

Scie di Condensazione e Scie Chimiche

Luca Onorato - ARPAL-Centro Funzionale Meteoidrologico di Protezione Civile della Regione Liguria (CFMI-PC), Genova

1- Scie di condensazione a Frassinetto sulle prealpi canavesane (TO) il 13 ottobre 2007 (f. D. Cat Berro).

Le evidenze di pericolose modifiche dell'ambiente, traspaiono ormai più o meno quotidianamente, sia dai mass media, sia dall'ambiente scientifico e nessun ecosistema si può dire immune a questi cambiamenti. La pressione dell'uomo sui vari compartimenti ambientali (terrestri, aerei e acquatici, ecc) si può manifestare tramite diversi meccanismi diretti o indiretti: pensiamo alle recenti catastrofi ecologiche legate allo sversamento di idrocarburi o di altri contaminanti in ambiente marino. In questi casi, oltre al danno fisico diretto sull'ecosistema e sui popolamenti che lo caratterizzano (con la scomparsa delle specie animali e vegetali più sensibili), si verifica parallelamente un altro tipo di contaminazione che agisce più gradualmente sull'intera rete trofica, attraverso il progressivo assorbimento degli inquinanti (e dei relativi composti di degradazione) a partire dai livelli più bassi della catena alimentare: tali inquinanti vengono via, via trasferiti verso i comparti superiori, per arrivare all'uomo (pensiamo al mercurio che può raggiungere le nostre tavole attraverso il pesce). Questa contaminazione, che tende ad accumularsi in particolare nei livelli più alti della catena alimentare (acquatica o terrestre), deri-



va dall'immissione nell'ambiente di un numero sempre maggiore di composti di origine antropica: metalli pesanti, diserbanti o erbicidi (utilizzati per il controllo delle piante infestanti), insetticidi (che allontanano o uccidono insetti legati alle culture), sostanze di degradazione dei rifiuti urbani o tossici. Se poi ci focalizziamo sul comparto atmosferico, la situazione non si può dire migliore: mentre a livello regionale, quotidianamente i nostri media parlano della sistematica dispersione di diossine legate alla combustione illegale dei rifiuti urbani e industriali (in particolare nel Centro-Sud), invece nel Nord grava il problema dell'elevata concentrazione di polveri sottili che rendono fuorilegge tale parametro in particolare nelle aree metropolitane. Proprio queste ultime, a causa delle particolari condizioni climatiche della Pianura Padana (una tra le zone più compromesse dell'intero bacino Mediterraneo), sono interessate quotidianamente dall'effetto combinato di emissioni, provenienti da attività più disparate (trasporti, industria, riscaldamento, ecc), con una conseguente modifica dei parametri fisici su scala locale o regionale (isole di calore urbane, minore frequenza di eventi precipitativi a vantaggio di un aumento dell'intensità, ecc.). Il quadro, infine, si complica ulteriormente, quando l'inquinamento atmosferico risulta legato ad un abbassamento del PH nelle precipitazioni con una

progressiva acidificazione delle acque meteoriche, conosciuta più comunemente come «pioggia acida». Questi fenomeni tendono ad influenzare pesantemente l'ecosistema boschivo (a causa dell'interazione sia con il terreno, che con le superfici fogliari), producendo così un progressivo diradamento dello stesso, quando non sia già compromesso da altri fattori naturali o antropici (incendi, l'aridità, cementificazione di aree verdi, ecc.); così, le comunità vegetali s'indeboliscono progressivamente, diventando sempre più vulnerabili anche di fronte a stagioni anomale o eventi estremi (accentuati dai cambiamenti climatici). Ne conseguirebbe un incremento dei fenomeni di desertificazione con una progressiva espansione delle epidemie (come la cocciniglia del pino marittimo, che sta infestando a ritmi spaventosi le nostre foreste). L'inquinamento atmosferico, inoltre fornirebbe un ottimo esempio di sinergismo, in quanto i più disparati inquinanti che reagiscono nell'ambiente producono un'ulteriore aggravamento della situazione in prossimità delle zone urbane e/o industriali; nei periodi caratterizzati da una forte inversione termica, si può osservare un vero e proprio accumulo di miscele inquinanti nella bassa atmosfera, che provengono dallo scarico dei motori a scoppio (ossidi di azoto e idrocarburi). Questi gas, in presenza di raggi UV, possono dare origine a nuove sostanze ancora più tossiche (conosciute



2a,b - Diversi punti d'osservazione (da un aereo di Linea alla sky camera photo - Fairbank, 2003)



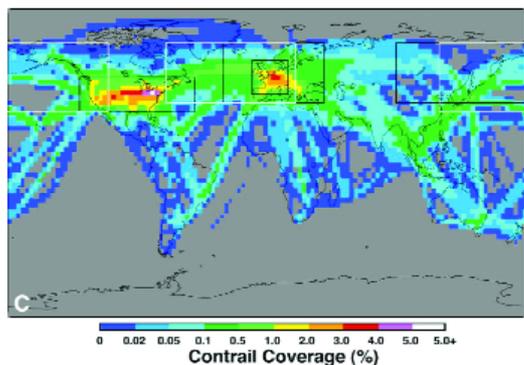
Box:1 - L'incremento delle scie di condensazione è legato ad un significativo aumento del traffico aereo



