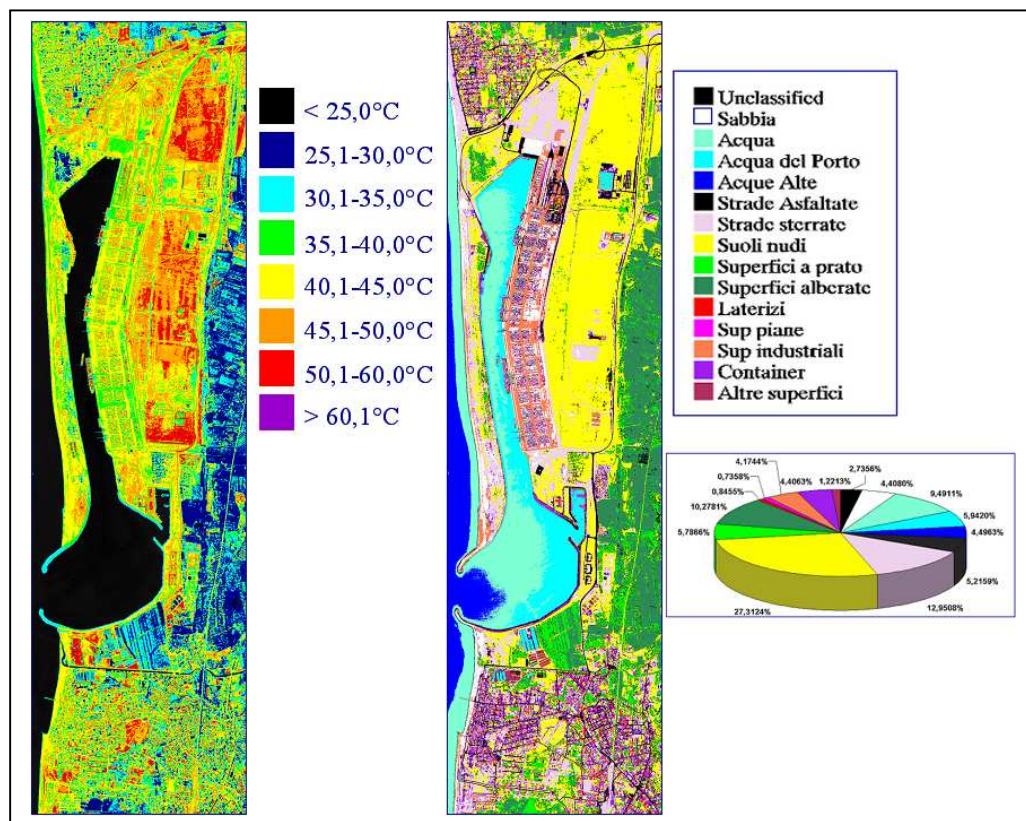


Figura 5 - Il confronto tra l'immagine termica e la classificazione evidenziano particolari aspetti ambientali dell'area esaminata : il dislivello artificiale di separazione tra la zona agricola e la zona portuale cui corrispondono temperature diverse.

Nella figura 5 si evidenzia il netto contrasto di livelli termici tra le aree agricole (con temperature variabili tra 25,0°C e 35,0°C) e le superfici dell'area portuale, dove si osservano temperature variabili tra i 40,0°C e i 60,0 °C. Gli elevati livelli termici sono dovuti sia all'utilizzo di alcuni materiali per la pavimentazione e per le coperture, come ad esempio l'asfalto e il cemento, sia alla presenza di suoli nudi secchi e alla totale assenza di vegetazione.

Nella elaborazione sono state individuate 14 classi che rappresentano le diverse tipologie spettrali presenti nella scena, vedi figura 5 a destra.

La classificazione di dati telerilevati rappresenta un nuovo strumento utile per diverse applicazioni, che spaziano da quelle specifiche e di pianificazione territoriale fino a quelle commerciali, fra cui: pianificazione urbana, gestione delle emergenze, piani di evacuazione, individuazione di corridoi per i trasporti, scenari per i notiziari. L'analisi descrive la scena anche in termini quantitativi, è costituita da un insieme di pixel ai quali è associata, oltre all'informazione di tipo spaziale, anche un'informazione spettrale, detta classe.

