

INTEGRAZIONI DI TECNICHE PER LA CARATTERIZZAZIONE TERMICA DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI IN AMBITO URBANO

Lorenza FIUMI (*), Teodoro GEORGIADIS (**)

(*) CNR, Istituto sull'Inquinamento Atmosferico, LARA, Consorzio per l'Università di Pomezia, Via Pontina
Km 31,400 - 00040 Pomezia Roma, Tel: 06/9123680 e-mail: l.fiumi@lara.rm.cnr.it

(**) CNR, Istituto di Biometeorologia, Via Gobetti, 101 - 40129 Bologna, Tel: 051/6399006
e-mail: t.georgiadis@ibimet.cnr.it

Riassunto

La classificazione e l'analisi del dato MIVIS (Multispectral Infrared Visible Imaging Spectrometer), acquisito in aree campione su Roma, Milano e Napoli, ha evidenziato percentuali elevate di superfici adibite a pavimentazioni stradali stimate a circa 28 % nei quartieri centrali, 20% nelle zone semicentrali e periferiche, raggiungendo, invece, il 50% nelle zone più periferiche a causa dell'enorme ramificazione della rete viaria secondaria.

Le pavimentazioni stradali, quasi sempre realizzate in asfalto, oltre al problema della impermeabilizzazione dei suoli, con effetti negativi sulla rigenerazione della falda acquifera, contribuiscono al fenomeno dell'isola di calore urbano, con conseguenze sulla salute umana.

Il lavoro, è rivolto all'analisi delle diverse pavimentazioni stradali presenti in contesti urbani, asfalto, basalto, cemento, laterizio, nonché suoli nudi e prati, ponendo una particolare attenzione alle loro prestazioni termiche.

Conoscere la risposta termica delle diverse pavimentazioni stradali, significa trovare delle possibili soluzioni per mitigare, almeno in parte, il fenomeno dell'eccessivo innalzamento delle temperature in modo tale da migliorare il confort ambientale all'interno delle aree urbane e mitigare il fenomeno dell'isola di calore urbano.

Abstract

The classification and analysis of MIVIS (Multispectral Visible Infrared Imaging Spectrometer) data, acquired in sample areas on Rome, Milan and Naples, showed high percentages of land used for road paving estimated at around 28% in central districts, 20% in peripheral areas, reaching about 50% in more remote areas because of the huge ramification of secondary roads. The road paving, often made of asphalt, in addition to the problem of sealing of soils, with negative effects on the regeneration of the aquifer, strongly contributes to the phenomenon of urban heat, with marked impact on human health.

The work is addressed to the various road paving in urban contexts: asphalt, basalt, cement, gravel and bare soil and grass, and placing particular attention to their thermal performance. The knowledge of the thermal response of various road paving to sun radiation will help in finding solutions to improve their thermal efficiency and, consequently to mitigate, partially at least, the phenomenon of heat islands.

Introduzione: evoluzione nella realizzazione delle pavimentazioni stradali.

Per pavimentazione stradale si intende la piattaforma adibita al transito di veicoli e persone, può essere una semplice pista in terra battuta, o realizzata in lastricati (basoli, basolato, sanpietrini, selciato, ecc.) o con il più comune asfalto, nello specifico conglomerato bituminoso.

Le pavimentazioni in lastricati, ancora oggi presenti nei centri storici, in alcuni casi erano alternate a tratti in laterizio, erano realizzate con la superficie sempre ruvida per impedire cadute accidentali

e provviste di canaline laterali per consentire la rapida evacuazione di acque meteoriche, nonché evitare ristagni

Le tecniche di realizzazione dei lastricati, indipendentemente dal materiale utilizzato sono sostanzialmente comuni; le malte non venivano quasi mai usate, in particolare, venivano riempite le connessioni degli elementi messi a contatto, con sabbia fine. Nel corso dei secoli la posa in opera delle pavimentazioni stradali è rimasta immutata anche perché ha consentito un facile adeguamento alle mutate esigenze alternatesi nel corso dei secoli. Infatti, ancora oggi è possibile provvedere alla rimozione e la rimessa in pristino senza la necessità di demolizioni onerose o di produzione di materiale di risulta da smaltire. Infine e non per ultimo, l'utilizzo della sabbia permetteva al terreno sottostante di assorbire le acque piovane, con effetti positivi sulla rigenerazione della falda acquifera.

