



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Sviluppo di una tecnica di estrapolazione dell'emissività spettrale a partire dai dati misurati con sfera integratrice al medio infrarosso

Antonio Giulio Daneo



Report RdS/2011/147

SVILUPPO DI UNA TECNICA DI ESTRAPOLAZIONE DELL'EMISSIVITÀ SPETTRALE A PARTIRE
DAI DATI MISURATI CON SFERA INTEGRATRICE AL MEDIO INFRAROSSO

Antonio Giulio Daneo (Stazione Sperimentale del Vetro, Murano-VE)

Settembre 2011

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica)

Progetto: Studi e valutazioni sull'uso razionale dell'energia: Tecnologie per il risparmio elettrico
nel settore

Responsabile Progetto: Gaetano Fasano, ENEA

RIASSUNTO

Nell'ambito del presente progetto di ricerca è stata valutata la possibilità di effettuare misure di emissività su materiali edili diversi dal vetro e aventi caratteristiche fortemente diffondenti utilizzando la procedura prevista dalla norma UNI EN 12898 "Vetro per edilizia - Determinazione dell'emissività".

E' stata effettuata una serie di prove al fine di verificare se sia possibile estrapolare i dati mancanti in misure eseguite utilizzando uno spettrofotometro IR dotato di sfera integrante a partire da misure eseguite con uno spettrofotometro IR a dispersione.

I risultati delle prove eseguite hanno permesso di stabilire che, a causa delle caratteristiche diffondenti dei materiali analizzati, non è possibile estrapolare la riflettanza dai dati ottenuti con lo spettrofotometro IR a dispersione e di conseguenza applicare a questi materiali le procedure descritte nella norma UNI EN 12898.


In the framework of the research project we have considered the possibility of applying the procedures foreseen by the EN 12898 Standard "Glass in buildings - determination of emissivity" on other types of building materials having strongly diffusing properties.

The tests were performed in order to verify the possibility of extrapolating the missing range of measurements performed with an IR spectrometer equipped with an integrating sphere from the spectral reflectivity data obtained with a dispersive IR spectrometer.

The results of the test enabled to verify that, due to the high diffusivity of these materials, this extrapolation is not possible and, consequently, the EN 12898 Standard cannot be applied.

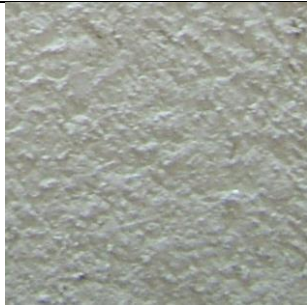
MISURE

Nell'ambito dell'Accordo di Programma MSE-ENEA sulla Ricerca di Sistema Elettrico e relativamente all'attività dal titolo "Sviluppo di una tecnica di estrapolazione dell'emissività spettrale a partire dai dati misurati con sfera integratrice al medio infrarosso" la Stazione Sperimentale del Vetro (SSV) ha ricevuto da ENEA i 12 campioni elencati nella tabella seguente:

<p>Campione TIXOS finitura liscia</p>	
---------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

<p>Campione TIXOS finitura ruvida</p>	
<p>Campione TIXOS finitura rustica</p>	
<p>Campione 1 lamina metallica verniciata rosa finitura semi lucida</p>	
<p>Campione 2 lamina metallica verniciata bianca finitura semi lucida</p>	
<p>Campione 3 lamina metallica verniciata rosa finitura semi lucida</p>	


<p>Campione 4 lamina metallica verniciata bianca finitura ruvida</p>	
<p>Campione 5 lamina metallica verniciata bianca finitura molto ruvida</p>	
<p>Campione 6 lamina metallica verniciata bianca finitura grezza</p>	
<p>Campione 7 lamina metallica verniciata bianca finitura grezza</p>	
<p>Campione 8 lamina metallica verniciata bianca finitura rustica</p>	



<p>Campione 9 lamina metallica verniciata bianca finitura rustica</p>	
-----------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

Si tratta di una serie di 12 campioni di materiale per edilizia: 3 campioni di copertura per tetti denominati TIXOS con diversa finitura superficiale ("rustica", "ruvida" e "liscia") e 9 lamine metalliche verniciate con diversa finitura superficiale e arbitrariamente denominate dalla SSV Campione 1 ... Campione 9 sui quali effettuare la determinazione della riflettanza spettrale nell'intervallo infrarosso finalizzata alla determinazione dell'emissività superficiale utilizzando la procedura descritta dalla norma UNI EN 12898 "Vetro per edilizia - Determinazione dell'emissività".