Visto l'elevata risoluzione è possibile riconoscere strade, lotti di terreno, edifici vecchi e nuove costruzioni, un vero e proprio archivio automatico del territorio.

I materiali di copertura dei due centri abitati S. Ferdinando e Gioia Tauro riconosciuti dalla classificazione risultano essere prevalentemente laterizi (0,85%) e superfici piane (0,74%). La ridotta dimensione del raggruppamento dei pixel (circa 3x3, corrispondenti ad una superficie di 230 mq) evidenzia una tipologia costruttiva di tipo bi-familiare, piccoli edifici con coperture prevalentemente a falda.

La classificazione è un processo di inferenza statistica con associata una certa probabilità di errore.

Dall'analisi dei file statistici ricavati dalla classificazione nell'area in esame risulta una predominanza di suoli nudi (27,3%) a ridosso dell'area portuale con una destinazione industriale. Particolare è la rilevante presenza di strade sterrate (12,9%), superfici né asfaltate né cementificate, costituite da terreno di riporto. Seguono via via le superfici alberate, l'acqua. Tra le superfici edificate la percentuale maggiore è quella relativa alle coperture di tipo industriale.

Più in generale si evidenziano una rilevante presenza di superfici impermeabilizzate, alle quali corrispondono elevati livelli termici dal confronto con l'immagine termica. Si tratta di tutte quelle superfici per non permettono di assorbire le acque piovane non consentono la rigenerazione della falda acquifera cioè non danno un apporto positivo al sistema idrogeologico, non c'è vegetazione per l'ossigenazione dell'aria.

Il territorio non impermeabilizzato è un bene comune che deve essere gelosamente difeso e tutelato. E' importante privilegiare per le nuove edificazioni il riuso di aree già urbanizzate, sotto utilizzate, dismesse, degradate, evitando ulteriori e ingiustificati consumi di suolo.

6. INTERAZIONE TRA LE ANALISI

La lettura del territorio attraverso i dati MIVIS consente di monitorare i cambiamenti dello stesso a grande scala e di identificare i fattori scatenanti i cambiamenti, per permettere l'elaborazione di strategie di intervento e gestione mirate alle cause effettive.

Il telerilevamento infatti permette di misurare i cambiamenti del territorio e del paesaggio, sia improvvisamente, che a breve, che a lungo termine, a grande scala e a costi più contenuti rispetto ai metodi tradizionali.

Attraverso una combinazione dei dati MIVIS e altre analisi da terra e informazioni raccolte sul campo, sono stati analizzati i cambiamenti dell'uso e della copertura del suolo (*land use* e *land cover*). Inoltre sono state individuate mappe di rischio del territorio, mediante la messa a punto di un S.I.T (Sistema Informativo Territoriale), in grado di gestire la molteplicità delle informazioni, elaborarle e creare nuove informazioni rappresentative del territorio preso in esame al fine di valutare il livello di rischio.

Il SIT si compone di fasi strettamente collegate tra loro e necessariamente consequenziali:

- a) organizzazione della banca dati;
- b) rappresentazione ed elaborazione dei singoli livelli informativi;
- c) rappresentazione, elaborazione ed integrazione di più livelli informativi;
- d) analisi, confronto e correlazione tra i livelli informativi e messa a punto di un modello di valutazione dei livelli di rischio.

I vari livelli informativi sono stati strutturati in modo da consentire la realizzazione di carte tematiche collegate ad un *data base* per la visualizzazione interattiva e l'interrogazione delle informazioni sempre aggiornabili.

La valutazione della situazione attuale è servita ad identificare, i principali problemi legati al *land use* e al *land cover* e a proporre correttivi per il mantenimento delle caratteristiche ambientali a supporto dei metodi di pianificazione del territorio. Si è arrivati cioè alla definizione di specifici quadri di compatibilità ambientale di base per gli strumenti urbanistici e all'individuazione di particolari unità minime paesaggistiche che si configurano quali areali vocazionali su cui puntare per lo sviluppo sostenibile dell'area.

