COMUNE DI FERRARA
Città Patrimonio dell'Umanità

COMUNE DI FERRARA

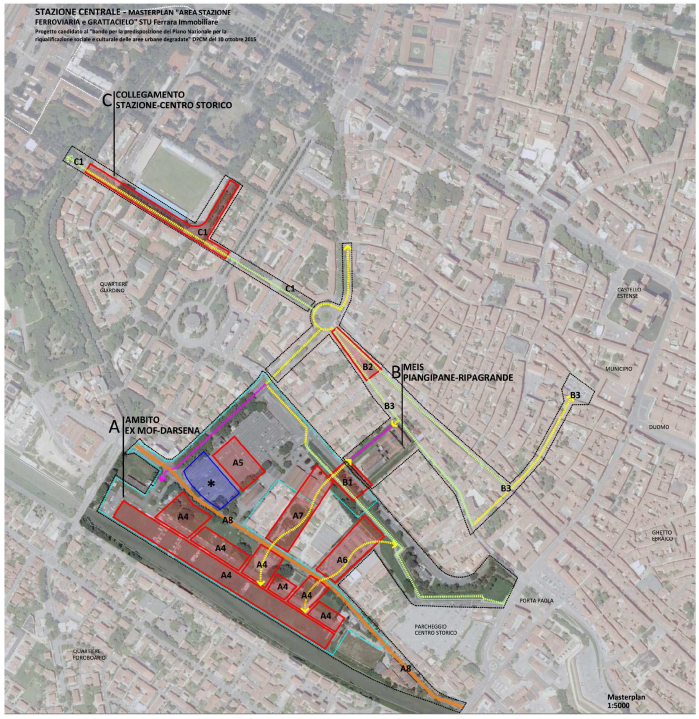
SETTORE PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

SERVIZIO PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E PROGETTAZIONE

VARIANTE AL PIANO DI RECUPERO DI INIZIATIVA PUBBLICA

(L. 457/78)

AREA EX MOF - DARSENA



GRUPPO DI PROGETTO

Arch. Davide Tumiati - Dirigente di Settore
Arch. Paolo Perelli - Dirigente di Servizio
Arch. Barbara Bonora - Responsabile U.O.

Arch. Paola Barillari
Arch. Beatrice Galassi
Geom. Francesca Guerzoni
Arch. Davide Manfredini
Maria Chiara Menegatti
Arch. Paola Onorati
Monica Pellati
Arch. Luca Roversi
Massimo Scapoli
Arch. Claudio Tassinari
Arch. Zaira Sangiorgi

RELAZIONE DI ANALISI DEL SITO E VALUTAZIONE ENERGETICA

R 07_V0

Settembre 2017

INDICE

Introduzione 3

I dati climatici 3

Irraggiamento solare 20

Prescrizioni direttive e indicazioni progettuali riferite alla progettazione degli edifici 27

Introduzione

Le motivazioni e le ragioni dell'approccio alla progettazione sostenibile sono affrontate nella relazione di progetto, alla quale si rimanda sia per le linee generali che per l'identificazione degli obiettivi che vengono assunti nelle tematiche specifiche.
Per quanto attiene alle problematiche del risparmio energetico, giova ricordare che l'architettura sostenibile tende alla creazione di un costruito "compatibile" con il territorio e le sue risorse. In molti casi, però i risultati sono stati inferiori alle attese, nonostante l'uso diffuso di tecnologie e materiali innovativi (e costosi...). Le varie soluzioni tecnologiche, alle quali si attribuiscono comunemente significati di innovazione e risparmio, possono sortire conseguenze assolutamente inefficienti e ben lontane dalle aspettative, se non sono accompagnate da una visione globale ed integrata delle strutture edilizie in riferimento al contesto spaziale e climatico in cui si inseriscono.
In tal senso, qui si darà conto di come si intende declinare il tema della sostenibilità dal punto di vista delle questioni energetiche, sia relativamente alle scelte per i fabbricati di futura realizzazione che per quanto riguarda la costruzione degli spazi collettivi, nella convinzione che questi ultimi non siano meno importanti, in una visione globale ed integrata, per ottenere un ambiente urbano di migliore qualità e di maggiore vivibilità, oltre che per il contributo che può dare alla resa energetica degli stessi edifici.

I dati climatici

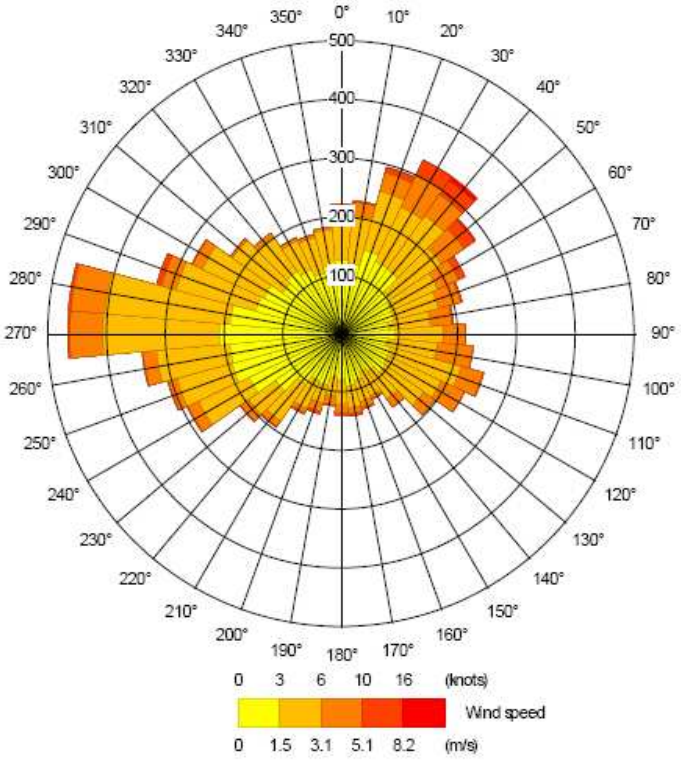
DESCRIZIONE DEL REGIME ANEMOMETRICO

L'intensità del vento influenza il trasporto e la diffusione degli inquinanti: elevate velocità del 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.

Le elaborazioni delle grandezze meteoclimatiche per il comune di Ferrara sono state ottenute dai dati meteo forniti dal Servizio idrometeorologico di Arpa (SIM), utilizzando il processore meteorologico tridimensionale Calmet applicato all'area del comune di Ferrara.
Il processore Calmet, a partire da osservazioni relative ai parametri meteorologici disponibili (stazioni al suolo e radiosondaggi), effettua un'interpolazione nello spazio e nel tempo e ricostruisce i campi atmosferici su un grigliato regolare a maglie di 5 km di lato.

La rappresentazione delle intensità medie mensili del vento per il comune di Ferrara, stimate da Calmet nel corso degli ultimi 5 anni, evidenzia valori molto bassi, inferiori a 2.5 m/s. Occorre tuttavia tener conto del fatto che il confronto dei dati stimati da Calmet con quelli misurati presso la stazione urbana evidenzia una sottostima delle intensità del vento calcolate dal primo; pertanto, quando disponibile, si ritiene più corretto valutare i valori rilevati presso la stazione urbana di Ferrara.
L'analisi dei dati di velocità del vento registrati dalla stazione urbana per l'anno 2007 evidenzia che non ci sono mai stati giorni con velocità dell'aria superiore a 5 m/s, ci sono stati solo 46 giorni con velocità superiore ai 3 m/s, 207 giorni con velocità superiore ai 2 m/s contro 158 giorni (43%) con velocità inferiore ai 2 m/s.
Gli episodi lievemente più intensi si sono verificati in periodo primaverile (marzo, maggio), nei mesi di giugno, settembre e ottobre mentre quelli meno intensi nei mesi di gennaio e febbraio.
Si riporta in figura 1 la rosa dei venti calcolata a partire dai dati disponibili di velocità del vento per l'anno 2007 registrati presso la stazione meteo di via Paradisio.

Figura 1: Rosa dei venti – dati della stazione urbana di Ferrara – anno 2007



I casi di calma di vento (intensità inferiore ad 1 m/s) sono pari al 15% sul totale dei dati validi del 2007.
Le direzioni di provenienza prevalenti sono da ovest e ovest-nord ovest, con velocità massime quasi sempre inferiori a 4 m/s, e dal settore nord-est.

Distinguendo le stagioni, a Ferrara in inverno e in autunno prevalgono i venti da ovest-nord ovest, in primavera e in estate da est e da nord est.
Si riporta, nelle figure che seguono, le rose dei venti relative alle quattro stagioni.

Figura 2: Rosa dei venti – dati della stazione urbana di Ferrara – inverno 2007 (gennaio, febbraio, marzo)

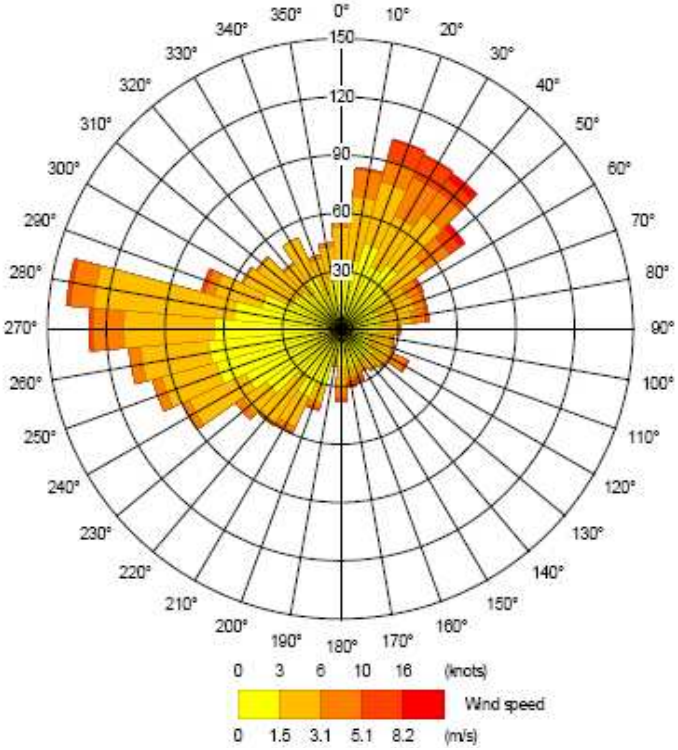


Figura 3: Rosa dei venti – dati della stazione urbana di Ferrara – primavera 2007 (aprile, maggio, giugno)

