

La Termografia IR per la prevenzione del rischio idrogeologico ed il monitoraggio delle opere civili

Vincenzo Adorno (*)

(*) NATURALTECH, Viale Andrea Doria 55 – 95123 Catania – Tel./fax 095 506018 Cell. 3281053128
vincenzo.adorno@naturaltech.it. (*) Resp. formaz. Sicilia e Calabria per FLIR ITALIA, Via L. Manara, 2 - 20051
Limbrate (MI) – Tel. 02 99451001 Fax 02 99692408

Riassunto

E' stato svolto uno studio atto a definire un approccio metodologico innovativo ed interdisciplinare basato sul monitoraggio dei versanti roccioso/terrigeni e delle opere civili ad essi connesse, con la tecnica della Termografia IR.

Per quanto riguarda l'applicazione sui versanti, i rilievi termografici effettuati hanno avuto lo scopo di descrivere il livello di circolazione idrica e la presenza di cavità negli strati superficiali, combinati con lo studio della situazione geologica locale e della geomorfologia.

Per quanto riguarda l'applicazione sulle opere civili, i rilievi termografici effettuati hanno avuto lo scopo di evidenziare i copriferrì a rischio di distacco, eventuali infiltrazioni d'acqua nel calcestruzzo e lesioni.

Abstract

A research was developed to define a innovative and interdisciplinary methodological approach based on monitoring of rocky/terriginous slopes and related civil engineering works with IR Thermography. The IR monitoring for slope application highlighted water circulation and revealed some cavity in superficial layers, combine with geological and geomorphological survey. The IR monitoring for civil engineering works application highlighted detachment risk of concrete cover, possible damages and water infiltration in concrete.

Introduzione alla Termografia IR

La Termografia IR si definisce come “la scienza di acquisizione e di analisi di informazioni termiche provenienti da dispositivi termici di rilevamento senza contatto”.

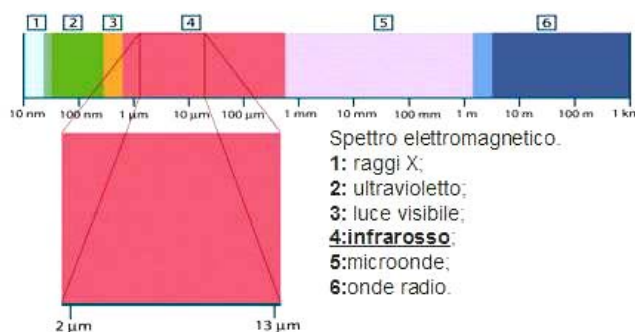


Figura 1- Lo spettro elettromagnetico con evidenziata la banda dell'infrarosso (IR).

Essa è basata sul principio fisico che l'energia IR (cioè Calore) è una radiazione che fa parte dello spettro delle Onde Elettromagnetiche, si muove nello spazio ed ha un comportamento simile alla

luce visibile, viaggiando attraverso lo spazio alla velocità della luce e può essere: riflessa, rifratta, assorbita ed emessa.

Tutti gli oggetti emettono energia IR in funzione della loro temperatura e solo allo zero assoluto ($-273,15^{\circ}\text{C}$) la radiazione termica è nulla e quindi la radiazione IR emessa è nulla, quindi, anche un cubetto di ghiaccio emette una certa quantità di energia IR che può essere visualizzata dalla termocamera. Più è alta la temperatura di un oggetto maggiore è l'energia IR emessa.

La strumentazione utilizzata è una telecamera a raggi infrarossi (o termocamera IR) la quale rileva l'energia termica emessa dall'oggetto che poi viene trasformata in temperatura attraverso un algoritmo di conversione installato a bordo macchina. Essa consente di rilevare la distribuzione delle temperature superficiali di qualunque materiale (roccia, terra, cemento, legno, acqua,...) e, quindi, le differenze di temperatura (figura 2).

Ogni materiale ha una conducibilità termica differente. Più precisamente possiede una proprietà detta emissività, che rappresenta la capacità propria di irradiare energia termica, in relazione alla sua temperatura reale (essa è espressa da un numero compreso tra 0 e 1). Quindi due materiali riscaldati naturalmente (o artificialmente) alla stessa temperatura avranno temperature superficiali differenti (figure 3 e 4).



Figura 2 – Strumentazione termografica



Figura 3- Foto nella banda del visibile, rappresentante un ambiente misto antropico/naturale.

