

Esperienze in ARPA sulla stima dell'Evapotraspirazione

ARPA Lombardia - Servizio Meteorologico Regionale

Cristian Lussana

April 10, 2006

ARPA Lombardia - RICLIC - 10 Apr 2006

- Introduzione
- Presupposti
- Teoria di Penman-Monteith
- Parametrizzazione di r_s
- Progetto BUBBLE
- Risultati
- Conclusioni

Introduzione (1)

- Problema: descrizione dello stato della qualità dell'aria a Milano
- Forte correlazione con lo stato dell'atmosfera negli strati più vicini al suolo (PBL - Planetary Boundary Layer)
- PBL caratterizzato da interazione con la superficie e generazione di vortici 3D con scale che vanno da 10^3m a 10^{-3}m (turbolenza)
- misurazioni puntuale dello stato dell'atmosfera effettuate dalle postazioni meteorologiche irregolarmente distribuite all'interno del Surface Layer (ambito urbano)

Introduzione (2)

- Idea: descrizione dello stato della turbolenza per ogni punto di misura.
- caratterizzazione dello stato della turbolenza all'interno del PBL attraverso le grandezze:
 - Bilancio energetico superficiale $Q^* - G = H + \lambda E$
 - Velocità di frizione u_* (turbolenza di natura meccanica)
 - Lunghezza di Monin-Obukhov L (rapporto fra turbolenza meccanica e convettiva)
 - Altezza del PBL

Stratificazione del PBL

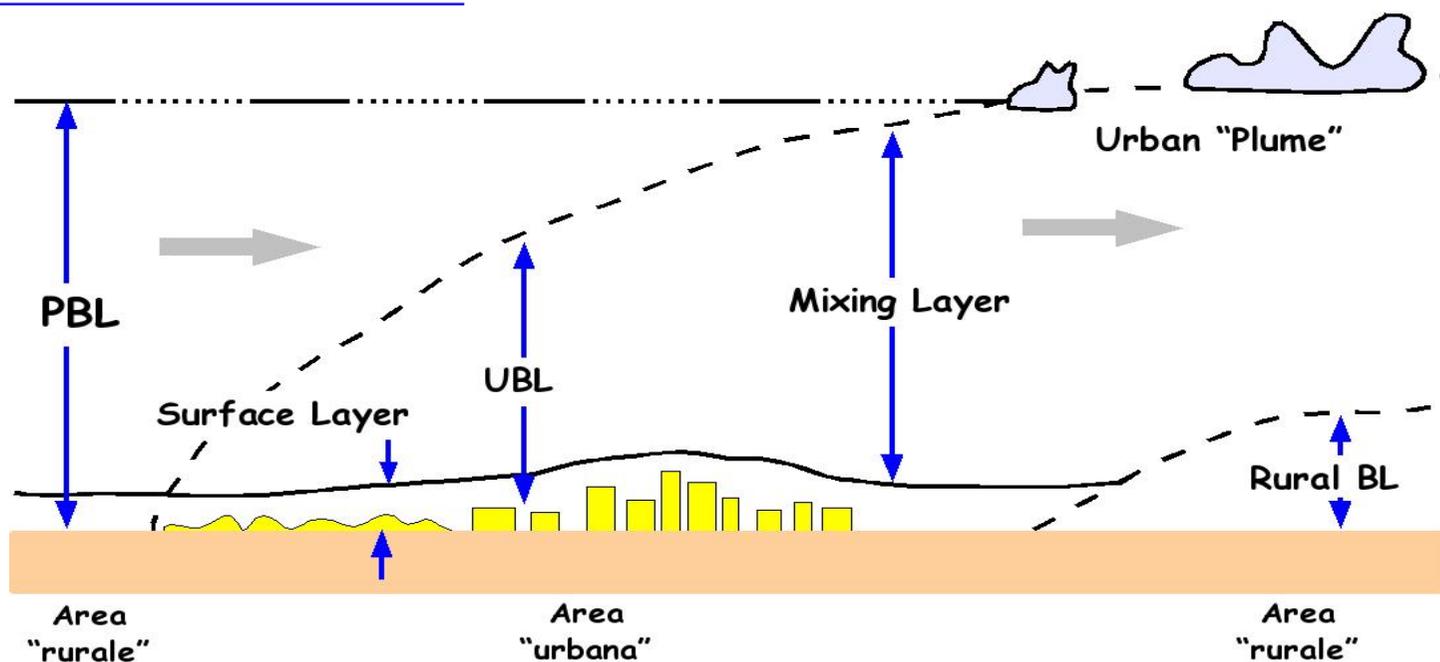


Immagine tratta da (Oke,1999)

