



- **Aria.** A tendere, si potrebbero assegnare corrispondenti quote di emissione

Progetto "Albedo control": una risposta sostenibile al riscaldamento globale

Il raggiungimento degli obiettivi di contenimento del riscaldamento globale e dell'emissione di anidride carbonica necessita di risposte e proposte nuove, effettivamente realizzabili ed applicabili su larga scala, come la strategia "Albedo control". In sintesi, questo progetto prevede di modificare artificialmente l'albedo della superficie terrestre, tramite la posa di superfici riflettenti sulla terraferma e in mare, incrementando, quindi, l'energia solare riflessa dalla Terra verso lo spazio e riducendo l'energia che contribuisce al suo riscaldamento. Tra i punti di interesse, l'istituzione di un meccanismo di certificazione e di assegnazione di corrispondenti quote di emissione che potrebbe favorire la nascita di un vero e proprio "mercato" sulla scorta dell'*emission trading scheme*, a vantaggio - anche e soprattutto - dei Paesi tradizionalmente molto soleggiati e siccitosi, anche alla luce dei modesti costi richiesti dall'operazione.

- di **Franco Cotana, Federico Rossi, Mirko Filipponi e Anna Laura Pisello**, Università di Perugia, CIRIAF - Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento da Agenti Fisici

Nell'ultimo secolo (dal 1906 al 2005) la temperatura media della Terra ha subito un incremento pari a 0,74°C. Tra le ormai ben note conseguenze di questo fenomeno, sempre più evidenti, il progressivo scioglimento dei ghiacciai polari e continentali, l'aumento del livello degli oceani (1,8 mm l'anno, dal 1961 al 2003), l'incremento in frequenza ed intensità dei fenomeni meteorologici estremi quali uragani, alluvioni, siccità, ecc.

Nell'ultimo rapporto redatto dall'IPCC (pannello intergovernativo sul cambiamento climatico), il riscaldamento della Terra e il conseguente cambiamento climatico viene imputato, con il 90% delle probabilità, alle attività antropiche che sono responsabili dell'immissione in atmosfera dei gas serra (in primo luogo CO₂) prodotti nei processi

industriali che prevedono l'impiego dei combustibili fossili.

Se, da un lato, è in aumento, a livello planetario, l'attenzione e la consapevolezza dell'estrema pericolosità del cambiamento climatico in atto, dall'altro, a oggi l'unico significativo strumento di controllo delle emissioni di CO₂ in atmosfera è rappresentato dal Protocollo di Kyoto, promulgato nel dicembre 1997, che impone ai 38 Paesi maggiormente sviluppati e a quelli emergenti di ridurre, entro il 2008-2012, le proprie emissioni di gas serra del 5% rispetto al 1990.

Studi recenti hanno messo in evidenza che anche qualora tutti i Paesi indicati nel trattato mettessero in atto gli interventi necessari per il conseguimento degli obiettivi, il riscaldamento sarebbe mitigato in quantità minima,