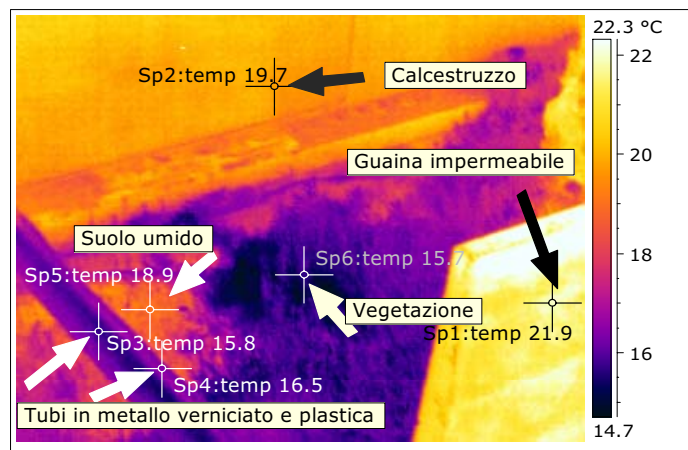


Figura 4– La stessa ripresa all'IR termico. Esempio di materiali differenti egualmente riscaldati dall'irraggiamento solare, ma con diversa energia termica irradiata.

Il monitoraggio dei versanti terrigeni

Il terreno più a rischio di scivolamento è sicuramente quello a componente argillosa. L'argilla tende a trattenere l'acqua in quantità sempre maggiori e ciò si traduce in un maggiore carico termico rispetto al terreno circostante. Maggiore è il ΔT , maggiore è la quantità d'acqua intrappolata nell'argilla e quindi più elevato è il potenziale pericolo di uno scivolamento del versante.

E' stato effettuato uno studio di un versante argilloso a morfologia calanchiva (formazioni geologiche originatesi dall'erosione di terreno argilloso) mediante rilievo termografico nel periodo primaverile, tipicamente piovoso. Il monitoraggio ha mostrato anomalie termiche negative su una porzione della superficie del terreno (vedi figura 5, area Ar1 in alto a destra) che denotano un'area con un discreto quantitativo d'acqua d'imbibizione, quindi da tenere sotto controllo.

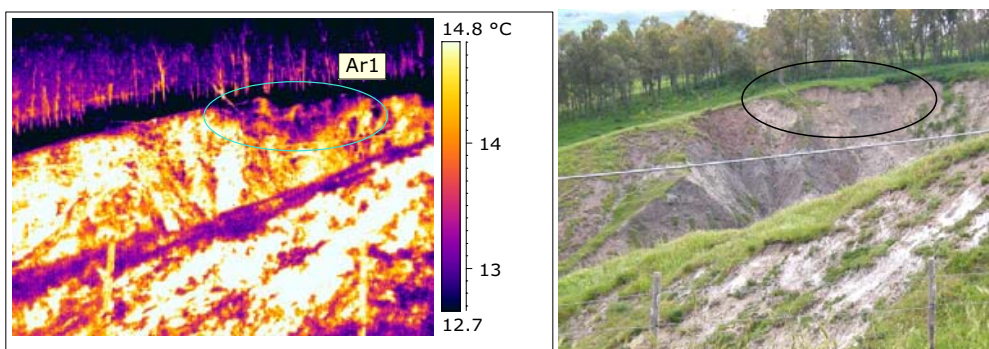


Figura 5– Versante a morfologia calanchiva di matrice argillosa. A sinistra l'immagine Termica IR (TIR). A destra l'immagine nel visibile (VIS). L'area Ar1 evidenzia l'anomalia termica negativa indice di maggiore quantità d'acqua d'imbibizione rispetto al terreno circostante.

Il monitoraggio dei versanti rocciosi

La maggior parte dei versanti rocciosi sono a rischio di crollo per diverse cause fra cui la fessurazione per termoclastismo, bioclastismo, crioclastismo, alterazione chimica. La presenza di acqua di percolazione all'interno dell'ammasso roccioso può esercitare, se non drenata, delle pressioni tali da provocare il distacco di blocchi. Ciò vale anche per il fenomeno del termoclastismo e bioclastismo. La TIR consente di rilevare (in particolari condizioni) anomalie termiche che evidenziano tali fenomeni prima che possa verificarsi il crollo.

Nel caso dell'individuazione di porzioni di costone roccioso a rischio di distacco il metodo termografico si basa sul presupposto che, quando inizia la separazione del blocco dalla roccia madre si forma uno spazio che consente la circolazione dell'aria che tende, così, a isolare termicamente il blocco raffreddandolo o riscaldandolo (a seconda dell'orario) di più rispetto al resto dell'ammasso. Ciò si traduce in un'anomalia termica negativa (o positiva). Tale condizione è rilevabile solo se la fessura non viene riempita da materiale che crea una continuità termica con la roccia madre.