La sequenza fotografica evidenzia (da sinistra a destra) significativi fenomeni di allargamento e persistenza della scia che portano alla progressiva trasformazione in nubi alte simili a cirrostrati (Cinque Terre, inverno 2006). Tali fenomeni purtroppo sono sempre più comuni e frequenti a causa dell'incremento del traffico commerciale: quest'ultimo dovrebbe arrivare ad una saturazione nel breve-medio termine, con un conseguente aumento dei ritardi nei voli (che attualmente negli USA si avvicina al 25 %). Di conseguenza anche i tempi d'attesa per gli atterraggi, che oggi si aggirano in media attorno ai 20-30 minuti (con un consumo medio di circa 1000 litri di cherosene), aumenteranno ulteriormente provocando ulteriori fenomeni d'inquinamento e/o eventuale aumento delle contrails. Secondo l'allarme lanciato dalla CEE (che ha deciso di varare un master plan di interventi urgenti), il sistema è a rischio di paralisi già alla fine di questo decennio: nel 2020 le emissioni del trasporto aereo saranno più che raddoppiate! Dagli ultimi dati infatti

emergerebbe come gli effetti del traffico aereo siano stati finora sottovalutati; se nel 1992 il contributo del traffico aereo al riscaldamento globale è stato stimato attorno al 3,5%, negli ultimi anni (TRADEOFF 2004) tale fattore risulta raddoppiato a causa del suo eccezionale incremento (il 9% era il valore inizialmente previsto per il 2020). Dai più recenti dati, emergerebbe come ciascun passeggero che viaggia dall'Europa agli USA, contribuisca al riscaldamento globale come se avesse usato la macchina per ben 5 anni. La nuvolosità creata dal traffico aereo contribuirebbe in alcune zone geografiche in una misura del 5% incidendo quindi sul clima a scala regionale (e non solo locale). La figura qui a fianco (anche se risale al 1992) ci da una stima della reale copertura da Contrails attorno al globo: le zone rosso-aranciate nei riquadri scuri evidenziano come il traffico sui continenti sia caratterizzato da due aree particolarmente critiche (il centro Europa e gli Stati Uniti), unite da aerovie preferenziali (in verde) che sorvolano gli oceani (Copyright © MINNIS et al., 2004).

Estimates of Contrail Coverage From Satellite Observations & Models, 1992



Average contrail coverage over the USA ~ 1.7%



from Minnis et al. 2004

come smog fotochimico) che oltre a produrre lacrimazione e disturbi respiratori hanno effetti sul mondo vegetale, bloccando la reazione di fotosintesi e la produzione di sostanza organica (con la morte della pianta). Altri inquinanti fotochimici, che vanno sotto il nome di idrocarburi aromatici policiclici, invece, sarebbero direttamente correlati ad un aumento delle malattie tumorali e della mortalità: è bene ricordare che l'Europa perde ben 200 milioni di giorni lavorativi all'anno per malattie legate all'inquinamento atmosferico e che nelle zone maggiormente penalizzate, l'uomo correrebbe un rischio di ammalarsi di tumore dieci volte più alto rispetto all'atteso!

Ma quando abbandoniamo lo strato limite per raggiungere l'al-

ta atmosfera, le principali fonti d'inquinamento sono generalmente imputabili a scarichi prodotti dal traffico aereo. Da una recente stima dei consumi, infatti, emergerebbe come un aereo per vincere la gravità, bruci una quantità di combustibile decisamente significativa rispetto agli altri mezzi di trasporto: un vettore con un centinaio di persone a bordo, consumerebbe una quantità di carburante di oltre un ordine di grandezza superiore rispetto a quella utilizzata da un numero equivalente di mezzi pesanti su gomma (impegnati a coprire la medesima tratta).

La lotta all'inquinamento atmosferico.

Malgrado l'Europa abbia compiuto sforzi significativi in favo-

re dell'abbattimento degli inquinanti in atmosfera, purtroppo rimangono ancora molti problemi da risolvere a causa del marcato aumento del traffico su gomma: pensiamo ad esempio alla formazione estiva di ozono nella bassa atmosfera, che può rivelarsi molto nociva sia per la salute degli ecosistemi e sia per le coltivazioni. Tuttavia, l'utilizzo di tecnologie più efficienti nell'ultimo trentennio ha fatto registrare qualche miglioramento oggettivo che farebbe ben sperare per il futuro: la rimozione del piombo dalla benzina; la messa al bando dei clorofluorocarburi o CFC (che contribuivano ad impoverire lo strato di ozono); la riduzione (attorno all'80 %) delle emissioni di ossidi di azoto (grazie all'introduzione delle marmitte catalitiche), ecc..

Box 2. Scie Chimiche / esperimenti segreti o semplici scie di condensazione.