Nello specifico nel caso dell'area portuale e della piana di Gioia Tauro la caratterizzazione termica delle acque, rivelata attraverso i dati MIVIS, ha consentito di alimentare modelli di bilancio idrico e ottenere informazioni puntuali e territoriali in merito alle esigenze irrigue e per la gestione ottimale di risorse idriche a livello comprensoriale. La caratterizzazione

termica dei suoli, attraverso i dati MIVIS, è stata finalizzata a una verifica oggettiva e dettagliata delle condizioni di sofferenza della vegetazione nonché alla classificazione delle zone agricole, preliminare al calcolo dei fabbisogni idrici del comprensorio della Piana individuando quali zone agricole o forestali sono colpite da siccità inquinamento o da altre avversità.

Ovviamente le potenzialità dei dati MIVIS per l'agricoltura vanno ben oltre di quanto si è cercato di fare per questo studio, sono infatti molto importanti per il monitoraggio di diversi parametri agro-ambientali utili per la comprensione dei fenomeni naturali e la definizione di modelli sempre più affidabili di previsione, controllo e gestione. I dati telerilevati MIVIS , interpretati ed integrati con le tecnologie tradizionali, forniscono informazioni utili sia per la gestione e programmazione della produzione agricola (stima quantitativa e qualitativa delle produzioni, analisi dei danni derivanti da siccità, gelo ed alluvioni, studio delle caratteristiche del suolo per la scelta delle colture, programmazione delle irrigazioni, utilizzo di fertilizzanti e di fitofarmaci, ecc.) che per il monitoraggio dell'agro-ambiente (classificazione di uso del suolo, controllo della deforestazione, redazione di mappe tematiche specialistiche, studio e recupero di terreni distrutti da incendi, geotracciabilità delle produzioni tipiche per la tutela e per la promozione di un'agricoltura sostenibile; ecc).

La finalità del nostro studio, però, è circoscritta ai problemi derivanti da inquinamento ambientale, alla mappatura delle aree a rischio e alla definizione di quadri di compatibilità ambientale come base su cui impostare il processo di pianificazione del territorio e supporto alla presa di decisioni.

6. INTERPRETAZIONE DEI DATI TELERILEVATI E INDIVIDUAZIONE DELLE INVARIANTI AMBIENTALI

Poiché lo studio, come già detto, è finalizzato a proporre correttivi ai problemi di inquinamento ambientale, le analisi relative ai livelli di vulnerabilità degli habitat, in relazione alle intrinseche caratteristiche di fragilità, al valore degli habitat e alle reali pressioni antropiche, sono finalizzate ad individuare le cosiddette “*invarianti ambientali*” quali elementi invariabili nell'ambito della predisposizione dei Piani.

Quali invarianti sono state individuate le emergenze naturalistiche (stazioni puntuali floristiche e faunistiche, di habitat ed di areali) e gli habitat caratterizzati da elevati livelli di fragilità cioè con bassa capacità di resistere (resistenza) e di recuperare (resilienza) in seguito ad interventi di trasformazione od utilizzo antropico.

Nell'ambito delle invarianti devono essere ricompresi, nel loro complesso, anche gli ecosistemi fluviali, non solo con riferimento agli habitat meglio conservati e di maggiore valore naturalistico, ma anche e soprattutto ai tratti in parte o totalmente alterati.

Oltre all'individuazione degli intrinseci livelli di vulnerabilità dei diversi habitat è stata valutata anche la presenza di reali e potenziali elementi di criticità legati alle attività umane, quali:

- Interventi di regimazione e canalizzazione degli ecosistemi fluviali;
- Diffusione di discariche abusive nei versanti e sui greti fluviali;
- Eliminazione delle fasce ripariali ad opera di attività agricole;
- Scarichi civili e agricoli privi di depurazione;
- Edificato in area costiera;
- Diga sul F. Metramo e diga in progetto sul F. Marepotamo;
- Erosione della costa;
- Cantieri e aree industriali portuali;
- Presenza dell'inceneritore a Gioia Tauro;
- Presenza di elettrodotti di altissima tensione;
- Rimboschimenti;
- Discarica di Rosarno;
- Abbandono dei prati pascolo;
- Diffusione di robinieti e di specie esotiche.

