

1.2 Il clima del territorio

La conoscenza del clima con gli opportuni riferimenti agli aspetti dinamici indotti dalla geomorfologia dei suoli costituisce la base per l'analisi dei meccanismi che regolano la diffusione in atmosfera a livello locale e, di conseguenza, per un corretto approccio alle problematiche ambientali legate alla qualità dell'aria.

Elementi primari da prendere in considerazione sono: la morfologia dei suoli (elemento caratterizzante delle condizioni ambientali, in grado di modificare/perturbare il tempo meteorologico), il clima locale e la caratterizzazione termodinamica dell'atmosfera nello strato limite planetario¹ (strato meteorologico di scambio terra-aria, responsabile dei fenomeni di diffusione e trasporto).

In questo capitolo d'inquadramento del clima del territorio della provincia di Ferrara si illustrano in dettaglio gli aspetti riguardanti l'assetto fisico del territorio e gli aspetti generali del clima, inclusi i caratteri climatici stagionali con riferimento alla dinamica delle situazioni meteorologiche primarie.

L'analisi dettagliata dei parametri meteoclimatici quali temperatura, direzione e velocità del vento, stabilità atmosferica e altezza di rimescolamento è stata svolta per il territorio del comune di Ferrara ed è riportata nella parte finale del capitolo.

1.2.1 Caratteristiche geomorfologiche del territorio provinciale ²

Il territorio della provincia di Ferrara è costituito da una terra bassa quasi livellata, con un lieve impluvio verso l'asse del Po ed un minimo declivio verso l'Adriatico, e rappresenta l'unico territorio completamente pianeggiante dell'intera regione. Le particolarità geografiche significative nel territorio piatto ed estremamente omogeneo sono il corso del fiume Po che per buona parte descrive il confine settentrionale della provincia e la presenza del mare Adriatico che ne delimita il confine orientale.

Sotto il profilo ambientale, il territorio si inquadra nel comparto climatico dell'Alto Adriatico e può essere suddiviso in una zona costiera, che dal mare si estende per una trentina di chilometri nell'entroterra, e da una zona padana posta più ad

¹ Strato limite planetario (PBL - *Planetary Boundary Layer*): costituisce lo strato atmosferico adiacente al suolo, con uno sviluppo verticale fino a quote dell'ordine di 1-2 km. Durante le giornate di bel tempo, esso presenta uno sviluppo diurno associato all'attività solare. Nel suo interno si realizza la trasformazione dell'energia termica irradiata dal suolo (in risposta a quella proveniente dal sole) in moti convettivi turbolenti dell'aria. A questi sono associati effetti di convezione termica e diffusione turbolenta di umidità nonché di specie trasportate dal moto dell'aria (inquinanti).

² Fonte: "AER - Rivista mensile del Servizio Meteorologico Regionale dell'Emilia Romagna, numero 10, Bologna

occidente. Vengono così a definirsi, sia pure con una linea di demarcazione non facilmente definibile, una sub-regione litoranea e una sub-regione continentale; in quest'ultima il comune capoluogo occupa una posizione di transizione fra un clima di tipo subcostiero, dal quale assume il regime anemologico, e un clima di tipo più spiccatamente padano, del quale ripropone il regime termico.

Nel suo complesso, l'intera area provinciale può essere inquadrata in quella regione che, nelle classificazioni climatiche su base termica, viene definita a clima temperato freddo, con estati calde, inverni rigidi ed elevata escursione termica estiva. L'azione esercitata dal mare Adriatico (il suo bacino settentrionale presenta una profondità media di 50 metri) non è tale da mitigare significativamente i rigori dell'inverno, se non nella parte di pianura più prossima alla costa.

La significativa distanza dagli ostacoli orografici rappresentati dalla catena appenninica permette, nel territorio provinciale, la libera circolazione delle correnti generali dell'atmosfera provenienti da tutte le direzioni.

Le correnti occidentali apportatrici di elevati valori di umidità prevalgono sui venti orientali, in particolare su quelli nord-orientali; tuttavia, comunque, l'apporto meteorico annuo raggiunge in questo territorio provinciale il suo valore più basso in assoluto rispetto al resto della regione.

Zona costiera

La zona costiera è l'area che dalla linea di costa si estende verso la pianura retrostante per circa 30-40 chilometri, interessando circa i due terzi dell'intero territorio provinciale. La sua delimitazione geografica è legata all'influenza operata dal mare sulle componenti del clima, anche se risulta piuttosto ampia la zona di indeterminazione attraverso la quale si attua il passaggio graduale fra il clima sub-litoraneo o sub-costiero e quello sub-continentale, che interessa l'altra parte più occidentale del territorio provinciale.

Per quanto concerne le precipitazioni, nella zona costiera si posiziona geograficamente il minimo pluviometrico regionale, rappresentato da un valore medio annuo che va da un minimo di 500 mm a valori di poco superiori ai 700 mm. Sotto l'aspetto meteorologico questo minimo trova spiegazione nei due principali tipi di tempo che determinano la precipitazione sul territorio regionale.

Il primo tipo di tempo è caratterizzato da flussi di correnti in quota provenienti da ovest sud-ovest, spesso associate ad un minimo depressionario sull'Alto Tirreno, che determinano precipitazioni sul settore occidentale della regione. In seguito il minimo

depressionario al suolo può transitare sul nord Italia determinando piogge diffuse sul territorio regionale, oppure, caso assai più frequente, il minimo si sposta verso l'Italia meridionale e la zona costiera dell'Emilia Romagna è marginalmente interessata da correnti instabili provenienti da sud-est, che possono assumere maggiore rilevanza solo sulla Romagna, più vicina al centro di influenza delle perturbazioni, ma soprattutto a causa dei moti verticali di salita lungo l'ostacolo orografico rappresentato dall'Appennino romagnolo.