Per tale applicazione sono stati effettuati rilievi TIR. Il primo (figura 6, area Ar1) ha evidenziato la presenza di un blocco con anomalia termica negativa, che denota il rischio di un distacco. Il secondo (figura 7, area Ar1) mostra un'anomalia termica positiva di forma regolare, che fa sospettare la presenza di una grande cavità, forse di origine antropica (nelle vicinanze si trova un'area archeologica).

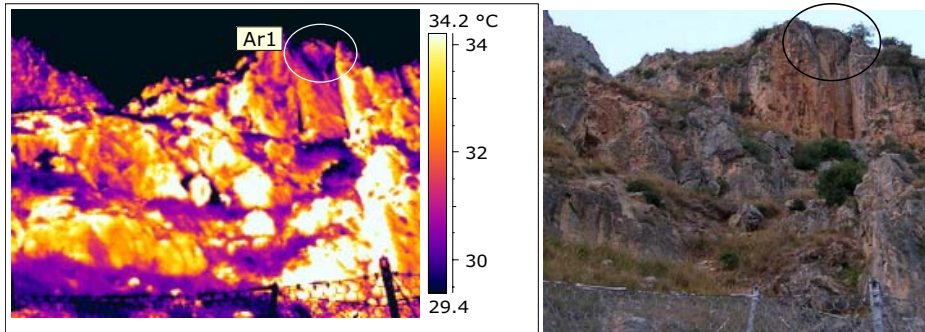


Figura 6– Versante roccioso. A destra l'immagine Termica IR (TIR). A sinistra l'immagine nel visibile (VIS). L'area Ar1 evidenzia un blocco a rischio di distacco.

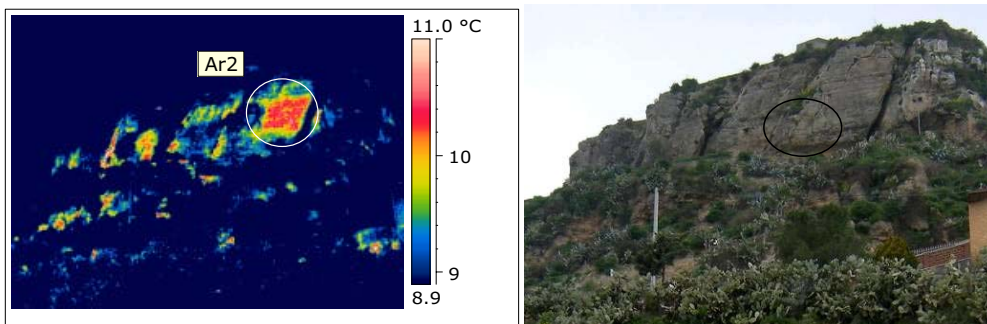


Figura 7 – Versante roccioso. A destra l'immagine Termica IR (TIR). A sinistra l'immagine nel visibile (VIS). L'area Ar2 evidenzia la presenza di una cavità anomala.

Nel caso dell'individuazione della presenza di acqua di percolazione all'interno di un ammasso roccioso, ci si basa sull'osservazione di anomalie termiche negative (l'acqua di percolazione presente in prossimità della superficie tende a raffreddare quest'ultima).

Il rilievo che è stato effettuato nel periodo primaverile mostra 3 anomalie termiche negative. La prima (figura 8, frecce) mette in evidenza la presenza di acqua di scarico, mentre la seconda (figura 8, area Ar2) mostra acqua di circolazione alimentata dall'infiltrazione delle acque meteoriche (in parte alimentata anche dalle acque di scarico). In particolare l'area Ar1 mostra come l'acqua tende ad imbibire la linea di discontinuità primaria dovuta alla presenza di uno strato parzialmente incoerente, che costituisce quindi un'accentuazione di un piano di debolezza. La terza anomalia mostra in maniera ancora più chiara la presenza di acqua di percolazione dovuta all'accumulo dovuta al contributo delle piogge (figura 9, area Ar4).



Figura 8 – Versante roccioso. In alto l'immagine Termica IR (TIR). In basso l'immagine nel visibile (VIS). Le frecce indicano la presenza d'acqua di scarico sia superficiali che interne all'ammasso roccioso, mentre l'area Ar3 mostra la presenza di acqua di percolazione lungo una linea di discontinuità primaria.