Le analisi di cui sopra sono state esplicitate mediante relazioni e la realizzazione di una *Carta della vulnerabilità e delle cause di degrado*.

Relativamente agli aspetti naturalistici le indagini realizzate relativamente alla descrizione del paesaggio vegetale, dei popolamenti faunistici, dei livelli di naturalità-biodiversità-rarità, dei livelli di vulnerabilità e delle cause di degrado consentono di realizzare una prima individuazione di larga massima relativa agli interventi più urgenti per arginare l'inquinamento ambientale nonché per la riqualificazione e valorizzazione delle risorse naturali.

7. PREDISPOSIZIONE DELLE MAPPE DEL RISCHIO

Tra i fattori di rischio particolare importanza riveste l'analisi del rischio idrogeologico esistente nell'area, e suddivisibile in rischio da frana e da alluvione.

Tale suddivisione riflette sostanzialmente il differente approccio metodologico per la valutazione del rischio in questi due settori di studio anche se le due problematiche sono intrinsecamente connesse tra loro, poiché si riferiscono a processi morfoevolutivi del paesaggio che spesso hanno rapporti di causa-effetto.

Nel concetto di rischio sono presenti diverse componenti: l'evento, la probabilità che tale evento si verifichi, il contesto ambientale, gli elementi coinvolti dall'evento ed il danno che può essere prodotto.

Nella determinazione della pericolosità, sono stati considerati tutta una serie di parametri quali litologia, acclività, assetto strutturale, stato di fratturazione e scistosità, stato di addensamento, spessore del terreno, profondità della superficie di scivolamento, permeabilità, e fattori antropici (scavi, carichi, disboscamenti); laddove sono a disposizione dati di dettaglio si è potuto procedere per opportune semplificazioni. Nella determinazione degli elementi a rischio, si è proceduto per tramite di una conoscenza approfondita ed aggiornata degli elementi antropici la cui presenza determina l'insorgenza del rischio e attraverso opportune semplificazioni si è arrivati alla determinazione della vulnerabilità degli elementi a rischio.

Per la realizzazione delle carte di rischio, nello specifico, i dati MIVIS sono stati integrati con i dati ufficiali predisposti dall'Autorità di Bacino Regionale per l'individuazione del rischio da frana. Oltre al Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico e ai Piani straordinari predisposti per l'area sono stati acquisiti studi e cartografie allegate ai PRG comunali contenenti la perimetrazione di aree di frana o aree dissestate o aree a differente grado di stabilità; la carta inventario dei movimenti franosi, vari studi del Gruppo nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, studi dell'Istituto per la Protezione Idrogeologica dell'Italia Meridionale, studi eseguiti dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente, ecc..

In ragione dei dati raccolti è stata prodotta la seguente cartografia.

1. Carta di Propensione al dissesto (da frana), cioè una cartografia di sintesi che riporta la suddivisione del territorio in aree con propensione al dissesto da frana (ossia la tendenza di un sito, per evidenza di movimenti esistenti, caratteristiche geologiche, stratigrafiche, strutturali, morfologiche, ed idrologiche, a dare origine a riattivazione di movimenti franosi e in minor misura a frane di neo-formazione).

Per ciò che concerne la valutazione del rischio da alluvione attraverso la raccolta di dati e studi specifici si è arrivati a definire compiutamente le aree che risultano allagabili in caso di esondazione fluviale. Successivamente si è proceduto alla stesura di una prima perimetrazione delle aree da sottoporre a misure di salvaguardia.

2. Carta del Rischio di erosione costiera, cioè una cartografia contenente la "*matrice del rischio*" di erosione dove sono individuati i tratti di costa vulnerabili.