Il secondo tipo di tempo è tipicamente rappresentato da fronti freddi associati a correnti di Bora che investono la nostra regione provenendo dai quadranti nord-orientali. In questo caso le piogge non sono particolarmente consistenti perché le correnti di origine continentale sono secche, e sul ferrarese, mancando gli effetti di innalzamento orografico, le precipitazioni si tengono inferiori rispetto alle altre province orientali.

Sotto il profilo anemologico la zona costiera si distingue per la presenza di una ventilazione piuttosto efficace che caratterizza l'intero arco dell'anno: durante la stagione fredda perché il bacino adriatico è particolarmente interessato da correnti orientali e nord-orientali, nei mesi della stagione calda perché è presente una attiva circolazione di brezza (dal mare nelle ore diurne e dal retroterra in quelle notturne) che trova origine nel contrasto termico terra-mare, particolarmente accentuato nei mesi estivi.

La temperatura dell'aria risente infine della presenza del mare, non tanto nei mesi estivi, in corrispondenza dei quali non è rilevabile un'apprezzabile diversificazione dei valori tra costa ed entroterra padano, quanto nei mesi freddi in cui la termoregolazione marina riesce a contenere le temperature minime al disopra dello zero, riducendo notevolmente la frequenza delle gelate notturne. La minore escursione termica giornaliera e soprattutto l'efficace ventilazione tendono a ridurre la frequenza e la persistenza delle formazioni nebbiose, che pure si manifestano anche in prossimità del mare nei mesi della stagione fredda.

Zona Padana

La zona padana si colloca geograficamente nel settore occidentale del territorio e si delinea con una certa gradualità, per definirsi a una distanza di circa 35-40 chilometri dal mare. Le tipiche caratteristiche ambientali del clima padano si riscontrano in prossimità del capoluogo.

Il clima pseudo-continentale della regione più interna del territorio provinciale prende consistenza attraverso una progressiva attenuazione dell'intensità del vento ed

un graduale aumento dell'ampiezza termica, mentre la distribuzione delle precipitazioni nell'area provinciale è invece alquanto irregolare.

L'aspetto di continentalizzazione del clima in questo comparto è legato soprattutto alla mancanza di attiva ventilazione (e quindi di rimescolamento verticale dell'aria). Il clima della zona padana assume pertanto condizioni ambientali meno miti rispetto alla zona costiera.

I prolungati periodi di ristagno dell'aria per mancanza di ventilazione, la maggiore escursione termica giornaliera alla quale si devono valori più marcati delle temperature estreme, le condizioni di gelo notturno nei mesi invernali per presenza di inversioni termiche verticali al suolo (alle quali si associano elevati valori di umidità relativa e formazioni nebbiose), e l'intenso riscaldamento dei suoli nei mesi estivi con conseguenti disagiati condizioni di afa sono gli aspetti più caratteristici del clima nell'area di pianura ormai lontana dal mare, e non più mitigabile dalle correnti di brezza marina.

Va infine notato come nel clima padano, alla notevole ampiezza termica annua, favorita dalla scarsa azione del vento, si aggiungano elevati valori di umidità dell'aria che derivano dalle inversioni termiche invernali e dall'intensa evaporazione estiva (favorita dalla presenza di riserve di umidità lungo l'asta del Po e nelle bonifiche). Tale evaporazione risulta confinata in uno spessore atmosferico limitato per frequente presenza di subsidenza anticiclonica.

1.2.2 Profilo climatico generale ³

Le limitate dimensioni del territorio, unite alla sua omogeneità geo-topografica se si esclude la presenza del mare al confine orientale, rendono simili i meccanismi che a grande scala influiscono sullo stato del tempo: le individualità meteorologiche, quando si verificano, assumono dimensioni spaziali proprie della scala locale.

La fascia costiera è la più influenzabile dai tipi di tempo da Nord Est (rientro dalla parte dell'Istria delle code di perturbazioni in transito a ridosso dell'arco alpino sul versante settentrionale) che rendono la zona interessata da temporanei annuvolamenti, episodi temporaleschi consistenti localizzati, precipitazioni di breve durata o a carattere di rovescio, in particolare nella stagione estiva.

Durante l'inverno le condizioni di tempo perturbato sono generalmente associabili alle estese ed intense depressioni che dall'Islanda si estendono al

³ Fonte: "AER - Rivista mensile del Servizio Meteorologico Regionale dell'Emilia Romagna, numero 10, Bologna 1991.

Mediterraneo, attraverso l'Europa Nord Occidentale, favorendo il transito delle perturbazioni atlantiche nell'area padana. Precipitazioni nevose, che possono coinvolgere anche la fascia costiera, sono collegabili a correnti instabili fredde a componente settentrionale, conseguenti a depressioni con minimo principale sul mar Baltico e configurazioni a saccatura sull'Italia fino a raggiungere le coste del Nord Africa.

In inverno, le correnti di Bora, che sia pure attenuate lambiscono il territorio in concomitanza a depressioni presenti sul basso Adriatico (Bora chiara a Trieste), sono responsabili di improvvisi abbassamenti di temperatura, di intensi rinforzi del vento particolarmente in prossimità della costa e di improvvisi rasserenamenti.