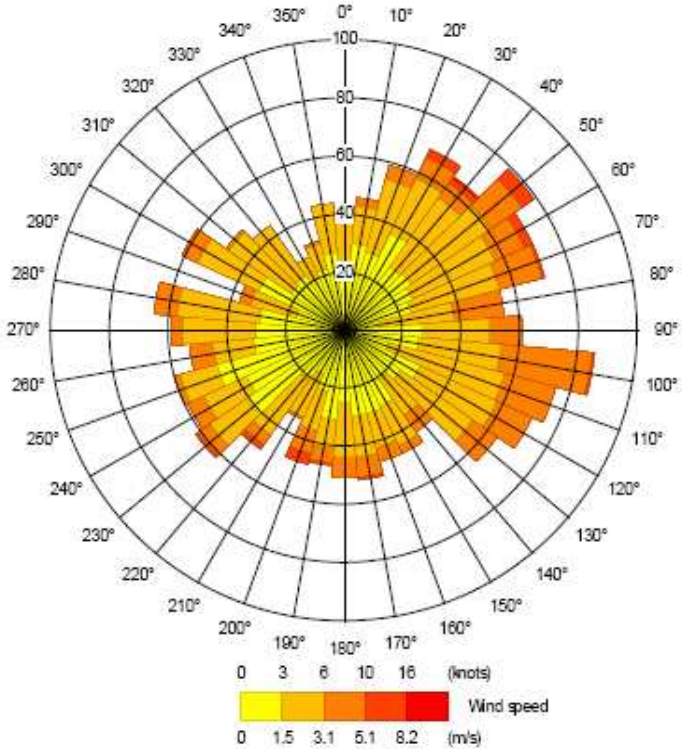


Figura 4: Rosa dei venti – dati della stazione urbana di Ferrara – estate 2007 (luglio, agosto, settembre)

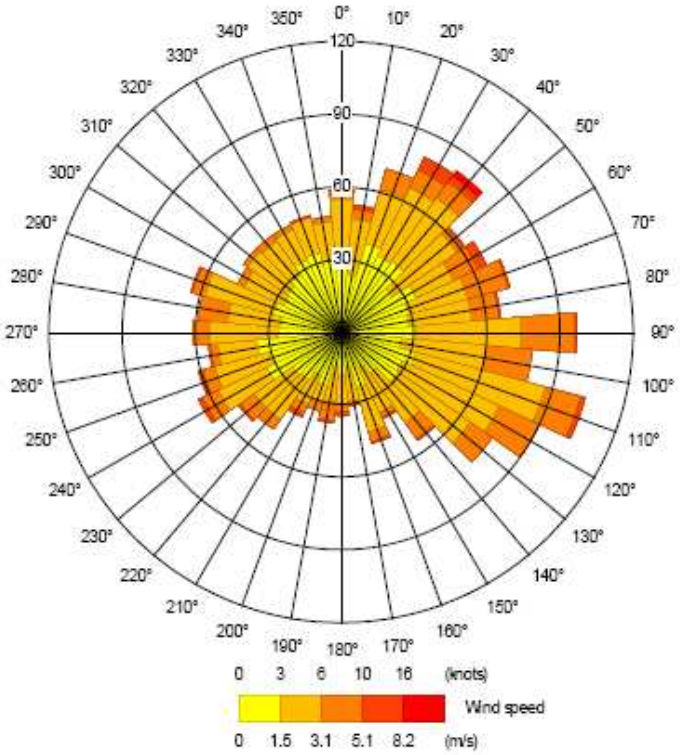
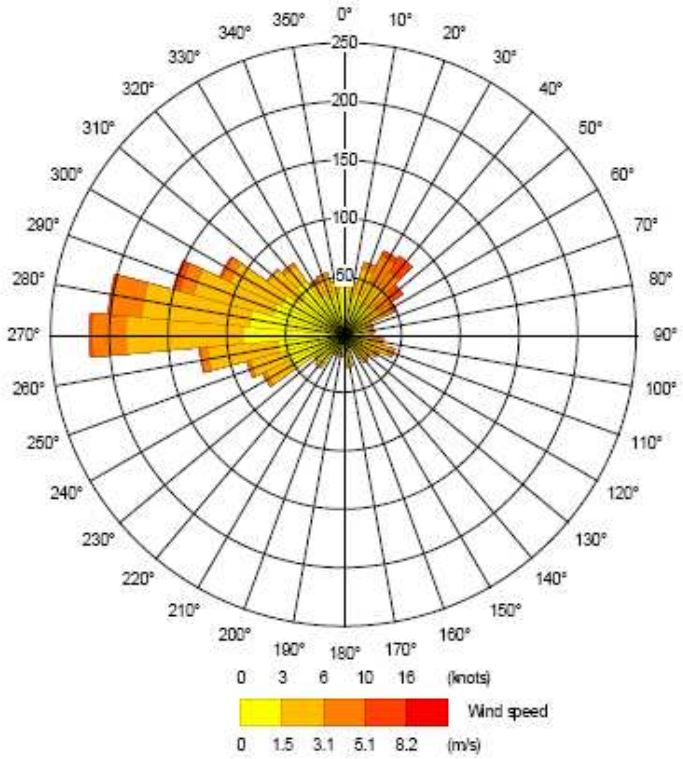


Figura 5: Rosa dei venti – dati della stazione urbana di Ferrara – autunno 2007 (ottobre, novembre, dicembre)



ANDAMENTO DELLE TEMPERATURE E DELLE PRECIPITAZIONI

Andamento delle temperature

Per quel che riguarda il trasporto e la diffusione degli inquinanti è importante sia l'andamento verticale nella troposfera della temperatura, che determina la stabilità o instabilità atmosferica, sia l'andamento al suolo (parametro misurato dalle centraline meteo) che influisce, in particolare, sull'ozono e gli inquinanti secondari.

La stabilità atmosferica è un indicatore della turbolenza atmosferica alla quale si devono i rimescolamenti dell'aria e quindi il processo di diluizione degli inquinanti.
Nella troposfera la temperatura normalmente decresce all'aumentare dell'altitudine. Il profilo di temperatura di riferimento per valutare il comportamento delle masse d'aria è quello osservato per una particella d'aria che si innalza espandendosi adiabaticamente. Quando il profilo reale coincide con quello di riferimento, una particella d'aria, a qualsiasi altezza venga portata, si trova in equilibrio indifferente, cioè non ha alcuna tendenza né a salire né a scendere (atmosfera neutra). Quando la temperatura decresce con l'altezza più velocemente del profilo di riferimento, le particelle d'aria ad ogni quota si trovano in una condizione instabile pochè se vengono spostate sia verso il basso sia verso l'alto continuano il loro movimento nella medesima direzione allontanandosi dalla posizione di partenza. Se invece la temperatura decresce con l'altezza più lentamente del profilo adiabatico o addirittura aumenta (inversione), le particelle d'aria sono inibite sia nei movimenti verso l'alto che verso il basso e la situazione e detta stabile.

Le condizioni neutre si verificano tipicamente in presenza di copertura nuvolosa o con forte vento. Le condizioni instabili si verificano quando il trasporto di calore dal suolo verso l'alto è notevole, come accade nelle giornate assolate. Le condizioni stabili sono tipiche delle notti serene con vento debole e sono le più favorevoli ad un ristagno ed accumulo di inquinanti. Gli episodi più gravi di inquinamento si verificano in condizioni di inversione termica: in questi casi infatti gli inquinanti emessi al di sotto della quota di inversione non riescono ad innalzarsi poiché risalendo si trovano comunque ad essere più freddi dell'aria circostante e dunque più pesanti.

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. Nella tabella che segue si riporta la rappresentazione delle classi di stabilità di Pasquill-Gifford-Turner basate sul gradiente verticale di temperatura.

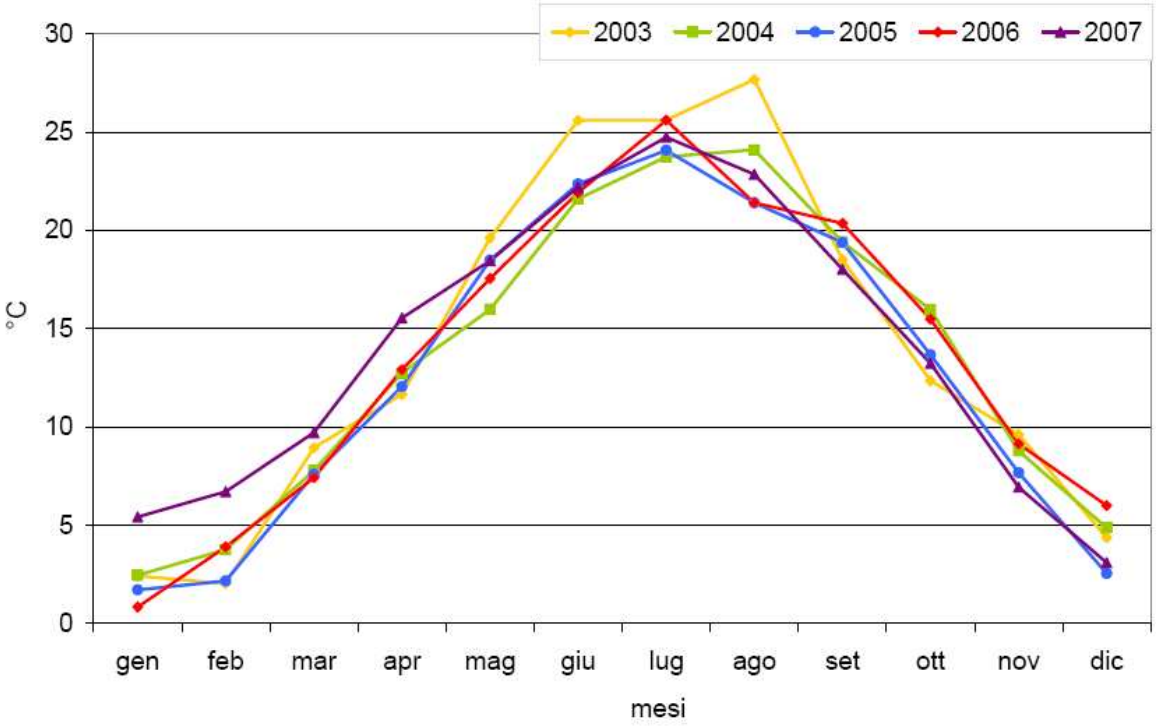
Tabella 1: Classi di stabilità di Pasquill-Gifford-Turner

Classi di stabilità	Definizioni	Gradiente di temperatura verticale [℃/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+G	Condizioni stabili/molto stabili	> +0.015

Contrariamente a quanto accade per il regime anemometrico, per l'andamento delle temperature, i calcoli eseguiti dal processore Calmet restituiscono, per tutto il corso dell'anno 2007, delle temperature del tutto simili alle temperature misurate nella stazione meteo urbana collocata in via Paradisio (lo scostamento maggiore è di +1.7℃).

