



# ***Misure di campo elettrico generato in ambiente di vita da stazioni radio base UMTS e analisi della relazione con la potenza in antenna***

Mathiou M., Politecnico di Torino III Facoltà di Ingegneria  
Bottura V., Cappio Borlino M., Arpa Valle D'Aosta  
Vaccarone D., D'Elia S., Vodafone Omnitel NV  
Adda S., Arpa Piemonte

## Obiettivi

- Le simulazioni teoriche preventive sulle emissioni di campo elettrico generate da SRB con tecnologia UMTS portano in molti casi a risultati eccessivamente sovrastimati;
- la Guida CEI 211-10 (par.6.2.3, pag.16) afferma che la potenza trasmessa da una singola cella può, mantenendo ancora un margine di cautela, essere espressa come una percentuale della potenza massima di progetto:
- *“Statisticamente, su un intervallo di 6 minuti, una valutazione comunque cautelativa della potenza trasmessa da una singola cella, può quindi essere espressa in funzione della soglia S che si lega alla potenza effettiva P e alla potenza massima secondo la seguente formula”:*  $P = P_{max} * S$  ;
- il fattore S è di fatto la percentuale di potenza impiegata dal nodeB in cui interviene l'Admission Control ed e' comprensivo del fattore di utilizzo della potenza dipendente dal traffico.

# Attività

- Un primo confronto tra misure di campo elettrico generato in ambiente e potenza emessa dall'antenna trasmittente è stato fatto in una tesi di laurea magistrale in Ingegneria delle TLC del Politecnico di Torino in collaborazione con ARPA Valle d'Aosta e Vodafone Italia di Ivrea;
- sono poi state fatte altre verifiche in ambiente grazie alla collaborazione tra ARPA Piemonte e operatore Vodafone Italia;
- successivamente ARPA Piemonte effettuato un lavoro di elaborazione statistica dei dati di potenza di alcuni insiemi di SRB significative di Vodafone.



POLITECNICO DI TORINO

III Facoltà di Ingegneria dell'Informazione  
Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria delle Telecomunicazioni

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

MISURE DI CAMPO ELETTRICO GENERATO IN AMBIENTE DI VITA DA  
STAZIONI RADIO BASE UMTS E ANALISI DELLA RELAZIONE CON LA  
POTENZA IN ANTENNA

In collaborazione con:



*“E’ possibile trovare un fattore di riduzione da applicare alla potenza utilizzata nelle simulazioni teoriche eseguite per una Stazione Radio Base (SRB) utilizzando la tecnologia UMTS, per avere una visione più realistica dell’impatto elettromagnetico che tale impianto può provocare sull’ambiente circostante”.*

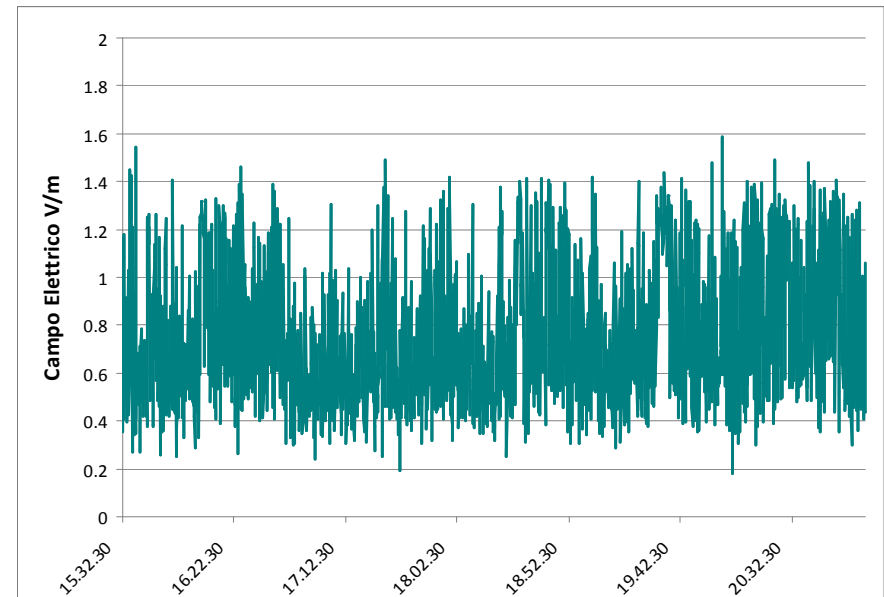
# Siti di misura - caratteristiche

- La scelta del tipo di sito da misurare e' molto importante perché deve presentare tutte le caratteristiche idonee all'effettuazione delle misure:
  - presenza della tecnologia UMTS;
  - possibilità di collocare la sonda nella zona illuminata dal lobo principale dell'antenna emittente;
  - accesso alla rete elettrica per la gestione della strumentazione di misura per ore consecutive;
  - accesso in sicurezza.