Nel periodo invernale, il periodo di tempo stabile, con intense formazioni nebbiose anche durante le ore diurne, sono imputabili alla presenza dell'anticiclone atlantico; abbassamenti termici, cielo terso e buone condizioni di visibilità derivano dalla presenza dell'anticiclone russo-siberiano. Entrambe le condizioni anticicloniche sono caratterizzate da scarsissima ventilazione nell'intero territorio (le brezze costiere sono quasi inesistenti durante l'inverno) e in caso di persistenza di blocco meteorologico, si può riscontrare ristagno con presenza di aria inerte sino ad alte quote. In primavera il territorio è interessato da tipi di tempo da Sud Est e da Est a seguito della circuitazione seguita dalle masse d'aria lungo il bacino adriatico e le depressioni del mediterraneo e quelle che si formano sul Golfo di Genova che contribuiscono alle condizioni di tempo perturbato.

Lo Scirocco da Sud Est apporta rialzi termici improvvisi fuori stagione e precipitazioni che si estendono sull'intero territorio.

La formazione di cumulonembi nella stagione primaverile dà l'avvio alla stagione temporalesca.

Nel periodo estivo l'anticiclone atlantico predomina e garantisce il prevalere di tempo stabile su quello perturbato: tempo stabile è presente nella zona padana nei mesi di luglio e agosto, periodi in cui gli scarsi gradienti barici (pressioni livellate) determinano assenza o quasi di circolazione atmosferica.

Le perturbazioni, che si possono verificare nella parte settentrionale della zona padana, sono generate in maggioranza da irruzioni di aria più fredda e instabile attraverso le profonde vallate alpine: in questi casi l'aria calda-umida presente nella pianura viene sollevata da quella più fredda transalpina con conseguente formazione di linee temporalesche (fronti freddi locali), particolarmente intensi in prossimità della

costa dove l'evaporazione in atto sul mare alimenta ancora di più la formazione delle celle temporalesche. E' questa la stagione delle precipitazioni a carattere di rovescio tipico delle ore pomeridiane nella pianura interna e delle ore serali - notturne nell'area costiera.

Condizioni di temperature elevate unitamente a elevati valori di umidità (caldo afoso) si riscontrano in concomitanza a depressioni sul Mediterraneo che causano l'afflusso di masse d'aria di origine africana sul territorio ferrarese.

In autunno si verificano frequenti situazioni di tempo instabile, con perturbazioni meno intense rispetto a quelle invernali, ma più persistenti e con precipitazioni estese e a carattere continuo, spesso per più giorni consecutivi. L'autunno infatti è il periodo in cui si verifica il massimo apporto meteorico sia nella pianura interna che nella fascia costiera. Le perturbazioni provenienti dall'Atlantico, insieme agli elevati valori di umidità, sono causa delle formazioni nebbiose che interessano la seconda metà del mese di novembre e l'intero mese di dicembre.

Condizioni di tempo stabile sono frequenti nel mese di ottobre per l'espansione dell'anticiclone atlantico sul Mediterraneo e in dicembre in conseguenza all'anticiclone russo che appare nell'Europa Centrale e nel Mediterraneo.

1.2.3 Analisi dei dati meteo climatici

Lo studio sulle caratteristiche diffusive dell'atmosfera che sono alla base dei processi di dispersione e trasporto delle sostanze immesse in essa (gassose o liquide o solide) è strettamente correlato con lo studio sulle condizioni termodinamiche dell'atmosfera stessa, condizioni che seguono un ciclo evolutivo giornaliero e stagionale e che sono fortemente influenzate dallo stato del tempo meteorologico⁴.

L'utilizzo diretto dei dati relativi ai parametri meteorologici osservati nello studio dei fenomeni di diffusione degli inquinanti in atmosfera presenta spesso limitazioni fondamentali dovute al carattere puntuale delle osservazioni e soprattutto al fatto che alcune delle grandezze meteorologiche che risultano maggiormente utili a descrivere la dispersione degli inquinanti in atmosfera non possono essere misurate direttamente presso le stazioni meteorologiche.

Per tale ragione, al fine di proseguire l'inquadramento del clima del territorio

⁴ Tempo meteorologico: è lo stato fisico e chimico dell'atmosfera in un periodo di tempo cronologico breve. È caratterizzato dalla pressione atmosferica, dai venti, dall'umidità e dalla temperatura. Esso influisce sulla vita dell'uomo e sulla terra. Il suo studio ha lo scopo di prevedere le condizioni meteorologiche per salvaguardare le attività umane. (Fonte: "AER - Rivista mensile del Servizio Meteorologico Regionale dell'Emilia Romagna, numero 10, Bologna 1991).

ferrarese ed analizzare con maggiore dettaglio l'andamento dei parametri meteoroclimatici nel territorio del comune di Ferrara per gli anni 2003-2005, si è optato per l'utilizzo di dati meteorologici elaborati dal *preprocessore* CALMET e forniti dal *Servizio Idro-Meteo Regionale* di Arpa.

Il preprocessore meteorologico CALMET⁵ è un modello meteorologico appositamente implementato presso ARPA-*Servizio Idro-Meteo*⁶ e dotato di un modulo diagnostico di generazione del campo di vento, che può essere inizializzato sia attraverso dati da stazioni a terra e radiosondaggi, che mediante le stime ottenute da modelli meteorologici ad area limitata. Tale preprocessore, sulla base delle variabili puntuali misurate nelle stazioni meteorologiche e delle caratteristiche della superficie (quali ad esempio orografia, uso del suolo e rugosità), ricostruisce il campo tridimensionale di vento e temperatura ed il campo bidimensionale di grandezze caratteristiche dello strato limite planetario (altezza di rimescolamento, classi di stabilità) e della turbolenza (lunghezza di Monin-Obukhov, velocità di attrito, velocità convettiva di scala). La risoluzione spaziale orizzontale è di 5 Km.