Si riporta, nel grafico che segue, un confronto dell'andamento delle temperature medie mensili dell'anno 2007 a confronto con quelle degli anni dal 2003 al 2006.

Figura 6: Andamento delle temperature medie mensili – anni 2003-2004-2005-2006-2007



I mesi invernali di gennaio e febbraio e i mesi primaverili dell'anno 2007 sono stati caratterizzati da tempertature superiori rispetto agli anni precedenti. I mesi di giugno e luglio rispecchiano gli andamenti dei tre anni precedenti mentre il mese di agosto risulta intermedio tra gli ultimi anni. Per quanto riguarda i mesi autunnali invece le medie risultano inferiori a quelle degli ultimi tre anni.

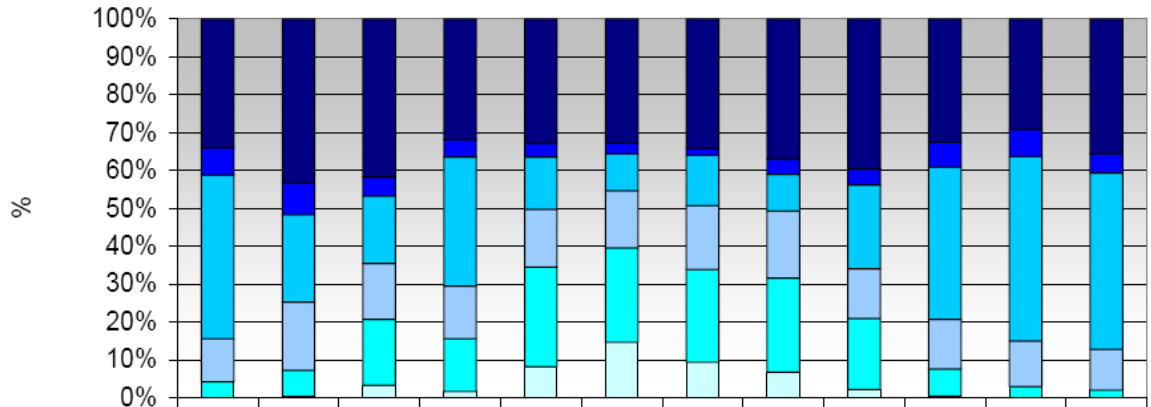
Ai fini dello studio della dispersione degli inquinanti in atmosfera, è importante sia l'andamento al suolo della temperatura (figura 6) che influisce, in particolare, sull'ozono e gli inquinanti secondari, sia l'andamento verticale nella troposfera della temperatura, che determina la stabilità o instabilità atmosferica.

In condizioni di forte stabilità (classi F e G di Pasquill-Gifford-Turner) le sostanze inquinanti permangono più a lungo allo stesso livello. In condizioni di instabilità (classe

A, forte instabilità, classe B, instablità, classe C, debole instabilità) l'inquinante viene rapidamente rimescolato in atmosfera ad opera dei moti turbolenti di origine termica.
La classe D rappresenta la neutralità e in tale condizione la dispersione e la salita della nuvola dell'inquinante risultano inibite.

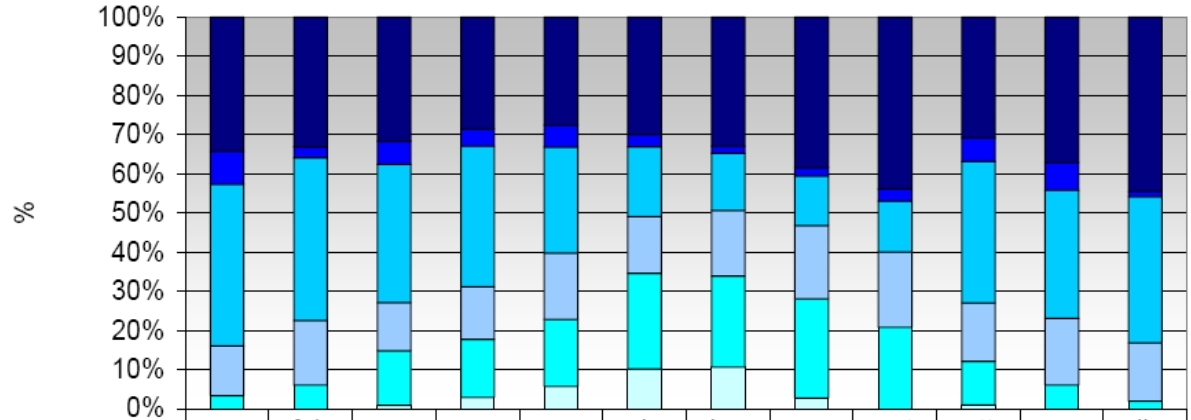
Di seguito si riportano le frequenze delle classi di stabilità stimate per il comune di Ferrara per l'anno 2007 a confronto con gli anni dal 2003 al 2006.

Figura 7: Classi di stabilità – frequenze mensili e numero di casi mensili – anno 2003



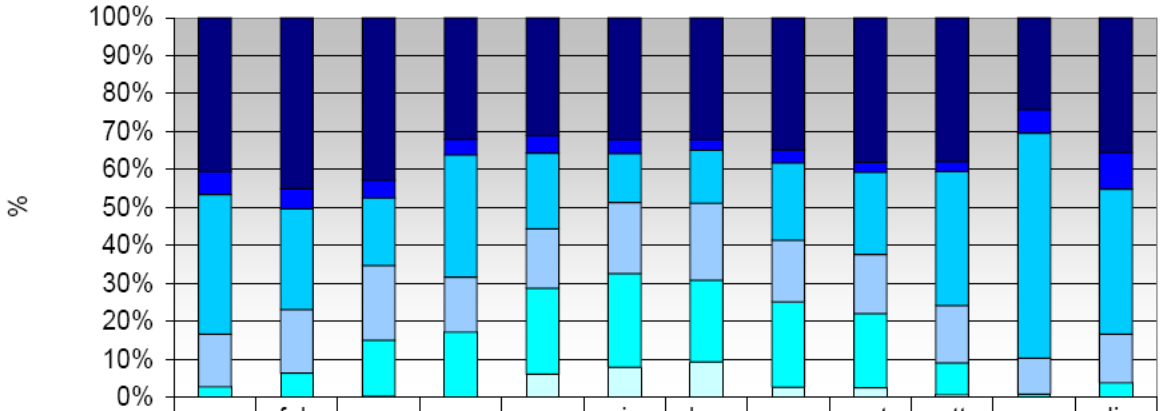
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Classe F+G	253	291	310	214	244	225	242	275	276	226	189	213
Classe E	53	56	38	31	27	20	12	30	29	46	46	31
Classe D	322	155	132	229	103	68	95	72	154	280	316	279
Classe C	85	121	110	93	113	104	119	132	91	91	78	65
Classe B	31	47	130	94	196	172	174	185	131	50	19	12
Classe A		2	24	11	61	101	66	50	15	3		

Figura 8: Classi di stabilità – frequenze mensili e numero di casi mensili – anno 2004



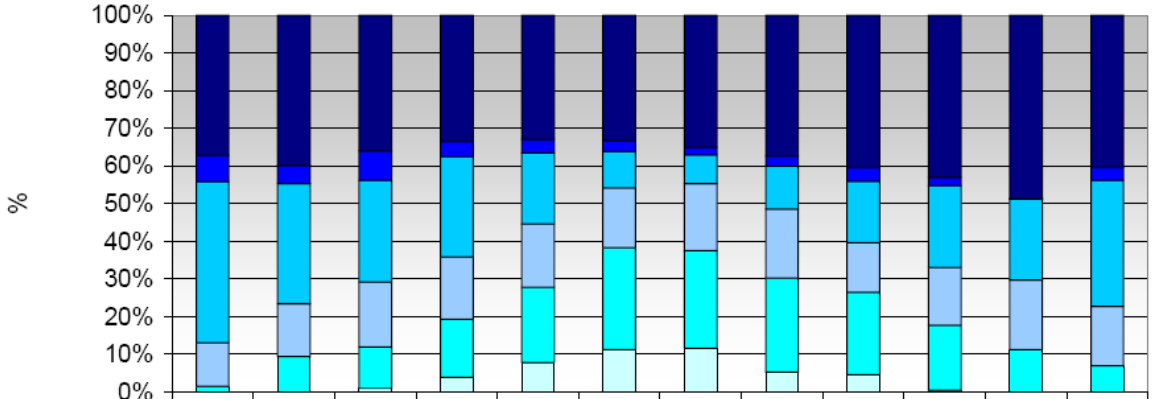
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Classe F+G	214	230	224	185	192	194	237	265	316	229	249	278
Classe E	52	20	42	28	39	20	13	15	22	45	48	8
Classe D	258	289	250	233	188	116	105	87	94	269	220	233
Classe C	79	115	87	87	118	94	121	129	138	111	114	93
Classe B	21	42	99	96	119	158	168	175	150	83	41	12
Classe A			6	19	40	66	76	19		7		

Figura 9: Classi di stabilità – frequenze mensili e numero di casi mensili – anno 2005



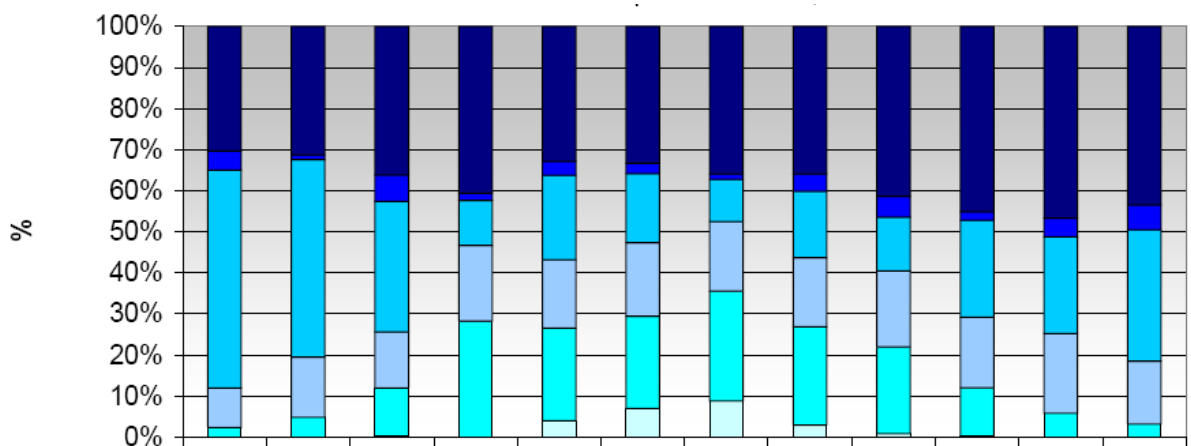
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Classe F+G	282	303	287	230	223	231	208	259	274	236	151	264
Classe E	42	35	32	30	34	26	18	25	19	16	39	72
Classe D	256	178	120	232	143	93	91	152	156	220	371	284
Classe C	97	113	132	104	113	134	132	121	112	94	59	96
Classe B	19	43	99	123	163	178	139	167	141	53	5	28
Classe A			2	1	44	57	61	20	18	4		