Stratificazione del SL

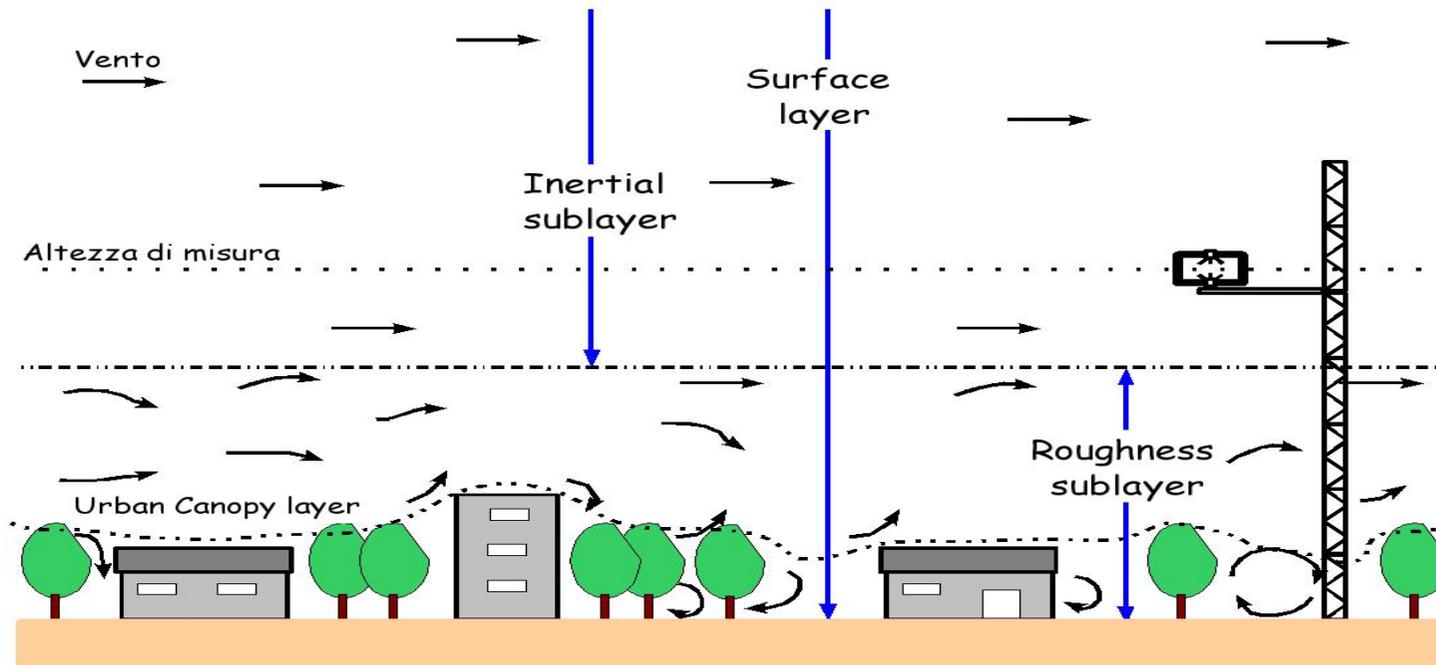
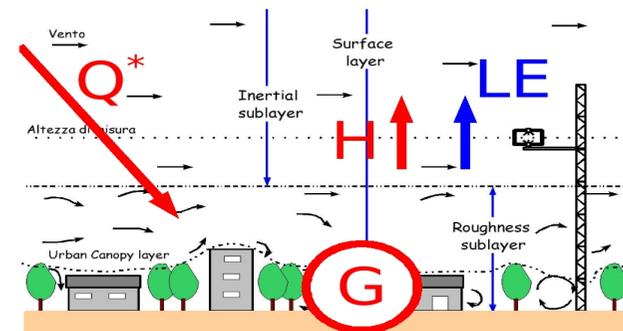


Immagine tratta da (Oke,1999)

Bilancio Energetico superficiale $Q^* - G = H + \lambda E$

- H flusso turbolento calore sensibile; λE flusso turbolento calore latente.
- Unitá di misura $W \cdot m^{-2}$
- Trascuriamo fenomeni avvevivi e la produzione di energia da parte dell'uomo.



Teoria della similarità di Monin-Obukhov

Teoria che fornisce strumenti per la descrizione della turbolenza nell'inertial sublayer, poste vere le seguenti ipotesi:

- trascuriamo forza di Coriolis e poniamo nulla la divergenza del flusso di radiazione
- $\mathbf{v}(z = z_0) = 0$, $\mathbf{v}_h(z = z_0) = 0$, $w(z = z_0) = 0$
- densità dei flussi turbolenti di calore, massa (quindi vapore acqueo) e momento costanti con la quota
- $\frac{\partial \dots}{\partial t} = 0$, $\nabla_h = 0 \implies \nabla = i_3 \frac{\partial}{\partial z}$