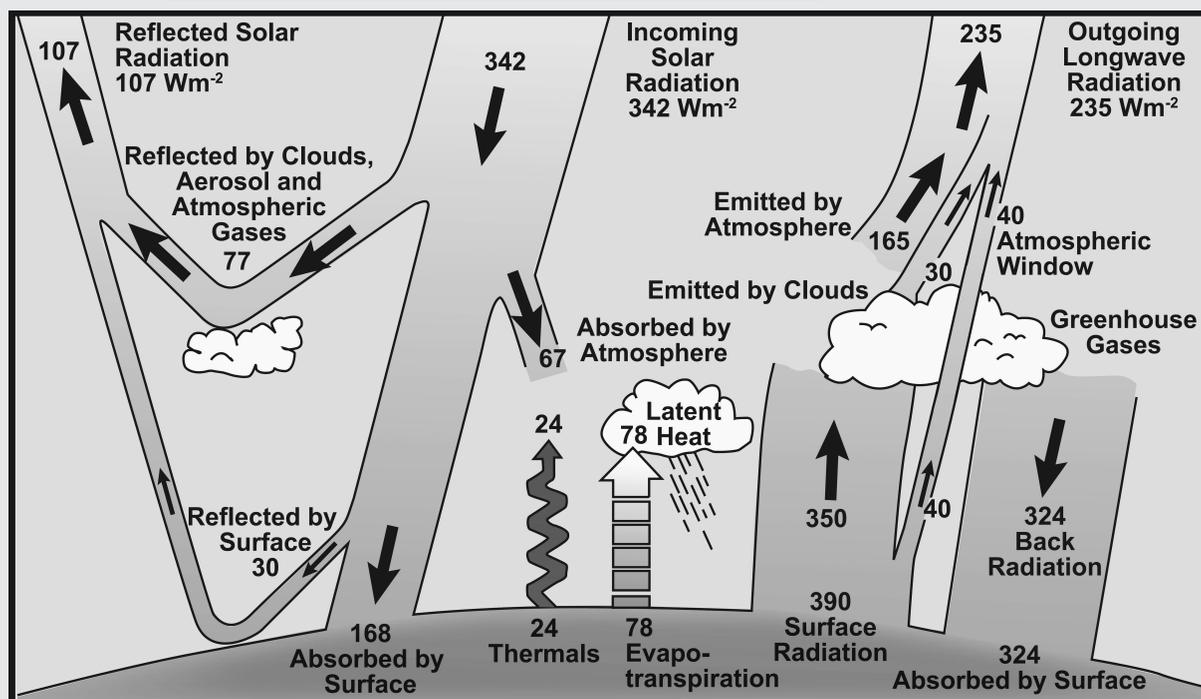
Box 1

● L'effetto serra

La conseguenza più dannosa di questa alterazione è la modifica del meccanismo naturale di regolazione dell'equilibrio termico della Terra noto con il nome di effetto serra. La temperatura globale media dell'atmosfera terrestre è, infatti, strettamente collegata alle caratteristiche radiative della superficie della Terra e dell'atmosfera.

Figura 1

Bilancio energetico medio annuo della Terra [1]



La porzione di radiazione solare assorbita dalla superficie e il conseguente riscaldamento prodotto da questo assorbimento costituisce, infatti, insieme all'effetto serra indotto dall'atmosfera, il meccanismo alla base del mantenimento della temperatura sulla superficie terrestre su valori idonei all'esistenza della vita animale e vegetale. In generale, circa:

- il 23% della radiazione solare è riflessa o diffusa di nuovo nello spazio dalle nubi e da altre particelle presenti nell'atmosfera terrestre;
- il 19% è assorbito dalle nubi, dai gas e dalle particelle presenti nell'atmosfera terrestre;
- il restante 58% passa attraverso l'atmosfera terrestre raggiungendo la superficie terrestre e, di questa porzione, circa il 15% è riflesso dalla superficie terrestre di nuovo nello spazio (si veda la figura 1).

In media quindi, circa il 49% della radiazione solare raggiunge la superficie terrestre, da dove viene assorbita dal terreno, producendo il riscaldamento della superficie terrestre e dello strato di atmosfera terrestre più basso.

La radiazione solare assorbita dalla superficie terrestre viene riemessa verso lo spazio come radiazione con lunghezza d'onda nel campo delle lunghezze d'onda delle radiazioni infrarosse. Solo una porzione estremamente ridotta (appena il 10%) di questa energia esce dall'atmosfera, mentre la restante parte viene assorbita dai gas serra presenti nell'atmosfera terrestre, stabilizzando, così, la temperatura media globale intorno ai 14/15°C.

L'incremento della concentrazione in atmosfera dei gas serra produce un incremento della capacità di assorbimento della radiazione infrarossa, con conseguente riscaldamento addizionale dell'atmosfera stessa.

Nel 2005, la temperatura media globale ha raggiunto un picco di 14,7°C e, quindi, un aumento di 0,8°C rispetto ai valori registrati nel 1860. Un incremento di altri 2°C viene ritenuto da molti climatologi come il limite critico a partire dal quale si prevedono gravi danni ecologici, sociali ed economici.



Tabella 1

● Proprietà fotometriche di alcuni materiali

Materiali	Formula chimica	Coefficiente di riflessione medio nel visibile
Superfici acquose	H ₂ O	0
Suolo	-	0,01
Neve	H ₂ O	0,05
Biossido di titanio	TiO ₂	0,06
Ossido di zinco	ZnO	0,06
Alluminio lucidato	Al	0,85 - 0,87
Alluminio ossidato	Al	0,70 - 0,80
Rame levigato	Cu	0,70 - 0,80
Rame ossidato	Cu	0,02
Ferro lucidato	Fe	0,05
Ferro ossidato	Fe	0,01
Acciaio lucidato	Fe	0,60 - 0,70
Acciaio inossidabile	Fe	0,55 - 0,65
Smalto bianco	SiO ₂	0,75 - 0,85
Intonaco a calce	Ca(OH) ₂	0,90 - 0,92
Intonaco cementizio	3CaOSiO ₂	0,70 - 0,80
Carbonato di magnesio	MgCO ₃	0,97 - 0,98
Sabbia asciutta	-	0,20 - 0,30

pari, cioè, a circa il 3-10% nell'arco di un secolo. Se a questo si aggiunge la reticenza di molte Nazioni alla ratifica dell'accordo e la mancanza di misure precauzionali per i Paesi in via di sviluppo, che pure contribuiscono a circa metà delle emissioni su scala mondiale e sono in continua crescita, appare evidente l'inadeguatezza del Protocollo come strumento di controllo del riscaldamento globale.