Analisi delle grandezze legate alla dispersione di inquinanti in atmosfera

Le reazioni chimico-fisiche che avvengono nell'aria ambiente, i processi di trasporto e diffusione degli inquinanti in atmosfera che avvengono nello strato limite planetario e i processi di deposizione al suolo sono influenzati dalle condizioni di turbolenza atmosferica che descrive la componente fluttuante della velocità del vento.

Con il termine turbolenza si indica un qualsiasi rimescolamento caotico dell'aria prodotto da vortici. La turbolenza atmosferica può essere sia di tipo meccanico, associata al vento in prossimità della superficie, sia di origine termica, associata al bilancio di calore superficiale⁷.

La turbolenza può essere classificata in scale di grandezza dei vortici: in prossimità della superficie terrestre l'aria in movimento orizzontale, a causa dell'attrito con il suolo e tra i singoli strati d'aria, genera vortici (di un'ordine di grandezza che va dal metro a centinaia di metri) che favoriscono il rimescolamento verticale. La forte

⁵ Del modello si trova descrizione in Scire JS., Insley EM, Yamartino RJ, Fernau ME: *A User's guide for the CALMET Meteorological Model version 5.0* - 1999

⁶ Deserti et al - *Operational meteorological pre-processing at Emilia Romagna ARPA Meteorological Service as a part of a decision support system for air quality management. Proceedings of 6th International Conference on Harmonisation within atmospheric dispersion modelling for regulatory purposes* - Deserti, Cacciamani, Golinelli, Kerschbaumer, Leoncini, Savoia, Selvini, Paccagnella, Tibaldi - 1999.

⁷ Vismara R. "Ecologia Applicata" (2° edizione), Biblioteca Scientifica Hoepli, 1992.

differenza di temperatura tra strati d'aria a contatto con il suolo e quelli più in quota genera, durante il giorno, bolle calde che salgono rimescolando l'aria in verticale. Si genera turbolenza anche in orizzontale quando due masse d'aria a velocità diverse entrano in contatto, come nei *getti*.

Il parametro che quantifica numericamente la turbolenza, con un valore mediato nello spazio e nel tempo, è l'intensità di turbolenza.

Si illustrano di seguito, per la provincia di Ferrara, le grandezze meteo utili alla valutazione delle caratteristiche dispersive dell'atmosfera e cioè:

- l'altezza massima dello strato di rimescolamento
- le classi di stabilità di Pasquill-Gifford-Turner
- la percentuale di calme di vento

I dati relativi a queste grandezze sono stati calcolati dal preprocessore Calmet ad intervalli di un'ora su una maglia regolare di 5 km di lato per il periodo 1995-2002.

L'**altezza di rimescolamento** (*mixing height*) è definita come lo strato d'aria compreso tra il suolo e una quota di qualche centinaio di metri, nel quale, in condizioni normali, si ha la riduzione della temperatura con l'aumento della quota e all'interno del quale si diffondono verticalmente gli inquinanti emessi in prossimità della superficie. In genere la concentrazione degli inquinanti tende ad essere maggiore nello strato rimescolato che al di sopra di esso.⁸

La dispersione nello strato di rimescolamento è dovuta alla presenza di moti convettivi dell'aria che possono trascinare verso l'alto gli inquinanti che si formano al suolo, favorendone la diluizione nell'atmosfera e il trasporto, grazie ai venti che in quota hanno maggiore intensità.

L'altezza di rimescolamento presenta valori che vanno da 50 a 2000 m ed è caratterizzata da un ciclo diurno e stagionale:

- nel periodo invernale, il modesto irraggiamento solare, l'alta umidità relativa con le nebbie, la bassa temperatura, la ridotta ventilazione e l'assenza di precipitazioni producono la riduzione dello strato di rimescolamento. Quando lo strato di rimescolamento si riduce a zero si ha l'inversione termica al suolo, situazione nella quale gli inquinanti primari, cioè quelli prodotti direttamente dalle fonti, non possono diffondere nell'atmosfera e quindi persistono al suolo in concentrazioni

⁸ La definizione di altezza di rimescolamento non è univoca. Per definirla occorre individuare fino a quale quota sia verificata una condizione, scelta come caratteristica peculiare dello strato rimescolato; sono state proposte ad esempio: forte turbolenza, forte rimescolamento dell'aria, rapida diffusione degli inquinanti, presenza di forti flussi verticali di calore e momento (Seibert 1988). La scelta della particolare definizione può portare a valori anche sensibilmente diversi di altezza di rimescolamento.

elevate. La riduzione dello strato di rimescolamento favorisce alte concentrazioni d'inquinanti come, per esempio, il monossido di carbonio e gli idrocarburi;

- nel periodo estivo, le alte temperature diurne e l'irraggiamento solare favoriscono l'aumento dello strato di rimescolamento e quindi, in casi di tempo stabili, si ha maggiore diluizione degli inquinanti rispetto ad altri periodi dell'anno.

La **classe di stabilità** è un indicatore qualitativo dell'intensità della turbolenza atmosferica (responsabile dei rimescolamenti dell'aria e quindi del processo di diluizione degli inquinanti in atmosfera); più lo strato limite è stabile, più risulta inibito il rimescolamento.

Esistono diversi schemi di classificazione della stabilità atmosferica, che prevedono un diverso numero di classi e si basano sul valore di una (o più) grandezze meteorologiche collegate alla turbolenza: gradiente verticale di temperatura (Pasquill-Gifford-Turner), deviazione standard della direzione del vento, rugosità e lunghezza di Monin-Obukhov.