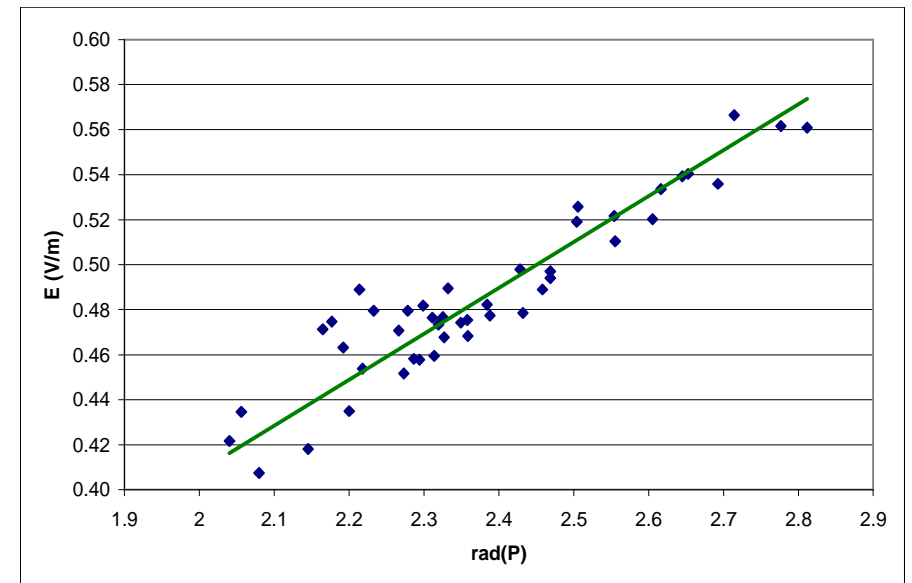
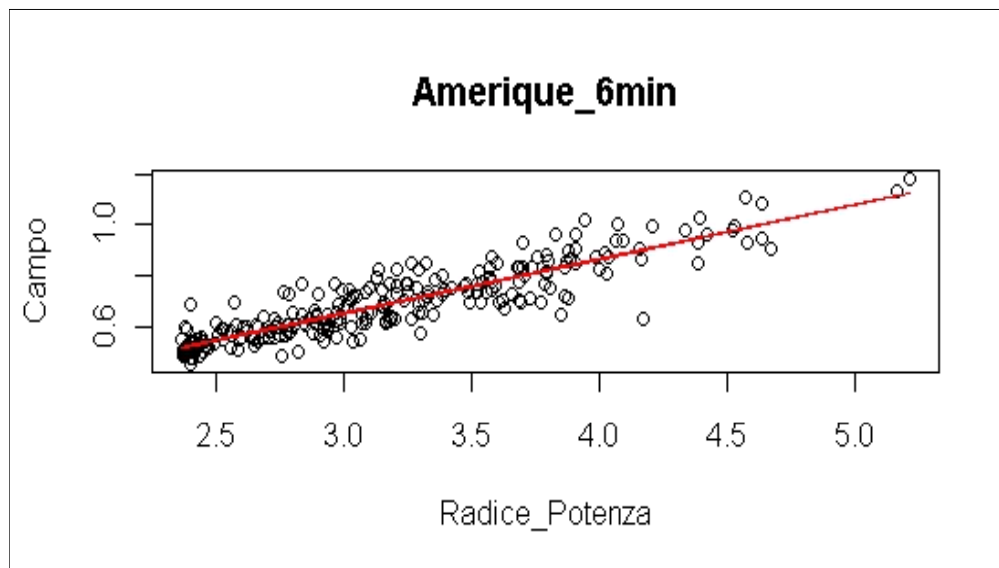
# Procedura di misura

- **Simulazioni preventive** per poter comprendere la distribuzione del campo elettrico nell'intorno del sito considerato e poter scegliere il punto migliore di misura;
- **misura prolungata nel tempo** con l'analizzatore NARDA SRM3000 del campo elettrico generato da una delle portanti della SRB (potenza di canale) mentre, contemporaneamente, vengono **memorizzati** i dati corrispondenti di potenza/traffico direttamente dalla rete Vodafone tramite un procedimento costruito ad-hoc;
- l'intervallo di misura è stato posto pari a 10 o 5 secondi poiché la procedura di campionamento sulla SRB era in grado di fornire i dati di potenza e di traffico ad intervalli non regolari compresi tra 3 e 5 secondi.