Figura 10: Classi di stabilità – frequenze mensili e numero di casi mensili – anno 2006



	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Classe F+G	241	268	268	225	245	240	244	278	291	320	350	259
Classe E	45	32	58	27	27	21	14	20	26	17	2	22
Classe D	277	215	201	179	140	69	53	85	118	161	154	215
Classe C	75	94	128	111	125	114	124	136	94	114	133	101
Classe B	10	63	82	104	149	195	180	186	158	129	81	45
Classe A			7	26	58	81	81	39	33	3		

Figura 11: Classi di stabilità – frequenze mensili e numero di casi mensili – anno 2007



	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Classe F+G	226	210	269	273	213	224	259	267	278	325	336	323
Classe E	34	8	48	12	22	17	9	32	34	15	33	45
Classe D	395	323	236	73	133	113	74	120	88	170	169	238
Classe C	71	98	102	124	108	120	122	125	124	123	140	114
Classe B	18	33	87	190	146	151	192	178	142	85	42	24
Classe A			2		26	47	64	22	6	2		

Nel 2007 si registra un aumento di casi di neutralità (classe D) nei mesi invernali ed autunnali, seguito da lieve riduzione della frequenza delle altre classi ed in particolare delle classi A, B, C negli stessi mesi.
In conclusione risultano comunque preponderanti le classi F e G (stabilità) e D (neutralità) mentre è poco presente la classe A (instabilità).
Come per il 2006, anche nel 2007, rispetto agli anni 2003-2005, per il comune di Ferrara, risultano molto più numerosi i casi di classe di stabilità F e G (alta stabilità-inversione termica) soprattutto nei mesi di ottobre, novembre e dicembre, a discapito delle classi A e B. Questo fenomeno ha sicuramente contribuito ad un ristagno della masse di aria senza possibilità di diffusione degli inquinanti.

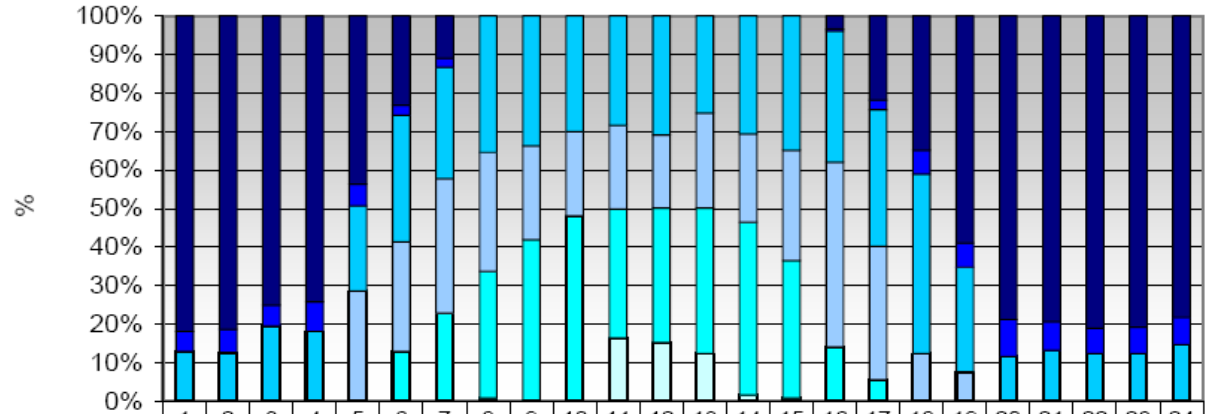
Nella tabella che segue si riportano le percentuali di classi di stabilità, nel comune di Ferrara negli anni 2003-2007.

Figura 12: Percentuali classi di stabilità

Anno	% Classe A	% Classe B	% Classe C	% Classe D	% Classe E	% Classe F+G
2003	4%	15%	14%	26%	5%	35%
2004	3%	14%	16%	29%	4%	34%
2005	2%	14%	16%	28%	5%	36%
2006	4%	16%	16%	22%	4%	38%
2007	2%	15%	16%	25%	4%	38%

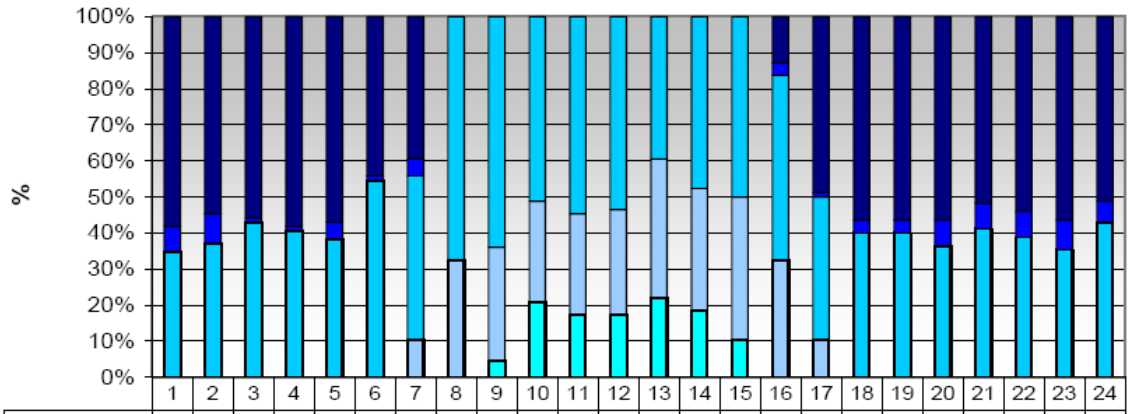
È possibile fornire una rappresentazione grafica delle percentuali di classi di stabilità relativa al giorno tipo calcolate sull'intero anno, sui mesi invernali (dicembre, gennaio e febbraio) e sui mesi estivi (giugno, luglio, agosto) dell'anno 2007.

Figura 13: Classi di stabilità – frequenze giorno tipo – anno 2007



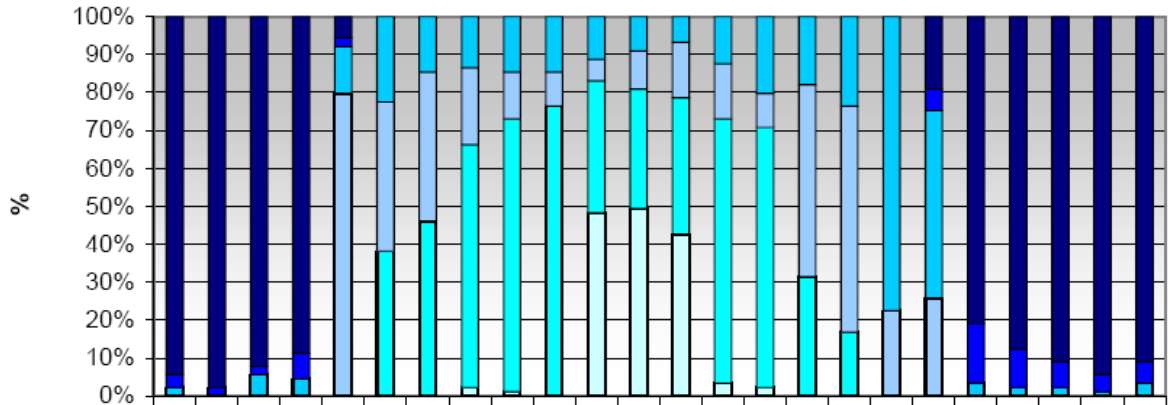
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Classe F+G	289	287	265	262	154	82	39									12	77	123	208	278	280	286	285	276
Classe E	18	21	19	27	20	9	8									2	9	22	22	34	26	23	24	25
Classe D	46	45	69	64	78	116	102	125	119	106	100	109	89	108	123	120	125	164	96	41	47	44	44	52
Classe C					101	100	123	109	86	77	77	67	87	81	101	169	122	44	27					
Classe B						46	81	116	147	170	118	123	133	158	126	50	20							
Classe A								3	1		58	54	44	6	3									

Figura 14: Classi di stabilità – frequenze giorno tipo – periodo dicembre 2006-gennaio e febbraio 2007



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Classe F+G	50	47	48	50	49	38	34									11	42	48	48	48	44	46	48	44
Classe E	6	7	1	1	4	1	4									3	1	3	3	6	6	6	7	5
Classe D	30	32	37	35	33	47	39	58	55	44	47	46	34	41	43	44	34	34	34	31	35	33	30	37
Classe C							9	28	27	24	24	25	33	29	34	28	9							
Classe B									4	18	15	15	19	16	9									
Classe A																								

Figura 14: Classi di stabilità – frequenze giorno tipo – periodo giugno-luglio-agosto 2007



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Classe F+G	84	87	82	79	5														17	72	78	81	84	81
Classe E	3	2	2	6	2														5	14	9	6	4	5
Classe D	2		5	4	11	20	13	12	13	13	10	8	6	11	18	16	21	69	44	3	2	2	1	3
Classe C					71	35	35	18	11	8	5	9	13	13	8	45	53	20	23					
Classe B						34	41	57	64	68	31	28	32	62	61	28	15							
Classe A								2	1		43	44	38	3	2									

Dal grafico relativo alla frequenza percentuale delle classi di stabilità atmosferica nelle 24 ore del giorno tipo calcolato sull'intero anno, si osserva la prevalenza di distribuzione della classe F+G nelle prime ore della giornata, dalle ore 1:00 sino alle ore 5:00-6:00, e nelle ore della sera, dalle 17:00 in poi.