Tab. 1.1 – Classi di stabilità di Pasquill-Gifford-Turner

classi di stabilità (SPGT)	definizione	gradiente di temperatura verticale (°C/m)
A	condizioni estremamente instabili	< -0.019
B	condizioni moderatamente instabili	fra - 0.019 e -0.017
C	condizioni leggermente instabili	fra - 0.017 e -0.015
D	condizioni neutre	Fra -0.015 e -0.005
E	condizioni leggermente stabili	Fra -0.005 e +0.015
F	condizioni stabili	> +0.015

Di seguito (tabella 1.1) si propone la rappresentazione della stabilità mediante il metodo empirico delle classi di stabilità di Pasquill-Gifford-Turner⁹, basato su parametri di riferimento quali intensità del vento, radiazione solare globale e copertura nuvolosa. Tali classi sono collegate a condizioni di stabilità, instabilità o neutralità a fini di valutazione della turbolenza atmosferica, ovvero delle condizioni di dispersione degli inquinanti.

In condizioni di stabilità (classi E, e in prevalenza F) le sostanze inquinanti permangono più a lungo allo stesso livello. Le condizioni di stabilità F sono associate prevalentemente al verificarsi di *inversione termica*, con il confinamento degli

⁹ F. Pasquill, F.R. Smith " *Atmospheric Diffusion*" (3° edition), John Wiley & Sons Inc., New York, 1983.

inquinanti in prossimità della superficie.

In condizioni di instabilità (classi A, B e C) l'inquinante viene rapidamente rimescolato in atmosfera ad opera dei moti turbolenti di origine termica.

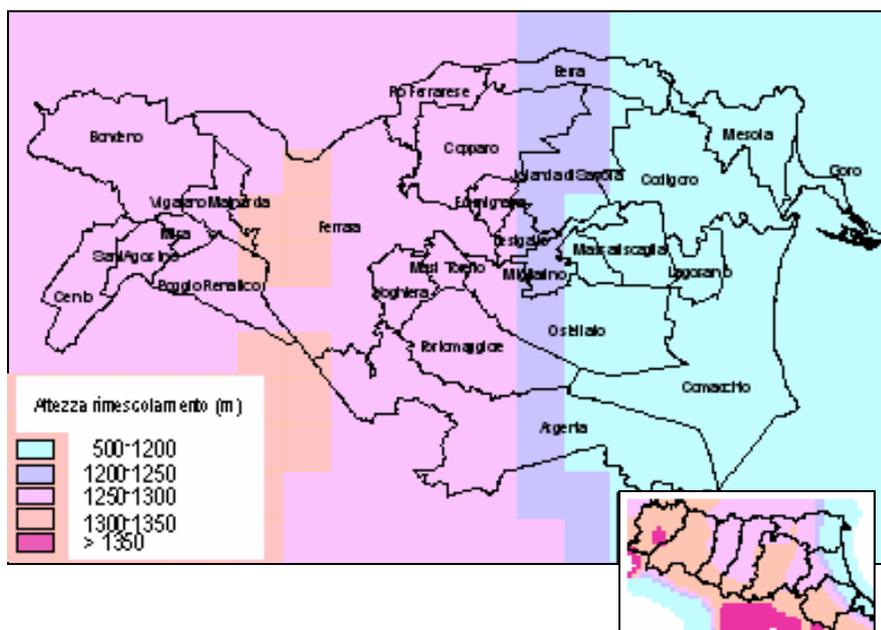
In condizioni di neutralità (classe D) quando il cielo è coperto l'inquinante viene trasportato e rimescolato per condizioni di turbolenza meccanica.

Un'altra grandezza utilizzata nella valutazione della qualità dell'aria è l'**intensità del vento**, che influenza il trasporto e la diffusione degli inquinanti: elevate velocità di vento tendono infatti a favorire la dispersione degli inquinanti immessi vicino alla superficie. In tale ambito, un parametro significativo è la **frequenza delle calme di vento**, definita come la frequenza di condizioni nelle quali l'intensità del vento alla superficie è inferiore ad 1 m/s.

1.2.3.1 Analisi delle grandezze meteorologiche sul territorio provinciale

Nelle figure 1.1, 1.2 e 1.3 sono rappresentate, per la provincia di Ferrara a confronto con l'intero territorio regionale, le elaborazioni medie calcolate sul periodo dal 1995 al 2002 delle seguenti grandezze meteorologiche: altezza di rimescolamento massima giornaliera; percentuale di condizioni stabili (classe F); intensità media del vento.

Fig. 1.1: Massima altezza di rimescolamento giornaliera - media 1995-2002 (m)



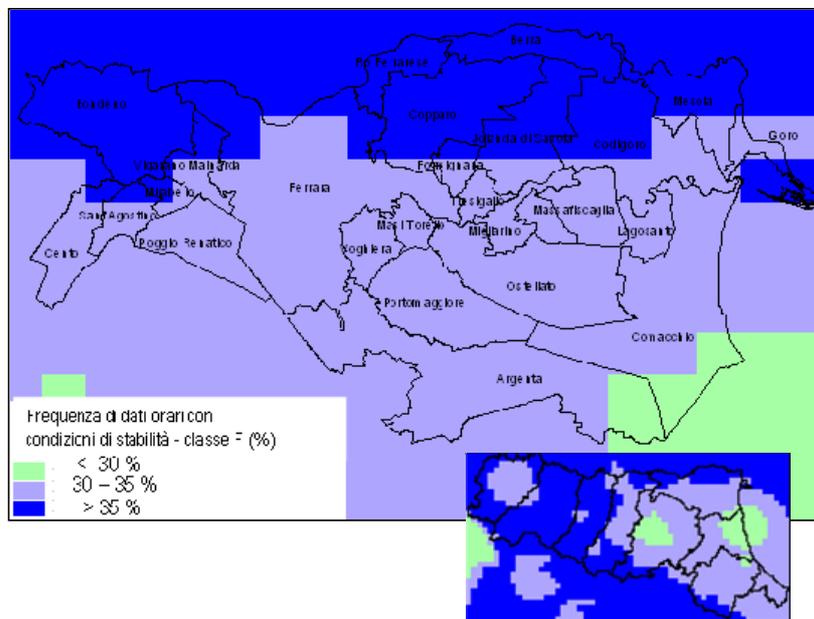
PROVINCIA DI FERRARA
Piano di Tutela e Risanamento della Qualità dell'Aria