# Analisi

- Elaborazioni preliminari per sincronizzare tra loro le misure di campo elettrico con i dati memorizzati dalla SRB;
- valutazione della correlazione mettendo in relazione il campo elettrico e la radice quadrata della potenza in antenna espressa in Watt (sia tra i valori istantanei che mediando su diversi intervalli temporali).

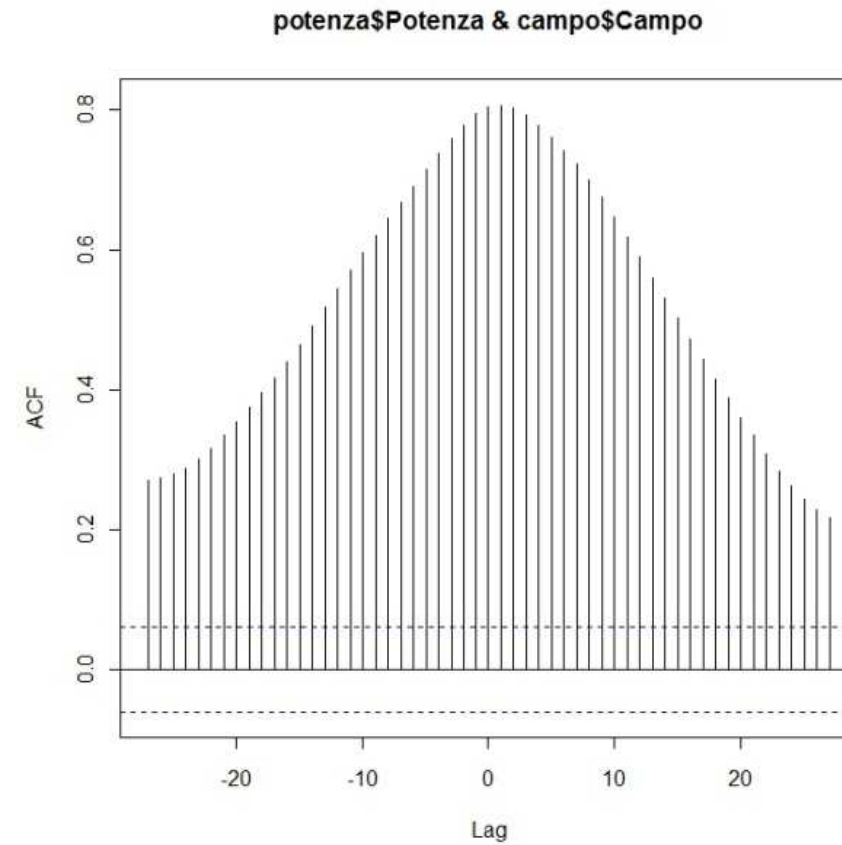
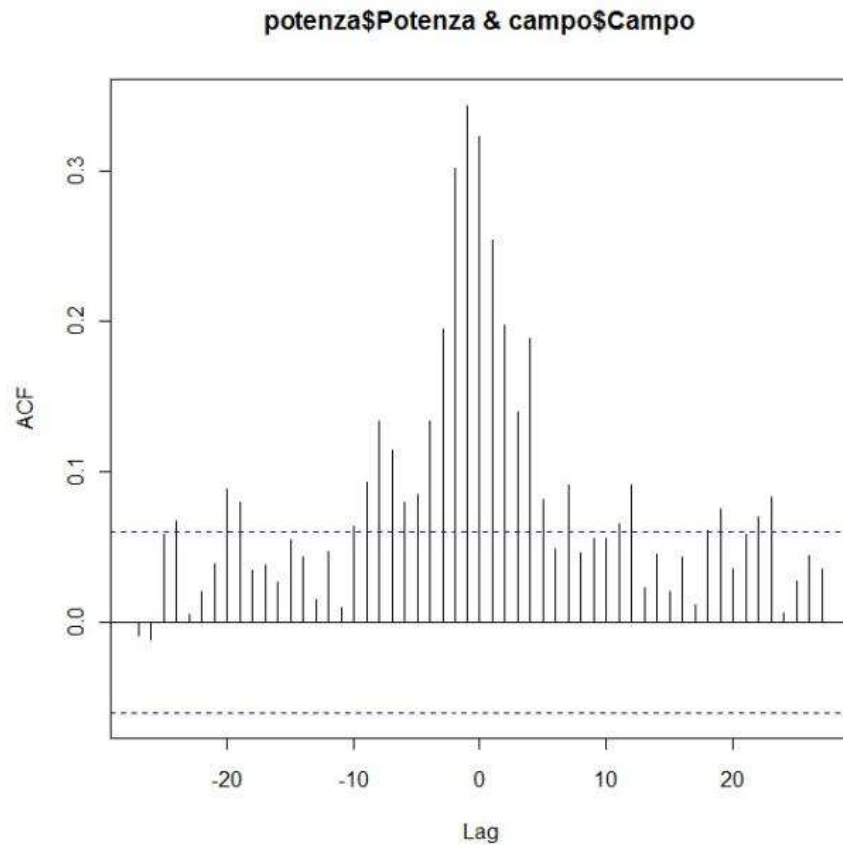


