

Progetto di fattibilità del sistema del verde per la mitigazione degli effetti dell'inquinamento atmosferico

Armando Buffoni, Paolo Toccafondi, Simone Pinzauti

arch. Dea Biondi

dott.ssa Francesca Siena

dott. geol. Alessandro Pullini

dott.ssa Maria Silvia Fiumana



Progetto di fattibilità del sistema del verde per la mitigazione degli effetti dell'inquinamento atmosferico

1. Valutazione quantitativa del contributo alla riduzione dell'inquinamento del "sistema verde" del territorio del Comune di Forlì (la situazione attuale)

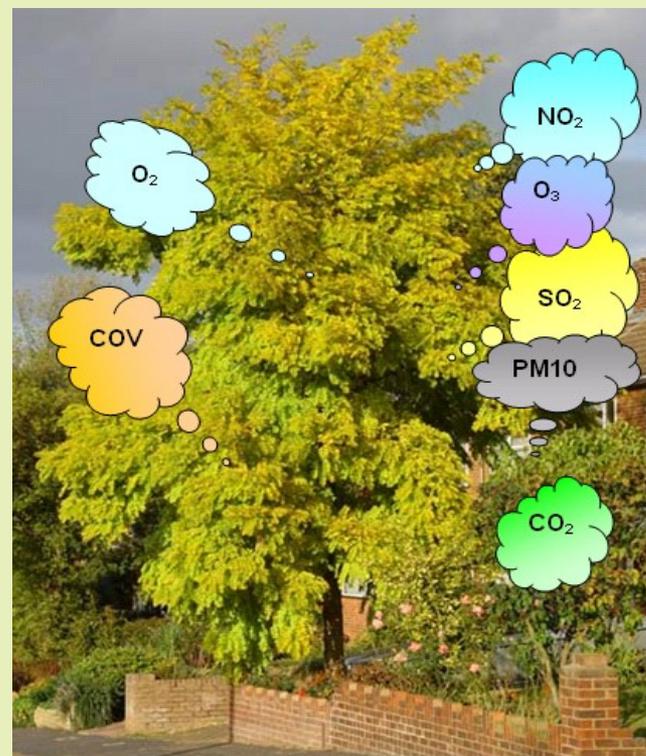
Strumenti

UFORE Urban Forest Effects

USDA Forest Service (David Nowak)

Modello di calcolo che descrive le relazioni tra il verde urbano e l'ambiente

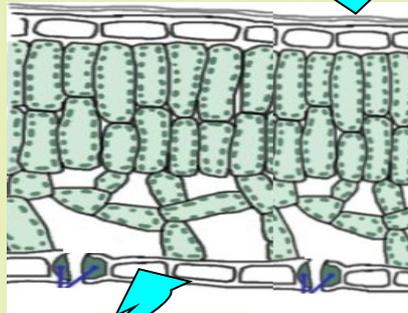
- rimozione di inquinanti dell'aria,
- mitigazione delle temperature estreme,
- sequestro di CO₂,
- intercettazione delle acque meteoriche.





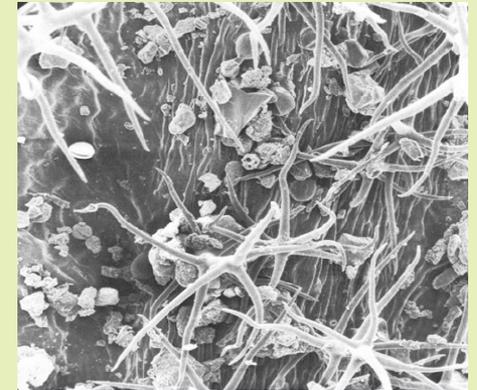
L'approccio metodologico

UFORE è un modello in grado di simulare il comportamento di una foglia (come di un albero, un bosco o il verde di una città) rispetto all'inquinamento atmosferico, descrivendo i processi con cui vengono rimossi gas (NO_2 , O_3 , SO_2) e il particolato fine (PM_{10}).



Rimozione di gas

Intercettazione di
particolato (PTS,
 PM_{10})



UFORE tiene conto delle caratteristiche delle foglie di specie diverse, della fenologia, della forma delle chiome. Dati di input del modello sono la distribuzione e le caratteristiche del verde urbano, il clima, l'inquinamento atmosferico. La cadenza delle elaborazioni è oraria.



Oltre 20 città nel mondo hanno già utilizzato UFORE e altre 20 circa hanno in corso analoghe indagini



Atlanta, GA

Baltimore, MD

Beijing, China

Boston, MA

Brooklyn, NY

Calgary, Alberta

Freehold, NJ

Fuenlabrada, Spain

Greenville, SC

Houston, TX

Hefei, China

Jersey City, NJ

Kent, OH

Minneapolis, MN

Città del Messico

Milano

Forlì

Morgantown, WV

Moorestown, NJ

New York, NY

Ningbo, China

Oakville, Ontario

Philadelphia, PA

Porto Alegre, Brazil

San Francisco, CA

San Juan, PR

Santiago, Chile

Syracuse, NY

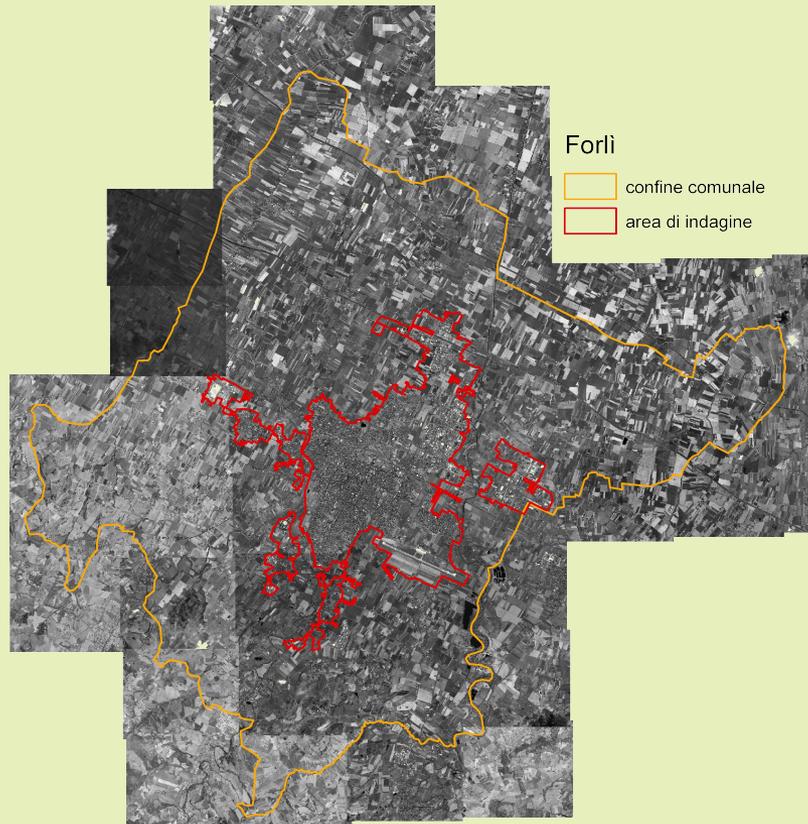
Toronto, Ontario

Washington, DC

Wilmington, DE



Applicazione del modello UFORE alla città di Forlì



Il modello UFORE è stato applicato all'area urbana di Forlì, pari a 33 km² (86% urbanizzato)