Dalla figura 1.1 si osserva che l'altezza di rimescolamento massima giornaliera, calcolata sul periodo temporale 1995–2002, ha un andamento di graduale innalzamento passando dalla zona costiera verso l'entroterra, in direzione della zona di pianura. Nella zona costiera l'altezza media ha valori compresi nell'intervallo tra 600 e 1200 metri, nella zona di pianura assume valori da 1200 a 1300. Nel comune capoluogo l'altezza di rimescolamento massima giornaliera raggiunge valori intorno ai 1350 metri.

Il confronto con il territorio regionale evidenzia come la provincia di Ferrara sia caratterizzata da una altezza di rimescolamento massima giornaliera più bassa rispetto alle zone occidentali.

Nella figura 1.2, che rappresenta la distribuzione percentuale relativa alla frequenza di dati orari caratterizzati da condizioni di stabilità (classe F), si osserva che la parte centro-meridionale della provincia, incluso il comune capoluogo, presenta una frequenza di casi di stabilità pari al 30-35% come media annua sull'intero periodo 1995-2002, mentre nella parte più settentrionale si registra un maggiore numero di casi di stabilità (frequenza superiore al 35%).

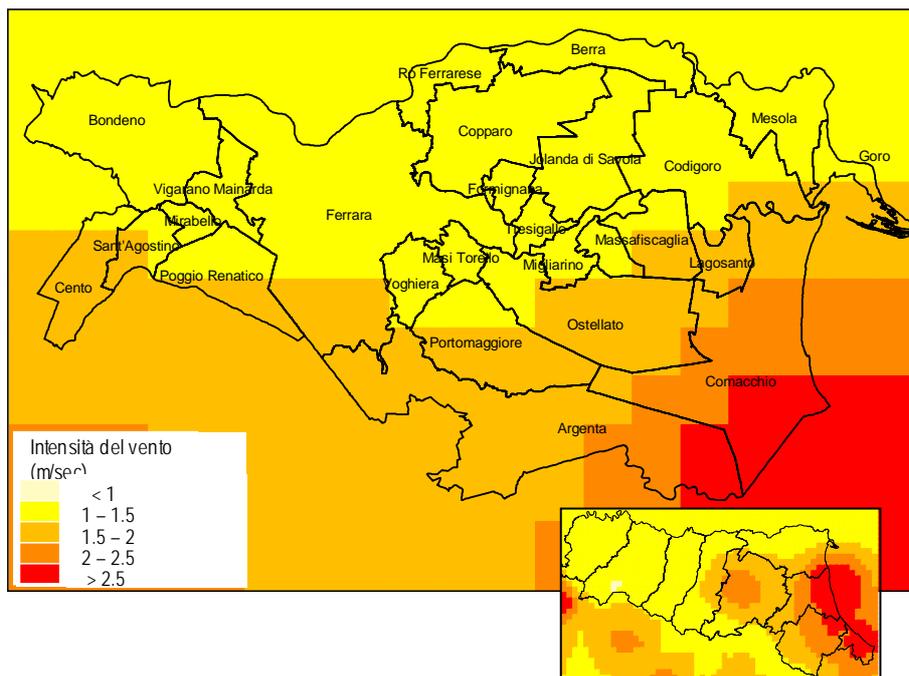
Fig. 1.2: Frequenza di dati orari con condizioni di stabilità (classe F). 1995-2002.



La rappresentazione grafica di questa grandezza a livello regionale evidenzia come quasi tutto il territorio sia interessato da frequenze superiori al 30%: nella parte centrale della regione, in corrispondenza delle province di Reggio Emilia e Parma, si registrano le frequenze maggiori. La provincia di Bologna e la provincia di Ravenna (in prossimità della costa) sono caratterizzate da aree in cui si registra una frequenza inferiore al 30% dei casi di stabilità F.

Nella figura 1.3 è rappresentata l'intensità media del vento calcolata per il periodo 1995-2002: le intensità più elevate si registrano nelle aree costiere e in quelle ad esse adiacenti, nella zona più a sud della provincia. Il comune capoluogo e la parte settentrionale del territorio provinciale sono caratterizzati da intensità media molto bassa, dell'ordine di 1 -1.5 m/s.

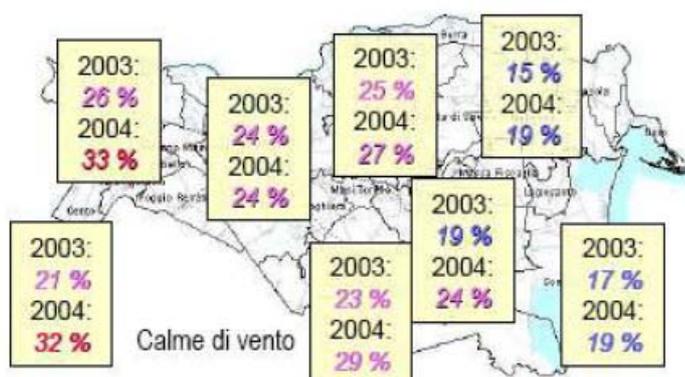
Fig. 1.3: Intensità media del vento (m/s) nel periodo 1995-2002



La rappresentazione della grandezza in esame a scala regionale evidenzia valori più elevati nelle province affacciate al mare Adriatico e nella provincia di Bologna. Il resto della regione presenta valori inferiori a 1.5 m/s.