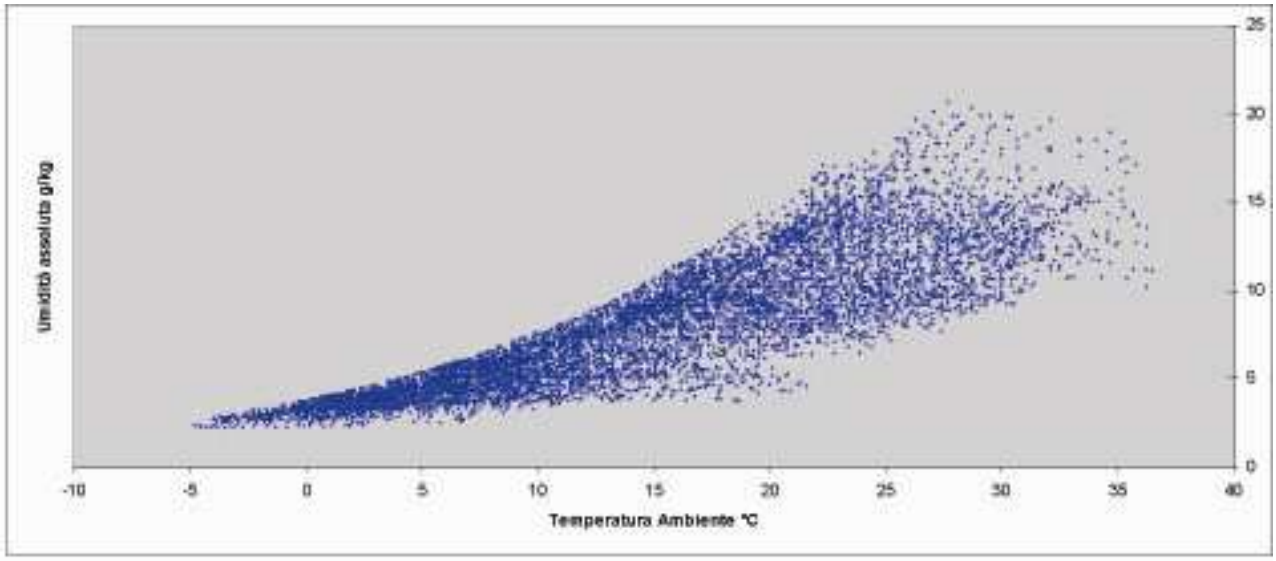
Il numero di casi della classe F+G nei due periodi della giornata sopra descritti cambia a seconda della stagione; se si osservano le elaborazioni del giorno tipo invernale ed estivo si nota che:

in inverno, a causa delle temperature più basse che contribuiscono al mantenimento della condizione di inversione termica, la classe F+G risulta più numerosa;

in estate, grazie alle temperature più elevate, che dissolvono prima il fenomenno di inversione termica venuto a crearsi durante la notte, la classe F+G rimane vincolata alle primissime ore della giornata e scompare a partire dalla 5:00 del mattino, mentre la sera comincia a insediarsi a partire da un'ora più tarda (dalle 20:00)

in inverno le classi B, C e D sono presenti principalmente nelle ore centrali della giornata

in estate la classe A è specifica delle ore più soleggiate e calde (ore 11:00-13:00).



FERRARA : DIAGRAMMA PSICOMETRICO

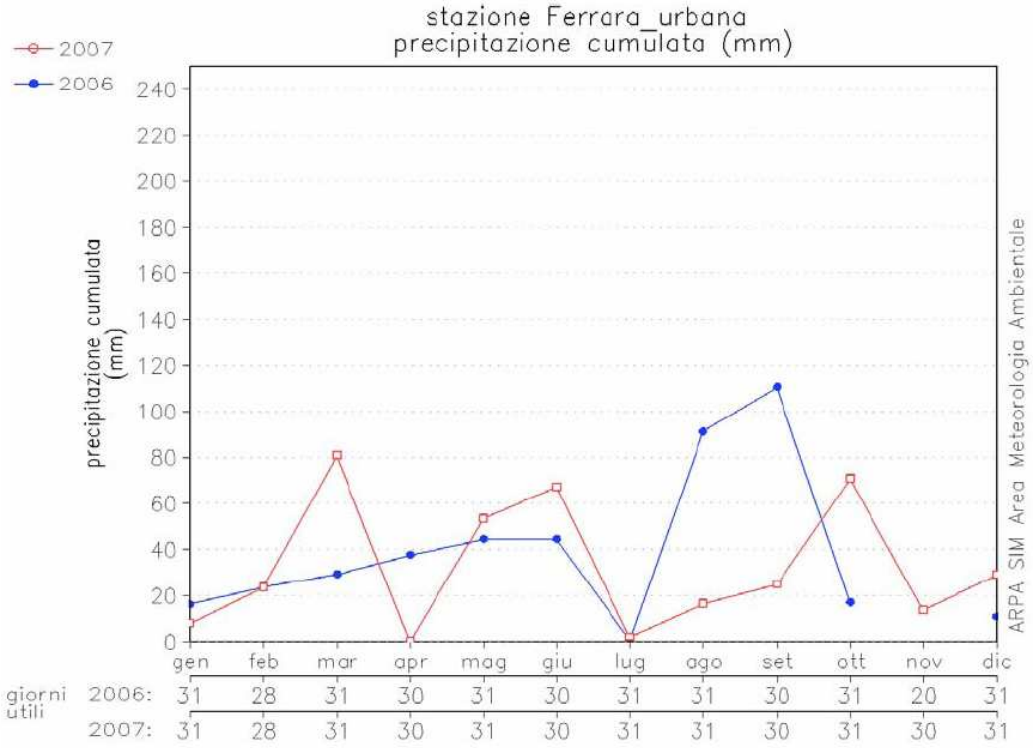
Andamento delle precipitazioni

Ai fini dell'abbattimento degli inquinanti presenti in atmosfera è importante il numero di giorni caratterizzati da quantità di pioggia ≥ 5 mm. Si è osservato, infatti, che le precipitazioni iniziano ad operare una qualche rimozione degli inquinanti atmosferici quando superano i 5 mm/giorno. Tale rimozione dipende però fortemente sia dal tipo di inquinante sia dalla intensità del fenomeno meteorologico (pioggia prolungata o meno, intensa o meno).

Le precipitazioni superiori ai 5 mm/giorno si possono comunque considerare di una qualche efficacia nella rimozione degli inquinanti atmosferici.

Analizzando la precipitazione cumulata, espressa in millimetri di pioggia, misurata dalla stazione meteorologica di Via Paradiso a Ferrara, si osserva che il 2007, rispetto all'anno precedente, è stato caratterizzato da una piovosità inferiore; ciò appare visibile in particolare nel mese di agosto, nel mese di aprile, nei mesi autunnali di settembre e novembre. I mesi più piovosi sono stati marzo, maggio, giugno e ottobre con circa 60-80 mm/mese. L'anno 2007, a differenza degli ultimi due anni in cui si sono verificati fenomeni anomali con precipitazioni concentrate in prevalenza nei mesi di agosto e settembre, ricalca maggiormente quello che è il classico andamento climatico che caratterizza la nostra area, ovvero un andamento con piogge abbondanti in primavera e in autunno e periodi di siccità estiva e invernale.

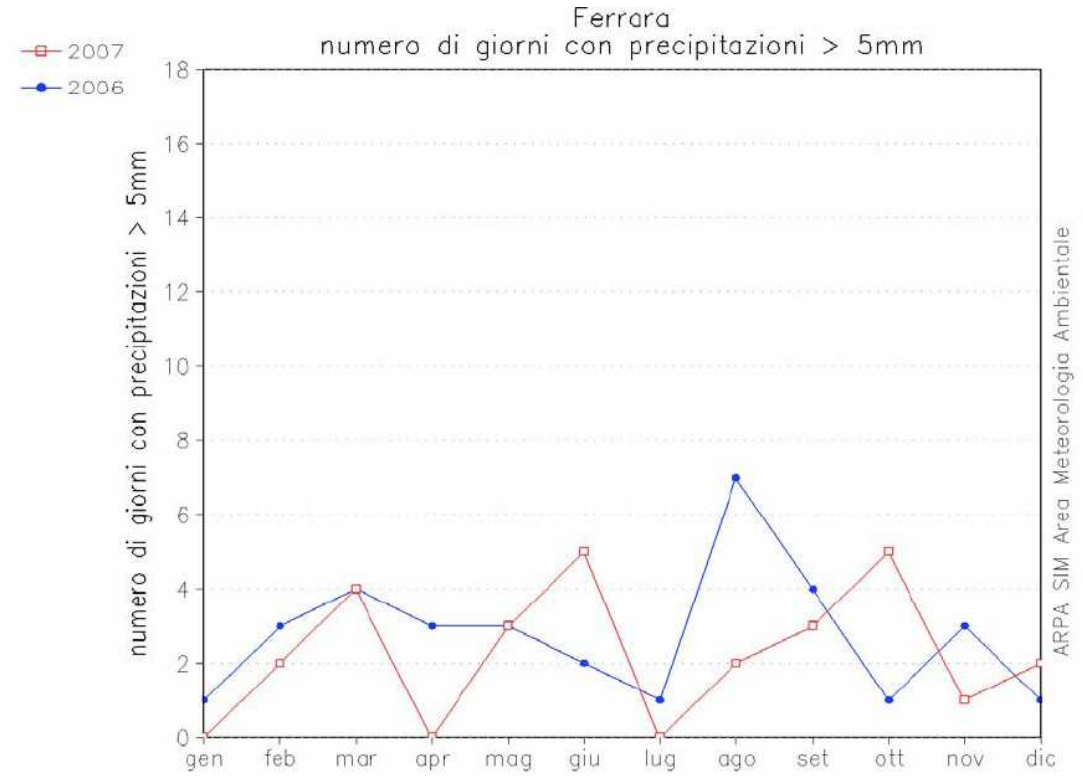
Figura 15: Precipiatazione cumulata registrata in città



Il grafico del numero di giorni di pioggia con precipitazione cumulata maggiore di 5 mm mette in evidenza come nel periodo autunnale vi siano stati solo 9 gg di pioggia, analogamente al 2006 e in contrasto ai 17 gg che si erano registrati nel 2005, comportando così un minore abbattimento di inquinanti. Nel periodo primaverile si sono registrati solamente 7 giorni di pioggia con precipitazione cumulata maggiore di 5 mm, contro i 10 registrati nel 2006 e nel 2005. In estate le precipitazioni si sono maggiormente concentrate nel mese di giugno e complessivamente il numero di giorni con precipitazione superiore ai 5 mm risulta pari a 7 contro i 10 giorni registrati per l'anno 2006 e i 9 giorni del 2005.

In inverno 2007 si sono registrati 4 giorni con precipitazione superiore ai 5 mm analogamente a quanto si è verificato per i due anni precedenti.