Gli spettrofotometri infrarossi dotati di sistema monocromatore (a dispersione) sono in grado di effettuare con sufficiente accuratezza la misura nell'intero intervallo di lunghezze d'onda della curva del corpo nero a 10°C (circa il 96 % dell'energia del corpo nero è contenuto nell'intervallo $2000-200\text{ cm}^{-1}$, $5-50\text{ }\mu\text{m}$) richiesto per la determinazione dell'emissività secondo quanto specificato nella norma UNI EN 12898. Questi spettrofotometri non vengono più prodotti e non sono più disponibili sul mercato a favore dei più moderni, veloci e versatili spettrofotometri a Trasformata di Fourier (FTIR). Questi ultimi consentono la misura accurata in un intervallo IR ridotto rispetto agli spettrofotometri dispersivi (400 cm^{-1} , $25\text{ }\mu\text{m}$ circa l'80% dell'energia del corpo nero).

Equipaggiando lo spettrofotometro con l'apposito accessorio a specchi è possibile eseguire la misura della componente riflessa dal campione.

<p>Lo spettrofotometro a dispersione Perkin Elmer 983G</p>	
------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

<p>Lo spettrofotometro FTIR Perkin Elmer GX1 equipaggiato con microscopio Autoimage</p>	
<p>Gli accessori di riflettanza speculare a 5 (a sx) e a 2 specchi (a dx)</p>	

La misura della riflettanza spettrale nell'intervallo infrarosso mediante spettrofotometria è fortemente influenzata dalle caratteristiche superficiali dei campioni da analizzare.

La norma UNI EN 12898 esclude dall'applicabilità del metodo spettrofotometrico i campioni la cui componente diffusa della riflettanza, misurata alla lunghezza d'onda di 2500 nm tramite uno spettrofotometro NIR con sfera integratrice, sia superiore al 5%.

L'utilizzo di uno spettrofotometro IR dotato di sfera integrante consente la misura in un intervallo spettrale troppo limitato per poter effettuare il calcolo dell'emissività come specificato dalla norma UNI EN 12898.

Lo scopo delle misure era verificare se, e come, fosse possibile estendere l'applicabilità del metodo di misura specificato dalla norma UNI EN 12898 a materiali diversi dal vetro ampliando l'intervallo di misura mediante integrazione dei dati mancanti utilizzando misure eseguite con uno spettrofotometro a dispersione che consente invece di misurare l'intero intervallo di misura richiesto dalla norma.

I campioni di materiale edile ricevuti, per effetto delle loro caratteristiche superficiali, presentano una componente diffusa molto elevata.

Mediante uno spettrofotometro UV-vis-NIR Perkin Elmer modello Lambda 900 si è eseguita l'acquisizione delle curve di riflettanza nell'intervallo solare (280-2500 nm). Lo spettrofotometro era equipaggiato con accessorio a sfera integratrice (PELA 1000) di diametro 15 cm dotato di "trappola di luce" che permetteva l'acquisizione sia della componente diffusa (con angolo superiore a $\pm 10^\circ$) che della riflettanza globale (diretta+diffusa).

Come riferimento per le misure è stato utilizzato un campione di ceramica bianca (SRM2019) la cui riflettanza è certificata dal NIST.

Le misure effettuate sono state rese "assolute" mediante l'equazione:

$$\rho(\lambda)_{\text{ass}} = \frac{(\rho(\lambda)_{\text{mis}} - \rho(\lambda)_0) (\rho(\lambda)_{\text{std,ass}} - \rho(\lambda)_0)}{(\rho(\lambda)_{\text{std,mis}} - \rho(\lambda)_0)}$$

dove:

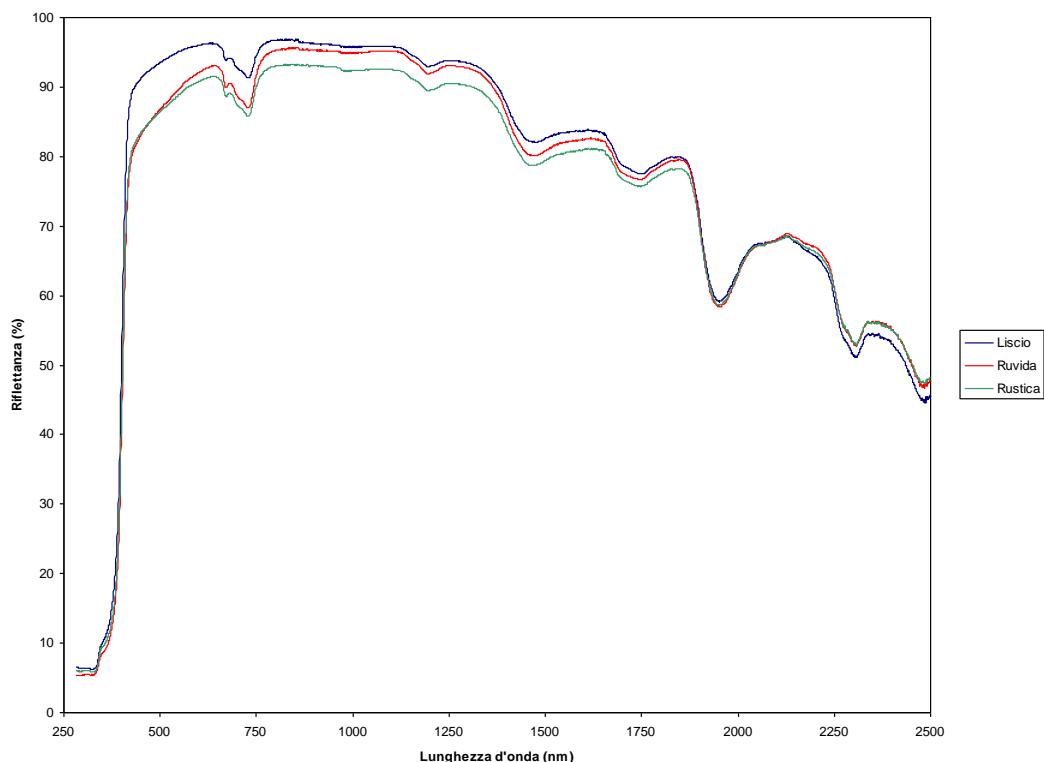
$\rho(\lambda)_{\text{mis}}$ è il valore spettrale misurato sul campione incognito;

$\rho(\lambda)_0$ è il valore spettrale misurato in assenza di campione (straylight);

$\rho(\lambda)_{\text{std,mis}}$ è il valore spettrale misurato sul materiale di riferimento (SRM2019);

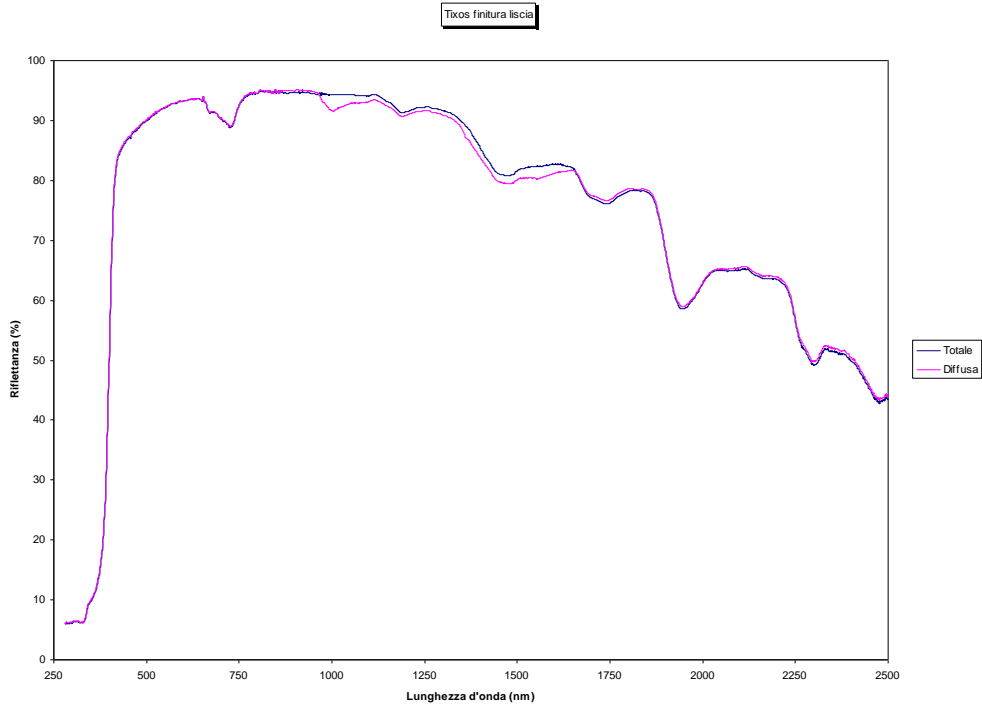
$\rho(\lambda)_{\text{std,ass}}$ è il valore spettrale del materiale di riferimento come da certificato.