D'altro canto, pretendere che i Paesi in via di sviluppo intraprendano politiche di controllo delle emissioni di gas serra analoghe a quelle previste per le Nazioni industrializzate avrebbe conseguenze particolarmente negative sulle loro prospettive di crescita.

Alla luce del rapido e continuo aumento

della concentrazione di gas serra e della mancanza di efficaci strumenti di carattere tecnico e programmatico in grado di contrastare il fenomeno del riscaldamento globale, risulta, quindi, ineluttabile la necessità di interventi che ostacolino l'incremento della temperatura globale mediante soluzioni ambientalmente compatibili, di facile realizzazione tecnica e dai costi contenuti, al fine di poter essere attuati anche da quei Paesi con risorse economiche limitate.

Il WEC (*world energy council*) ha pubblicato, in vista del vertice di Copenhagen COP15, un rapporto dal titolo "European climate change policy beyond 2012", nel quale è stata presentata una rassegna delle più innovative



Box 2

● **Albedo control: un caso di applicazione teorica**

A titolo esemplificativo e per una migliore comprensione dell'importanza della proposta, si supponga di realizzare, mediante semplice tinteggiatura con pittura bianca, una superficie di 2 mq certificata "bianco riflettente" sulla copertura di un'abitazione in Burkina Faso dove, in virtù dell'elevato soleggiamento, è possibile compensare con questa superficie l'immissione in atmosfera di una tonnellata di gas serra.

Prendendo a riferimento il prezzo di scambio attuale delle quote di emissione alla EUAS - *borsa europea di diritti di emissione di diossido di carbonio* (14 €/tonCO₂), ogni metro quadrato di superficie "bianco riflettente ad albedo certificata" realizzata nel Burkina Faso potrebbe acquisire un valore economico riconosciuto e monetizzabile, per effetto dell'ETS, pari a 7 €/mq. Occorre, comunque, tener conto che questo prezzo è destinato sicuramente a crescere; basti pensare che, solo in Italia, il debito per il mancato rispetto degli obiettivi del Protocollo di Kyoto è di 3,6 milioni di euro al giorno (la multa sanzione accumulata dal 1° gennaio 2008 a fine dicembre 2009 supera complessivamente i 2 miliardi e mezzo di euro).

Secondo le stime del programma per lo sviluppo delle Nazioni Unite, il Burkina Faso ha un reddito *pro-capite* annuo inferiore ai 250 €. Realizzare e mantenere efficienti anche solo 1.000 o 2.000 m² di superficie bianco riflettente in questo Paese potrebbe, quindi, significare raddoppiare o triplicare il reddito annuo familiare per 40 anni. Ogni anno, l'organo di certificazione, in base ai rilievi satellitari, sancirebbe il livello di manutenzione effettuata sulla superficie riflettente e, quindi, l'efficacia nel tempo dei trattamenti, misurando la quota di energia riflessa e decretando il conseguente pagamento del corrispettivo annuale. Quanto sopra con tecnologie semplici e pratiche, come ad esempio, *kit* per la verniciatura di ampie superfici o pompe a mano per irrorare di calce idrata i tetti di capanne, tettoie, ecc.

tecnologie per la produzione e l'impiego dell'energia e per il contenimento delle emissioni di gas serra (GHG) nonché le politiche per la loro adozione ai fini del raggiungimento degli obiettivi comunitari *post-Kyoto*. Una soluzione ritenuta già promettente dal Consiglio mondiale dell'energia per controllare il riscaldamento globale e compensare l'immissione in atmosfera dei gas serra è quella promossa dal CIRIAF (Centro interuniversitario di ricerca sull'inquinamento da agenti fisici), chiamata "*Albedo Control*". L'obiettivo è quello di modificare artificialmente l'albedo della superficie terrestre, quindi incrementare l'energia solare riflessa dalla Terra verso lo spazio e ridurre l'energia che contribuisce al suo riscaldamento; conseguentemente, sono state messe a punto e brevettate diverse metodologie compatibili con l'ambiente che consentono di perseguire tale obiettivo in maniera efficace e soprattutto economica^[1].