Il Rischio di erosione costiera interessa tutta l'area, in modo più intenso la zona del porto di Gioia Tauro per la costruzione della darsena portuale che ha mutato in modo evidente l'andamento della linea di costa, tuttavia, in generale, i fenomeni erosivi, causati da una naturale tendenza all'erosione sono accentuati da fenomeni di origine antropica. Alla base dell'intensificazione di tale fenomeno vi è una selvaggia urbanizzazione che ha comportato notevoli sconvolgimenti sui fattori di controllo dell'equilibrio costiero quali:

- l'occupazione degli alvei, il prelievo di acqua dalle aste idriche, lo scompaginamento delle reti di deflusso superficiale, con conseguente diminuzione di apporto solido alla costa;
- il prelievo di inerti in alveo;
- l'occupazione, con manufatti di vario genere, della fascia costiera interessata alla normale espansione dell'energia marina, nel settore dei cordoni dunari, il che ha determinato l'aumento della capacità erosiva del mare;
- le sistemazioni idraulico – forestali nelle aree interne che contribuiscono a rallentare se non ad impedire il trasporto solido negli alvei torrentizi.

Da uno studio promosso dall'Assessorato ai lavori pubblici della Regione Calabria è risultato che l'area costiera in esame può ritenersi in fascia C, a medio rischio di erosione.

Il comune costiero di S. Ferdinando, in particolare, ha effettuato dei rilevamenti, in relazione al problema dell'erosione costiera che hanno evidenziato l'intensità del fenomeno; è stato, infatti, registrato, dalla Capitaneria di Porto, un notevole arretramento della costa negli ultimi anni.

3. Carta del Rischio di incendi boschivi, cioè una cartografia contenente indicazioni sulle caratteristiche della vegetazione (per esempio presenza di copertura morta disseccata, con soprassuoli giovani, ecc.) e le condizioni climatiche.

Per l'individuazione delle aree a rischio di incendi si è proceduto ad un'analisi delle caratteristiche di uso del suolo, delle diverse tipologie di vegetazione presenti nell'area in esame, delle condizioni climatiche locali, e della presenza di infrastrutture.

4. Carta del rischio di inquinamento idraulico, cioè una cartografia contenente il rischio connesso all'inquinamento delle acque sulla qualità degli ecosistemi ripariali, e più in generale dell'ambiente fluviale, dei principali corsi d'acqua compresi nell'area di studio.

La qualità biochimica delle acque di quasi tutti i torrenti che attraversano l'area è media, grazie soprattutto alle discrete portate presenti per buona parte dell'anno, pur presentando evidenti segni di inquinamento organico.

L'analisi delle variazioni delle funzionalità fluviale inoltre, evidenzia per tutti i fiumi il progressivo peggioramento delle condizioni ecologiche del corso d'acqua con lo scorrere da monte verso valle. Aumentano i fenomeni erosivi sulle rive e peggiora sensibilmente la qualità delle acque, probabilmente a causa degli apporti inquinanti dei torrenti e dei loro affluenti.

In particolare per i fiumi Mesima e Budello i dati IBE relativi alle stazioni di campionamento mostrano presenza di inquinamento. Alla foce le acque del Mèsima scaricano in mare un notevole apporto di inquinanti organici ed inorganici. Dai dati della campagna 2000 di Goletta Verde di Legambiente relativi alle foci dei principali fiumi italiani, che ha preso in esame la concentrazione dei parametri relativi alla normativa sulla balneazione (coliformi fecali,

coliformi totali e streptococchi), risulta che alla foce il Mèsima è gravemente inquinato, con uno o più parametri almeno 10 volte oltre i limiti di legge.

Tramite l'osservazione delle principali caratteristiche biotiche e abiotiche dei rispettivi corsi d'acqua che attraversano l'area in questione e della fascia di territorio con le quali questi interagisce, si arriva altresì alla definizione di un giudizio di qualità dell'ambiente esaminato, in termini di naturalità e funzionalità.