Figura 16: Numero di giorni con precipitazioni cumulate supeiori ai 5 mm



Irraggiamento solare

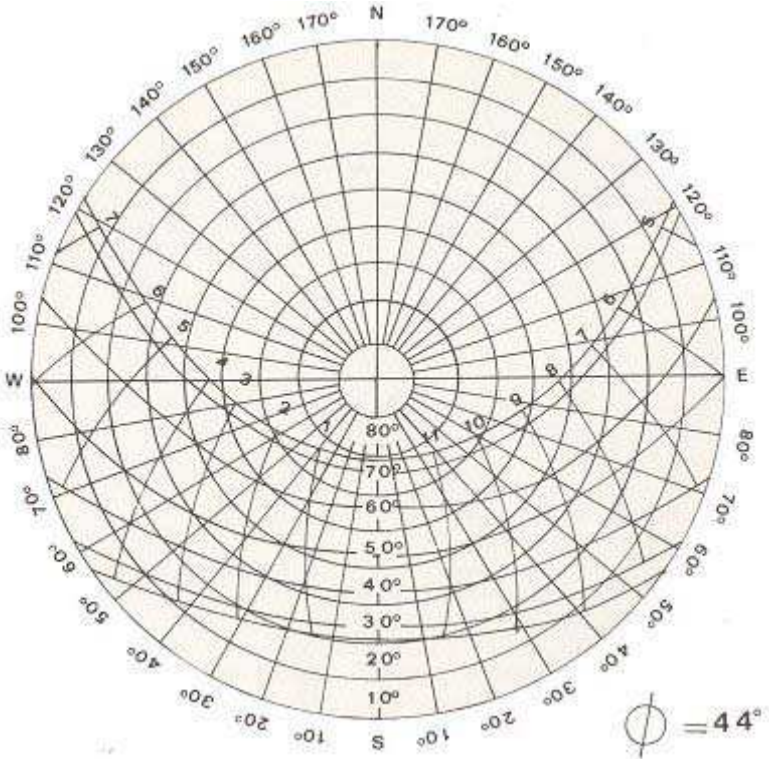


diagramma solare a 44° latitudine nord

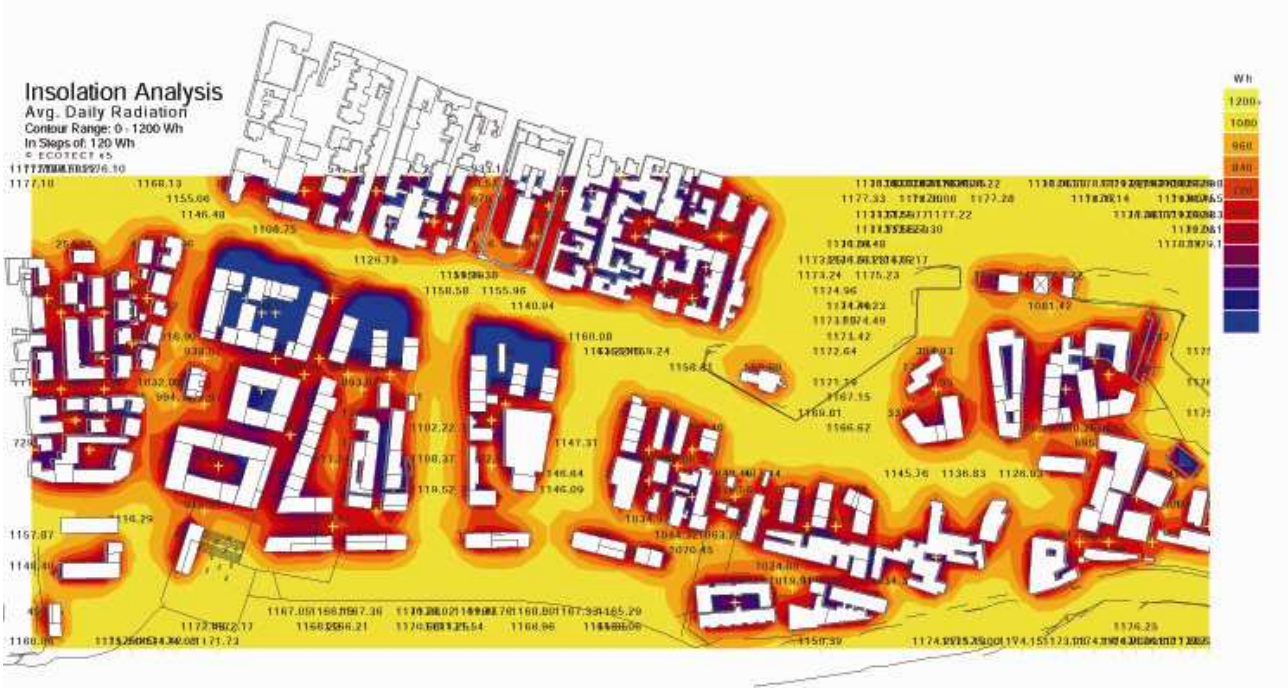
Allo scopo di verificare l'andamento dell'irraggiamento solare per i diversi orientamenti, le aree oggetto di PUA sono state assimilate ad una superficie sulla quale si proiettano le ostruzioni alla radiazione solare esterne o interne all'ambito. L'energia solare (diretta dal sole + diffusa dal cielo) varia a seconda di latitudine, luogo e tempo, ma per gli edifici dipende sostanzialmente dall'orientamento .

Per ottimizzare l'apporto dell'irraggiamento non si è soltanto tenuto conto di tale fattore nella dislocazione dei fabbricati, ma L'approccio progettuale prevede una variazione dei volumi edilizi e delle altezze in relazione al contesto edificato e naturale in cui si collocheranno. La possibilità di fruire di luce naturale dovrà essere ottimizzata attraverso lo studio della forma da dare al singolo edificio, la previsione di superfici vetrate e l'introduzione di elementi in grado di indirizzare la luce, se necessario, o, nel caso dei fronti più esposti, di appositi schermature.

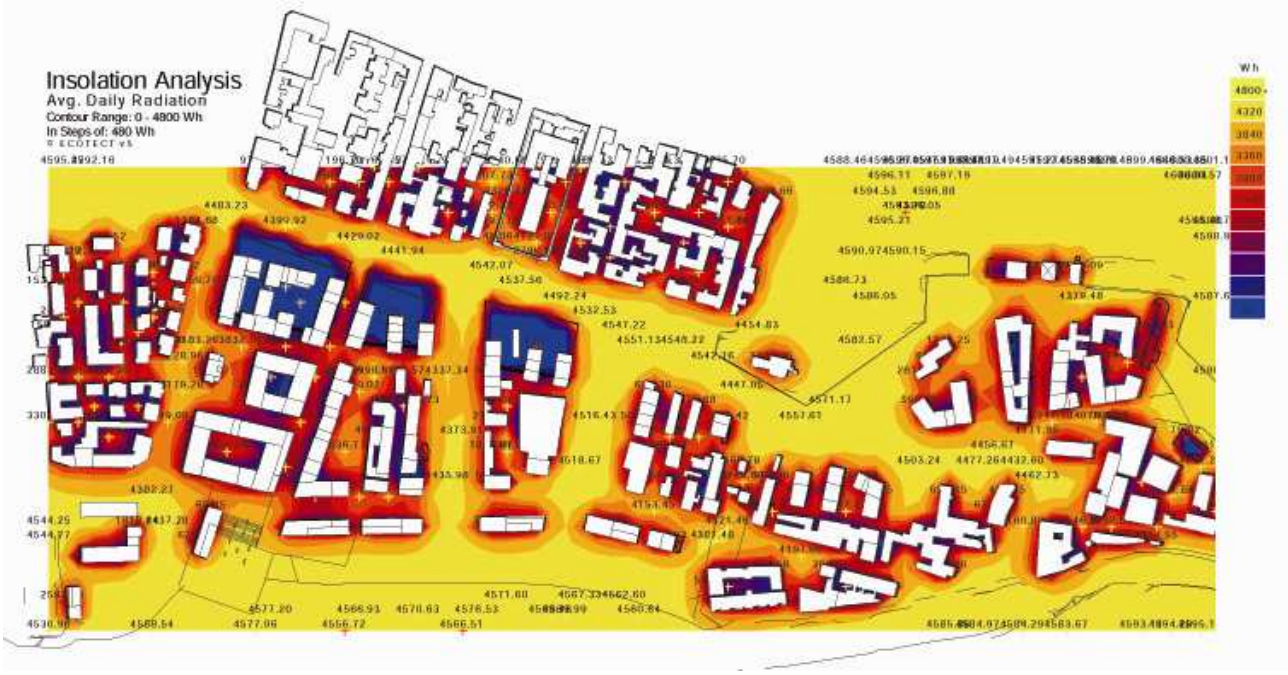
Nel caso di una città come Ferrara, va attentamente va studiata la possibilità di ridurre l'irraggiamento solare in estate attraverso il controllo passivo del calore. Inoltre, lo schema planivolumetrico, a bassa densità e con una appropriata profondità degli edifici,

garantirà alle unità edilizie una adeguata illuminazione diurna e la ventilazione naturale passante.

Sul tema dell'irraggiamento solare sono poi stati condotti studi riferiti alla soluzione progettuale adottata



analisi dell'irraggiamento al 22 gennaio



analisi dell'irraggiamento al 3 agosto

che confermano la situazione come desunta dai dati generali.
per una migliore comprensione si rimanda alla relazione generale dove sono declinate le soluzioni di progetto e della quale si riportano qui i passaggi attinenti le tematiche specifiche.

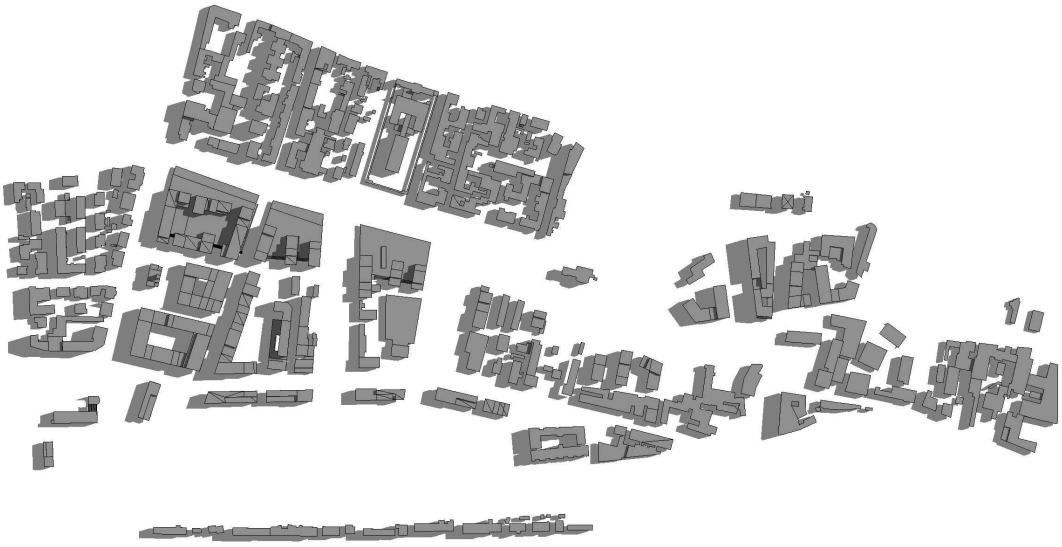
In generale...