In figura 1.4 sono rappresentate le percentuali di calme di vento calcolate per gli anni 2003 e 2004 per le zone intorno ad Argenta, Bondeno, Cento, Codigoro, Comacchio, Copparo, Ferrara e Portomaggiore, mentre in figura 1.5 sono riportate le corrispondenti rose dei venti calcolate per l'anno 2003. Per il comune capoluogo sono illustrate le rose dei venti relative alle quattro stagioni.

Fig. 1.4: Calme di vento 2003 e 2004



Per quanto riguarda la frequenza di calme di vento (intensità del vento < 1 m/s), emerge una differenza spaziale tra zona costiera e zona di

pianura: la frequenza delle calme di vento aumenta passando dalla zona costiera verso l'entroterra. La zona con condizioni di calme di vento più frequenti è quella a nord-ovest della provincia.

Osservando le rose dei venti, si nota come i venti durante l'anno provengano in prevalenza da ovest-nordovest e, spesso più intensi, da nordest nella pianura interna, da est-sudest lungo la costa. Distinguendo le stagioni, a Ferrara in inverno e in autunno prevalgono i venti da ovest - nordovest e da nordest, in primavera e in estate da est e da nordest.

Considerando, invece, le frequenze relative alla ventilazione per stagione (nelle figure si riportano, a titolo di esempio, i casi riguardanti i comuni di Ostellato e di Ferrara negli anni 2002, 2003 e 2004), si può osservare come alcune componenti delle rose varino nel corso degli anni anche molto significativamente con conseguenti variazioni sulla diffusione degli inquinanti.

Fig. 1.5: Rose dei venti 2003

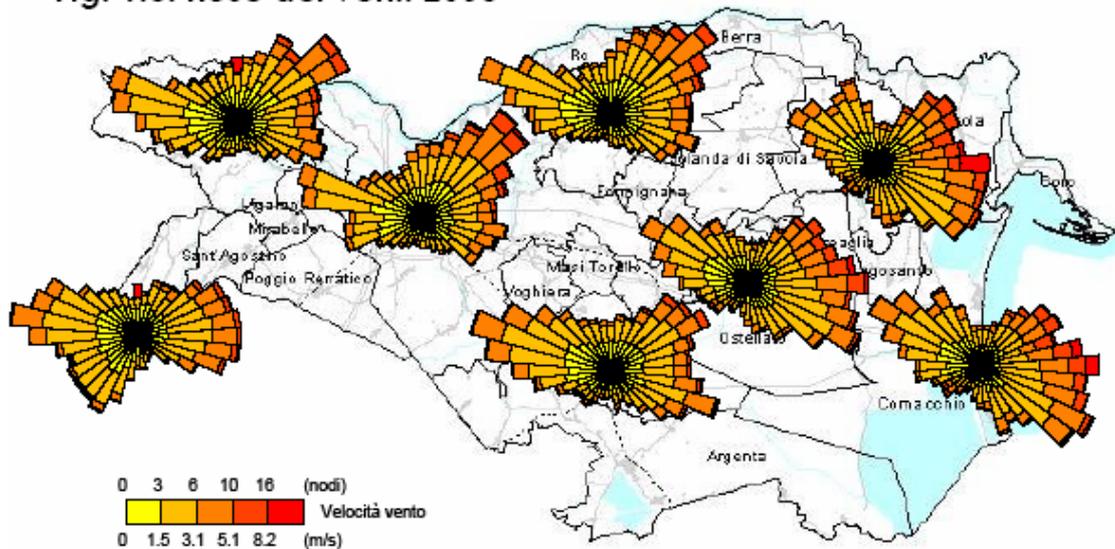
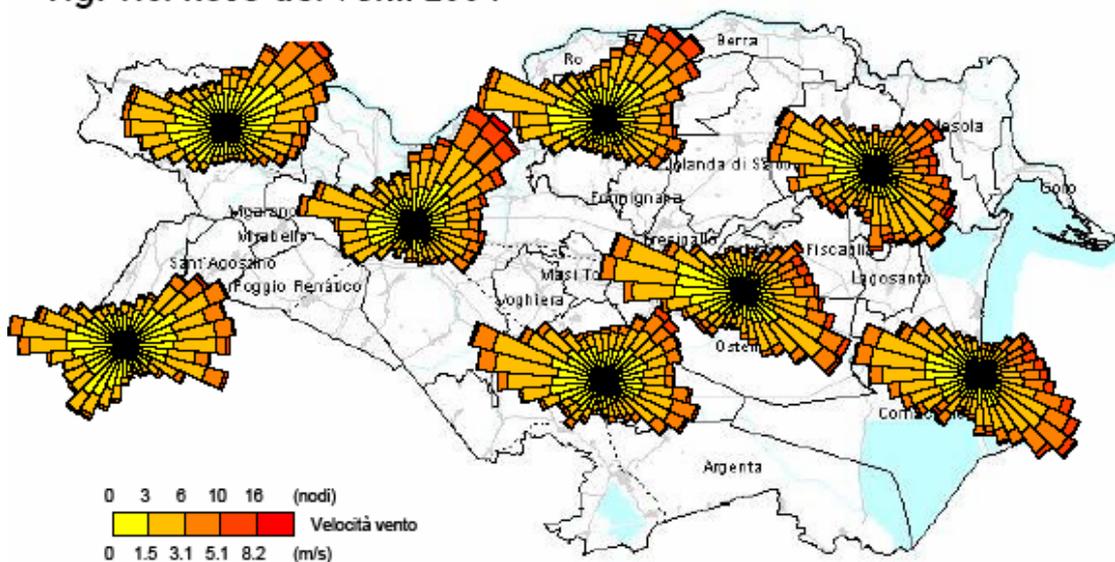