a) Verde pubblico: viali alberati, giardini, parchi



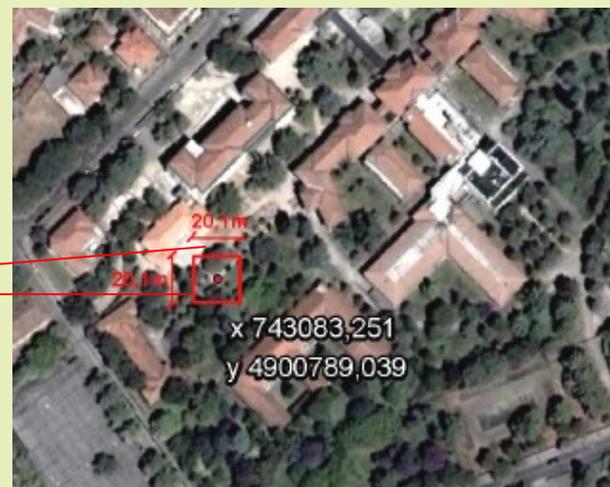
b) Verde privato:
verde condominiale e residenziale



Il verde urbano

a) Censimento del verde pubblico (Comune di Forlì)

b) Indagine campionaria ad hoc sul verde privato



	Nr. alberi	Diametro medio (m)	Altezza media (m)	Proiezione chioma (m²)	Biomassa fogliare (t)
Verde pubblico	25517 (38.7%)	26.8	9.4	22.1	274.8
Verde privato	40452 (61.3%)	21.0	7.2	20.6	253.0

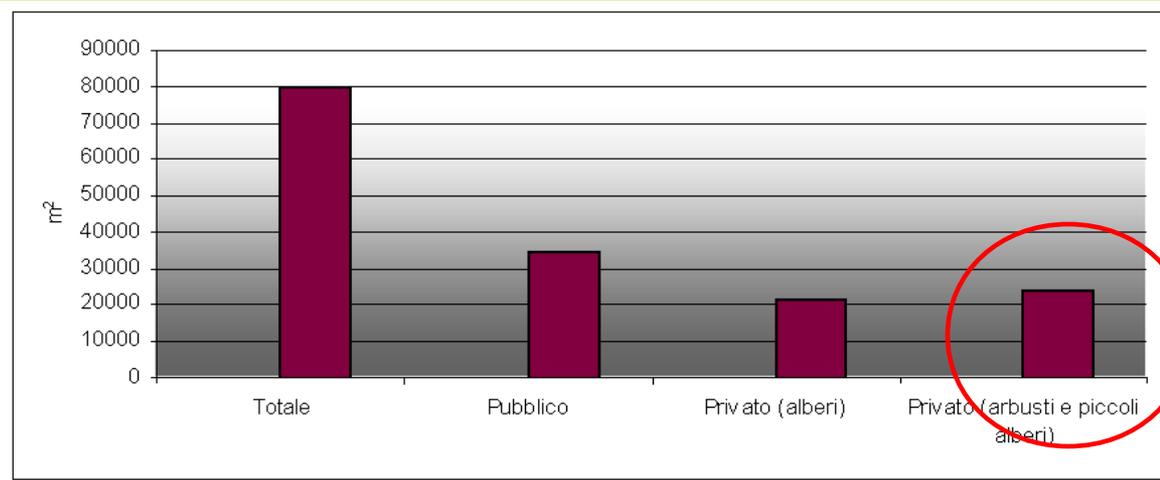
Le specie più rappresentate nel verde pubblico sono il tiglio, il pino domestico, il platano il bagolaro, la farnia l'ippocastano, il pioppo nero, il leccio, l'acero.

Le specie più rappresentate nel verde privato sono il pino domestico, il tiglio, l'olivo, il genere Prunus (ciliegio, susino, ecc.) l'acero, la rovere. Abbondanti le specie esotiche o fuori areale tra cui palme, cipressi dell'Arizona, banano, ecc.

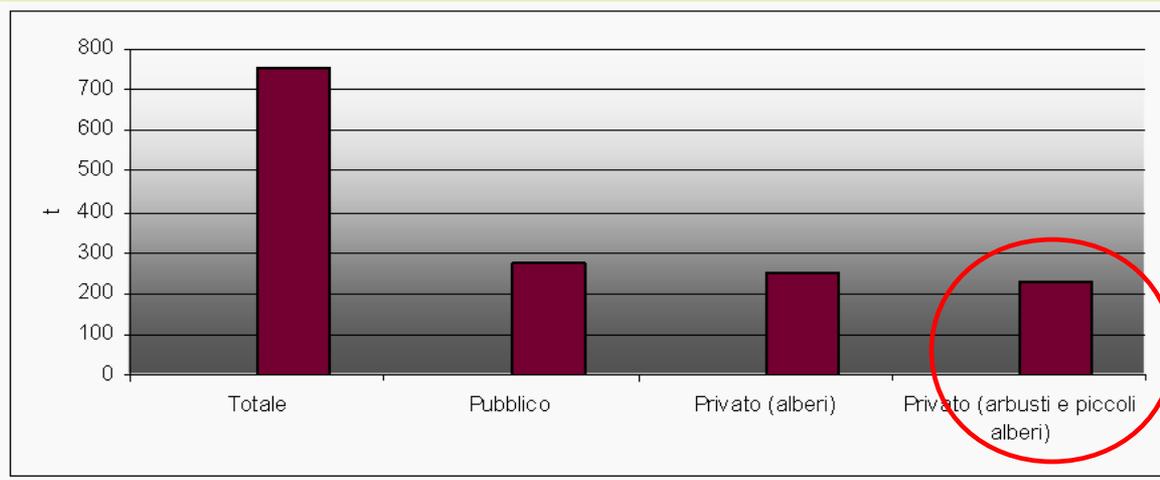


Superficie fogliare

8 campi da calcio



Biomassa fogliare



La qualità dell'aria

La qualità dell'aria di Forlì non si discosta in modo sostanziale dalle caratteristiche degli altri centri abitati di medie dimensioni della Pianura Padana:

- Superamenti dei limiti di PM10 (soprattutto in inverno, picchi)

- Superamenti dei limiti di NO₂ (media annua)

- Superamenti dei limiti di O₃ (in primavera ed estate, picchi)