" Il progetto urbano ha curato l'impianto planivolumetrico e gli spazi e percorsi pubblici, in modo da dare identità alle diverse aree oggetto di trasformazione. Valorizzare gli elementi storici e le visuali significative, salvaguardare le alberature esistenti, tenere in considerazione gli aspetti climatici, costruire in primo luogo la trama dello spazio pubblico di relazione e di connessione con le altre parti della città.

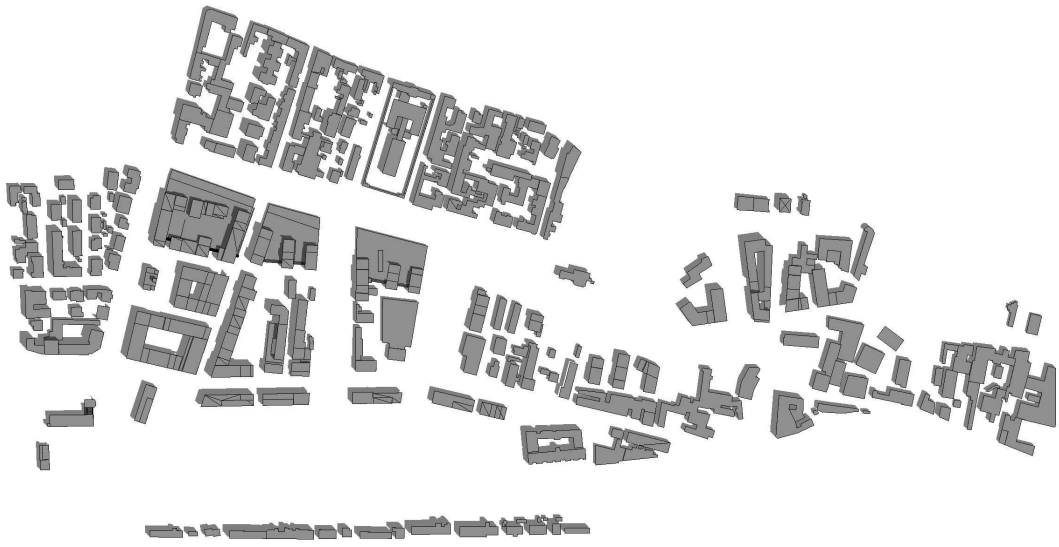
...

Il clima di Ferrara impone una attenzione particolare alla progettazione, soprattutto per quanto attiene le sfavorevoli condizioni estive.
Le temperature medie estive hanno valori ragguardevoli ma il loro reale effetto, ovvero la combinazione di umidità e temperatura, e quindi i valori delle temperature apparenti, ben sopra i 40°C da luglio a settembre, pone la città ai livelli fra i più sfavorevoli in Italia. Cio' è dovuto alla presenza di una umidità percentuale media sempre ben superiore nei mesi dell'anno al 60%, mentre i venti, di bassa intensità, non contribuiscono efficacemente e favorevolmente a migliorare la situazione. I valori dell'insolazione sono anch'essi elevati. In tale contesto è apparsa prioritaria la cura nella progettazione al fine di migliorare, per quanto possibile, il microclima urbano.
Sono stati utilizzati i seguenti criteri progettuali: sono state scelte tipologie edilizie che consentono la permeazione solare e dei flussi d'aria, di altezza modesta, e con aperture e loggiati al piano terreno; anche il posizionamento dei corpi di fabbrica è stato effettuato in modo da consentire il passaggio dei flussi d'aria in relazione ai venti dominanti; sono stati inoltre privilegiati i corridoi che dal costruito conducono alla Darsena o, comunque, verso le aree verdi con evidenti benefici estivi, visti i flussi d'aria che naturalmente si generano, anche in assenza di venti, tra le correnti evaporative fluviali (più fresche) e l'aria calda che si accumula nelle aree urbanizzate; il posizionamento degli edifici ha altresì tenuto conto

della necessità di fornire il corretto apporto di irraggiamento solare agli insediamenti e per ottimizzare l'esposizione solare nell'arco della giornata e nell'anno.
In particolare sono state fatte simulazioni degli ombreggiamenti reciproci tra fabbricati.
...
Gli edifici sono caratterizzati da una progressiva variabilità nel numero dei piani proprio per consentire la permeazione della luce e dell'aria;
le tipologie adottate consentono di della corte, tipica del contesto,
è stata riproposta, per la suacapacità di costituire un buffer termico di positivo effetto sia in estate che in inverno.
Sono state privilegiate soluzioni edilizie che consentono di limitare le superfici impermeabili capaci di accumulare calore, incrementando e distribuendo con sistematicità aree verdi e quindi capaci di ombreggiare e spazi di accumulo (atri e corti). Sono stati individuati percorsi pedonali ombreggiati e protetti (anche con la riproposizione del portico) che migliorano la vivibilità ed il comfort.
Sono state adottate soluzioni a bassa densità edilizia, massimizzando la percentuale di area verde o permeabile, restituendo nel complesso una parte di città meno cementificata della precedente. Per ridurre gli effetti di accumulo di calore e per combattere l'inquinamento atmosferico, le coperture sono state pensate come verdi per ottenere, tramite una composizione di giardini pensili, un' armonia tra le aree verdi al suolo e quelle che si realizzano nelle coperture, ai diversi livelli, come un unico grande parco tridimensionale, in cui gli elementi naturali, inclusa l'acqua, contribuiscono a migliorare il comfort ambientale.."

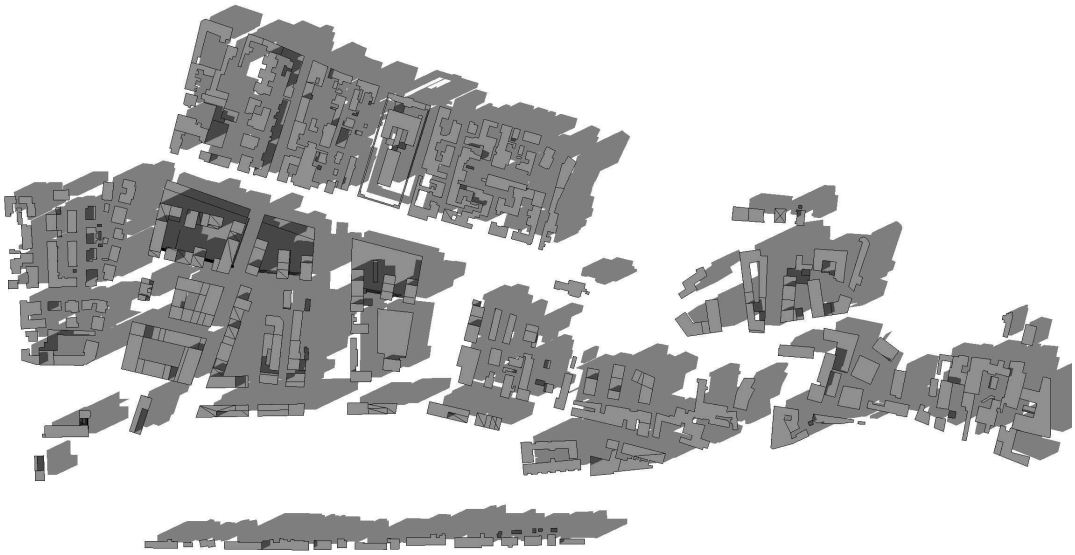


studio delle ombreggiature- agosto ore 9



studio delle ombreggiature- agosto ore 12

studio delle ombreggiature- agosto ore 15



studio delle ombreggiature- agosto ore 18

Infine, per la definizione degli obiettivi relativi alla progettazione degli edifici in attuazione del piano sono state adottate strategie di tipo passivo, che includono:

* Realizzazione di facciate altamente coibentate e sigillate per non disperdere energia ma on finestrature apribili.

* Disposizione dei volumi rispetto al riscaldamento solare passivo in inverno ed all'efficace ombreggiatura in estate

* Ottimizzazione dell'utilizzo della luce diurna attraverso lo studio della forma dell'edificio, l'uso di pareti vetrate ed il direzionamento dei fasci di luce.
* previsione di buffer zones (come ad esempio le serre utilizzate come "giardini di inverno") per consentire la raccolta passiva dell'energia solare e la ventilazione naturale in presenza di freddo/ vento.
* Studio dell'ombreggiatura solare esterna

Indicazioni progettuali riferite alla progettazione degli edifici

Gli obiettivi generali da perseguire sono:

- Risparmio energetico con costruzione di edifici a basso consumo con indice di prestazione energetica classe A;
- Efficienza impiantistica mediante impianti centralizzati ad alto rendimento, sistemi di climatizzazione a bassa temperatura, controllo e gestione degli edifici;
- Uso di tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili quali l'energia solare per la produzione di acqua calda sanitaria ed energia elettrica e l'energia geotermica del terreno per climatizzazione;
- Recupero e riutilizzo delle acque piovane.

Nel seguito saranno esplicitate le modalità di attuazione.

DIRETTIVE DI PIANO E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione degli edifici sarà fatta nel rispetto delle normative vigenti con particolare riferimento a:

- Delibera della Assemblea Legislativa R.E.R. n. 156/08;
- Vigente RUE del Comune di Ferrara.
- Saranno rispettati tutti i requisiti cogenti.

In particolare:

- Il raggiungimento di elevati indici di prestazione energetica
- Il raggiungimento di una classe prestazionale almeno buona relativamente all'inerzia termica
- L'obbligo di impianti di ventilazione meccanica controllata
- L'obbligo di impianti di climatizzazione a bassa temperatura
- Il recupero ed il riutilizzo delle acque piovane dei tetti
- L'ottenimento della certificazione ambientale
- L'allacciamento alla rete di teleriscaldamento urbano per la fornitura di energia termica.

DISPONIBILITÀ DI FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI E RISORSE A BASSO CONSUMO ENERGETICO

Per il sito in oggetto sono disponibili le seguenti fonti:

- energia solare sfruttabile per produzione di energia termica ed energia elettrica in attuazione alle direttive legislative vigenti;
- possibilità di allacciamento alla rete di teleriscaldamento urbano presente in prossimità che sarà obbligatoriamente previsto per tutti gli interventi ai fini della fornitura dell'energia termica per l'intero esercizio annuale. La rete di teleriscaldamento fa capo ad una centrale ad alta efficienza con contributo di energia rinnovabile derivante sia da sorgente geotermica che dalla combustione dei rifiuti urbani. L'assenza di impianti di produzione calore in loco, con combustibili tradizionali, evita emissioni di CO2 e l'inquinamento ambientale del sito. La rete di teleriscaldamento fornirà energia termica per la climatizzazione degli ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria ad integrazione degli impianti solari.

A fronte dei predetti obblighi cogenti è facoltà dei singoli lotti l'adozione di eventuali ed ulteriori sistemi integrativi quali lo sfruttamento di energia geotermica, micro-cogenerazione, trigenerazione e simili.