Infine con riferimento al territorio potenzialmente soggetto a fenomeni di frana, inquinamento e /o esondazione ed a quanto ottenuto nell'analisi del rischio da frana, sono stati censiti i principali beni storico-architettonici, e le aree di vincolo naturalistico e paesaggistico desumibili dagli strumenti urbanistici territoriali. Sono state inoltre individuate le aree urbanizzate ad uso abitativo, destinate ad attività produttive e ad uso agricolo, nonché quelle aree interessate da previsioni di sviluppo desumibili dagli strumenti urbanistici acquisiti. È stata svolta l'analisi delle principali interazioni tra tali elementi e le condizioni di pericolosità o quelle determinate dalla realizzazione degli interventi previsti.

La sovrapposizione della carta delle aree inquinate, franose e inondabili con gli elementi suscettibili di danno, ha portato alla definizione della mappatura del rischio dell'area.

8. LA REDAZIONE DEI QUADRI DI COMPATIBILITA' AMBIENTALE

In tale contesto e sulla base degli elementi raccolti, è possibile effettuare una prima valutazione degli interventi ancora da prevedere e degli interventi già previsti dai Comuni nei programmi triennali delle opere pubbliche e prevedere degli appositi quadri di compatibilità.

I quadri di compatibilità ambientale sono appunto degli elaborati che hanno una finalità di supporto alla attività pianificatoria, tanto strutturale che strategica che di settore, fornendo delle indicazioni di massima sugli interventi necessari dal punto di vista ambientale, affinché la pianificazione del territorio possa essere sostenibile e compatibile con l'ecosistema.

Nello caso specifico per l'area del porto e della Piana di Gioia Tauro, tenuto conto delle analisi da telerilevamento effettuate, dell'interazione con i dati delle analisi da terra, e in base alle mappe del rischio elaborate e alle invarianti ambientali sono apparsi indispensabili:

Interventi per la messa in sicurezza del territorio;

Interventi per la depurazione e bonifica dei corsi d'acqua;

Interventi per il miglioramento della qualità ambientale;

Interventi per la valorizzazione e protezione del patrimonio ambientale e paesistico;

Interventi per la valorizzazione e protezione del patrimonio storico-architettonico e archeologico.

Interventi per la messa in sicurezza del territorio

Preliminarmente sembra necessario la messa in sicurezza dei sistemi insediativi realizzando contemporaneamente interventi di riqualificazione naturalistica degli ecosistemi fluviali degradati anche mediante l'utilizzo delle tecniche di ingegneria naturalistica. Non risultano coerenti con tale approccio eventuali interventi di copertura dei torrenti. Sono altrettanto urgenti gli interventi di protezione delle coste dall'erosione (anche se si tratta di interventi da programmare a livello di sistema costiero vasto) con finalità anche di recupero degli ecosistemi dunali degradati. I numerosi tratti fluviali potrebbero positivamente usufruire di interventi di tutela delle aree golenali mediante appropriate destinazioni d'uso e normativa vincolistica.

Per i sistemi naturali occorrono mirati interventi di rimboschimento e forestazione per la riduzione e prevenzione del rischio idraulico, finalizzando gli interventi ad un miglioramento qualitativo degli attuali soprassuoli arborei evitando interventi diffusi di rimboschimento (effettuati in passato con conifere o latifoglie esotiche) di ex aree agricole o ex pascoli che rivestono oggi un notevole valore paesistico e naturalistico e che dovrebbero altresì essere soggetti ad interventi di recupero e valorizzazione.

Interventi per la depurazione e bonifica dei corsi d'acqua

Al fine di un miglioramento qualitativo dei corsi d'acqua della zona in oggetto sono indispensabili gli interventi di adeguamento delle reti fognarie e di completamento dei depuratori con riferimento non solo agli scarichi civili ma anche e soprattutto a quelli industriali del settore agrumicolo.

Interventi per il miglioramento della qualità ambientale

Si tratta di interventi indirizzati al settore della trasformazione dei prodotti agricoli da affiancare agli interventi di cui al punto precedente.