Fonte: Primo rapporto sullo stato dell'ambiente, Comune di Forlì

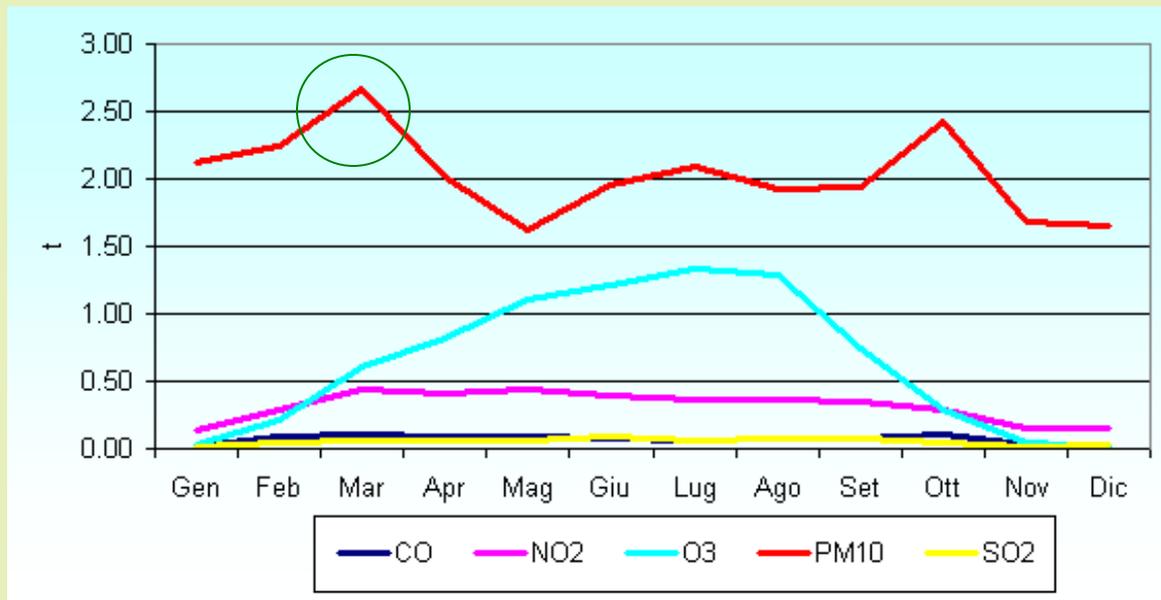


I risultati

	PM10	Ozono	Biossido di azoto	Biossido di zolfo	Monossido di carbonio
	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)
Verde pubblico	8.8	2.2	1.3	0.2	0.2
Verde privato	15.5	5.4	2.5	0.4	0.6
Totale	24.3	7.7	3.8	0.6	0.8



Andamento temporale



L'andamento temporale dei processi di rimozione è funzione delle concentrazioni degli inquinanti in aria, della meteorologia ma anche della presenza di foglie sugli alberi.

La presenza di una quota significativa di specie sempreverdi, la distribuzione delle precipitazioni e l'andamento degli inquinanti PM10 e NO2, consente di mantenere un tasso di rimozione elevato nel periodo invernale.



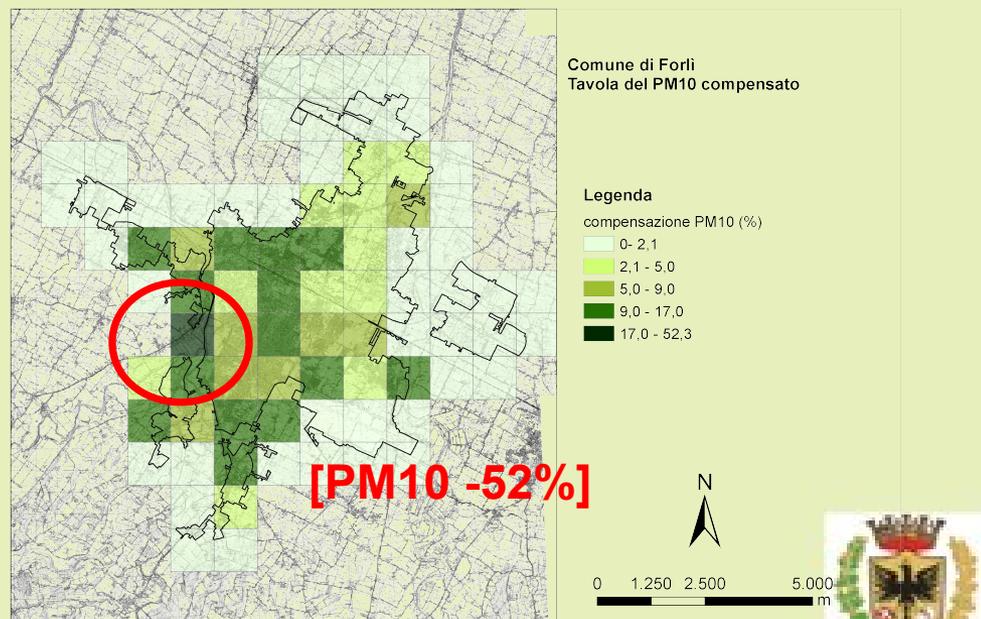
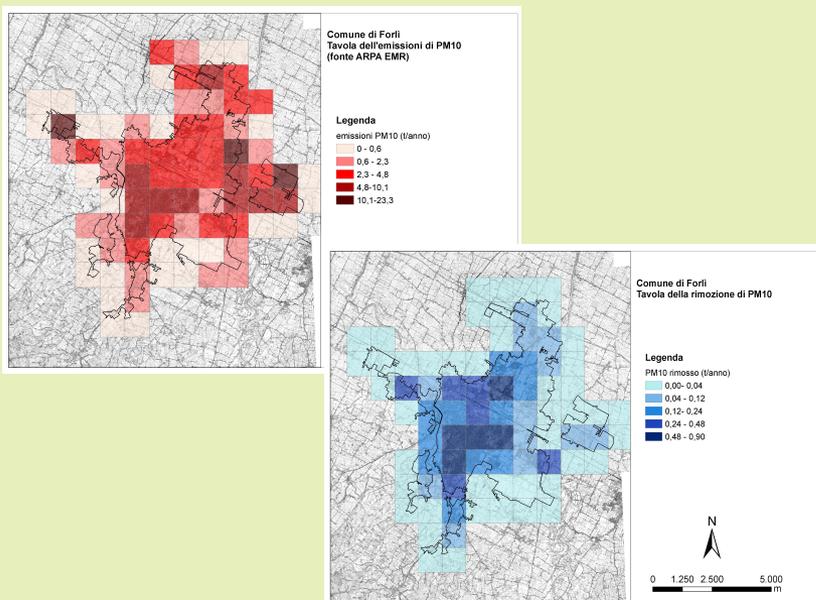
Gli inquinanti rimossi sono solo una piccola quota degli inquinanti emessi:

per il PM10 (primario) essa è pari a al 7%,

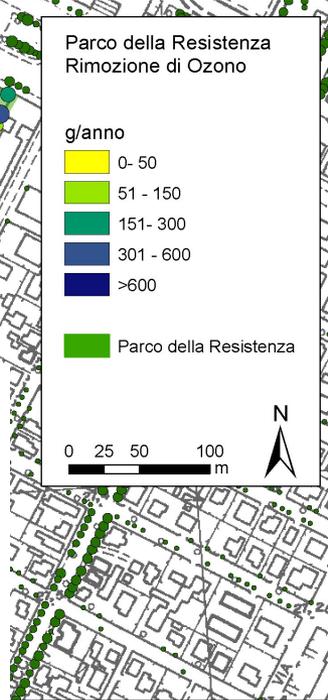
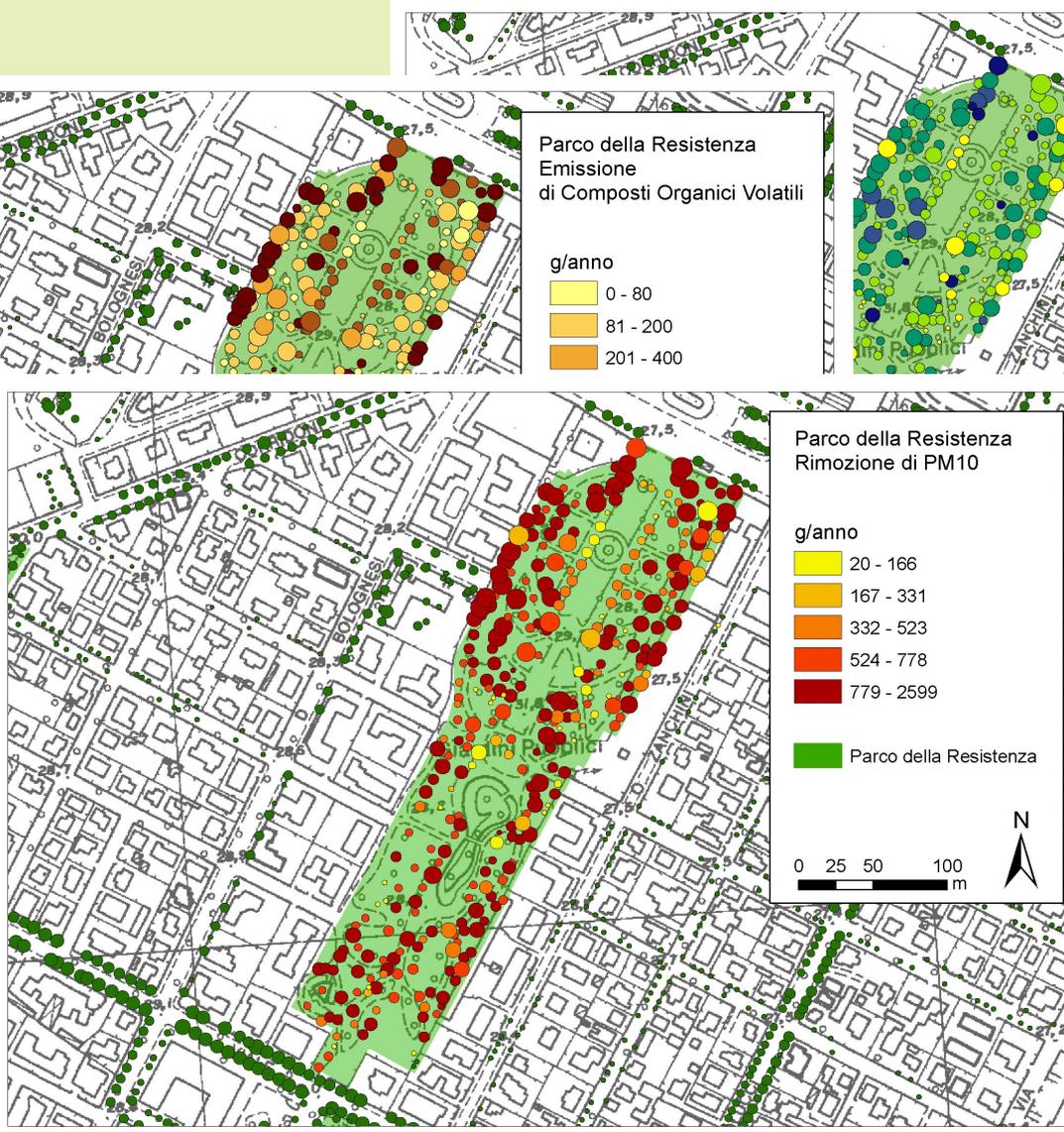
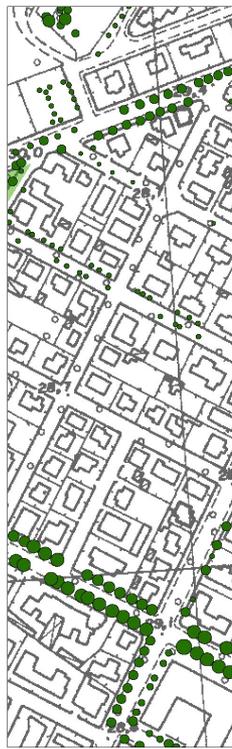
per NOx e SOx è inferiore all'1%, non quantificabile per l'ozono.

Tuttavia:

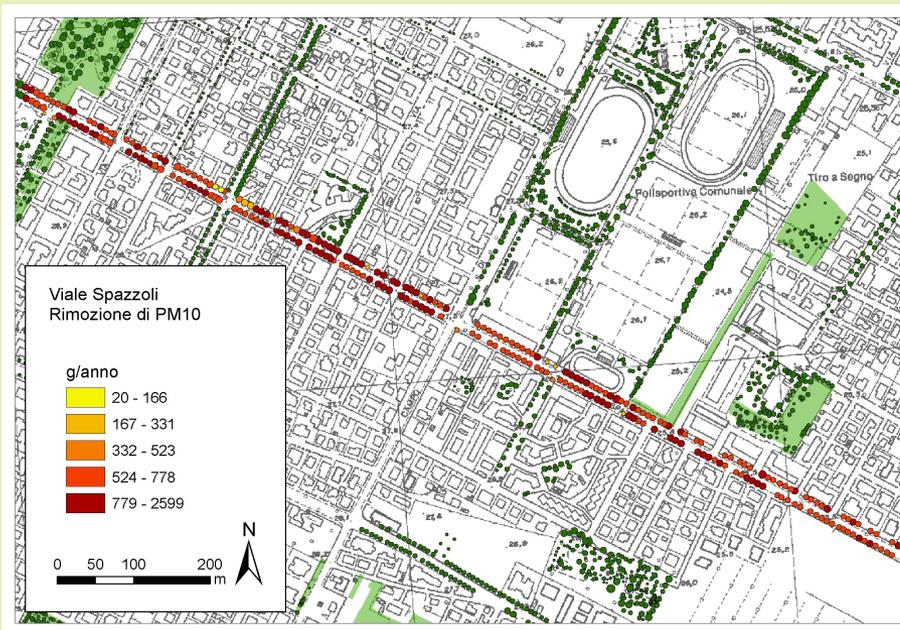
- il bilancio tra emissioni e rimozioni è molto disomogeneo.**