## Correlazione campo elettrico/potenza

- Mediando i dati su intervalli temporali da 6 minuti in poi, le correlazioni tra campo elettrico (espresso in V/m) e radice della potenza (espressa in W) sono già molto buone (in particolare sulle celle a maggior traffico).

| CORR<br>E - P                    | IST   | 1<br>MIN | 6<br>MIN | 10 MIN | 15 MIN | 30 MIN | 1<br>ORA |
|----------------------------------|-------|----------|----------|--------|--------|--------|----------|
| Ivrea 09/06                      | 0,012 | 0,068    | 0,319    | 0,432  | 0,494  | 0,482  | 0,483    |
| Ivrea<br>10/06                   | 0,052 | 0,167    | 0,617    | 0,649  | 0,647  | 0,692  | 0,769    |
| St. Vincent<br>Aprile            | 0,494 | --       | 0,855    | 0,904  | 0,933  | 0,964  | 0,980    |
| St. Vincent<br>Giugno            | 0,183 | 0,427    | 0,740    | 0,777  | 0,794  | 0,808  | 0,810    |
| Quart<br>13-14/06                | 0,346 | 0,617    | 0,908    | 0,943  | 0,961  | 0,977  | 0,983    |
| Grugliasco<br>07/10/2011<br>(1p) | 0,361 | 0,498    | 0,902    | 0,950  | 0,955  | 0,967  | 0,980    |