hp 1: punto di misura nell'Inertial sublayer

hp 2: Roughness sublayer in equilibrio termico alla temperatura T_0

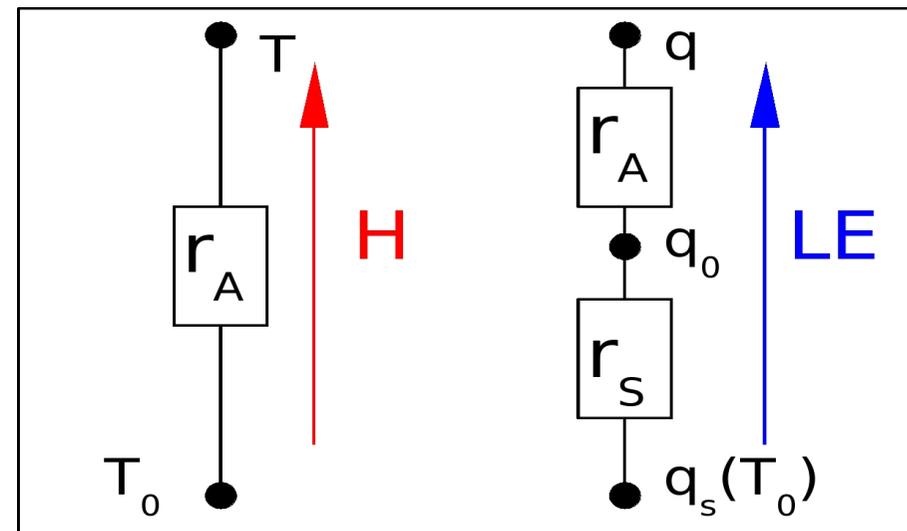
$$H = \rho C_p \frac{T_0 - T}{r_A}$$

$$\lambda E = \rho \lambda \frac{q_s(T_0) - q}{r_A + r_S}$$

$$Q^* - G = H + \lambda E$$

- r_A resistenza aerodinamica

- r_S resistenza superficiale all'evaporazione



$$\delta q_0 = q_s(T_0) - q_0 = \frac{r_s \lambda E}{\rho \lambda}$$

$$\delta q = q_s(T) - q$$

$$r_a = \frac{1}{k u_*} \left[\ln\left(\frac{h}{z_{0H}}\right) - \Psi_H\left(\frac{h}{L}\right) + \Psi_H\left(\frac{z_{0H}}{L}\right) \right]$$

$$\Delta = \frac{dq_s(T)}{dT} \Big|_{T_{ref}}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{\lambda}$$

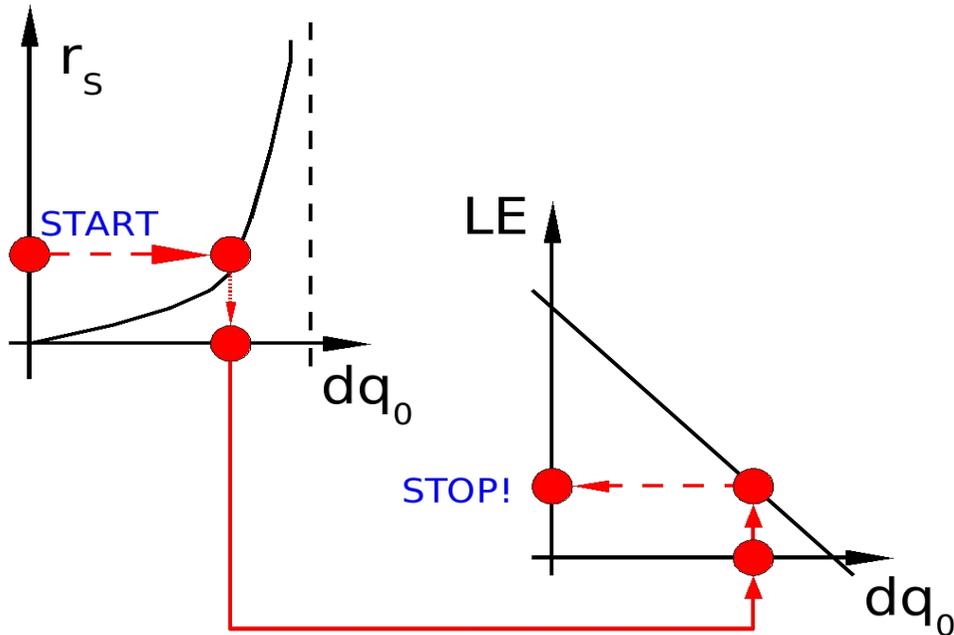
$$\lambda E = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (Q^* - G) + \frac{\rho C_p}{r_A (\Delta + \gamma)} (\delta q - \delta q_0)$$

$$H = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (Q^* - G) - \frac{\rho C_p}{r_A (\Delta + \gamma)} (\delta q - \delta q_0)$$

Osservando le equazioni mostrate nella pagina precedente é evidente che:

- esiste una relazione lineare fra λE e il deficit d'umidità di umidità specifica all'interno della canopy layer $\delta q_0 \implies \lambda E = -m\delta q_0 + q$
- δq_0 é LÚNICO dei parametri al quale NON possiamo risalire direttamente a partire dalle misure che abbiamo rilevato nell'Inertial sublayer
- La relazione fra la resistenza superficiale all'evaporazione r_s e δq_0 é di tipo iperbolico $\implies r_s = \frac{\alpha\delta q_0}{-m\delta q_0 + q}$

Schematizzando il tutto:



Problema: trovare un valore ragionevole per r_s partendo dalle informazioni in nostro possesso (misure nell'inertial sublayer + informazioni geografiche sulla postazione di misura)