ARCHITETTURA IMPIANTISTICA

Per ogni edificio o lotto di intervento o UMI si dovranno prevedere i sottoelencati impianti centralizzati:

- produzione di energia termica per climatizzazione invernale mediante allacciamento alla rete di teleriscaldamento. Saranno installati lo scambiatore di interfaccia, elettropompe di circolazione, dispositivi di regolazione e contabilizzazione;
- produzione di energia frigorifera per climatizzazione estiva, ove necessaria e/o prevista, con gruppi convenzionali con elettrocompressori e condensazione ad acqua o ad aria. Saranno ad alto rendimento con coefficiente prestazione ESEER non inferiore a 4. La tipologia e la collocazione sarà rispettosa sia dell'aspetto architettonico che dell'impatto acustico;
- produzione di acqua calda sanitaria con scambiatori ad accumulo riscaldati da energia solare con integrazione da rete di teleriscaldamento;
- trattamento acqua potabile quali addolcimento e sanitizzazione ove necessari;

- sistemi di raccolta delle acque piovane che saranno riutilizzate nello stesso bacino di utenza;
- impianto di produzione di energia elettrica, con pannelli solari, che sarà utilizzata per uso condominiale (gruppo refrigeratore, pompe, ventilazione meccanica, ascensori, illuminazione parti comuni e simili). Sarà consentita, ove possibile e praticabile, l'installazione di pannelli fotovoltaici per produzione individuale;
- eventuali sistemi di protezione antincendio se necessari per il tipo di attività'.

Detti impianti faranno capo ad apposite sottocentrali di edificio, lotto o UMI, dalle quali si derivano le reti di alimentazione delle singole utenze e precisamente:

- alimentazione fluidi termovettori per climatizzazione invernale/estiva;
- acqua fredda e calda per uso sanitario;
- acqua piovana di recupero per uso sanitario nelle cassette dei wc.

Ogni utenza sarà parallelamente dotata di contatori divisionali per i fluidi delle corrispettive reti.

- Le utenze saranno invece alimentate dalle reti pubbliche per:
- energia elettrica
- gas metano per uso cottura
- telefonia

Anche le suddette forniture saranno contabilizzate.

VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

Per tutti gli edifici, sia pubblici che privati, saranno previsti impianti di ventilazione meccanica degli spazi confinati. Ad essi sarà demandato il controllo dell'inquinamento ambiente e del comfort igrometrico indispensabili per il benessere delle persone.

Gli impianti saranno centralizzati per ogni edificio o unità immobiliare funzionale con la stessa logica che sarà attuata per i restanti impianti condominiali (climatizzazione, produzione acqua calda di consumo, distribuzione acqua di consumo).

Anch'essi godranno dei risparmi energetici e gestionali ottenibili con l'autoproduzione di energia elettrica da fonte solare.

L'impianto di ventilazione meccanica controllata associato ad un sistema di recupero energetico dell'aria espulsa, consente la riduzione dei consumi energetici per il ricambio dell'aria ed il conseguente aumento dell'efficienza energetica.

I recuperatori di calore avranno efficienza minima 85% e saranno preferibilmente del tipo entalpico o termodinamico.
Il sistema di filtrazione dovrà essere almeno di media efficienza (classe minima F7); i ventilatori saranno ad alta efficienza preferibilmente con motori direttamente accoppiati ai ventilatori.
Saranno installati dispositivi di regolazione della portata per i singoli locali/alloggi per garantire le effettive condizioni di progetto.
Le apparecchiature elettriche saranno alimentate dall'impianto condominiale.

SISTEMI IMPIANTISTICI A BASSA TEMPERATURA

Si dovranno adottare, obbligatoriamente, sistemi impiantistici a "bassa temperatura", preferibilmente del tipo radiante, sia per la climatizzazione invernale che estiva.
Gli impianti radianti, rispetto a quelli convettivi, consentono un maggiore risparmio energetico derivante sostanzialmente da:
ottenimento dello stesso livello di comfort con valore di temperatura ambiente più bassa in inverno e più alta in estate. Ciò riduce proporzionalmente il gradiente di temperatura e lo scambio termico tra interno ed esterno;
utilizzo di un fluido vettore (acqua) ad un livello di temperatura più favorevole per la sorgente di produzione, tale da conseguire una maggiore efficienza energetica di produzione.

DISPOSITIVI PER LA GESTIONE E IL CONTROLLO DEGLI EDIFICI

Per tutti gli edifici saranno adottati i necessari provvedimenti di controllo e gestione degli impianti ai fini di un uso razionale dell'energia.
È fatto obbligo di rispettare le disposizioni contenute nella Delibera Assemblea Legislativa R.E.R. n. 156/08 requisito 6.5 con riferimento alla classe A di efficienza dei dispositivi.
Tanto più efficiente sarà il controllo mediante sistemi automatici intelligenti, maggiore sarà il risparmio energetico conseguibile.
Il sistema di controllo degli edifici pubblici sarà predisposto per il controllo a distanza da "remoto" e dovrà consentire l'archiviazione dei dati di esercizio essenziali per il monitoraggio della efficienza funzionale ed energetica.

PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI

Per diminuire i consumi di energia primaria non rinnovabile degli edifici saranno utilizzate le seguenti fonti energetiche rinnovabili:

- Impianto solare termico atto a soddisfare almeno il 50% del fabbisogno di acqua calda sanitaria ai sensi della Delibera Assemblea Legislativa R.E.R. n. 156/08. Sarà del tipo centralizzato per ogni edificio o condominio e farà capo al sistema, centralizzato, di produzione dell'acqua calda di consumo. Le apparecchiature elettriche faranno capo al contatore condominiale.
- Impianto solare fotovoltaico per la produzione di energia elettrica in ragione di 1 kW per ciascuna unità abitativa e 0,5 kW per ogni 100 m2 di superficie utile degli edifici non residenziali, secondo disposizione della Delibera Assemblea Legislativa R.E.R. n. 156/08. L'energia elettrica sarà utilizzata per l'alimentazione degli impianti condominiali quali gruppi refrigeratori, ascensori, ventilatori dell'impianto VMC, elettropompe, illuminazione spazi condominiali e simili. Tutti gli utenti beneficeranno indirettamente del risparmio energetico. È lasciata facoltà, inoltre, di realizzare anche impianti individuali per i singoli utenti dell'edificio.

RECUPERO DELLE ACQUE PIOVANE

Sarà previsto il recupero ed il riutilizzo delle acque piovane dei tetti al fine di ridurre i consumi idrici. L'acqua sarà raccolta entro apposite vasche dislocate in prossimità ed a servizio dei singoli edifici con le stesso logiche di centralizzazione degli altri impianti collettivi.

Il sistema di accumulo è provvisto di appositi filtri, il sistema di riutilizzo è costituito dalla rete idrica separata con impianto di pompaggio dedicato, centralina di controllo e disinfezione con lampade a raggi UV o sistema equivalente.

L'acqua raccolta sarà riutilizzata per usi condominiali (irrigazione e lavaggio dei piazzali) ed uso individuale per alimentazione delle cassette di scarico dei wc.

I consumi individuali saranno contabilizzati per le singole utenze.

RIDUZIONE DEI CONSUMI DI ACQUA POTABILE

Ai fini della riduzione del consumo di acqua potabile saranno adottati i seguenti provvedimenti impiantistici:

- recupero e riutilizzo dell'acqua piovana dei tetti per uso irriguo ed igienico-sanitario;
- contabilizzazione dei consumi di acqua potabile calda e fredda ed acqua piovana di uso sanitario per tutte le utenze;
- cassette di risciacquo dei wc con doppio pulsante;
- rubinetti di erogazione a doppio scatto con aeratori e rompigetto.

INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO INTERNO ED ESTERNO

Saranno adottate tutte le soluzioni praticabili per ridurre le fonti di inquinamento elettromagnetico ed in particolare:

- le cabine elettriche di trasformazione e le condutture in Media Tensione saranno decentrate e distanziate rispetto agli edifici abitati nel rispetto delle disposizioni di legge;
- saranno seguite tutte le possibili strategie progettuali, a livello delle singole unità abitative, atte a minimizzare l'esposizione ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza.

ILLUMINAZIONE PUBBLICA

Il progetto si estende a tutte le zone pubbliche come piazze, strade, percorsi ciclopedonali e pedonali ed avrà come principale obbiettivo il pieno rispetto delle normative vigenti in termini di inquinamento luminoso ed efficienza energetica.

La scelta progettuale delle sorgenti luminose degli apparecchi illuminanti è orientata verso lampade a vapori di sodio ad alta pressione come richiesto dal disciplinare tecnico ver.1.1 del 19 marzo 2008 redatto da Hera Luce. Tuttavia si prenderà in considerazione in fase di progettazione esecutiva l'eventuale utilizzo di apparecchi con tecnologia a led.

Gli apparecchi illuminanti avranno con ottica CUT-OFF, quindi con emissione praticamente nulla verso la volta celeste (direzione dell'intensita' luminosa massima rispetto alla componente verticale min. o uguale e 65°) contenendo così al massimo, i danni provocati dall'inquinamento luminoso.

Altro non trascurabile beneficio dell'ottica CUT-OFF nelle armature stradali per traffico veicolare, risulta l'abbattimento dell'abbagliamento nei confronti del guidatore del veicolo.

CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Per tutti gli edifici dovrà essere rilasciata, in ottemperanza a vigenti norme, la certificazione energetica.

È fatto obbligo il raggiungimento del livello di prestazione energetica di classe A secondo gli indici prestazionali stabiliti dalla Delibera Assemblea Legislativa R.E.R. n. 156/08, e successive modifiche ed integrazioni, ridotti del 10% come stabilito dal vigente R.E. del Comune di Ferrara.

A tal fine saranno adottati tutti i provvedimenti costruttivi ed impiantistici necessari in merito ad isolamento termico, protezione solare, efficienza impiantistica, fonti energetiche rinnovabili come riportato nella presente.

CERTIFICAZIONE AMBIENTALE

Alla realizzazione degli edifici potrà seguire la richiesta di certificazione di ogni singolo intervento secondo il protocollo LEED, rilasciato da un organismo riconosciuto.

Il sistema LEED fornisce una metodologia per valutare le prestazioni di un edificio ed il raggiungimento di obbiettivi di sostenibilita' in termini di risparmio idrico, efficienza energetica, qualità dei materiali e degli ambienti interni.

Il requisito si ritiene soddisfatto con il raggiungimento di un livello minimo standard che si ottiene con un numero di punti da 40 a 49.

Ai fini della certificazione LEED, si precisa che la progettazione urbanistica, le norme attuative e le linee guida contengono impostazioni, elementi e soluzioni già orientate a soddisfare contenuti del medesimo protocollo.