Bilancio energetico della terra ed effetto serra

Negli ultimi decenni, il massiccio ricorso ai combustibili fossili per la produzione dell'energia necessaria al processo di sviluppo industriale ha causato gravi alterazioni alla composizione dell'atmosfera terrestre, come conseguenza dell'immissione di copiose quantità di gas inquinanti. In particolare, gli ultimi dati disponibili sulla concentrazione di anidride carbonica (CO₂) in atmosfera mostrano valori superiori di oltre il 30% rispetto a quelli presenti due secoli fa.

Da indagini condotte su sondaggi di ghiaccio antartico fino alla profondità di 3 km è, infatti, emerso che la concentrazione atmosferica di CO₂ è passata da 280 ppm in età pre-industriale a circa 370 ppm attuali. Le previsioni sulla concentrazione di gas serra riportate nell'ultimo *report* dell'*IPCC* mostrano che, seguendo il *trend* di crescita attuale, la CO₂ atmosferica potrebbe raggiungere entro la fine del secolo una concentrazione di 700 ppm.

1) *Brevetto n. PG 2006 A 0086*: «Superfici riflettenti equivalenti a quantità di gas serra ai fini dei certificati di emissione e del commercio dei diritti di emissione, basate sul controllo dell'albedo terrestre e finalizzate al contenimento del riscaldamento globale in base alla relazione quantitativa tra la temperatura media della terra, la concentrazione di gas serra in atmosfera e le caratteristiche radiative della superficie terrestre stessa»; *brevetto n. PG 2007 A 0009*: «Sistemi e dispositivi per il controllo dell'albedo terrestre finalizzati al contenimento del riscaldamento globale in base alla relazione quantitativa di cui al brevetto n. PG 2006 A 0086».



L'innovazione tecnologica

L'albedo

L'albedo è la porzione di radiazione solare riflessa verso lo spazio dalla superficie della Terra. Mediamente, questa quota è pari al 9% della radiazione solare complessivamente incidente.

L'obiettivo del progetto "Albedo control" è di incrementare l'albedo medio della superficie terrestre, aumentando così la quota di energia riflessa dalla Terra a scapito di quella assorbita dalla superficie stessa. Questo fenomeno determina una riduzione della temperatura media globale capace di compensare l'incremento di temperatura prodotto dall'aumento della concentrazione di gas serra in atmosfera. L'incremento dell'albedo produce, pertanto, in termini di temperatura, un effetto analogo a quello della sottrazione di CO₂ dall'atmosfera.

Superfici riflettenti

Questo obiettivo può essere perseguito mediante la realizzazione di superfici con coefficiente di riflessione maggiore rispetto a quello della superficie terrestre. A questo fine, sono già stati depositati due brevetti in cui sono individuati gli aspetti innovativi di seguito riportati:

- la metodologia di calcolo per la determinazione della corrispondenza fra il valore della superficie riflettente orizzontale installata e la diminuzione di temperatura globale della Terra;
- l'estensione della superficie riflettente orizzontale installata che compensa una tonnellata equivalente di CO₂ in termini di effetto sulla temperatura globale della Terra, tenendo conto della latitudine del luogo di installazione;
- la corrispondenza fra superficie riflettente orizzontale installata e certificati di emissione;
- una rassegna di soluzioni tecniche, sostanze e materiali per la realizzazione delle superfici riflettenti.

La posa in opera di superfici riflettenti può e deve essere, infatti, attuata sia sulla terraferma sia in mare, per una migliore e uniforme distribuzione, in particolare:

- sulla terraferma possono essere sfruttate

le superfici artificiali e naturali quali tetti di abitazioni, coperture di impianti sportivi e di impianti industriali, infrastrutture stradali, aree pedonali, piazze, parcheggi, giardini, parchi, ecc. In alternativa, può essere sfruttata la coltivazione di alberi, arbusti o fiori con idonee caratteristiche cromatiche e con elevati coefficienti medi di riflessione;

- sulle superfici oceaniche e marine la posa in opera può essere, invece, attuata mediante l'impiego di isole galleggianti e/o semigalleggianti e, lungo le coste o bassi fondali, con la creazione di saline artificiali.

Nelle installazioni terrestri, la superficie riflettente può essere realizzata mediante la posa in opera di **vernici, pellicole, lastre** o qualsiasi tipologia di **rivestimento** con elevato coefficiente di riflessione alla luce solare ed eventualmente con elevato valore dell'emissività nell'infrarosso.