Agli inizi del '900 con l'avvento del petrolio e della automobile la tecnica a lastricati fu ben presto sostituita con il conglomerato bituminoso, decisamente più economico. Le principali caratteristiche oltre che la realizzazione di superfici lisce in tempi brevi sono la resistenza a grossi carichi concentrati e, allo stesso tempo, capaci di resistere al degrado da parte di agenti fisico-chimici, alle dilatazioni termiche tali da consentire la massima sicurezza con un'ottima aderenza dei pneumatici. (Fonte: <http://www.fructostruzioni.it/storia.php>). Anche se da poco sono stati introdotti i manti fonoassorbenti e drenanti, quest'ultimi ancora troppo costosi, restano irrisolti alcuni problemi come ad esempio il colore nero delle pavimentazioni asfaltiche che raggiungono in estate considerevoli temperature. Negli ultimi anni questo fenomeno se combinato con l'aumento del traffico, contribuisce all'innalzamento delle temperature in ambienti urbani. Altro aspetto di grande impatto è che le pavimentazioni asfaltiche impermeabilizzano il suolo in modo irreversibile, con effetti negativi sul naturale assorbimento delle acque piovane e sul sistema idrogeologico del territorio: inoltre, non permettono la presenza della vegetazione con una conseguente minore difesa del suolo ed una mancata ossigenazione dell'aria, venendo a mancare l'effetto mitigatorio dato dal processo di evapotraspirazione della vegetazione. Infine e non per ultimo, l'impatto dell'eccessiva impermeabilizzazione sulle condizioni climatiche locali e perfino regionali è così elevato da creare quel fenomeno conosciuto come "isola di calore urbano".

Finalità e obiettivi della ricerca

Nell'ambito dell'attività di ricerca del CNR, Istituto Inquinamento Atmosferico, sez LARA sono state messe a punto metodologie che attraverso l'utilizzo di dati MIVIS (Multispectral Infrared Visible Imaging Spectrometer), hanno evidenziato nella città di Roma percentuali elevate di superfici impermeabili adibite a strade che registrano temperature elevate, con conseguenze sull'innalzamento delle temperature dell'aria, contribuendo in modo determinante al fenomeno conosciuto come isola di calore, vedi figura 1. (Fiumi e Rossi, 2007)