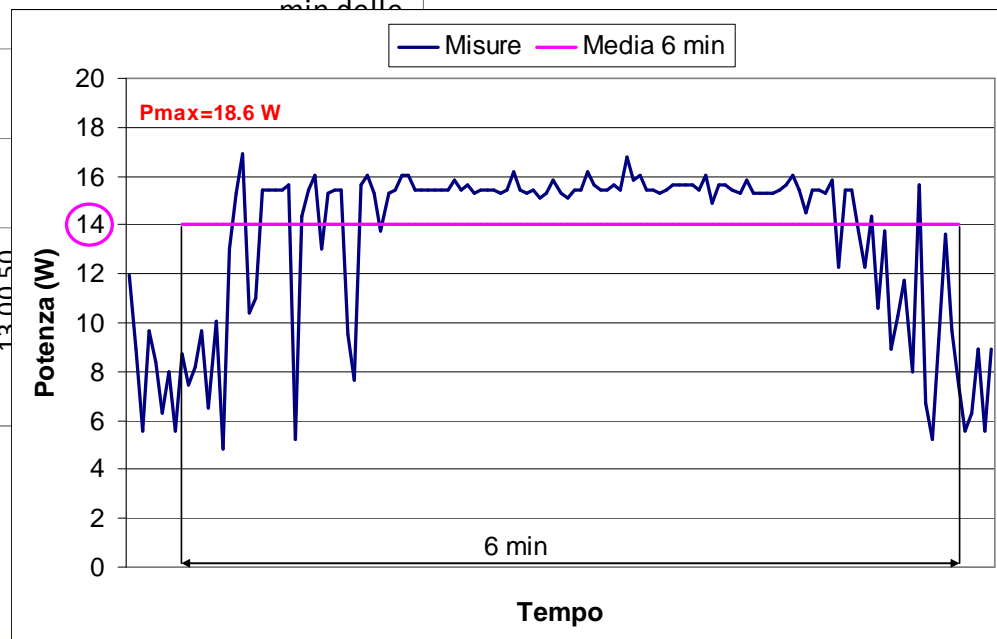
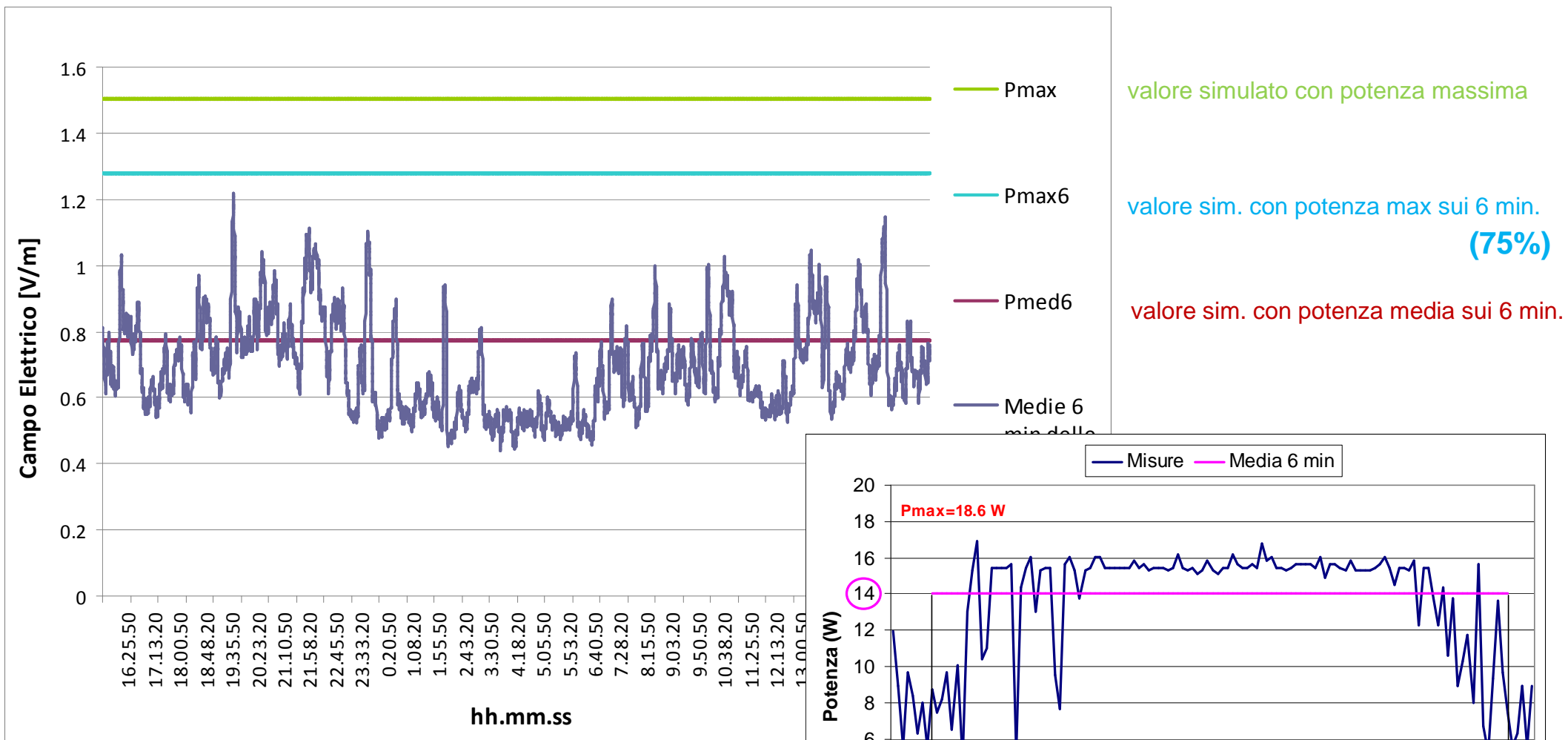
# Influenza del sincronismo dei dati campo elettrico/potenza