In considerazione della profonda diversità dell'aspetto superficiale, i campioni di copertura per tetti "TIXOS", hanno fornito risultati simili tra loro evidenziando una buona accuratezza della misura.

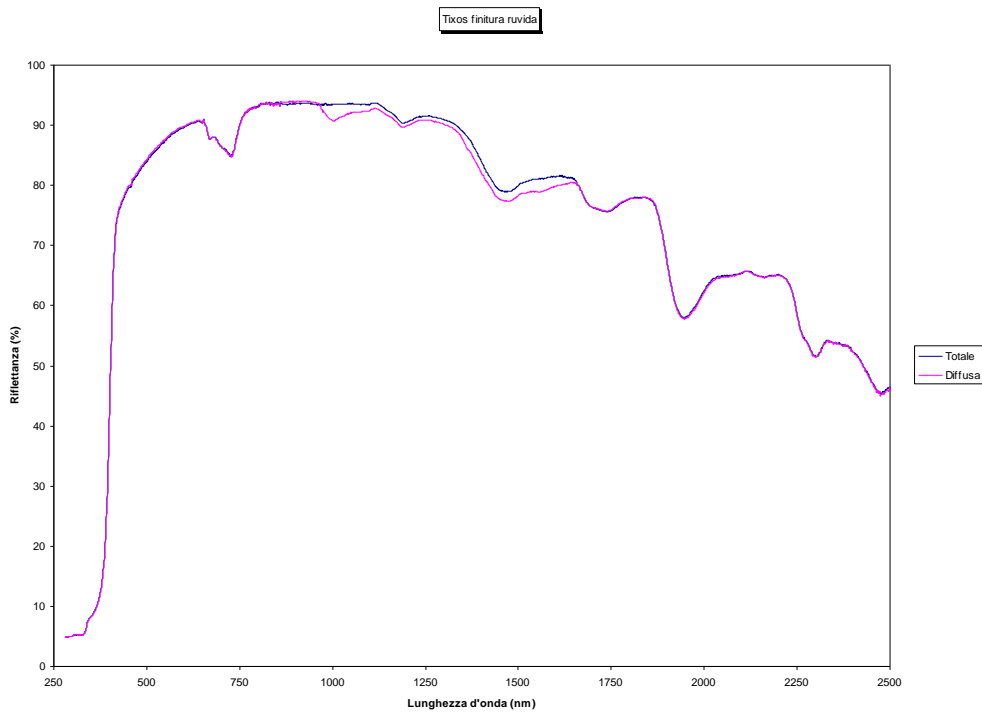


Il campione TIXOS con 3 lavorazioni superficiali (Liscia, Ruvida e Rustica)

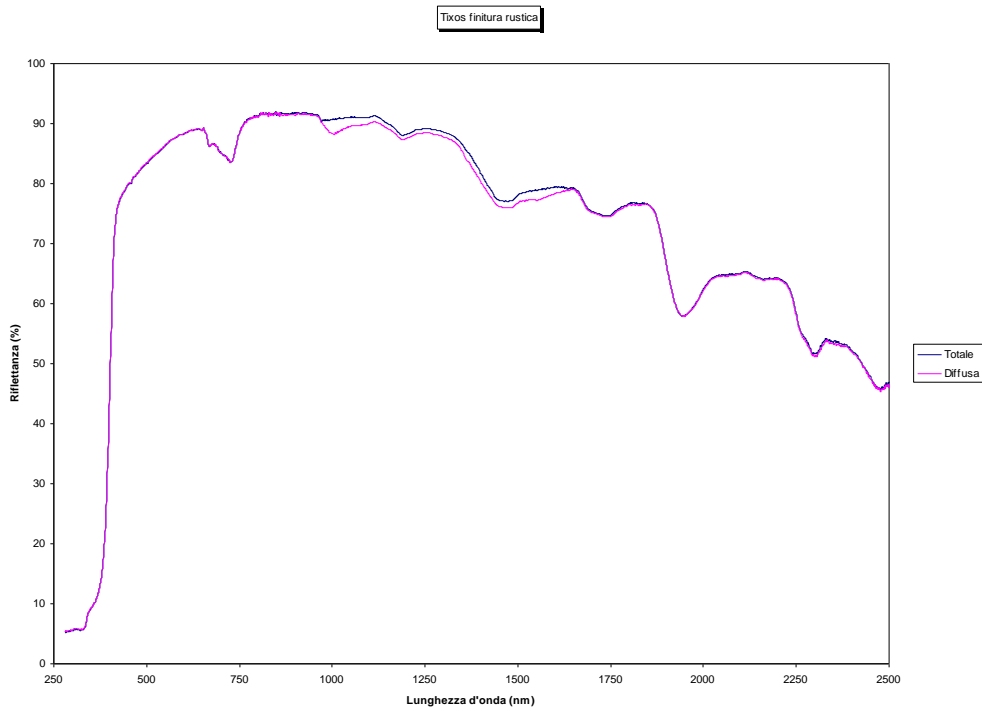
I dati acquisiti inserendo e rimuovendo dall'accessorio a sfera integrante la "trappola di luce" evidenziano che i campioni presentano una riflettanza quasi completamente di tipo diffuso. Le curve di riflettanza totale e diffusa misurate sui campioni TIXOS e sui campioni di lamina verniciata n°1, 2 e 3 sono riportate di seguito.