Distribuzione spaziale



Confronto rimozione verde urbano – autovetture Euro 3



Viale Spazzoli lunghezza 1350 m

Alberatura lungo i 2 lati

Rimozione PM10

O₃

NO₂

196 kg/anno

29 kg/anno

16 kg/anno

Il PM10 rimosso corrisponde alle emissioni di circa 500000 auto Euro3 che percorrano il viale nel corso di un anno



Non tutte le specie arboree si comportano allo stesso modo:

- a) alcune sono molto efficienti (tutto l'anno e per tutti gli inquinanti),**
- b) alcune sono molto efficienti ma perdono le foglie,**
- c) alcune sono poco efficienti ma sono sempreverdi,**
- d) alcune sono molto efficiente ma crescono poco,**
- e) alcune sono efficienti ma sono poco adatte alla città**
- f) alcune sono efficienti ma sono esotiche,**
- g) alcune non sono affatto efficienti.....**

**La progettazione del verde deve quindi studiare
le migliori soluzioni che massimizzino gli effetti
in funzione di tutti gli obiettivi dell'intervento e delle condizioni ambientali**



PM10

Cipresso

Pino domestico

Noce

O3

Ginepro

Platano

Pioppo

NO2

Frassino

Pioppo

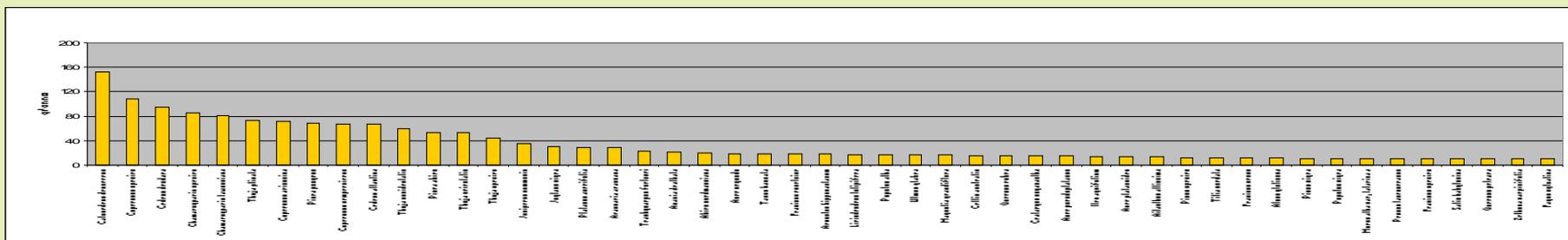
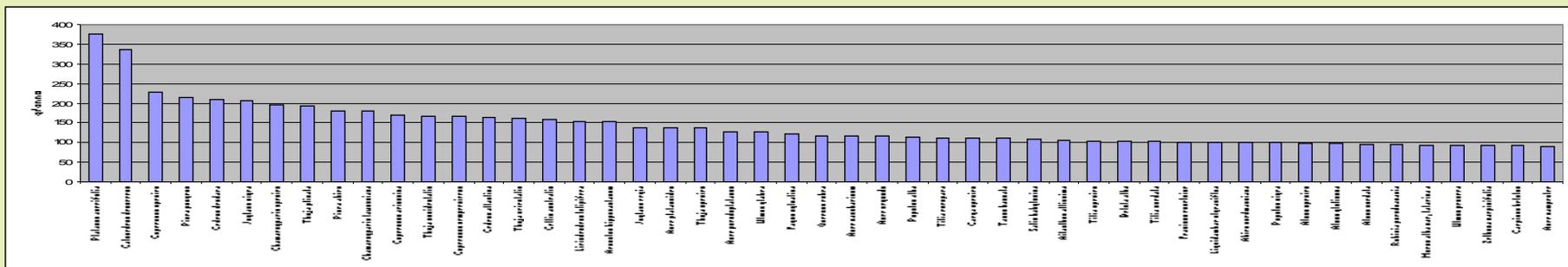
Olmo

SO₂

Cipresso

Pino domestico

Ginepro



Progetto di fattibilità del sistema del verde per la mitigazione degli effetti dell'inquinamento atmosferico

2. Progetto finalizzato alla realizzazione di un sistema del verde per la mitigazione degli effetti dell'inquinamento atmosferico in area urbana

Obiettivo: utilizzare le informazioni raccolte per massimizzare la funzione di rimozione di inquinanti da parte del verde urbano di futura realizzazione

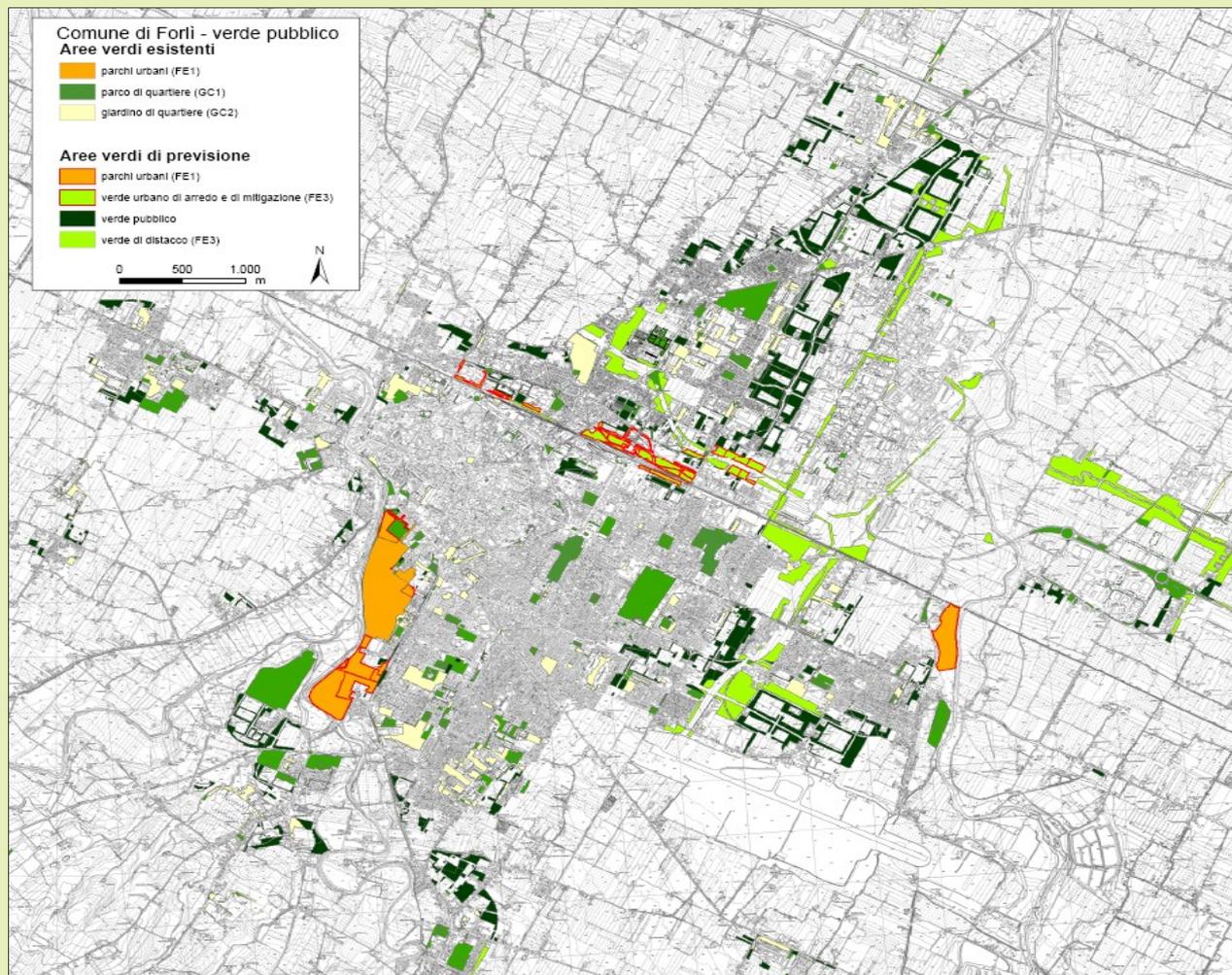
A questo scopo sono stati considerati gli interventi urbanistici previsti dal Piano Regolatore Generale e alcuni interventi di mitigazione (tangenziale).