Interventi per la valorizzazione e protezione del patrimonio ambientale e paesistico

Alcuni siti sono potenzialmente da destinare ad interventi di recupero e/o valorizzazione:

Per esempio non è trascurabile la riqualificazione del medio e basso corso dei Torrenti Vacale, Jerapotamo, Sciarapotamo. Si tratta nel complesso di circa 20 km di sponde interessate attualmente da forti processi di degrado antropico con alterazione morfologica, modifica e banalizzazione delle formazioni ripariali, inquinamento delle acque e perdita di naturalità. Tali corsi d'acqua dovrebbero essere oggetto di interventi di riqualificazione naturalistica anche mediante utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica con destinazione a parco fluviale negli strumenti di pianificazione urbanistica comunale.

Per quanto riguarda gli altri corsi d'acqua presenti nell'area in oggetto (F. Budello, F. Mésima, T. Metramo, T. Marepotamo) si tratta di torrenti che hanno mantenuto notevoli elementi di naturalità, ma che comunque dovrebbero essere oggetti di interventi di

riqualificazione delle fasce ripariali mediante recupero qualitativo e quantitativo della vegetazione arborea (piantumazione di specie arboree autoctone) anche mediante normativa d'uso per una verifica/controllo delle attività agricole circostanti.

Nel settore costiero occorre prevedere interventi di riqualificazione degli ecosistemi costieri mediante eliminazione dei siti di discarica abusivi, mediante un controllo dei carichi turistici estivi e mediante interventi di manutenzione dell'inceneritore di Gioia Tauro e di monitoraggio e bonifica ambientale delle aree contermini rispetto alla produzione di volumi di biogas.

Nelle zone più estese ed interne della Piana di Gioia Tauro sono da incentivare le attività di recupero delle aree agricole al fine di mantenere preziosi paesaggi caratterizzati da elevati valori naturalistici. Di particolare interesse, e sicuramente da conservare e valorizzare, risultano gli oliveti arborei (Bosco Selvaggio, Bosco di Rosarno, ecc.) che costituiscono preziosi elementi di interesse naturalistico, paesaggistico e storico. In tale contesto si tratta di realizzare interventi di miglioramento dell'accessibilità e delle condizioni sociali delle locali comunità agricole.

Dovrebbero inoltre essere realizzati interventi di rinaturalizzazione dei boschi improduttivi di eucalipto mediante sostituzione con latifoglie autoctone nonché interventi di miglioramento dei soprassuoli arborei.

Relativamente alla individuazione e realizzazione di percorsi escursionistici, questi possono essere sicuramente previsti nel settore montano di crinale o lungo l'alto corso di alcuni corsi d'acqua, caratterizzati da migliori assetti naturalistici. Non è da escludere l'area di Palmi con il Monte Sant'Elia né un interessante percorso, che potrebbe coinvolgere anche i territori confinanti della provincia di Catanzaro, riguardante il medio corso dei fiumi Mesima e Metramo e i bassi rilievi che, dal M. Bazia, proseguono verso nord-est. Relativamente al settore di pianura i percorsi possono interessare gli interessanti esempi di oliveti arborei e, successivamente agli interventi di riqualificazione, i tratti di basso e medio corso di diversi torrenti che solcano la piana gioiese. Lo stato di conservazione delle emergenze individuate, nella pianificazione va indagato rispetto alle proposte di Siti di Importanza Comunitaria, all'alto corso del T. Sciarapotamo, al sistema collinare di M. Bazia e agli ecosistemi dunali degradati.

Al fine di una migliore tutela e valorizzazione delle emergenze ambientali dell'area, gli strumenti urbanistici locali potrebbero inoltre recepire tali indicazioni nelle normative tecniche dei propri PRG e PdF.

Interventi per la valorizzazione e protezione del patrimonio storico-architettonico e archeologico

Infine la realizzazione di orti botanici potrebbe essere finalizzata non solo a realizzare luoghi di tutela e conoscenza del patrimonio floristico locale ma anche quali strutture con funzioni di

vivai specializzati di specie erbacee, arbustive e arboree autoctone (ecotipi locali) al fine di poter costituire un riferimento tecnico e di reperimento del materiale per gli eventuali interventi di riqualificazione naturalistica.

CONCLUSIONI

Le ricerche sopra descritte ad oggi, alcune sono applicative altre a metà del cammino.