Parametrizzazioni di r_s proposte:

- "lineare" $r_s = 10 \cdot \delta q$ (Holtslag e de Rooy,1999)
- "Jarvis,1976" parametrizza la conduttanza degli stomi della vegetazione in funzione di $r_s = f(\text{densità dei flussi, concentrazione ambientale di diossido di carbonio, deficit d'umidità specifica dell'aria in vicinanza delle foglie, temperatura delle foglie, contenuto d'acqua nelle foglie})$
- "Stewart,1988" parametrizza la resistenza superficiale come $r_s = f(\text{leaf-area index, radiazione solare globale, } \delta q, T, \text{ deficit d'umidità contenuta nel suolo})$
- "Grimmond e Oke,1991" parametrizza la resistenza superficiale in ambito urbano. Si rifà al lavoro di Stewart $r_s = f(\text{leaf-area index, } Q^*, \delta q, T, \text{ deficit d'umidità contenuta nel suolo})$
- "ARPA" parametrizza la resistenza superficiale in ambito urbano. Ci rifacciamo al lavoro di Grimmond e Oke adattandolo alla nostra rete di misura meteorologica $r_s = f(Q^*, \delta q, T)$

Parametrizzazione "ARPA" implementata utilizzando i dati delle numerose campagne fatte da ARPA Lombardia con misure di anemometri ultrasonici triassiali

Utilizzeremo i dati ottenuti dall'Università di Basilea, risultato del progetto europeo BUBBLE (Basel Urban Boundary Layer Experiment, <http://pages.unibas.ch/geo/mcr/Projects/BUBBLE/>).

All'interno di BUBBLE numerose misure sono state compiute sia in ambito urbano che rurale, misurando completamente il Bilancio Energetico superficiale (anemometri ultrasonici triassiali, radiometri globali e netti, piastre di flusso nel suolo, igrometri "veloci" accoppiati agli anemometri ultrasonici triassiali, . . .).

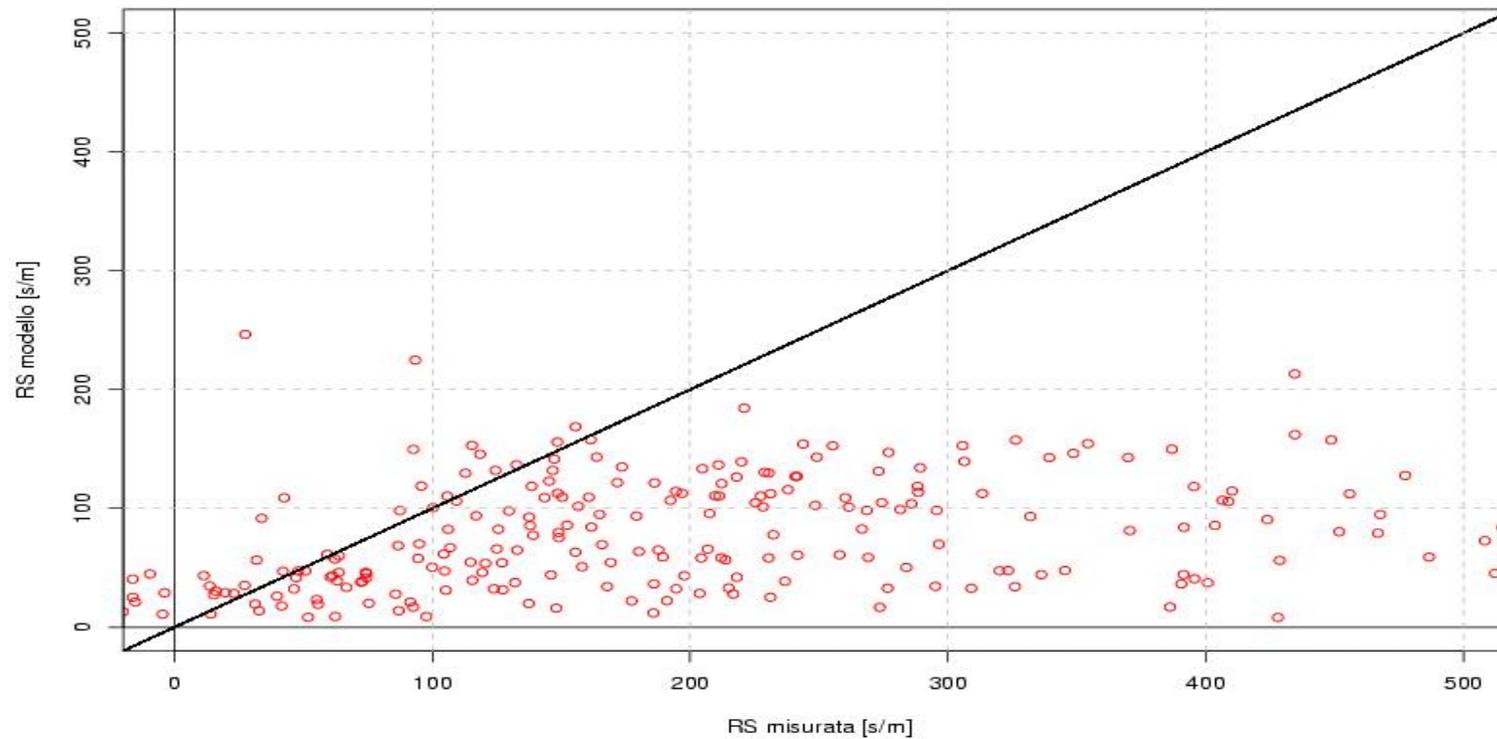
Di seguito presenteremo un confronto fra r_s misurata e parametrizzata, nonché la rispercussione della parametrizzazione di r_s su λE .