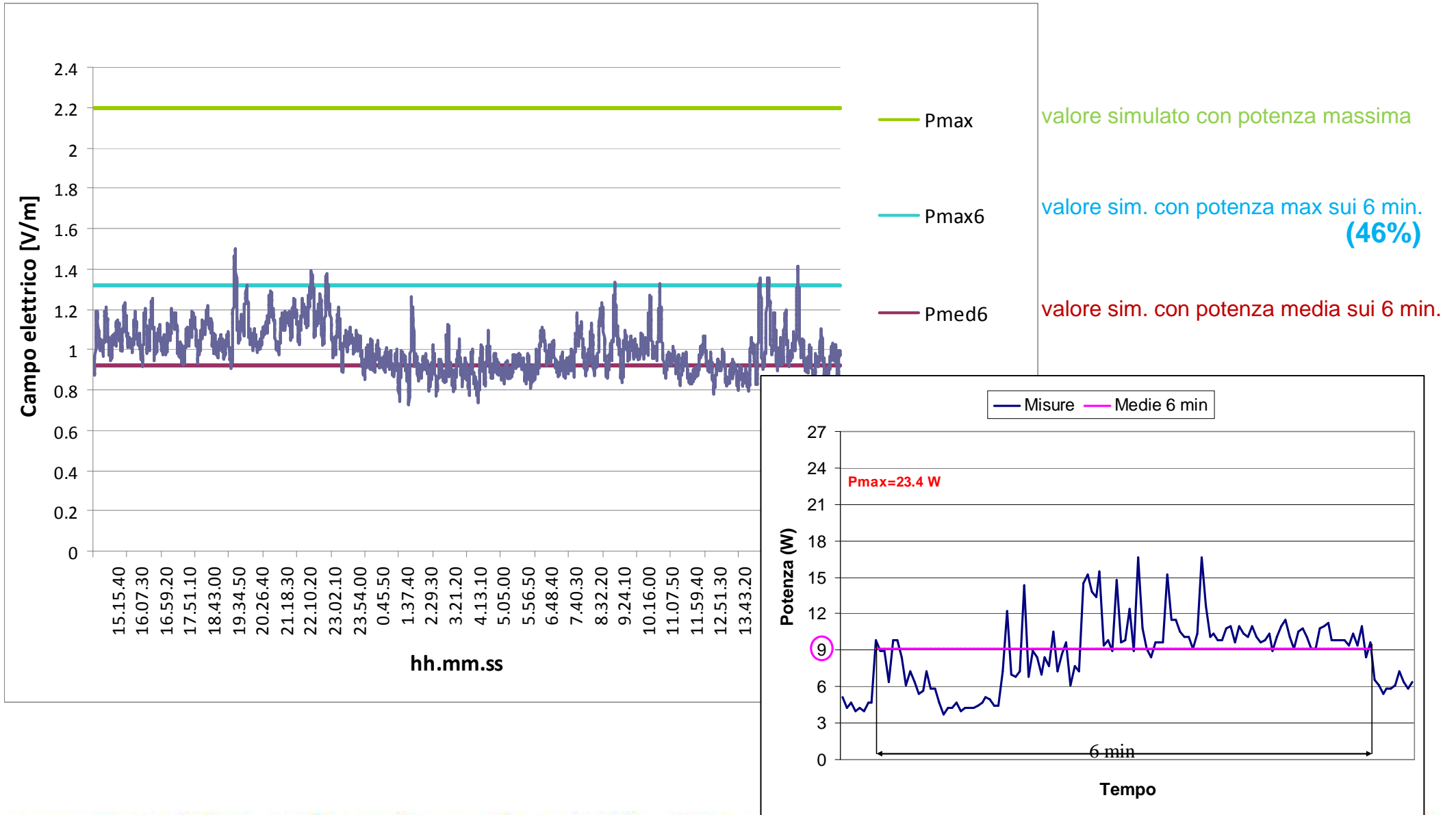
Cross-correlazione serie potenza-campo dati istantanei e medie trascinate 1 min.