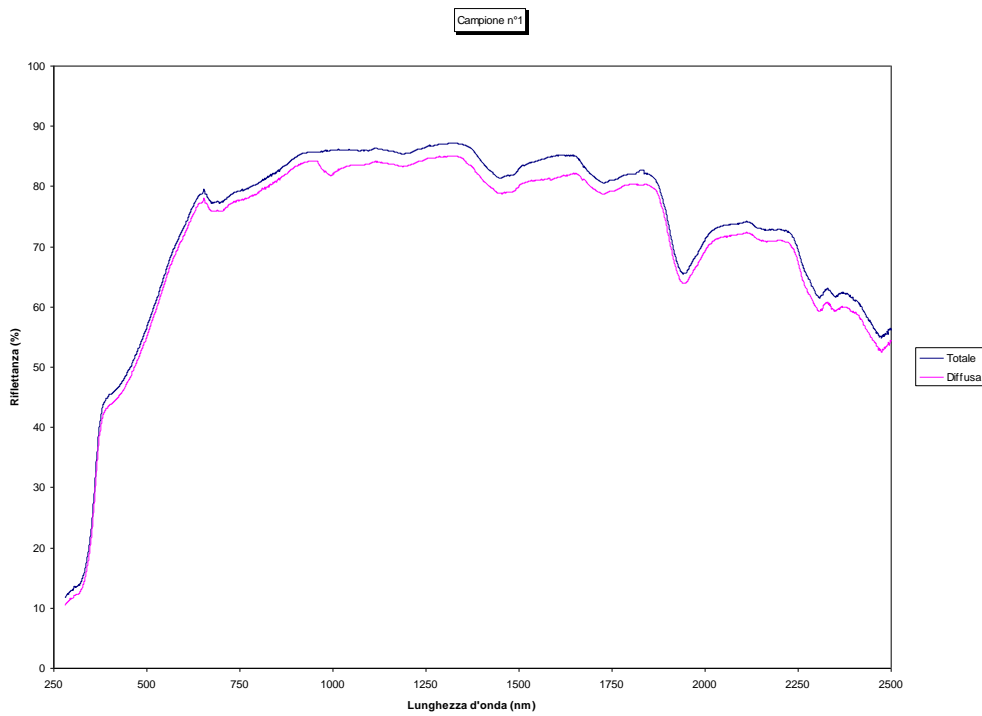
Il campione TIXOS finitura liscia: riflettanza solare totale e diffusa