Abbiamo scelto il sito rappresentativo di Grenzach (GRNZ) rurale.

Ringraziamenti: Prof. Andrea Pitacco, Prof. Roland Vogt.

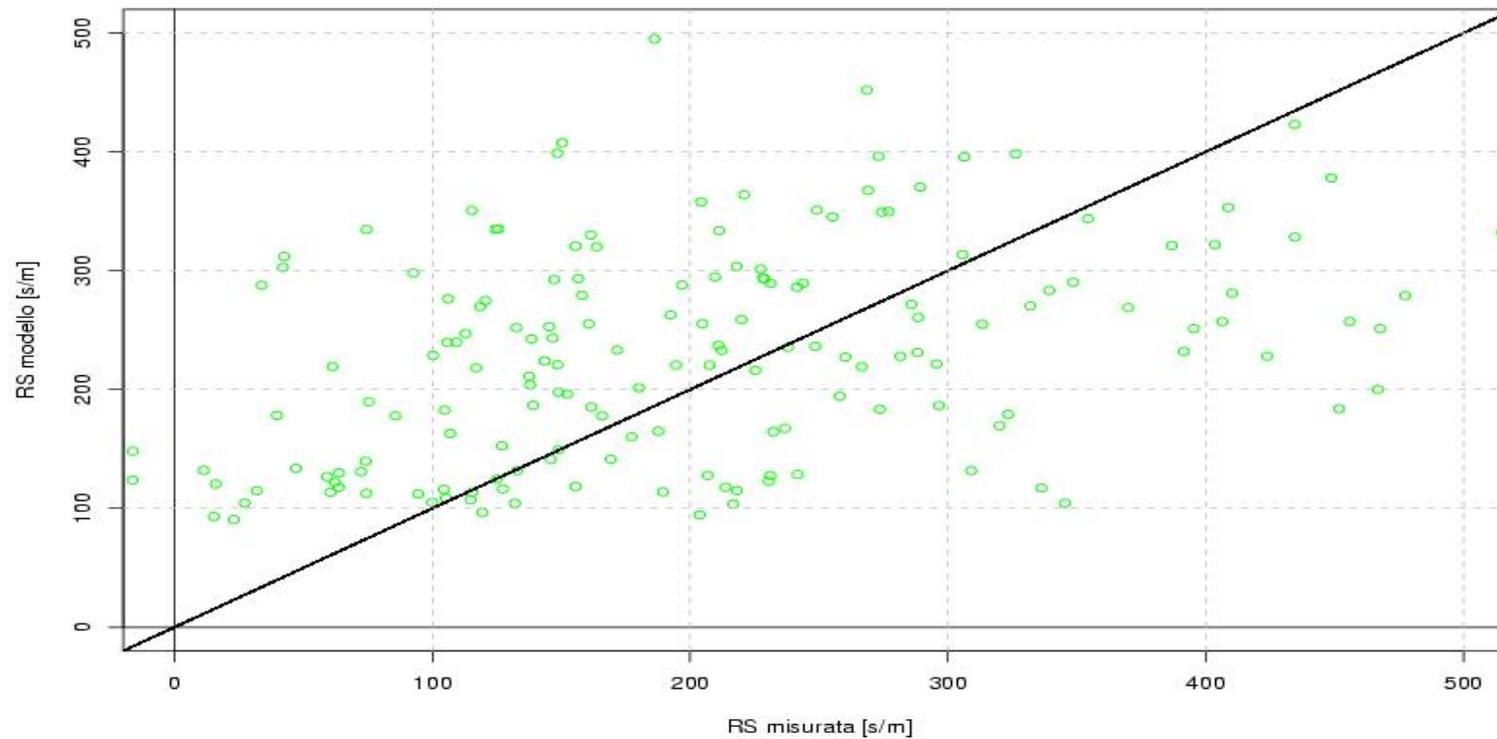
Risultati GRNZ (1)