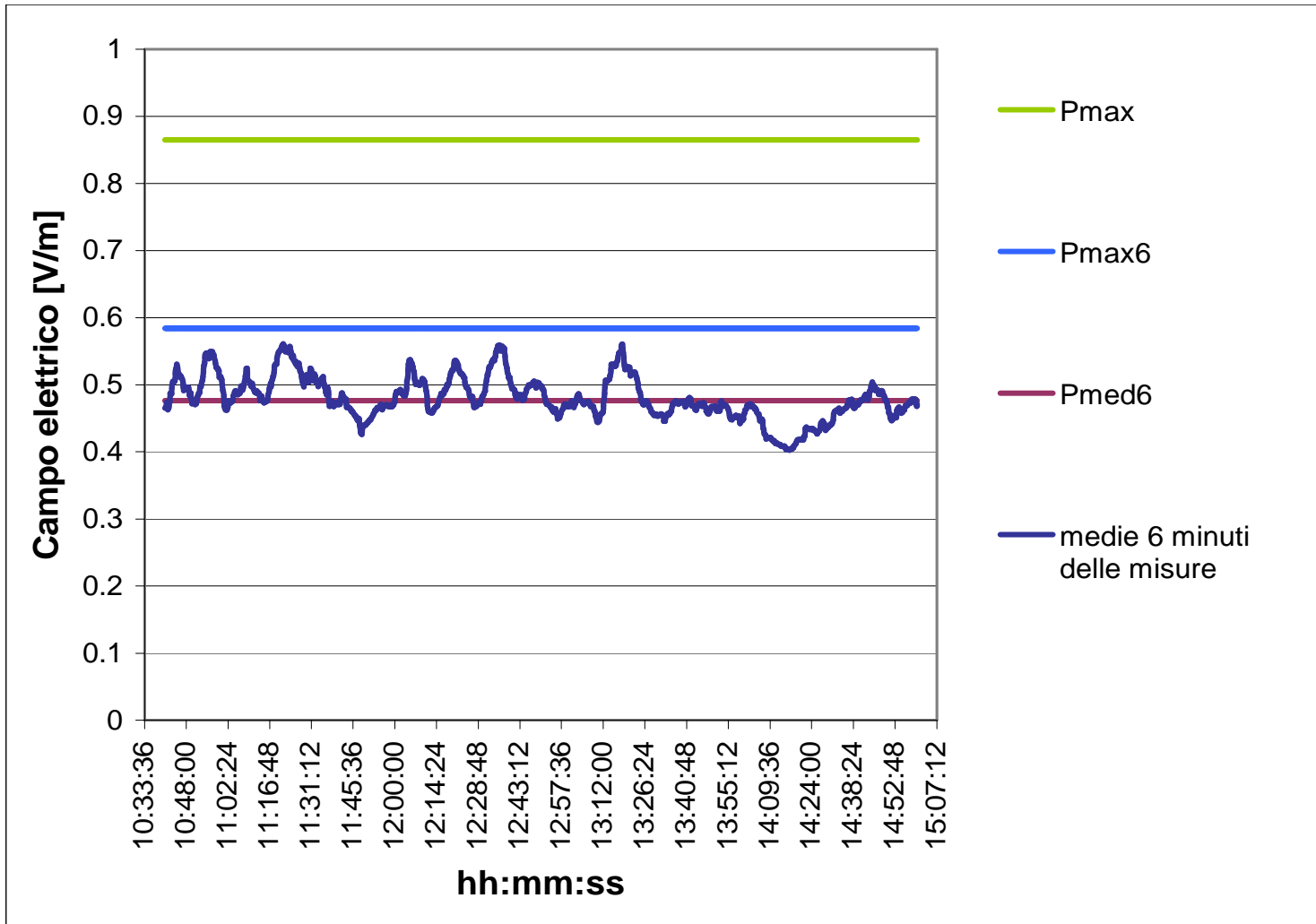
# Confronto simulazioni/misure di campo elettrico - QUART



# Confronto simulazioni/misure di campo elettrico – SAINT VINCENT



# Confronto simulazioni/misure di campo elettrico - GRUGLIASCO



valore simulato con potenza massima

valore sim. con potenza max sui 6 min.  
**(59%)**

valore sim. con potenza media sui 6 min.