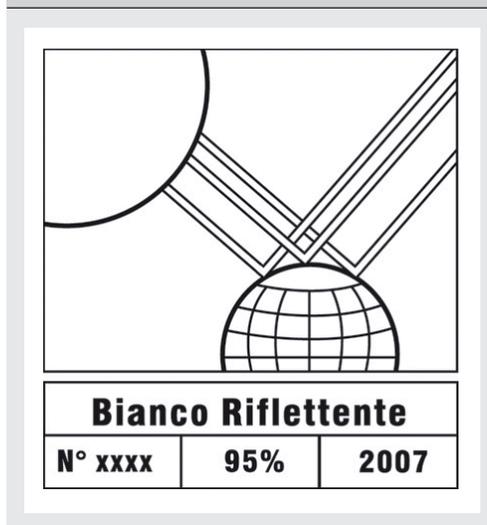
Particolarmente interessante risulta, inoltre, l'impiego per la realizzazione della superficie riflettente di vernici o pellicole in **biossido di titanio**. Questo composto, infatti, oltre a presentare ottime proprietà di riflessione della radiazione solare (il suo alto indice di rifrazione è secondo solo al diamante), è anche un eccellente catalizzatore capace di degradare per ossidazione i numerosi composti organici volatili presenti nell'aria inquinata. Questa caratteristica è richiamata anche nell'Allegato 1 al D.M. 1° aprile 2004 «Linee guida per l'utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale», che suggerisce l'impiego del biossido di titanio per la decomposizione per fotocatalisi di alcuni inquinanti atmosferici, quali NO_x, VOC e batteri (in particolare, nel D.M. 1° aprile 2004, l'efficacia fotocatalitica certificata di distruzione per gli NO_x è quantificata in 40 tonnellate/anno per ogni km quadrato di superficie trattata esposta al sole). Vernici con pigmento di biossido di titanio potrebbero, pertanto, costituire un elemento di copertura capace di combinare, contemporaneamente, un elevato coefficiente di riflessione e delle proprietà autopulenti e disinfettanti.

Altri materiali meno costosi, quali carbona-



Figura 2

● Label per etichettatura®



to di calcio in polvere, in granulometria per arredo di aiuole o giardini, o calce idrata, potrebbero trovare molteplici applicazioni. Va precisato, inoltre, che anche superfici verticali o, comunque, orientate possono dare il loro contributo (sebbene in generale inferiore a quelle orizzontali), se il trattamento superficiale permette di realizzare una superficie altamente riflettente di tipo "lambertiano", ovvero il cui fattore di riflessione ha un diagramma di re-irradiazione che segue la legge del coseno o "di Lambert" (il diagramma è visivamente rappresentato da una sfera appoggiata sulla superficie stessa nel punto di incidenza della radiazione solare). I materiali che sono stati citati sopra hanno, in genere, questa caratteristica e, pertanto, ben si prestano anche per il trattamento di superfici comunque orientate.

L'efficacia della posa di materiali riflettenti è strettamente connessa alla latitudine e alle caratteristiche meteorologiche e morfologiche dell'area di installazione, nonché al valore dell'albedo originario della superficie sulla quale i suddetti materiali sono posizionati (si veda la *tabella 1*).

In particolare, l'efficacia risulta tanto maggiore quanto più intenso è l'irraggiamento solare al suolo, poiché la porzione di radiazione solare rinviata verso lo spazio risulta più ampia.

Per quanto riguarda, invece, le caratteristiche fotometriche della superficie di installazione, l'efficacia dei materiali riflettenti risulta maggiore quando vengono impiegati per il rivestimento di superfici con elevato coefficiente di assorbimento (basso valore dell'albedo) poiché la riduzione della radiazione solare assorbita risulta maggiore. A questo proposito, soluzioni che prevedono la modifica dell'albedo delle superfici marine sarebbero particolarmente efficaci.

Oltre all'individuazione dei materiali e delle modalità di installazione che garantiscono i migliori risultati in termini di energia solare riflessa, l'iniziativa di ricerca prevede la messa a punto di tecniche quali, ad esempio, il telerilevamento satellitare per la quantificazione dell'efficacia delle superfici riflettenti installate. Al fine di migliorare l'accuratezza delle misure da satellite si po-

trebbe, inoltre, realizzare una griglia di superfici fiduciarie con albedo certificato, da utilizzare come riferimento nella stima della radiazione riflessa verso lo spazio.