Non è difficile immaginare che esse potranno portare presto ad altre considerazioni di estremo interesse, stimolando come metodo, non solo gli studiosi, ma, soprattutto, le amministrazioni pubbliche che hanno sempre tanta difficoltà a valutare con rigore e attendibilità le problematiche ambientali e che potrebbero trarre grande giovamento dalla disponibilità di lavori di questo tipo. L'applicazione condotta nell'area di Gioia Tauro, oltre a fornire utili indicazioni metodologiche per le fasi preliminari la redazione degli strumenti urbanistici, rappresenta un'interessante caso studio sull'integrazione delle analisi di differente tipo a supporto delle decisioni di natura territoriale. I quadri di compatibilità ambientale infine rappresentano una nuova frontiera della sintesi analitica che è importante consolidare in futuro come base autorevole della pianificazione ambientale.

BIBLIOGRAFIA

Bianchi, R., Cavalli, R.M., Fiumi, L., Marino, C.M., Pignatti, S. Pizzaferrì, G., (1996). 1994/1995 CNR LARA Project airborne hyperspectral campaigns. Proceedings of Eleventh Thematic Conference and Workshops Applied Geologic Remote Sensing, Las Vegas, Nevada USA, 1996, pp. 301-310.

Brivio, P.A., Lechi, G., Zilioli, E., (2006) *Principi e metodi di telerilevamento*, Edizioni Città Studi, Torino.

Fiumi L, Camilucci L, Campopiano A, Casciardi S, Ramires D, Fioravanti F, Ruocco G (2004) *Indagine conoscitiva su alcuni fabbricati con coperture in cemento-amianto in località Magliana Roma*. Monografico 2004 di Prevenzione Oggi, ISBN 88-89415-01-0, Ed. Global Madia System Press, Roma

Quattrone G. (2009), *Piano strategico per l'area PIT 19 della Piana di Gioia Tauro*-Rapporto di lavoro.

Quattrone G. (2000), *Politiche territoriali e sviluppo sostenibile per gli insediamenti produttivi calabresi: Gioia Tauro e la città della Piana*, in rivista Quaderni del Mezzogiorno e delle isole n. 5

Sudgest (2001), Progetto pilota per l'adeguamento della strumentazione tecnico urbanistica ed economico programmatoria- *Rinaturalizzazione del fiume Mesima e dei suoi affluenti tramite l'organizzazione del sistema costiero dei comuni ricadenti nell'area tirrenica della provincia di Reggio Calabria facenti parte del patto territoriale della Piana.*

Tonelli A.M., (1992) *Applicazioni del telerilevamento allo studio di corpi idrici con riferimento particolare alla Termografia.* Fondamenti del telerilevamento ed applicazioni in ambiente marino, a cura di Alberotanza L. e Masserotti M.V. AIT, Quaderno n.1, pp.233-246.

Zilioli, E., (2001) *Appunti e spunti di telerilevamento.* Artestampa Daverio (VA) 2001.

ABSTRACT

The study carried out on the harbour area of Gioia Tauro has stressed that the remote sensing by means of MIVIS data represents an interesting substitute of the traditional systems and methods for the monitoring and management of coastal areas. The remotely sensed imaging analysis system has actually given unequalled information to stress the impact on man due to the release of pollutant substances in coastal environments. The methodologies used, able to recognize, quantify, and assess with elevated accuracy, have characterized as follows:

- Different types of building in the anthropized areas, such as industrial structures, residential structures, connecting infrastructures.
- Water superficial anomalies highlighted in a synoptic way, so stressing the aerial distribution. Some parameters have been analyzed, such as Temperature as indicator of a variation in progress in the environment studied, commonly due to industrial and anyway anthropic action, like discharges involving the thermal equilibrium of water masses both directly and indirectly.

The elaboration of the analytical data has allowed us to characterize the situations of risk and the sensitive areas of the territory of Gioia Tauro plain, with detail interest to the pollution and erosion phenomena. Other interpretations of the analysis have concurred to write opportune maps of compatibility, usable of base for the urban instruments of planning.