Sono stati elaborati modelli di intervento relativi alle alberature stradali, ai parcheggi, ai percorsi pedonali e ciclabili e ad altre tipologie di verde urbano.

Vengono proposte 24 raccomandazioni per pianificare e mantenere interventi sul verde ad elevata rimozione di inquinanti.



Sono stati considerati 84 interventi urbanistici già individuati dal P.R.G. e predisposti nelle loro linee realizzative dal Servizio pianificazione e programmazione del territorio





Per ogni intervento è stato previsto di utilizzare in prevalenza (70%) specie ad elevata efficienza di rimozione di inquinanti.

Ogni intervento prevede l'impiego di specie arboree ed arbustive.

Il numero di alberi ed arbusti proposto corrisponde a quanto previsto dalle Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G. e dal Regolamento comunale del verde pubblico e privato



Questa prima ipotesi di intervento può pertanto essere considerata "a costo zero" in quanto indirizzata alle modalità realizzative (scelta delle specie, disposizione) di aree verdi già programmate





Verde spazi pubblici	Percorsi pedonali	Park	Strade	Totale
6870	8639	4000	2455	21964



Verde spazi pubblici	Percorsi pedonali	Park	Strade	Totale
13737	949	45901	24952	85539

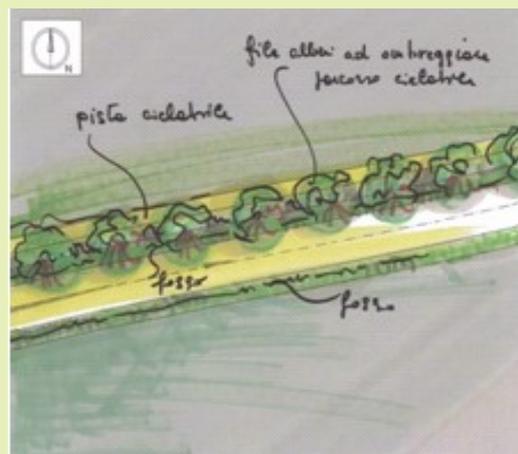
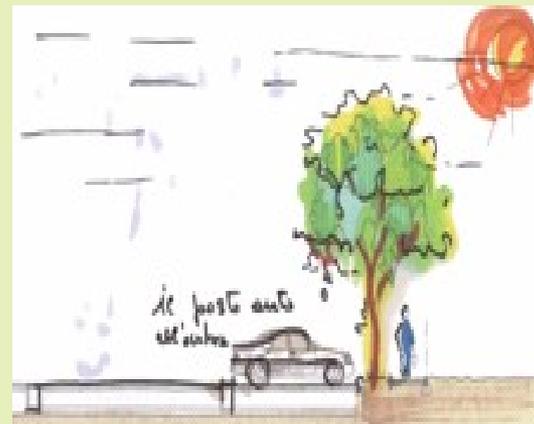
	PM10	Ozono	Biossido di azoto	Biossido di zolfo
Rimozione in t/anno	4.8	2.0	0.67	0.094
Incremento	+54%	+92%	+47%	+13%

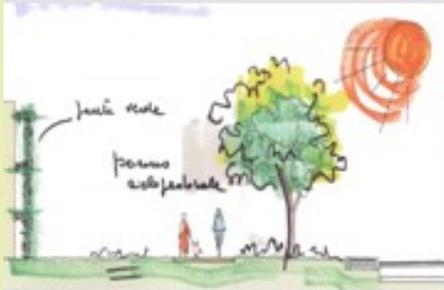


Modelli di intervento

Vengono suggerite una serie di proposte progettuali per diverse tipologie di intervento che consentano di incrementare la funzione di mitigazione dell'inquinamento dell'aria

- Viale alberato
- Parcheggio
- Rotonda
- Pista ciclabile
- Percorso pedonale
- Verde di distacco
- Orti urbani
- Verde privato





Specie indicate	Capacità di assorbimento di inquinanti (in tonnellate)			
	PM10	CO	NO	SO
<i>Alnus</i>	375,8	51,9	23,7	4,7
<i>Quercus robur</i>	158,3	23,9	15,9	2,8
<i>Quercus ilex</i>	152,5	32,2	17,8	2,9
<i>Acer glabrum</i>	137,4	23,8	13,2	2,2
<i>Acer opulifolium</i>	128,1	27,1	15,0	2,4
<i>Ficus caroliniana</i>	111,8	15,7	8,7	1,4
<i>Ulmus glabra</i>	98,5	20,3	11,3	1,8
<i>Alnus glutinosa</i>	98,9	21,0	11,8	1,9
<i>Alnus cordata</i>	95,4	19,1	10,6	1,7
<i>Ulmus alba</i>	93,7	19,9	11,0	1,8
<i>Castanea sativa</i>	91,4	15,5	8,6	1,4