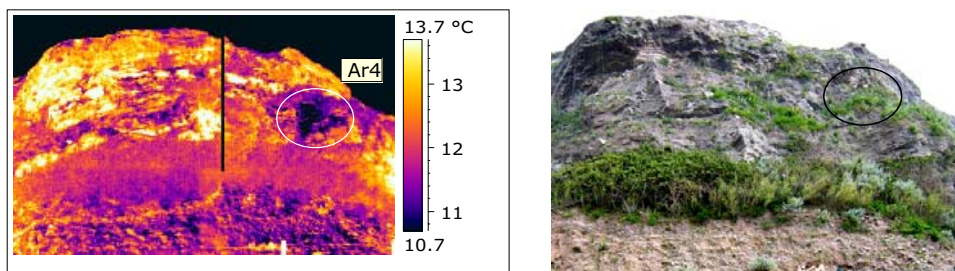


Figura 9 – Versante roccioso. A destra l'immagine Termica IR (TIR). A sinistra l'immagine nel visibile (VIS). L'area Ar4 mostra un'anomalia termica negativa indicativa della presenza d'acqua di percolazione.

Il monitoraggio delle opere civili

Le opere civili quali muri di sostegno, gallerie e viadotti possono manifestare diversi problemi fra cui le infiltrazioni d'acqua ed il distacco dei copriferri. Il rilievo termografico anche in questo caso ha dimostrato che è possibile osservare questi fenomeni per poter prevenire situazioni di rischio.

Il distacco dei copriferri è osservabile perché si crea una camera d'aria che si raffredda (o si riscalda) più rapidamente delle superfici circostanti, quindi anomalia termica (figura 10). Nella fattispecie il muro di sostegno risultava già in parte con i copriferri distaccati. Il monitoraggio multitemporale ha mostrato che il copriferro a rischio distacco, evidenziato nel maggio 2007, si è effettivamente distaccato a luglio 2008.

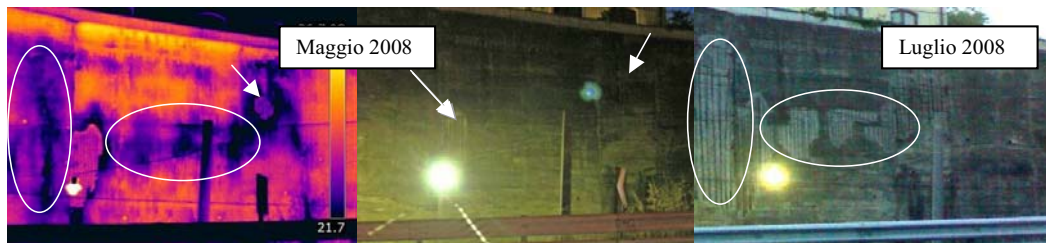


Figura 10 – Muro di sostegno. In alto a sinistra l'immagine Termica IR (TIR) nel maggio 2007. In alto a destra la stessa immagine nel visibile (VIS). In basso al centro la stessa immagine nel visibile un anno dopo. Le aree mostrano le zone del distacco. L'area Av mostra anche la presenza di infiltrazione d'acqua.



Figura 11 – Ingresso galleria. A sinistra l'immagine Termica IR (TIR). A destra la stessa immagine nel visibile. L'area mostra un'infiltrazione d'acqua.

L'infiltrazione d'acqua è facilmente individuabile attraverso le anomalie termiche negative, come è chiaramente visibile nel rilievo che è stato svolto all'ingresso di una galleria (figura 11).

Conclusioni

Dai rilievi svolti si può desumere che il metodo termografico (TIR) può essere un valido strumento complementare ad altre tecnologie per il monitoraggio finalizzato alla prevenzione del rischio idrogeologico. Naturalmente la tecnica va affinata con approcci multidisciplinari per poter raggiungere risultati ottimali ed ottenere, così, previsioni attendibili. Ad esempio nel caso del monitoraggio dei versanti terrigeni è importante che la copertura vegetazionale sia minima, per evitare interferenze nella distribuzione delle temperature, oltre ad una continuità nelle misure con supporto di altra strumentazione (piezometri,...). Oppure nel caso del rilievo dei costoni rocciosi è essenziale nell'identificazione di blocchi a rischio distacco, che la superficie di separazione non venga riempita da materiale che creerebbe una continuità termica con la roccia madre (fermo restando la condizione di quasi totale assenza di vegetazione); quindi effettuare un preventivo rilievo geostrutturale.

Bibliografia

Tonelli A. M. (1998) – *Complementi di Telerilevamento*. Museo Civico di Rovereto Luni Editrice., 46-48, 108-109.