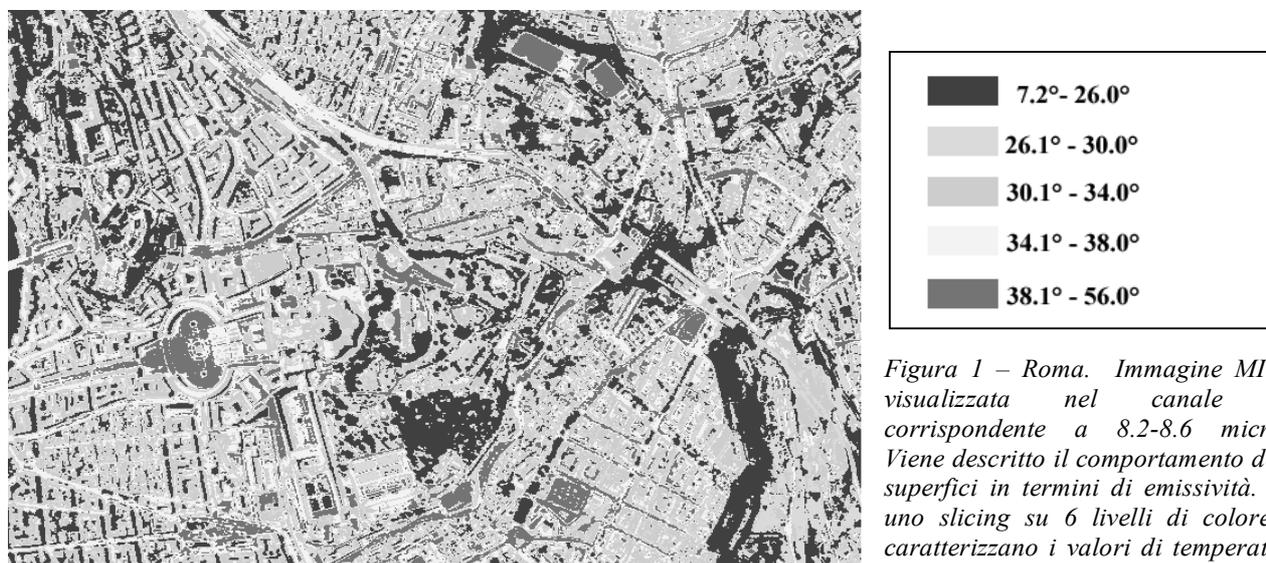


Figura 1 – Roma. Immagine MIVIS visualizzata nel canale 93 corrispondente a 8.2-8.6 micron. Viene descritto il comportamento delle superfici in termini di emissività. In uno slicing su 6 livelli di colore si caratterizzano i valori di temperature al suolo registrati dal sensore.

A partire da queste considerazioni è nata la scelta del gruppo di ricerca di effettuare delle misure di temperatura puntuali nelle diverse ore della giornata, nei diversi mesi dell'anno simulando la ripresa MIVIS con l'obiettivo conoscere le caratteristiche termiche dei diversi materiali con una particolare attenzione alle pavimentazioni stradali.

Attraverso una campagna di terra, ancora in corso, è stato rilevato l'andamento della temperatura nell'arco di tutta la giornata di alcuni materiali comunemente utilizzati come rivestimento di superfici urbane. Le misure sui materiali sono state rilevate mediante un Thermopoint portatile della AGEMA con un *spectral range* di 8-14 micron il 12 settembre, il 14 ottobre e il 3 dicembre 2007, in un contesto urbanizzato, presso il Consorzio per l'Università di Pomezia, Roma.

I materiali sui quali sono state eseguite le misure, utilizzando i corrispondenti coefficienti di emissività sono: Asfalto 0.94 - Basalto 0.72 - Suolo nudo 0.92 - Travertino 0.95 - Prato 0.38. (Pommerantz e al., 2000)

Contestualmente sono stati rilevati i valori della temperatura dell'aria forniti dalla vicina Stazione dell' Aeronautica Militare di Pratica di Mare che l'analisi meteorologica ha permesso di indicare come rappresentativi per le giornate in esame.

Considerazioni

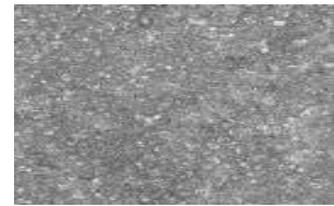
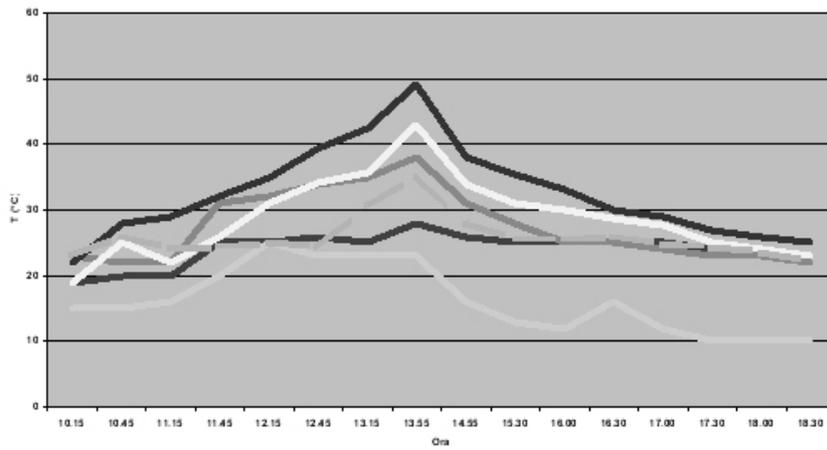
Da una prima lettura dei grafici delle temperatura registrate il 12 settembre il 14 ottobre ed il 3 dicembre 2007, figure 2, 3 e 4 emergono le osservazioni sotto riportate.

L'aria ha subito una diminuzione media di temperatura di circa 15°C tra la sessione di settembre e quella di dicembre, con variazioni tra le diverse fasce orarie.

In generale, si è osservato che tutti i materiali analizzati seguono lo stesso andamento nelle tre sessioni di misura.

Il prato ben si caratterizza rispetto agli altri materiali per un andamento crescente nella fase di massimo irraggiamento e comunque sempre al disotto della temperatura dell'aria in tutte e tre le sessioni, con differenze massime di 15° rispetto all'aria sia nella sessione più calda che in quella più fredda.