Confronto RS misurata vs RS modello lineare

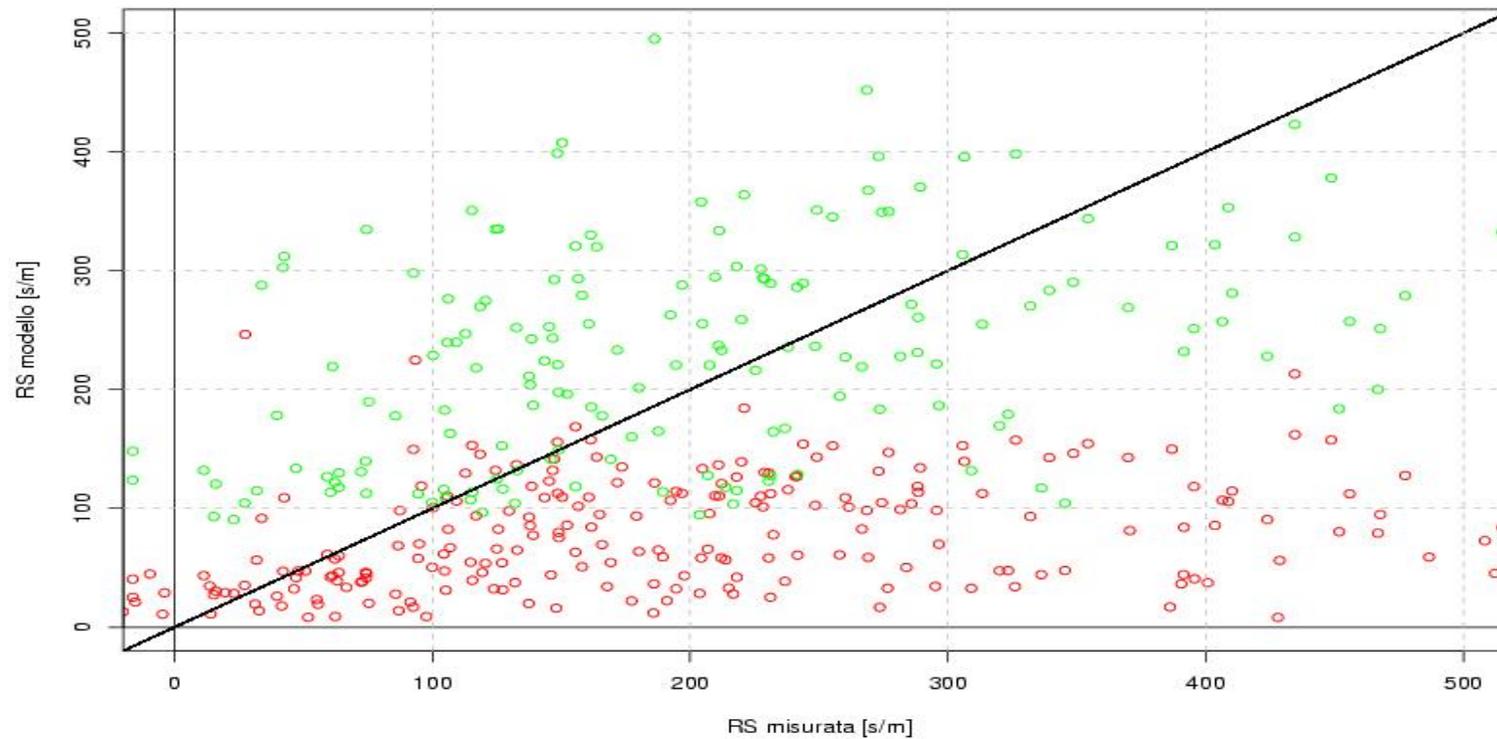


Risultati GRNZ (2)

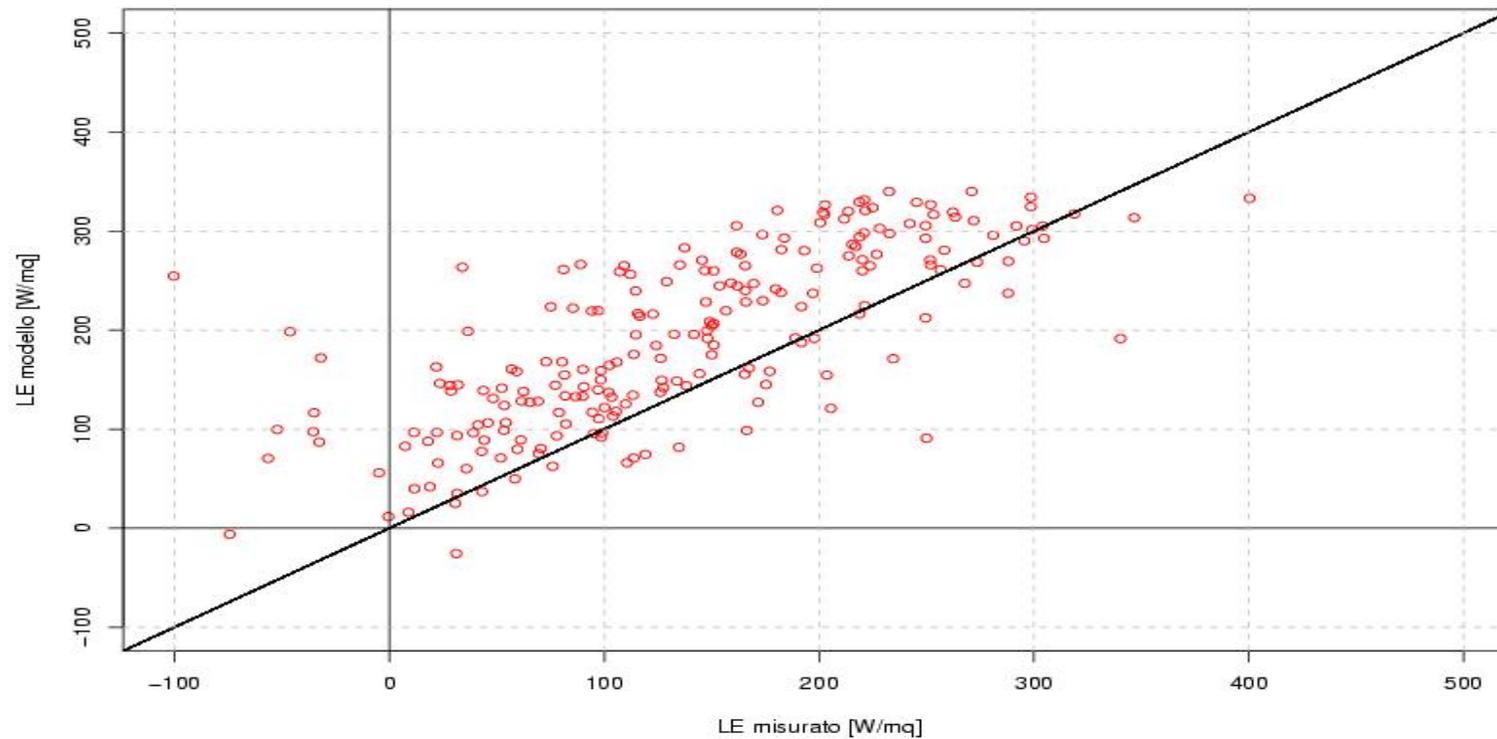
Confronto RS misurata vs RS modello complesso