Specie indicate	Capacità di assorbimento di inquinanti (in tonnellate)			
	PM10	CO	NO	SO
<i>Alnus</i>	28,0	8,8	5,9	1,0
<i>Quercus ilex</i>	23,7	8,8	5,1	0,9
<i>Quercus robur</i>	18,3	2,2	1,9	0,3
<i>Laurus nobilis</i>	16,2	5,2	4,5	0,8
<i>Ulmus campestris</i>	15,8	5,3	4,6	0,8
<i>Ulmus glabra</i>	11,8	4,6	4,0	0,7
<i>Quercus agrifolia</i>	11,1	3,3	2,9	0,5
<i>Platanus acerifolia</i>	30,8	9,6	8,4	1,4
<i>Ulmus campestris</i>	22,3	4,5	2,5	0,4
<i>Quercus ilex</i>	48,8	12,3	3,3	2,0
<i>Silix alba</i>	61,2	10,1	5,6	0,9
<i>Silix alba</i>	61,2	10,1	5,6	0,9
<i>Silix alba</i>	61,2	10,1	5,6	0,9



Proposta progettuale

Schema generale

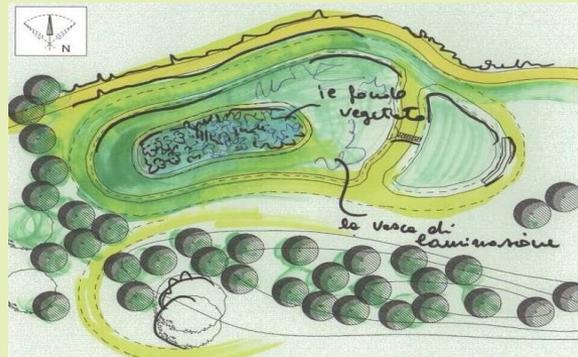
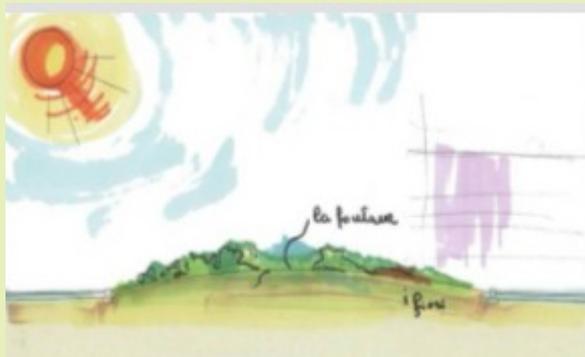
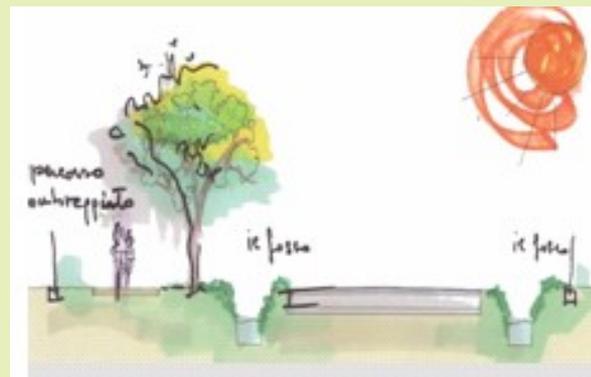
Schema di dettaglio

Specie arboree suggerite

Specie arbustive suggerite



I modelli proposti si riferiscono prevalentemente alle zone limitrofe alle sedi stradali dove più necessario è l'abbattimento dell'inquinamento dell'aria



Buone prassi

Vengono suggerite una serie di “principi” a cui fare riferimento nella pianificazione e manutenzione del verde urbano.

Si tratta di 24 indicazioni che, a nostro parere, dovrebbero orientare l’azione di tutte le Amministrazioni di città per rendere il verde urbano più efficace nel rimuovere inquinanti atmosferici.



Azione	Risultato atteso
1. Promuovere un incremento del numero alberi e arbusti nell'area urbana	Incremento dell'intercettazione e rimozione di inquinanti
2. Favorire le specie con elevata superficie fogliare	
3. Garantire una costante ed efficace manutenzione del verde urbano	Mantenere elevate livelli di efficienza delle specie arboree ed arbustive
4. Contenere l'impiego delle specie con elevate emissioni di VOC	Riduzione dei picchi di ozono nella stagione calda
5. Promuovere la protezione degli alberi di grandi dimensioni	Potenziare l'effetto di rimozione degli inquinanti
6. Favorire l'impiego delle specie più longeve	Mantenere nel tempo elevate tassi di rimozione degli inquinanti
7. Preferire l'impiego di specie con contenute esigenze di manutenzione	Ridurre le emissioni dovute alla manutenzione e contenere gli stress per le piante
8. Favorire la progettazione di aree verdi con funzione di raffrescamento	Ridurre le emissioni legate al condizionamento dell'aria



Azione	Risultato atteso
<p>9. Prevedere coperture verdi per le aree destinate a parcheggio di autoveicoli</p> <p>10. Garantire un'adeguata irrigazione nei periodi di carenza d'acqua</p> <p>11. Prevedere una più elevata copertura arborea nelle aree con le più elevate emissioni di inquinanti atmosferici</p> <p>12. Evitare o contenere l'impiego di specie sensibili all'inquinamento dell'aria</p>	<p>Riduzione delle emissioni di VOC di serbatoi di carburante</p> <p>Mantenere un'elevata efficienza di rimozione degli inquinanti nella stagione vegetativa</p> <p>Migliorare la qualità dell'aria laddove è più necessario e urgente</p> <p>Favorire la realizzazione di aree verdi con elevata vitalità</p>
<p>13. Preferire le specie sempreverdi per il contenimento delle concentrazioni di PM10</p> <p>14. Programmare controlli fitosanitari e provvedere a tempestivi interventi in caso di infestazione</p> <p>15. Promuovere tutti gli interventi che incrementino la superficie fogliare esposta all'aria ambiente pareti verdi, tetti verdi, giardini privati, rampicanti su spalliere, pergolati, altre coperture verdi</p>	<p>Rimozione degli inquinanti particolare anche nella stagione fredda</p> <p>Mantenere il verde urbano in condizioni di elevata vitalità</p> <p>Incrementare la superficie fogliare in grado di rimuovere inquinanti atmosferici</p>