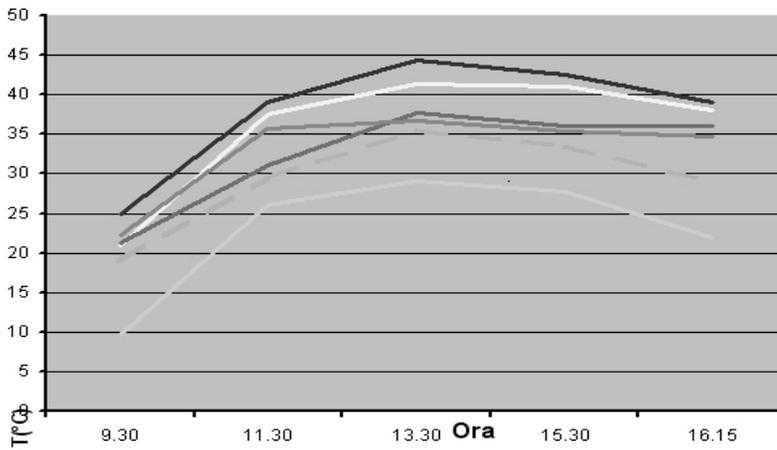
Anche il travertino, nei grafici in colore blu, registra temperature inferiori rispetto ad altri materiali a causa del colore chiaro che determina un basso assorbimento solare. Fenomeno particolarmente evidente nella sessione di dicembre, dove si registrano valori di 5° inferiori alla temperatura dell'aria. Il suolo nudo supera la temperatura dell'aria nelle ore centrali della giornata in tutte e tre le sessioni con una diminuzione progressiva di temperatura con l'aria nella sessione nella sessione invernale. Il basalto è tra i materiali quello che subisce un incremento termico elevato superando la temperatura dell'aria nelle sessioni più calde con un incremento di 10° nella parte centrale della giornata. L'asfalto è tra i materiali esaminati quello che registra le temperature più elevate sia nella fase di massimo irraggiamento sia nella fase serale. La differenza di temperatura con l'aria nelle sessioni più calde mediamente sono di circa 10 gradi nella sessione più fredda di circa 3°. Notevole è la differenza di temperatura con picchi di 30° tra prato e asfalto. Al contrario nella sessione invernale registra valori prossimi a quelli dell'aria. Si precisa che purtroppo non sono stati rilevati i valori di intensità del vento direttamente sul luogo di misura per le tre sessioni, pertanto le uniche considerazioni esprimibili sono quelle già riportate nell'analisi meteorologica delle giornate di misura che farebbero comunque escludere effetti rilevanti sui dati ottenuti.