Le foto A,B,C (da sinistra a destra) che sono spacciate come risultati di esperimenti o test segreti (per disperdere virus, agenti tossici nel mezzo aereo e/o controllare il clima), in realtà sono il risultato di fenomeni rari ma naturali (A,B). In A (Fonte NOAA) incontriamo nubi tipo Mammatus che sono estremamente affascinanti e nitide in quanto legate a intense correnti discendenti (estremamente pericolose per il volo!). Questi ultimi possono comparire anche in Mediterraneo, con violenti temporali a mesoscala (MCS). Nell'immagine centrale (B) abbiamo invece una visione di Altocumulus Lenticularis (Fonte: www.rlmet.it, Cogne-Ao) che è una nube particolare che si forma in alcune zone dell'atmosfera e permane stazionaria sottovento ad una catena montuosa in condizioni di vento forte (presenza di un rotore stazionario). Infine l'ultima foto C ci da una visione estremamente chiara del traffico aereo che grava quotidianamente sulle Alpi e il Nord-Italia: ciò dovrebbe far riflettere sulla reale influenza dei fenomeni di inquinamento legati al traffico civile (www.rlmet.it del 07/05/2005 - Valle Grana). Anche gli incroci di scie non sarebbero legati ad improbabili, quanto costosi vettori impegnati in missioni segrete (finalizzate all'immissione di sostanze tossiche in atmosfera), ma più realisticamente rappresenterebbero le tracce delle principali rotte N-S e W-E. Noterete come le scie perpendicolari al lato superiore della foto siano soggette ad un parziale spreading (espansione laterale dovuta alle correnti aeree che spirano ortogonalmente rispetto alla scia), mentre quelle oblique, oltre ad essere più giovani, apparirebbero con una minore espansione (in quanto parallele alle correnti in quota). Anche l'improvvisa interruzione delle scie (parte bassa della foto), non sarebbe legata allo spegnimento dei motori, ma più semplicemente a zone caratterizzate da un basso contenuto di umidità e/o da correnti discendenti (accentuate dall'orografia alpina).

Per il futuro le principali sfide mirate alla riduzione dell'inquinamento atmosferico, dovranno essere finalizzate a contrastare i cambiamenti climatici in atto, il proliferare delle sostanze chimiche e il relativo impatto sulla salute umana. Più in generale le azioni dovranno essere indirizzate alla preservazione dei diversi ambienti (quali elementi di biodiversità e di ricchezza), attraverso uno sviluppo più sostenibile e attento della qualità di

vita.

L'ipotesi del complotto: le chemicaltrail!

Osservando l'alta atmosfera, a volte il traffico aereo è facilmente individuabile attraverso il fenomeno delle scie di condensazione che possono anche trasformarsi in nubi molto simili ai cirri, quando sono sottoposte ad espansione orizzontale (*spreading*): tali scie risultano spesso affiancate o sovrapposte (e non

solo secondo la direzione delle principali aerovie), per formare forme o figure inaspettate, anche a causa di correnti in quota (che con l'altezza si intensificano e possono variare come direzione). Recentemente si è parlato soprattutto in internet, di esperimenti segreti in atmosfera, condotti anche attraverso il rilascio di scie di chimiche persistenti (*chemical trails*), che potrebbero essere utilizzate segretamente, sia per modificare le condizioni climatiche su una determinata area, sia come veicolo di diffusione di virus o batteri o altre sostanze tossiche in atmosfera. Anche se queste teorie sono senza un reale fondamento scientifico, tendono ad impressionare le persone, dimostrandosi assai fuorvianti e pericolose in quanto tendono a sviare l'attenzione dai reali problemi ambientali. Le ipotesi di complotti legati alle scie chimiche persistenti, sembrano fondarsi troppo spesso su osservazioni estremamente soggettive e poco dettagliate: infatti, le presentazioni che girano in web (ex. alza la testa.ppt) sono caratterizzate da brevi commenti ed immagini senza data, né luogo di scatto, lasciando così spazio a disparate interpretazioni. Da un'analisi un po' più approfondita, emergerebbe come la maggior parte delle ipotesi di *chemicaltrails*, in realtà possano essere identificate come normalissime e banalissime «scie di condensazione», dette appunto «contrails» (vedi: [3- dida](http://it.wikipedia.org/wiki/Scia_di_conden-</p>
</div>
<div data-bbox=)

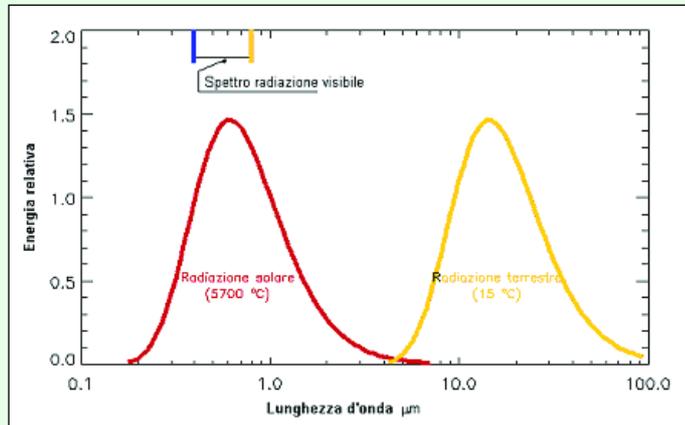


Box 3: Spettro della radiazione emessa dal sole e dalla superficie terrestre

La forzante dei processi atmosferici è rappresentata dalla radiazione emessa dal sole. L'origine della circolazione atmosferica, infatti, può essere ricercata nel differente riscaldamento subito dalle varie zone e strati dell'atmosfera nelle diverse regioni del globo. La non uniforme distribuzione dell'energia solare nel sistema terra - atmosfera è causata essenzialmente dalla forma geometrica della terra, dall'inclinazione del suo asse di rotazione rispetto alla perpendicolare all'eclittica (il piano dell'orbita descritto dal suo movimento attorno al sole) e dalla natura della superficie terrestre (mari, deserti ghiacciai, ecc.).

La forma geometrica della terra implica che l'angolo d'incidenza della radiazione solare sia variabile con la latitudine: pertanto la stessa quantità d'energia si distribuirà su una superficie sempre più ampia procedendo verso le regioni polari ed il riscaldamento risulterà così più intenso alle basse latitudini anziché alle alte.