Confronto RS misurata vs RS modelli

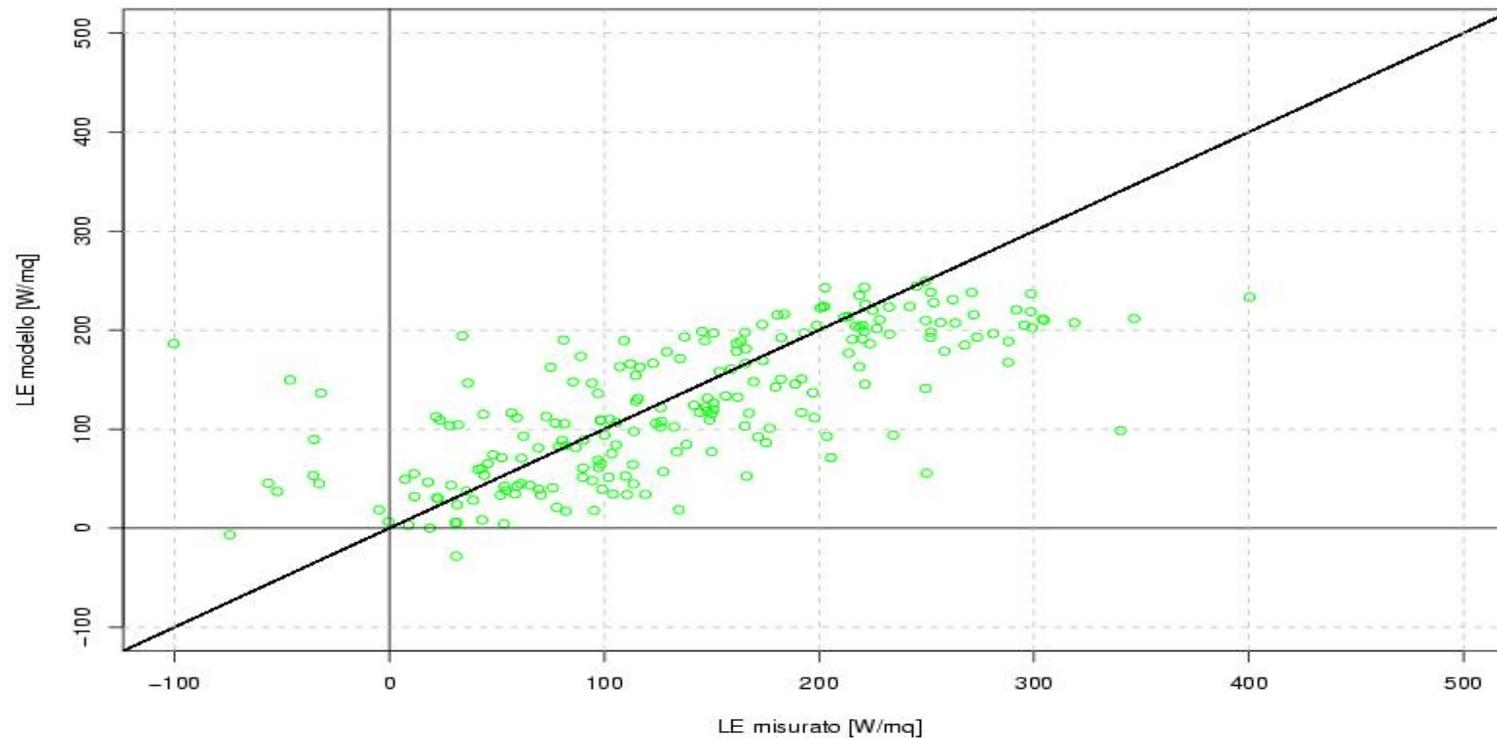


Confronto LE misurato vs LE modello lineare

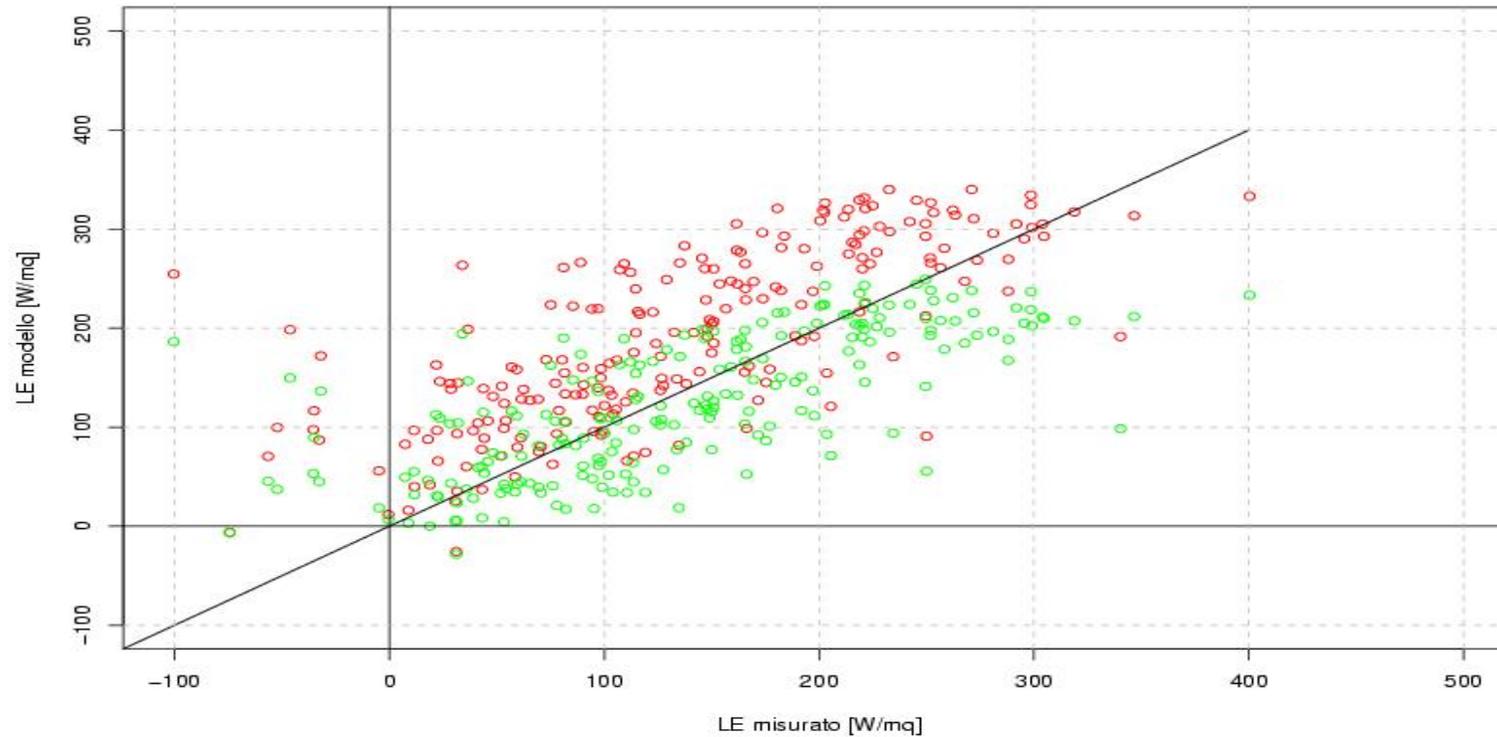


Risultati GRNZ (5)

Confronto LE misurato vs LE modello complesso



Confronto LE misurato vs LE modelli



É stato presentato un metodo di stima dei flussi turbolenti superficiali, supponendo noti Q^* e G :

- in ARPA Lombardia si é lavorato principalmente sulla parametrizzazione di r_s in ambito urbano, partendo dalla conoscenza delle nostre reti di misura;
- la parametrizzazione di r_s presentata ha dato esiti positivi nell'ambito della stima della quota del PBL urbano (confronto modello-radiosondaggi "fini" di Linate);
- la parametrizzazione di r_s puó migliorare grazie all'introduzione di informazioni legate alla superficie in esame (LAI, percentuale di copertura vegetale, deficit d'umidità del suolo, . . .);
- il modello presentato puó essere usato singolarmente ma puó anche venire inserito all'interno di uno schema SVAT ben piú complesso, come una sorta di tessera all'interno del mosaico dello SVAT.