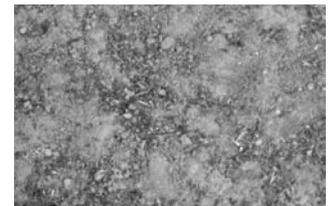
Asfalto



Figura 2 - Andamento termico dei materiali esaminati il 12/9/07

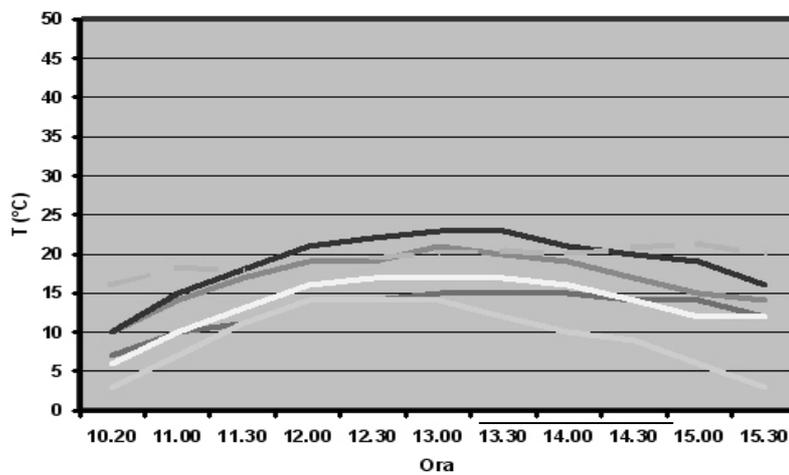


Basalto

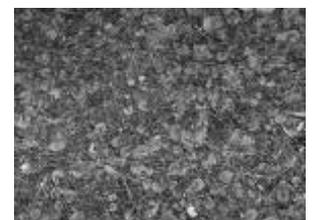


Suolo nudo

Figura 3 - Andamento termico dei materiali esaminati il 14/10/07



Travertino



Prato

Aria

Figura 4 - Andamento termico dei materiali esaminati il 3/12/07

Analisi meteorologica delle giornate di misura

Le analisi delle immagini MODIS, svolte a supporto delle campagne di misura, evidenziano per le giornate di settembre e di ottobre un cielo quasi completamente privo di copertura nuvolosa, vedi figura 5. Nella giornata del 12 settembre e' possibile vedere molto chiaramente un trasporto di sabbia sahariana che, però rimanendo confinato nel quadrante sud-occidentale del bacino mediterraneo non ha potuto influire sulle misure radiometriche condotte sulle superfici in esame. La giornata del 3 dicembre risulta, invece, essere caratterizzata dalla presenza di formazioni di cumuliformi su tutta la penisola (Figura 5).

Le temperature determinate mediante l'analisi a media scala con MM5 (dati EURAD <http://www.eurad.uni-ke ln.de/index .html>) riflettono quindi solo le diverse caratteristiche stagionali delle misure ma anche le caratteristiche determinate dalle diverse condizioni di copertura del cielo. E' da notare l'ottimo accordo della variazione di temperatura tra il risultato del modello per le diverse giornate e l'andamento di temperatura ottenuto mediante l'analisi dei dati della stazione A.M. di Pratica di Mare che ci permette di utilizzare questa stazione come riferimento per tutto l'areale considerato.

I venti, di provenienza dal quadrante orientale per le giornate di settembre e ottobre, e occidentale per quella di dicembre. Hanno avuto intensità modeste (intorno ai 5 ms^{-1} a 10 m) e, anche se non e' stata rilevata la velocità del vento direttamente al sito di misura, si può ipotizzare uno scarso contributo, da parte di questo, sul regime termico dei materiali. Dalla stima dell'altezza dello strato limite planetario (PBL), che per le giornate di settembre, ottobre e dicembre e' stata rispettivamente di 2500, 1500 e 500 m, risulta altresì evidente il ruolo che il riscaldamento superficiale ha giocato nello sviluppo del regime termico di tutta la bassa atmosfera.

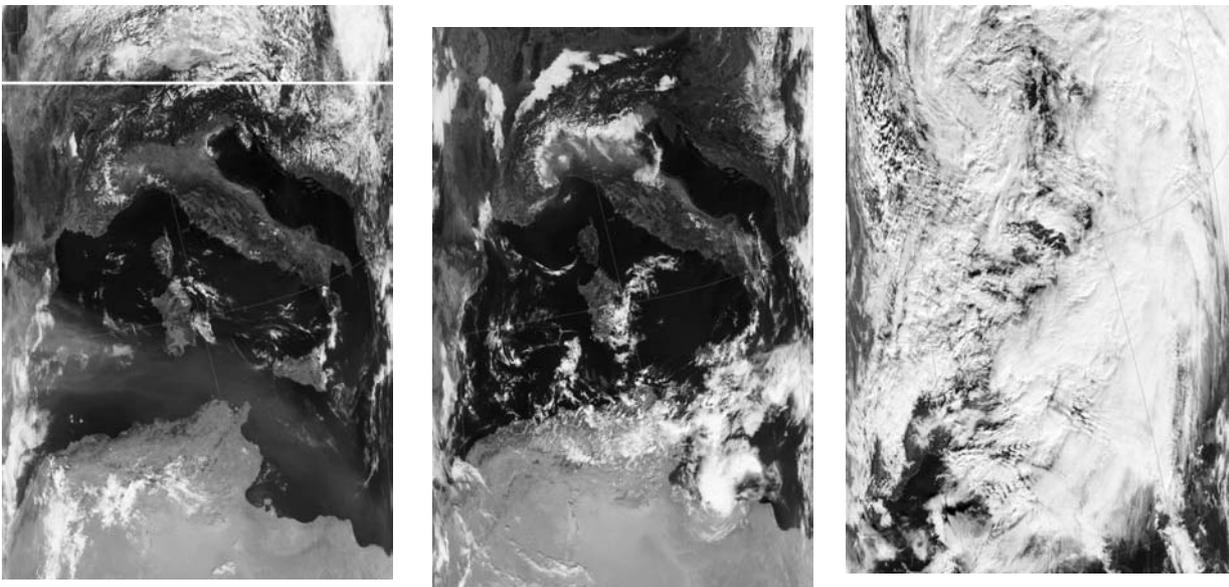


Figura 5 – Acquisizioni del satellite MODIS in data: 12/9/07 a sinistra; 14/10/07 al centro; 3/12/07 a destra.