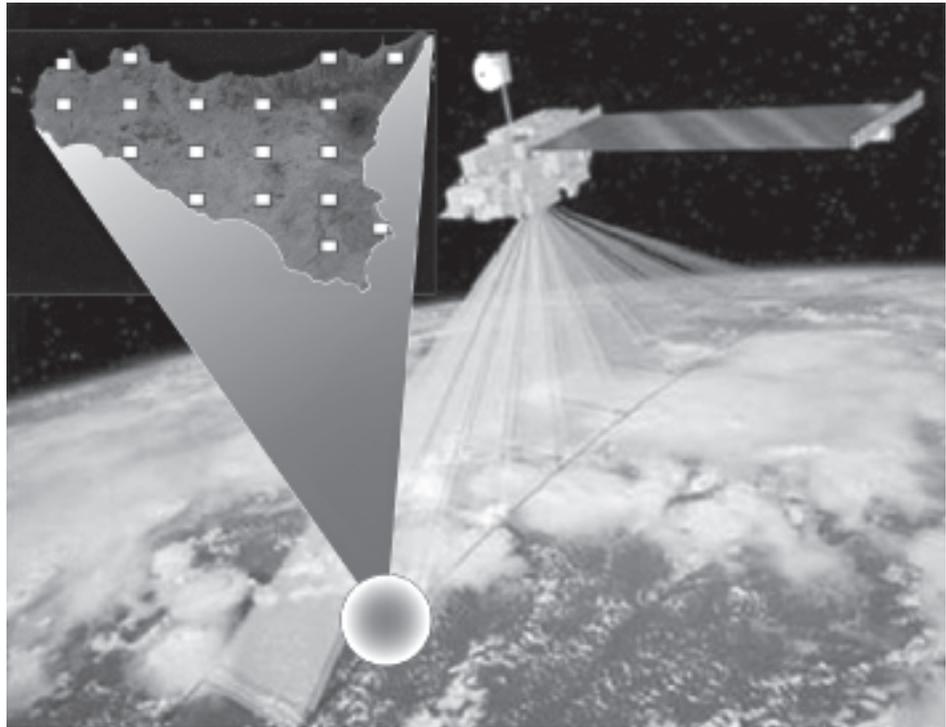
I benefici attesi

Il sud dell'Italia e - più in generale - la fascia equatoriale (aree intertropicali), le zone più aride e a bassa nuvolosità, i mari e gli oceani e, comunque, tutte le superfici che, allo stato attuale, presentano bassi valori dell'albedo risultano le aree in cui l'attuazione delle soluzioni proposte ha maggiore efficacia.

Questa opportunità potrebbe costituire una valida prospettiva economica per i numerosi Paesi poveri o in via di sviluppo situati nelle aree suddette. L'efficacia delle superfici riflettenti in termini di riduzione del riscaldamento globale è, infatti, ormai riconosciuta a livello internazionale. Un interessante risultato applicativo dell'iniziativa "*Albedo control*" potrebbe essere l'istituzione di un meccanismo di certificazione e di assegnazione di corrispondenti quote di emissione; in particolare, per ciascuna nuova installazione di superfici riflettenti verrebbe certificata la quantità di gas serra compensata e questa *quota* potrebbe essere venduta ai Paesi che eccedono le quote di emissione assegnate, in maniera analoga a quanto già avviene con il meccanismo del-



Figura 3

● Misura dell'albedo delle singole superfici mediante spettrofotometria differenziale satellitare

(esempio applicato alla Regione Sicilia)

l'*emission trading scheme* (ETS), istituito dalla direttiva europea n. 2003/87/CE. A questo proposito, l'iniziativa "Albedo control" è stata presentata alla tavola rotonda organizzata dall'UNEP (programma per l'ambiente delle Nazioni Unite) dal titolo "Risks, insurance and investments supporting low carbon Energy technologies", svoltasi il 17 dicembre 2009 a Copenaghen, in occasione del COP15. Nel corso della tavola rotonda è stata proposta l'istituzione di un'Agenzia internazionale coordinata dall'Italia che, avvalendosi di satelliti artificiali e di apposite procedure di certificazione, assegna crediti di carbonio a superfici che riflettono la radiazione solare.

Le procedure di certificazione prevedono l'impiego della **spettrofotometria diffe-**

renziale satellitare ad altissima definizione, per monitorare nel tempo le prestazioni (in termini di radiazione solare riflessa) e determinarne, quindi, l'eventuale deprezzamento, qualora queste non fossero mantenute perfettamente efficienti (si veda la *figura 2*).