L'energia fornita dal sole ha una lunghezza d'onda compresa tra 0.2 m e 4 m e lo spettro elettromagnetico risulta costituito per il 50% da



Spettro della radiazione emessa dal sole e dalla superficie terrestre.

dal sole. L'andamento termico di una regione, dipende dalla natura della superficie terrestre oltre che dalla latitudine e dai caratteri morfologici generali della zona. Tipicamente il suolo riflette solo una piccola parte delle radiazioni; inoltre, conduce con estrema lentezza il calore verso l'interno ed essendo opaco, possiede un elevato potere assorbente; di qui l'accumulo del calore nello strato superficiale che si riscalda rapidamente. Il suo raffreddamento avverrà con pari intensità e rapidità quando cesserà l'azione del sole, avendo però anche un elevato potere emissivo (CROSETTI, 2003).

radiazioni nel campo dell'infrarosso ($> 0.7 \text{ m}$), per il 40% da radiazioni nella regione del visibile ($0.3 \text{ m} < < 0.7 \text{ m}$), mentre nel rimanente 10% nel campo dell'ultravioletto ($< 0.3 \text{ m}$). Il flusso di energia che raggiunge la sommità dell'atmosfera vale in media $1390 \text{ [W/m}^2\text{]}$; circa il 40% è riflesso e diffuso verso l'alto, mentre il restante 60% viene invece assorbito dal sistema terra-atmosfera. L'aria, soprattutto quella secca, risulta sostanzialmente trasparente alle lunghezze d'onda tipicamente presenti nella radiazione incidente e quindi il suo riscaldamento avviene «dal basso» in maniera indiretta attraverso il calore ceduto per irraggiamento termico dalla superficie terrestre. Quest'ultima emette energia su lunghezze d'onda comprese tra 4 m e 100 m (infrarosso), maggiori quindi della radiazione proveniente

zione e <http://en.wikipedia.org/wiki/Contrail>.

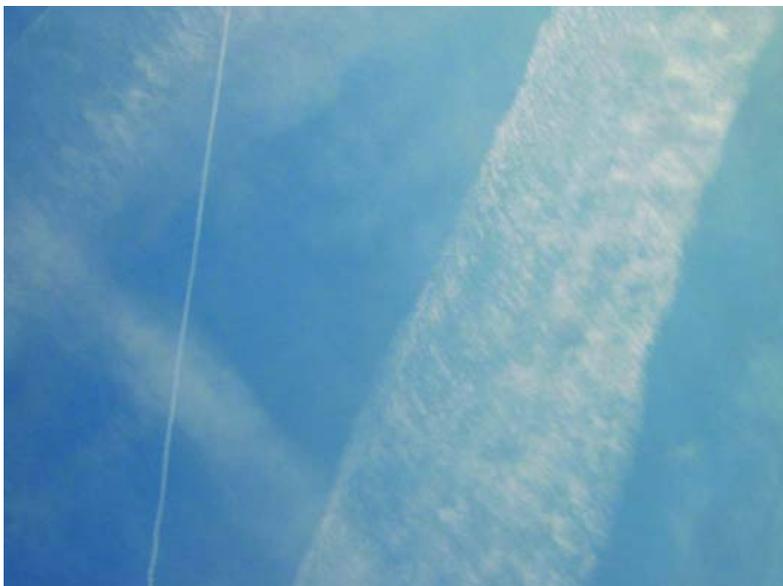
Analizzando le fotografie, infatti è chiaro come le immagini rappresentino fenomeni reali e noti, che nulla hanno a che fare con la tesi di complotto: così può accadere che nubi rare siano portate come prove tangibili di manipolazione climatica (dai fautori del complotto) senza tener conto che questi fenomeni, anche se sporadici, si possono ma-

nifestare in particolari condizioni meteorologiche. Inoltre è normale che le scie prodotte dal traffico aereo, tendano a sovrapporsi o incrociarsi (anche per un effetto combinato legato alle diverse intensità delle correnti in quota e alle molteplici direzioni delle principali aerovie), piuttosto che dissolversi improvvisamente in alcuni tratti a causa delle ondulazioni del flusso (correnti ascendenti/discendenti) o per

un'effettiva riduzione dell'umidità agli alti livelli. Altri fenomeni additati dai fautori del complotto come frutto di esperimenti segreti, sono in realtà del tutto naturali come mostrato nel Box. 2 (nubi del tipo mammatus, legate ad eccezionali correnti discendenti tipiche dei temporali a mesoscala). Ma è altrettanto corretto chiarire come siano esistiti e siano reali i casi in cui sono stati effettuati esperimenti mirati a controllare o ridurre le precipitazioni o anche la sola nuvolosità su determinate zone (vedi anche http://en.wikipedia.org/wiki/Aviation_and_climate_change).