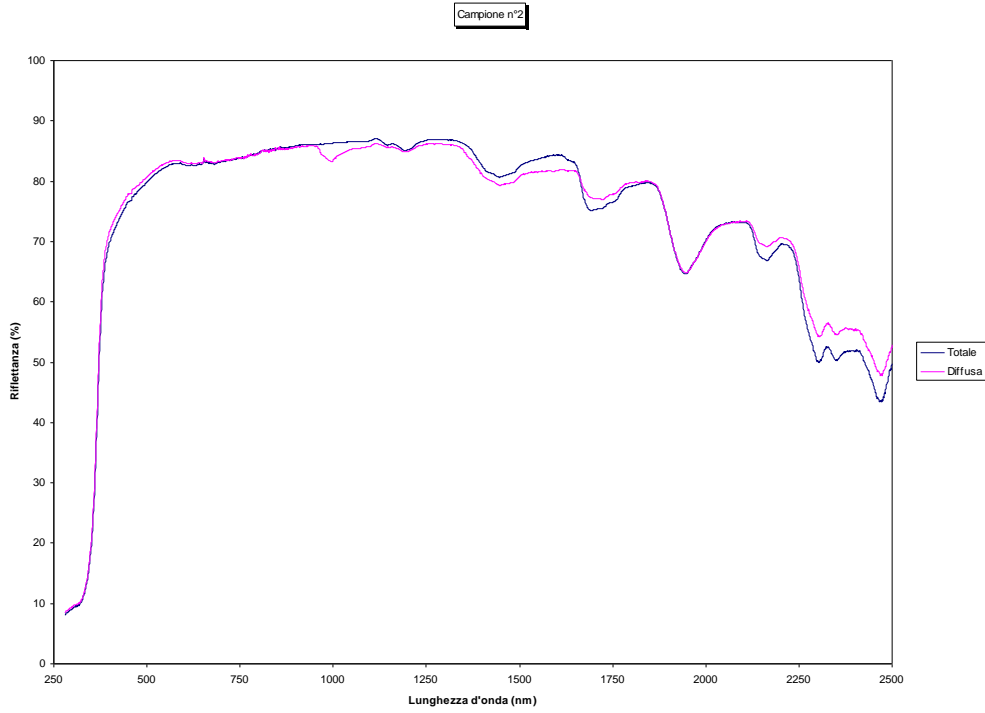
Il campione TIXOS finitura ruvida: riflettanza solare totale e diffusa



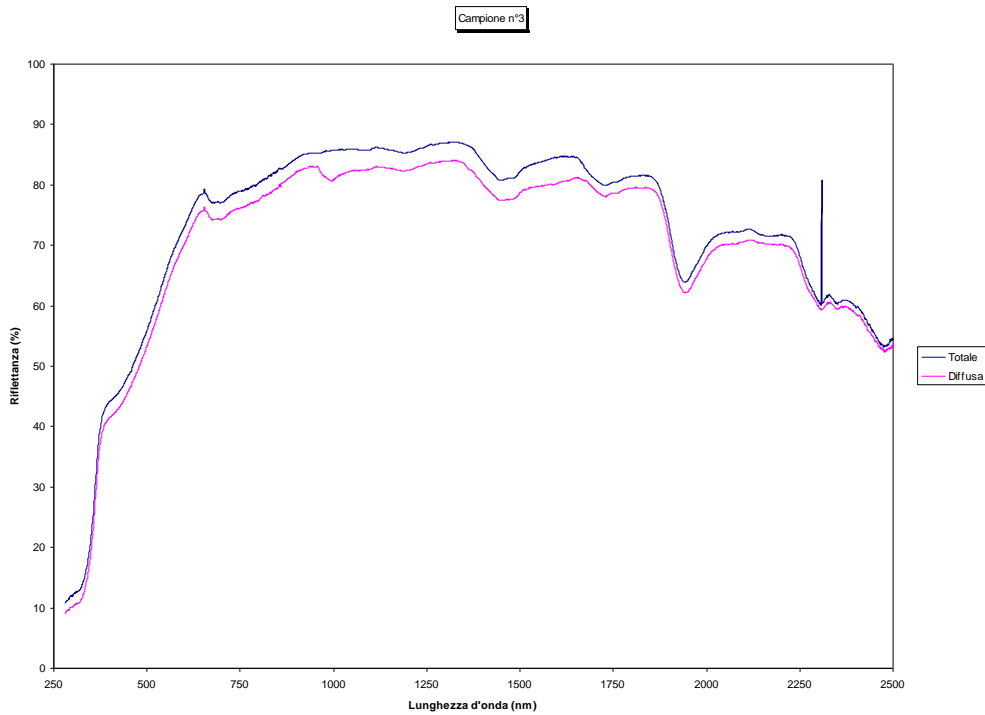
Il campione TIXOS finitura rustica: riflettanza solare totale e diffusa



Il campione n°1 (numerazione arbitraria): riflettanza solare totale e diffusa



Il campione n°2 (numerazione arbitraria): riflettanza solare totale e diffusa



Il campione n°3 (numerazione arbitraria): riflettanza solare totale e diffusa

La misura effettuata nell'intervallo IR con lo spettrofotometro IR Perkin Elmer modello 983 G risente molto del comportamento diffondente della superficie.