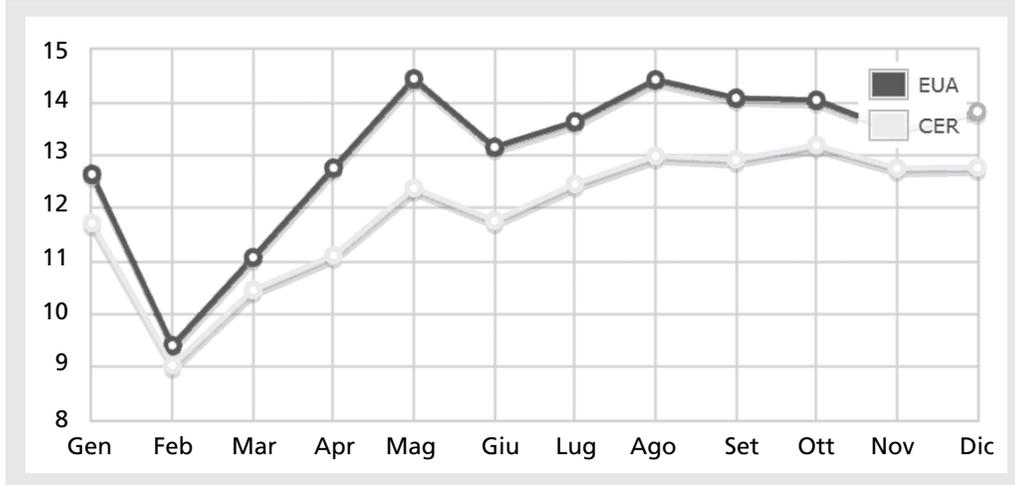
In questo modo, già piccole superfici di pochi metri quadrati, quindi con investimenti ridotti, potrebbero portare benefici economici per i soggetti installatori.

Per un'accurata misura dell'albedo da satellite, si prevede la realizzazione di una maglia di superfici fiduciarie ad albedo noto (ciascuna di circa 10 m²), disposte in senso sia orizzontale sia verticale (si veda la *figura 3*). Queste superfici, infatti, consentono la messa a punto di una tecnologia accuratissi-



Figura 4

● Andamento nell'anno 2009 del prezzo della CO₂ (€/ton) [2]



ma di spettrofotometria differenziale satellitare basata, non solo sulla misura del valore assoluto della radiazione riflessa, ma anche sulla stima delle differenze di albedo rispetto alle superfici fiduciarie.

L'esempio riportato nel *box 2* rende manifesta la possibilità di aprire nuovi scenari nei **rapporti di cooperazione internazionale** tra le diverse Nazioni, creando fonti di reddito dai crediti di emissione guadagnati con l'installazione di superfici bianco riflettenti anche - e soprattutto - in Paesi poveri o in via di sviluppo, dove aridità, siccità e desertificazione sono problematiche di primo piano. Questa iniziativa, dalla notevole portata economica, sia globale che individuale per i soggetti coinvolti, potrebbe costituire una prospettiva realisticamente applicabile, per la semplicità di attuazione e l'economicità dell'investimento necessario.

Importanti contributi

Oltre alle fondamentali iniziative di cooperazione internazionale, gli interventi proposti da *Albedo control* potrebbero già essere attuati, mediante iniziative su scala nazionale, per il conseguimento dei limiti previsti dal Protocollo di Kyoto per il 2012 e per i nuovi limiti proposti dalla Comunità per il 2020. In Italia, ad esempio, il solo trattamento sbiancante delle coperture di capan-

noni industriali (si veda la *foto 1*) e di abitazioni private consentirebbe di ottemperare per una quota pari a circa il 40% alla riduzione di emissioni prevista dal Protocollo di Kyoto; il trattamento sbiancante sulle strade principali italiane sarebbe sufficiente per il raggiungimento di un'ulteriore quota di circa il 50% dei medesimi obiettivi. Altre interessanti possibilità di intervento potrebbero essere:

- la riattivazione delle saline dismesse (che permetterebbe di raggiungere circa il 10% degli obiettivi del Protocollo di Kyoto per l'Italia);
- la creazione di nuove saline artificiali in zone di basso pregio (siti industriali o petrolchimici lungo le coste; si veda la *foto 2*);
- la coltivazione di specie vegetali con particolari proprietà cromatiche riflettenti;
- l'installazione di dispositivi con ampie superfici artificiali bianche compatibili con l'ambiente;
- la formazione di isole galleggianti semi-sommerse anche con l'uso di strati di sale marino.

I costi delle tecniche sopra citate (gestione delle saline, imbiancature dei tetti, delle strade e delle piazze) sono molto contenuti, si stima meno di cinque o sei euro per tonnellata di CO₂ equivalente.