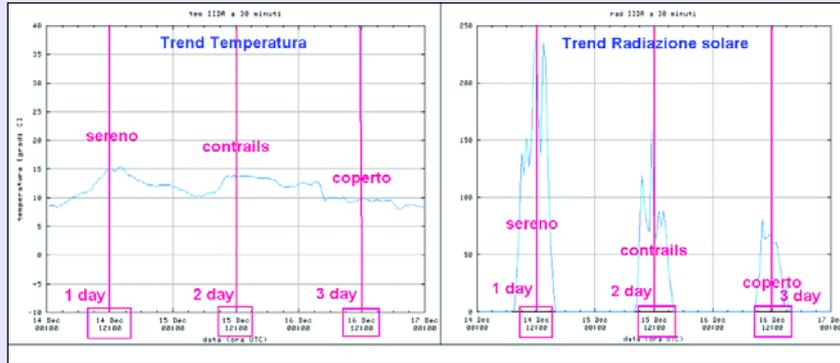
Mentre alcune di queste sperimentazioni sono state condotte a scopo di studio, altre sono utilizzate per cercare di incrementare le precipitazioni sulle coltivazioni (ad esempio in Israele o negli USA); negli Stati Uniti esistono anche ditte private a cui ci si può rivolgere per aumentare la probabilità di fare piovere su terreni ad uso agricolo (evidentemente non lo farà chi ha mezzo ettaro di terra...!). In altri casi ancora, è quasi sicuro che siano eseguiti una serie di test segreti per il controllo climatico (per esempio da utilizzare in occasione delle prossime olimpiadi in Cina).

4. Diverse fasi di maturità della delle contrails: si evidenzia in questo caso una significativa fase di spreading (e persistenza, mentre una scia sottile più recente (ma ben delineata) si è appena formata più a sinistra. Le velature sullo sfondo corrisponderebbero a scie mature, ormai in fase di lento dissolvimento.



Box. 4: Andamento della temperatura e della radiazione solare in presenza/assenza di contrails

Per la stazione Ligure (Genova-Idraulica) viene confrontato l'andamento di temperatura e radiazione solare per le 3 giornate (14-15-16 dicembre 2006), caratterizzate da distinte condizioni meteo (rispettivamente cielo quasi sereno, velato da contrails, coperto). A differenza del 14 dicembre (*day 1*) in cui, salvo qualche isolato passaggio nuvoloso, il cielo era prevalentemente sereno, il giorno 15 dicembre (*day 2*) è stata registrata una significativa velatura (legata a contrails persistenti); in questa giornata, anche se le temperature hanno mostrato valori massimi in lieve calo (circa 1°C) rispetto a quelli del 14 dicembre, possiamo evidenziare un andamento termico più costante (con una minore escursione termica tra giorno e notte), che sarebbe presumibilmente legato all'effetto serra locale, indotto dall'alta densità e persistenza delle scie. Infatti, in questo caso si registrò un raffreddamento notturno più ridotto nel corso delle ore antelucane (12-13°C rispetto ai 10°C della notte precedente). Infine il 16 dicembre (*day 3*), l'approssimarsi di una moderata perturbazione comportava un'intensa copertura nuvolosa con un calo netto della radiazione solare (e una generale riduzione più delle temperature < di 10°C).

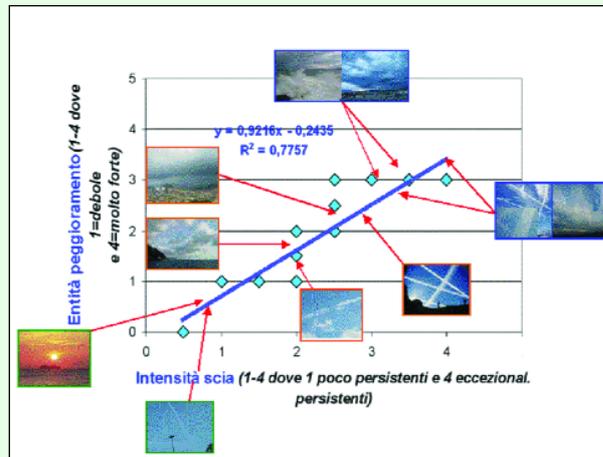


Influenza delle scie di condensazione sul clima

Come precedentemente accennato, nell'ultimo decennio è stato registrato un significativo incremento dei livelli di nuvolosità, in particolare nelle zone interessate da rotte aeree molto trafficate che collegano il Nord-America all'Europa occidentale; anche nelle più remote aree dell'Alaska c'è una tendenza all'incremento delle temperature medie più pronunciato nella stagione fredda, come rilevato da recentissimi studi. Secondo diversi studi la radiazione netta risulta caratterizzata da un bilancio complessivo leggermente negativo in estate e positivo d'inverno, in concomitanza con un incremento di nuvolosità alta. Normalmente l'energia solare in ingresso (radiazioni a lunghezza d'onda corta) ed in uscita (IR), sono in equilibrio, in modo che il sistema atmosferico finisce con non accumulare, ne perdere energia (se non in quantità minima) rispetto a quella che il sole fornisce quotidianamente. Tuttavia l'equilibrio può essere modificato quando il sistema è sot-

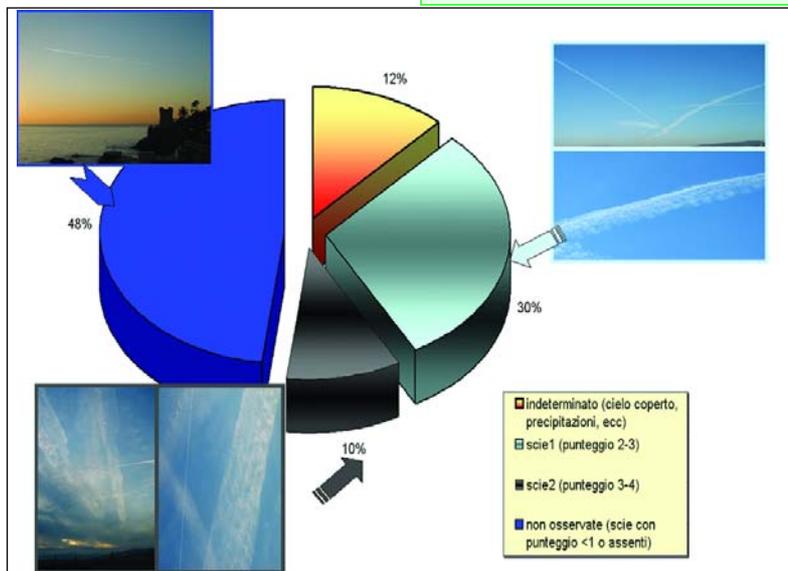
Box 5. Legame tra presenza/persistenza delle scie di condensazione ed evoluzione meteo a breve-medio termine.