Contrariamente alla sfera integratrice dello spettrofotometro UV-Vis-NIR, gli specchi dell'accessorio di riflettanza speculare (sia dell'accessorio a 5 specchi che dell'accessorio a 2 specchi) non sembrano in grado di "catturare" nemmeno parzialmente la componente diffusa dal campione.

Solo tre campioni di lamina verniciata (arbitrariamente identificati come campioni 1, 2 e 3) che presentavano alcune zone sufficientemente compatte e lucide hanno dato luogo ad un segnale misurabile anche se molto basso (2-4%) rispetto a quanto atteso.

Per tutti gli altri campioni la misura coincideva sostanzialmente con il fondo.

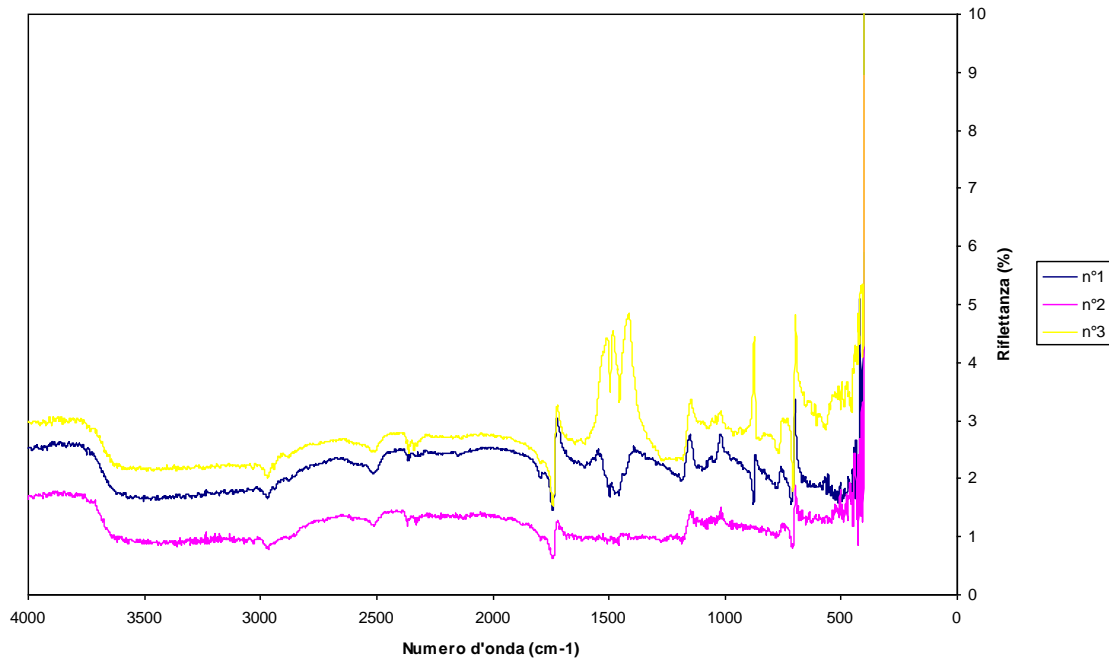
I campioni sono stati misurati anche con uno spettrofotometro FTIR Perkin Elmer modello GX1 dotato di microscopio infrarosso Auto Image.

Quando la misura viene effettuata attraverso il microscopio IR l'intervallo di misura si riduce ulteriormente (fino a 600 cm^{-1}). Mediante l'utilizzo del microscopio è però possibile analizzare una superficie molto piccola di campione (1 mm^2) potendo scegliere con cura zone con una finitura superficiale adatta alla misura.