Foto 1

● Primo esempio di applicazione in Italia di superfici riflettenti presso un'azienda agricola in Perugia



L'iniziativa "Albedo control" prevede, infine, anche specifici interventi di **bioedilizia** sul patrimonio esistente e l'elaborazione di ipotesi circa la possibile applicazione diffusa sull'edificato e sulle nuove costruzioni, finalizzati, oltre che alla compensazione dei GHG in atmosfera, anche alla minimizzazione del fabbisogno energetico estivo e dell'impatto ambientale di queste ultime. Dotando, infatti, anche gli involucri architettonici di elevati valori di albedo, si registrerebbero positive ricadute in termini di riduzione del carico termico estivo dovuto al surriscaldamento per apporto solare.

Si ritiene, pertanto, ancor più efficace questo provvedimento se applicato in zone, come, ad esempio, le regioni italiane meridionali, caratterizzate da clima caldo e valori elevati di soleggiamento. Si avrebbe, infatti, un doppio beneficio in termini di:

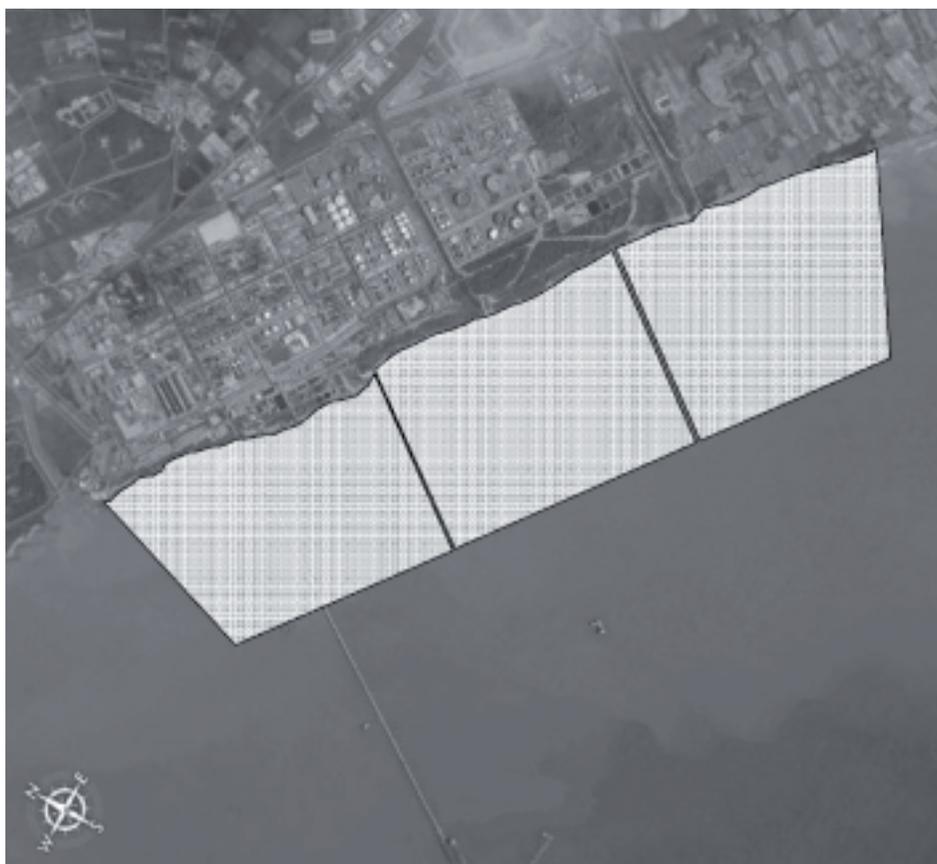
- monetizzazione delle quote di emissione di CO₂ evitata in atmosfera, monitorabile con i metodi di spettrofotometria differenziale;
- risparmio energetico e sulle spese di climatizzazione estiva, vantaggio percepito concretamente dall'utenza in quanto dimensionabile dal punto di vista economico.

È auspicabile, pertanto, la diffusione dello specifico *iter* di progettazione ottico-energetica dell'involucro edilizio inquadrato sia in generale all'interno dei provvedimenti di bioedilizia sia nello specifico tra i parametri valutativi per l'elaborazione della certificazione energetica degli edifici stessi. Non da ultimo sarà, inoltre, computabile anche il beneficio in termini di **salubrità degli ambienti indoor e outdoor**, di cui il gruppo di ricerca interuniversitario già si occupa da anni. ●



Foto 2

● Ipotesi di realizzazione di saline e riqualificazione di siti industriali



● Bibliografia

[1] Le Treut H., Somerville R., Cubasch U., Ding Y., Mauritzen C., Mokssit A., Peterson T. and Prather M., 2007: *Historical Overview of Climate Change*, in *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Figure 1, pag. 96.

[2] <http://www.sendeco2.com>