Fig. 1.6: Rose dei venti 2004



Relativamente alle precipitazioni, si riportano di seguito le mappe elaborate dal Servizio Idro-Meteo Regionale per la regione Emilia Romagna relative al numero di giorni in cui si sono verificate precipitazioni superiori ai 5 mm nei vari mesi degli anni 2004 e 2005. La scelta di questo parametro nasce da alcune indagini, ancora preliminari, da cui sembra che le precipitazioni inizino ad operare una qualche rimozione degli inquinanti atmosferici al di sopra dei 5 mm al giorno. Tale rimozione dipende però fortemente sia dal tipo di inquinante che dalla intensità del fenomeno meteorologico (pioggia prolungata o meno, intensa o meno). Le precipitazioni superiori ai 5 mm al giorno si possono quindi considerare di una qualche efficacia nella rimozione degli inquinanti atmosferici.

PROVINCIA DI FERRARA
Piano di Tutela e Risanamento della Qualità dell'Aria

Fig.1.8 : Anno 2004 - Numero dei giorni con precipitazioni > 5 mm

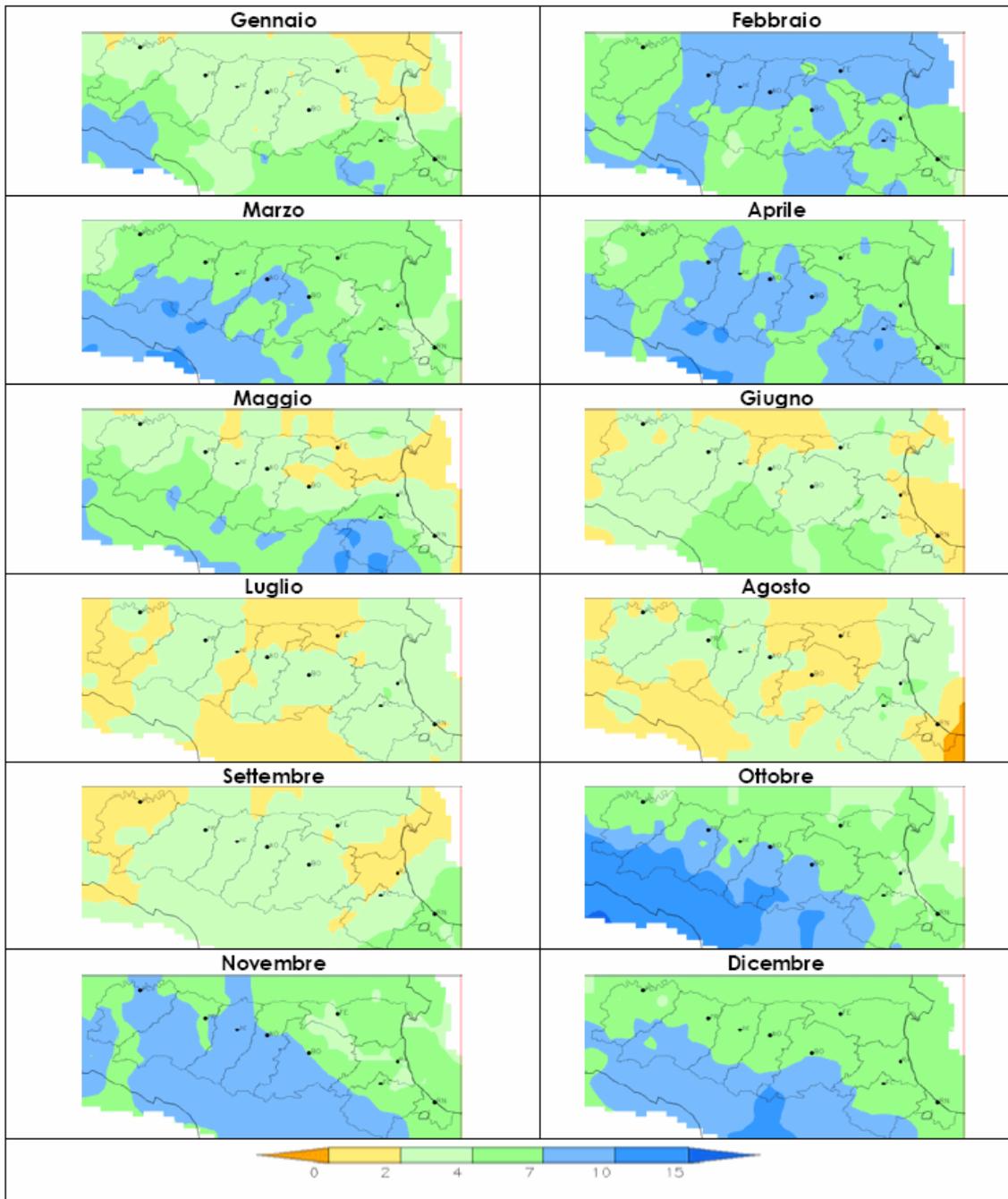


Fig.1.9 : Anno 2005 – Numero dei giorni con precipitazioni > 5 mm