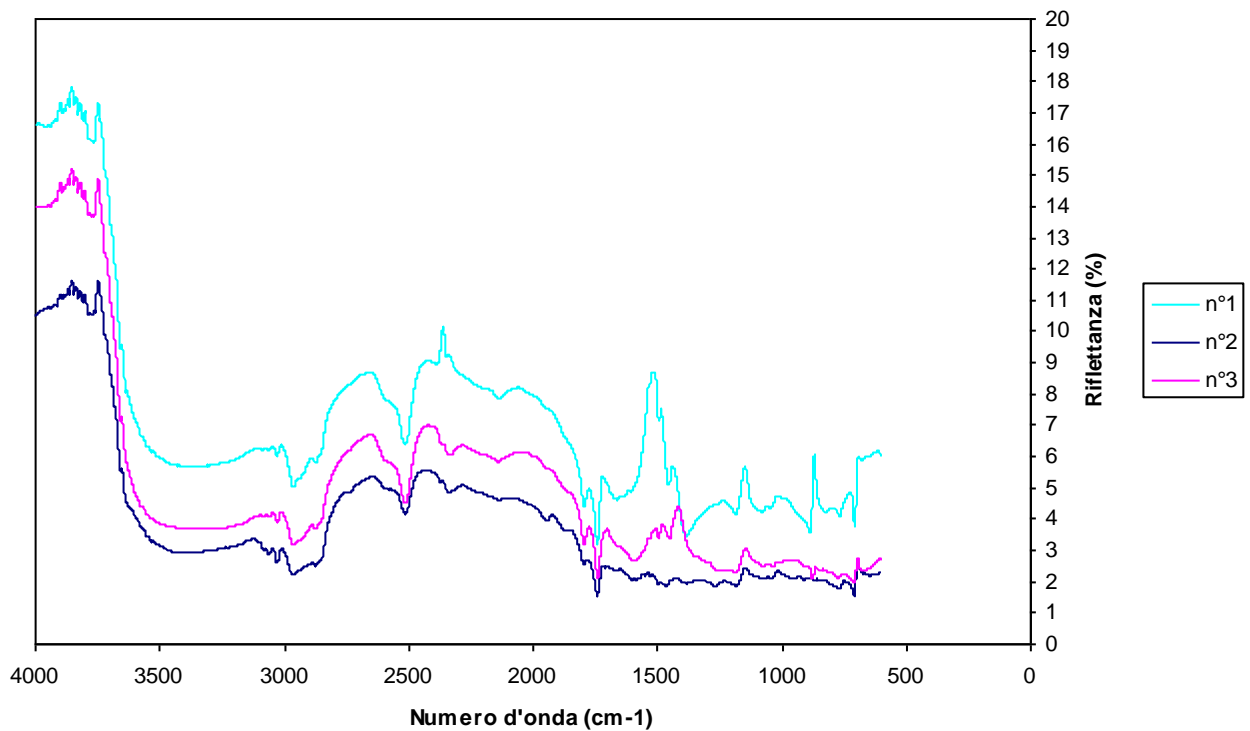
Le misure effettuate con lo strumento FTIR equipaggiato con l'accessorio di riflettanza speculare sono abbastanza simili a quelle ottenute con lo strumento dispersivo.

Anche in questo caso solo i tre campioni di lamina verniciata denominati 1, 2 e 3 hanno dato un segnale apprezzabile (2-5 %) e evidenziando alcuni picchi di assorbimento dovuti ai componenti organici della vernice che non erano visibili nelle misure con lo strumento dispersivo.

Le misure eseguite mediante il microscopio IR Auto Image sono invece abbastanza definite (3-15 %) e consentono di distinguere con sufficiente precisione i picchi di assorbimento dovuti ai componenti organici della vernice.



Spettri di riflettanza con spettrofotometro Perkin Elmer GX1



Spettri di riflettanza con spettrofotometro Perkin Elmer GX1 e microscopio IR Auto Image

E' stato effettuato un tentativo per cercare di migliorare la misura rendendo più uniforme la superficie dei tre campioni che hanno evidenziato una possibilità di lettura, mediante leggera lucidatura con materiale finemente abrasivo.

Le misure ripetute sui campioni così trattati hanno evidenziato un miglioramento solo quando la misura è stata eseguita con spettrofotometro Perkin Elmer modello GX1 dotato di microscopio infrarosso Auto Image; le misure effettuate senza l'ausilio del microscopio IR o con lo spettrofotometro Perkin Elmer mod.983G non hanno dato miglioramenti apprezzabili.

Non si è ritenuto opportuno procedere ad una lucidatura più spinta per non rischiare di asportare il materiale sotto analisi e rendere così le misure non corrispondenti a realtà.

CONCLUSIONI

L'utilizzo di uno spettrofotometro infrarosso a dispersione dotato di accessorio di riflettanza speculare non consente di espandere l'intervallo di lunghezze d'onda misurabili con lo spettrofotometro IR dotato di sfera integrante per consentire l'utilizzo delle procedure descritte nella norma UNI EN 12898.

Le caratteristiche molto diffondenti dei materiali per edilizia misurati costituiscono un limite invalicabile per l'esecuzione della misura con un adeguato grado di precisione.

L'utilizzo uno spettrofotometro FTIR equipaggiato con microscopio infrarosso pur consentendo misure più accurate non aumenta il range di lunghezze d'onda misurabili dallo spettrofotometro IR con sfera integrante e quindi si non si rivela utile per lo scopo della ricerca.