Per il periodo invernale/primaverile del 2006/'07 si è analizzato il legame tra la formazione delle scie di condensazione ed i cambiamenti meteorologici a breve-medio termine (numero osservazioni=28: per una scala da 1 a 4, viene attribuito uno score di 1 alla presenza di scie poco persistenti (< di 30 s), mentre uno score massimo di 4 è associato a velature estese per la presenza di contrails persistenti (tra 1 e 2h). L'entità del peggioramento a breve termine sarebbe legata alla comparsa e persistenza delle scie di condensa in quota: partiamo da situazioni sinottiche caratterizzate da fenomeni deboli o al più moderati (con score 1) per arrivare a

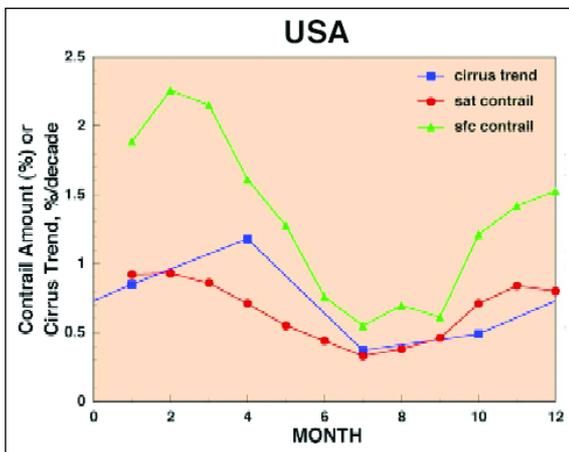


a configurazioni (score 4), caratterizzate da saccature marcate e minimi al suolo profondi (con burrasche e/o precipitazioni intense)

5. Frequenza di apparizione del fenomeno per i seguenti casi: assenza di scie (assenza di condensa o condense q. irrilevanti con score < 1); scie moderate (score da 2 a 3); scie consistenti (score da 3 a 4) con persistenza elevata.



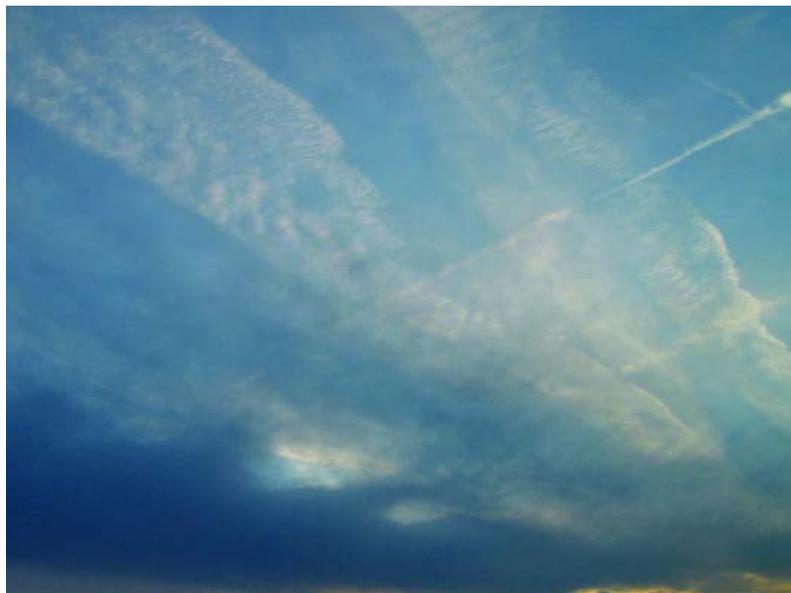
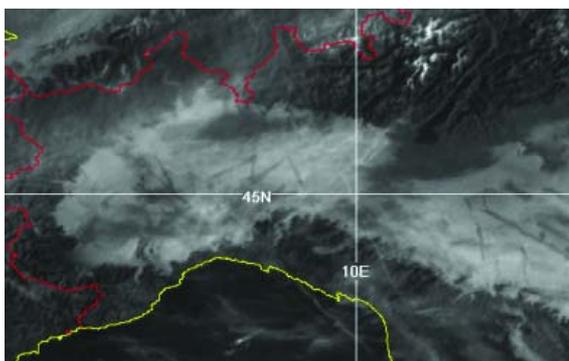
toposto a forzanti esterne, come ad esempio nelle zone dell'atmosfera caratterizzate da un'elevata emissione di combustibili fossili in alta quota, che possono apparire come condensa più calda rispetto all'ambiente circostante. E' stato ipotizzato che negli Stati Uniti (territorio interessato da un elevato transito di aerei) le scie di condensazione potessero condizionare il clima anche su scala regionale, sia riducendo la radiazione solare incidente durante il giorno, sia quella persa durante la notte, con un aumento netto delle temperatura media giornaliera in particolare nel periodo freddo. Anche se i risultati non sono sempre in linea tra loro, si è evidenziato come in concomitanza



6a. Corrispondenza tra andamento stagionale in concentrazioni di cirrus e di contrail dove: cirrus trend rappresenta la copertura stagionale di contrails; sat contrail corrisponde a Satellite contrail coverage (Mannstein et al. 1998, Palikonda et al. 2002) e sfc contrail a Satellite contrail frequencies. (Grafico - Copyright © Minnis et al., 2004). Si evidenzia chiaramente il calo stagionale della frequenza del fenomeno in concomitanza dei mesi più caldi.