Conclusioni

Lo studio ancora in corso, seppur limitato a sole tre sessioni evidenzia da un'analisi dal trend giornaliero che le superfici asfaltiche, usate per pavimentazioni stradali, assorbono maggiore radiazione solare fenomeno particolarmente evidente nella sessione più calda.

Escludendo le superfici a prato, che per i già citati processi di evapotraspirazione della vegetazione producono rilevanti modifiche nel regime termico superficiale, tutti i materiali subiscono incrementi

termici nella parte centrale della giornata che superano la temperatura dell'aria fatta eccezione nella sessione invernale del basalto i cui valori si attestano al disotto dell'aria mediamente di circa 3°C.

Più in generale occorre dire che le pavimentazioni stradali realizzate con materiali bituminosi oltre a contribuire all'innalzamento delle temperature in ambienti urbani, impermeabilizzano il suolo sottraendolo ad usi naturali con un carattere di irreversibilità. In considerazione che da precedenti studi condotti dal gruppo di ricerca sono state stimate percentuali di superfici in ambiti urbani variabili tra il 25% e 50% adibite a pavimentazioni stradali, il problema è di grande rilevanza con conseguenze sull'interruzione dei corridoi naturali di comunicazione e di migrazione, compromissione degli originali habitat e biotopi naturali e seminaturali, il cambiamento della morfologia dell'area nonché sull'inquinamento dell'aria. Cito come esempio un recente studio che dimostra come la gomma dei pneumatici delle auto e le particelle di macadam al catrame provenienti dalla superficie delle strade, si combinano in presenza di alti livelli di luce solare per produrre una forma di nebbia inquinante altamente tossica (fonte Ministero dell'Ambiente alla pagina internet <http://www.minambiente.it/index.php?idsezione=900>).

Si vuole infine sottolineare come la tecnica dei lastricati stradali utilizzate fin dall'antichità, costituiscono a tutt'oggi un esempio di realizzazione fatta nel rispetto dell'ambiente, sia perché in grado di assorbire le acque piovane, sia perché è possibile procedere alla rimozione e la rimessa in pristino senza la necessità di demolizioni onerose o di produzione di materiale di risulta da smaltire, senza dimenticarci che non necessitano di continue manutenzioni ed in particolare come evidenziato in questo studio contribuiscono in maniera inferiore rispetto all'asfalto al fenomeno dell'isola di calore urbano.

In conclusione, sia da modelli applicati alle proprietà ottiche superficiali dei materiali (Chatzidimitriou et al., 2006) che da misure dirette condotte nell'ambiente urbano di città storiche (Ok, 1978; Yilmaz e al., 2008) si conferma l'importanza di alcuni materiali nell'esercitare un effetto di mitigazione sul regime termico superficiale.

Ringraziamenti

Le immagini satellitari sono state ottenute da NASA MODIS Rapid Response System alla pagina web <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/realtime/>.

Bibliografia

Chatzidimitriou A. et al., (2006) "Ground surface materials and microclimates in urban open spaces". PLEA2006 – *The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Geneva, 6-8 September 2006 pp.6.

Fiumi L. e Rossi S. "Dalla Cartografia storica al telerilevamento: la città di Roma", ISBN 9 788875 572136 Edizione CNR – Pagine. pp. 16.

Ok T. R., (1978) *Boundary Layer Climates*. Methuen Ed. pp. 372.

Pommerantz M., Pon B., Akar H., e Chabg S. C. (2000) – "The Effect of Pavements, Temperatures on Air Temperatures in Large Cities", *Rapporto Tecnico 43442*, Aprile 2000.

Yilmaz, H., Toy S., Irmak M.A., Yilmaz S., e Bulut Y., (2008) "Determination of temperature differences between asphalt concrete, soil and grass surfaces of the City of Erzurum", *Turkish Atmospheric*, 21, 135-146