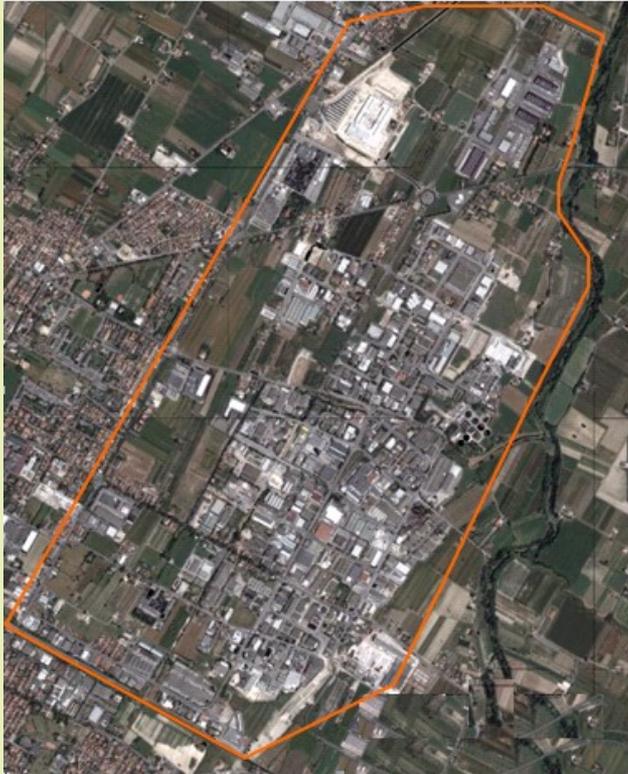


Azione	Risultato atteso
16. Documentare l'attività di rimozione degli inquinanti da parte del verde urbano e informare gli altri enti sovraordinati sui risultati	Coinvolgere tutti gli enti pubblici negli sforzi per garantire ai progetti un risultato di alto livello.
17. Coinvolgere il pubblico nelle fasi di programmazione degli interventi sul verde urbano	
18. Coinvolgere le scuole nelle attività di promozione e manutenzione del verde urbano	
19. Promuovere la realizzazione di interventi di verde privato	
20. Fornire consulenza e/o informazioni tecniche ai progettisti (architetti, agronomi, periti agrari, ecc.)	Sviluppare una maggiore sensibilità e consapevolezza de pubblico verso la tematica e promuovere più numerose e ampie iniziative/azioni nelle aree private residenziali, artigianali e industriali
21. Promuovere l'informazione e la consapevolezza dell'importanza del verde urbano tra il pubblico	
22. Sviluppare accordi con privati quali proprietari di terreni o strutture idonee (capannoni) per promuovere interventi nel settore del verde	
23. Predisporre azioni di co-finanziamento per la realizzazione di interventi di particolare rilevanza	
24. Promuovere l'assegnazione di premi e riconoscimenti ad azioni innovative e di elevata efficacia	



Progetto di fattibilità del sistema del verde per la mitigazione degli effetti dell'inquinamento atmosferico

3. Progetto di fattibilità per la realizzazione di un sistema del verde per la mitigazione degli effetti dell'inquinamento atmosferico nell'area industriale di Coriano ed aree ad essa connesse.



Coriano si differenzia in modo significativo dalla restante area urbana di Forlì per quanto attiene le concentrazioni di SO₂, NO_x e, in minor misura, di PM₁₀.

A Coriano sono attive 239 aziende con permesso alle emissioni in atmosfera. Tra i settori principali la metalmeccanica, il legno, il trattamento dei rifiuti.



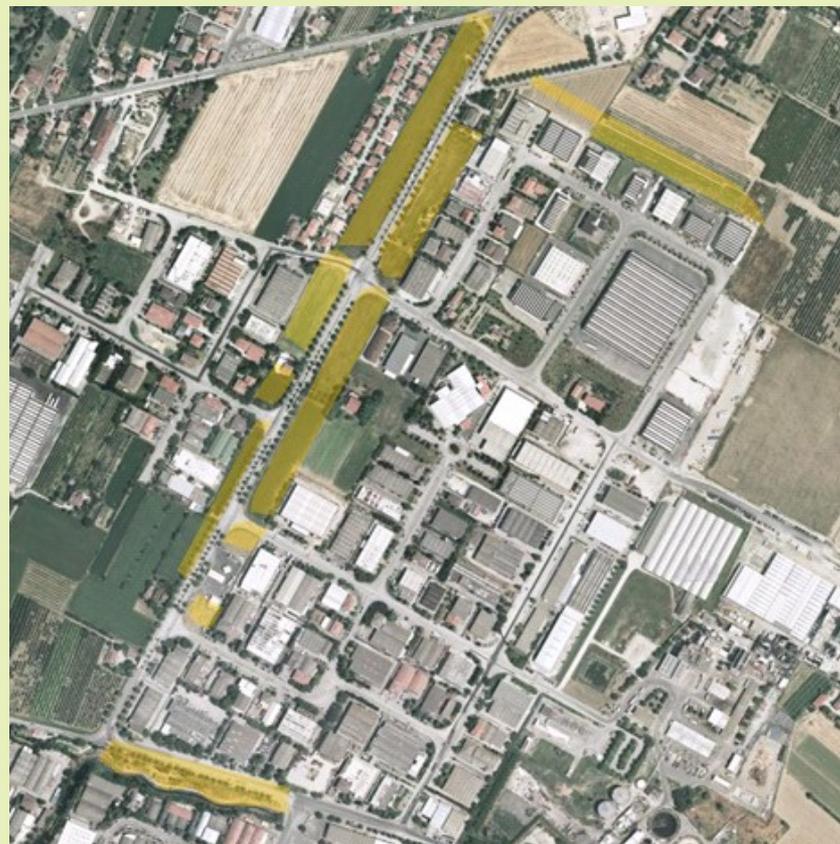
L'elevato livello di edificazione dell'area di Coriano suggerisce di affiancare all'attuazione di interventi "tradizionali" proposte innovative.

Creazione di aree alberate e viali con dotazione di alberi ed arbusti ad elevata efficienza nella porzione orientale di Coriano

Valorizzare gli spazi residuei

Coinvolgere gli operatori economici per utilizzare le aree private inutilizzate

Sviluppare interventi di "verde innovativo"



Recupero funzionale ed ambientale di aree inutilizzate



**Utilizzare gli spazi residui tra
diverse infrastrutture**



**Arricchire il verde
esistente e
finalizzarlo**



Nuove tipologie di verde

Le strutture industriali e commerciali esistenti possono ospitare, con intensità diversa, verde arbustivo ed erbaceo



Strutture nuove possono essere dimensionate ed attrezzate per ospitare tipologie di verde più articolato e con maggiori capacità di rimozione di inquinanti.



Il verde verticale può svilupparsi su strutture esistenti e, seppur, con effetto contenuto, contribuire alla rimozione di inquinanti



Lille, Francia



Milano, Italia



Seul, Corea



Potenzialità degli interventi sul verde nell'area di Coriano

	PM10	NO2	SO2
	t/anno	t/anno	t/anno
Aree verdi da PRG (1)	0.73	0.11	0.02
Viali alberati	0.22	0.03	0.005
Pareti e tetti verdi (2)	0.75	0.15	0.009

(1) Verde di distacco, verde pubblico

(2) Ipotesi massima 30 000 m²



Conclusioni

Il verde urbano vive una stagione di grande interesse e di attenzione per le sue funzioni

Rispetto al problema dell'inquinamento dell'aria esso offre un contributo contenuto ma importante il cui peso assume vero significato in una strategia complessiva di contenimento delle emissioni.

No regret option





Grazie per l'attenzione!

Servizio pianificazione e programmazione del territorio