6b La presenza di vettori a diverse quote evidenzia come le contrails si differenzino significativamente a secondo dell'altitudine (le scie più sviluppate sono quelle più elevate). Foto: Onorato

con la presenza di nuvolosità alta (legata sia alle contrails, sia ai cirri), il budget energetico finale risultasse positivo e comunque compensato da un incremento delle lunghezze d'onda più lunghe rilasciate dalla superficie; queste ultime sono poi riflesse verso la bassa atmosfera dalla nuvolosità alta con un conseguente effetto serra. Dopo gli attentati dell'11 settembre 2001 ed il conseguente blocco del traffico aereo turistico/commerciale sugli USA è stato possibile se-



guire e dettagliare l'evoluzione di singole contrails formate da aerei militari in ricognizione e studiarne meglio la formazione e il tempo di permanenza. Ulteriori studi condotti sempre tra l'11 ed il 14 settembre 2001, invece, avrebbero evidenziato un anormale incremento del range di temperatura media giornaliera (differenza tra la massima e la minima giornaliera) rispetto ai dati climatologici; questa variazione sarebbe attribuita proprio alla mancanza di scie di condensazione sul Nord America (a causa di una maggiore escursione termica giornaliera). Tuttavia, nonostante le diverse tendenze legate anche alla stagionalità, è ormai chiaramente confermato (dati NASA) come il continuo aumento delle contrails stia avendo un significativo effetto sul territorio sottostante con una tendenza all'aumento delle temperature nei bassi strati a partire dall'ultimo cinquantennio (Minnis et al., 2004); in particolare tra il 1975 e 1994, le temperature sarebbero incrementate di circa 0.5 gradi fahrenheit/decade (e più precisamente da 0,36 a 0,54 gradi Fahrenheit). Dai risultati recenti si è stimato che la nuvolosità prodotta da questo fenomeno (nella media globale), avrebbe un effetto riscaldante 4 volte maggiore rispetto alle normali emissioni di CO₂ derivanti dalla combustione dei combustibili fossili.

5. Effetti predittivi delle contrails

Nel precedente articolo sulle scie (si veda Nimbus 39/40, tabella di persistenza delle con-

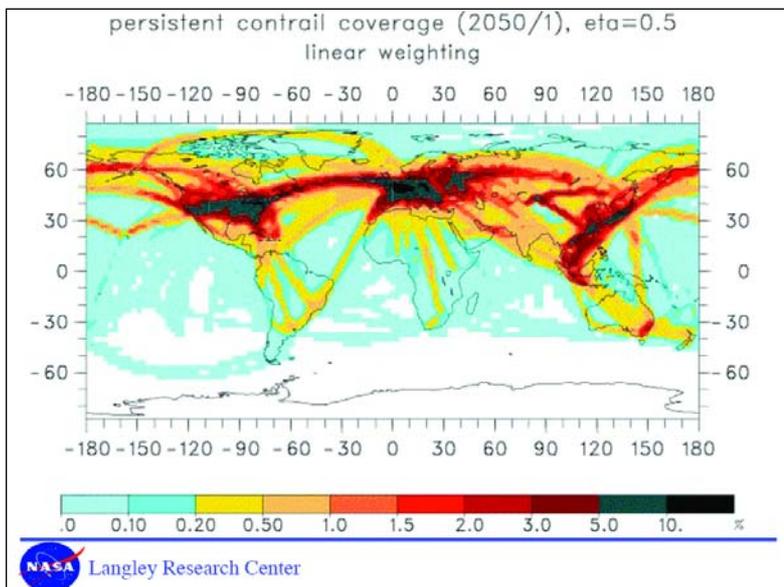
trails), si era evidenziato come la persistenza e la consistenza delle contrails, potesse essere correlata all'evoluzione a breve-medio termine delle condizioni meteorologiche; è cosa risaputa come la comparsa di scie possa essere un chiaro indizio di mutamento del tempo, in quanto i fenomeni di condensa in quota spesso precorrono un cambiamento delle condizioni meteorologiche anche ai livelli inferiori dell'atmosfera.

In questo senso, nel corso del 2006/'07, abbiamo condotto una serie di osservazioni (limitate al solo periodo invernale), per analizzare la persistenza delle scie e la loro consistenza, valutando l'evoluzione meteorologica nelle giornate successive (da 1 a 3 giorni) all'apparizione di contrails. Per entrambi i parametri è stata imposta una scala crescente secondo la consistenza delle scie e l'intensità del peggioramento.

Dai risultati preliminari (vedere box. 4) si evidenzia un legame tra i due parametri, con una discreta correlazione ($R^2 = 0,70$), anche se l'apparizione di scie significative legate ad infiltrazioni di masse d'aria umida in quota non sempre sarebbe legata ad un peggioramento delle condizioni meteorologiche, almeno nel breve termine: scie caratterizzate da una certa persistenza (con un punteggio medio di 3), infatti non sono seguite per forza da una fase di intenso maltempo. Inoltre, da una serie di osservazioni (condotte tra il genovese ed il Savonese tra il marzo e l'aprile 2008, per un periodo di circa 30 giorni), si evince come nel 50%

7. I segni nel cielo non sono fenomeni anormali, ma si possono verificare quando un aereo passa in prossimità di nubi alte preesistenti a causa di fenomeni di turbolenza ed immissione di nuclei di condensazione (foto in basso, L. Onorato). In alto dal MSG si può evidenziare dal satellite una moltitudine di solchi e strisce più scure; tale fenomeno sarebbe legato all'ascesa/discesa del traffico aereo in una giornata di nebbia, verso i principali aeroporti del Nord, nonché fenomeni di condensazione veri e propri nei pressi del settore Ligure (Canale del Visibile ad alta risoluzione - Copyright © Eumetsat-).

8. La simulazione mostra una possibile previsione della copertura della copertura da contrails tra circa 40 anni (2050). Copyright © Minnis et al., 2004.



delle giornate sia stata riscontrata una generale assenza di *contrails* (giorni senza *contrails* o con *contrails* appena percettibili con *score* <1), mentre per un 30% dei casi invece le scie fossero abbastanza significative (vedere fig. 5).

Solo un 10% di casi è legato alla comparsa di scie consistenti e persistenti nel tempo, caratterizzate da velature significative che sono in grado di influenzare il trend termico su scala locale. Nel restante 12% dei casi non è stata possibile alcuna osservazione in quota per la ridotta visibilità (a causa delle precipitazioni, della copertura cielo o della presenza di foschia anche densa).

6. Possibili vie d'uscita dal fenomeno delle *contrails*!

Recenti studi si sono posti la risoluzione del problema attraverso la ricerca e lo studio di rotte alternative, finalizzate ad una riduzione della nuvolosità artificiale formata dai vettori. Tuttavia le possibili soluzioni, in pratica vanno a scontrarsi con altri problemi di natura più strettamente tecnico-commerciale: si è evinto come una modifica sostanziale delle rotte porterebbe

ad un cambiamento dei piani di volo, con significative implicazioni economiche per le compagnie aeree stesse (quali, una minore velocità, un allungamento dei tragitti, una possibile riduzione della sicurezza con conseguenti variazioni degli orari di arrivo, un consumo maggiore di carburante, ecc).

Una soluzione, anche se parziale, consisterebbe in un compromesso tra le variabili sopra elencate che sia in grado di tracciare una simulazione della rotta (longitudine, latitudine, altezza, ecc..) capace di attenuare (se non ridurre al minimo) i fenomeni di condensazione (almeno sopra le regioni più abitate), tenendo anche conto di altri fattori, quali il tempo di percorrenza finale, i costi economici aggiuntivi ecc... In estate, quando la massa d'aria in quota è significativamente più calda rispetto alla stagione fredda, potremmo avere una riduzione significativa del fenomeno, solo se i vettori volassero attorno ad una quota di 9500 m; mentre in inverno quando l'aria tende a raffreddarsi la formazione e persistenza di scie aeree diverrebbe meno probabile solo scendendo al di sotto di una soglia estremamente più bassa

(circa 7000-7500 m) e quindi difficilmente gestibile. Gli studi sulla comparsa di nuvolosità alta legata ad effetti antropici, sono ormai supportati oltre che dalle misurazioni da terra, anche dalle osservazioni da satelliti e dal continuo miglioramento dei modelli di simulazione: proprio questi ultimi potranno essere determinanti nel quantificare l'effettivo contributo del traffico aereo sul cambiamento climatico in atto, supportando le strategie a medio e lungo termine.

Per approfondimenti:

<http://enso.larc.nasa.gov/sass/pub/journals/Minnis.etal.JClim.04.pdf>

L'ambiente in Europa - Stato e prospettive nel 2005 (http://org.eea.eu.it/organizzazione/nfp-eionet_group.html)

Principi di ecologia, ODUM 1982

WENDELER G., SHULSKI M and HARTMANN B, 2005. *Potential effect of Cirrus Contrails for the subarctic setting of Fairbanks, Alaska*. Theor.Appl.Climatol. 81, 149-159. <http://climate.gi.alaska.edu/ResearchProjects/Wendler2005.pdf>

World Climate Report The Web's Longest-Running Climate Change Blog, 2004 <http://www.worldclimatereport.com/>

www.cosis.net/abstracts/EGU04/00913/EGU04-J-00913.pdf

**VOLO
A
VELA**

Scopri Volo a Vela, la rivista dedicata agli alianti ed al volo silenzioso.



Sei numeri all'anno, si riceve solo per corrispondenza versando un contributo per il primo anno di Euro 25 (Euro 35 per gli anni successivi).

Il versamento può essere effettuato sul conto corrente postale 16971210, intestato a CSVVA, Aeroporto Calcinate del Pesce - 21100 Varese, indicando la causale e l'indirizzo per la spedizione.

Per informazioni:

CSVVA - Centro Studi del Volo a Vela Alpino - Aeroporto Paolo Contri, Calcinate del Pesce, 21100 Varese Tel. 02 48003325, email aldo@voloavela.it, sito internet www.voloavela.it