# Conclusioni

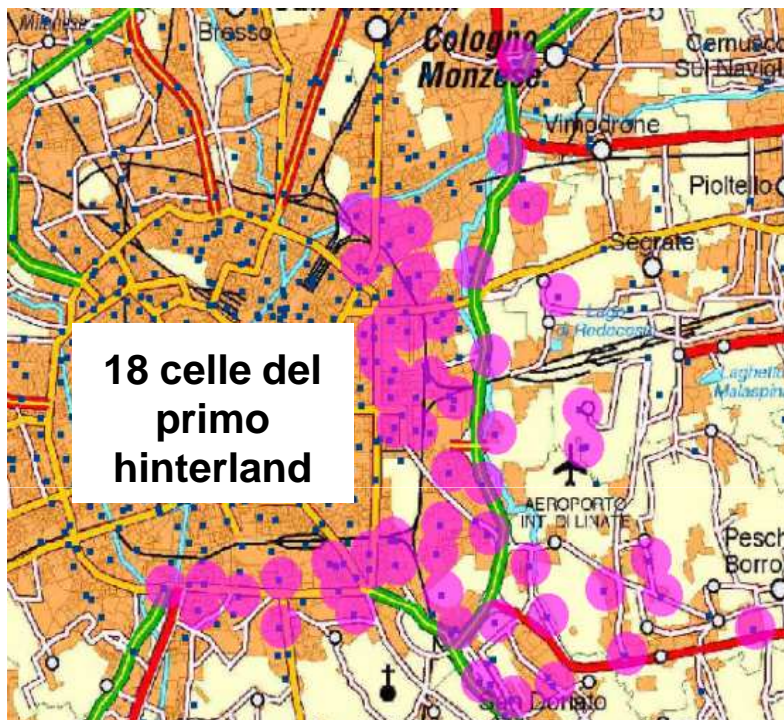
- Le correlazioni aumentano all'aumentare del tempo sul quale si media;
- la media sui 6 minuti e' parametro significativo sul quale effettuare le analisi statistiche;
- tra i diversi parametri monitorabili dalla rete, e' necessario individuare il corretto contatore che fornisce la potenza istantaneamente complessiva emessa dalla SRB;
- i siti hanno tutti caratteristiche tecniche differenti: si notano comportamenti differenti anche per quanto riguarda l'andamento delle correlazioni;
- il sito di Quart e quello di Grugliasco forniscono le correlazioni migliori, probabilmente perche':
  - le portanti misurate hanno una alta percentuale di occupazione di potenza;
  - le misure sono poco perturbate dall'ambiente circostante.
- il sito di Ivrea non ha misure prolungate superiori a 5-6 ore, pertanto la correlazione è eseguita su un minor numero di campioni.

## Correlazione potenza/traffico

- Sono state eseguite le stesse elaborazioni anche sui dati di traffico;
- purtroppo, a causa della mole di dati impattata dall'operazione di acquisizione di questo tipo di informazione, non è stato possibile avere a disposizione tutti i valori istantanei di traffico per i vari siti ma in alcuni giorni sono stati forniti solo per alcune ore;
- i risultati delle elaborazioni non hanno evidenziato correlazione tra campo elettrico e traffico;
- tra i motivi va considerato lo scarso numero di dati a disposizione, ma, soprattutto, il fatto che a parità di traffico ci sono sistemi di controllo della potenza emessa sulla base del rapporto segnale/rumore e della tipologia di traffico.

# Analisi statistica della potenza di celle UMTS in aree urbane

- Estensione dell'analisi ad un cluster di siti statisticamente significativo dal quale estrarre e memorizzare i dati puntuali relativi alla potenza emessa.
- Due primarie città del Nord /Sud Italia, gestite dai due produttori di apparati radio fornitori di Vodafone Italia.
- Scelte le celle che sulla base dei contatori potenza smaltita (oraria) sono risultate le più ad alto traffico, appartenenti a siti a 1 o 2 portanti.



## Obiettivi dell'analisi statistica

- Determinare se il cluster di dati fosse rappresentativo di condizioni di carico elevato degli impianti;
- valutare statisticamente, in condizioni effettivamente conservative, l'entità del fattore di riduzione applicabile alla potenza massima, assimilabile all'Admission Control.

## Metodologia

- Studio dell'autocorrelazione, finalizzato a determinare l'intervallo di campionamento più corretto sul quale lavorare;
- ricampionamento dei dati secondo l'intervallo stabilito;
- stima di una serie di parametri statistici utili per la determinazione della bontà del cluster di dati:
  - ✓ percentili
  - ✓ statistiche dell'analisi di boxplot
  - ✓ durata delle sessioni ad alta potenza ( $P > 95^{\circ}$  percentile);
- calcolo della media trascinata su 6 minuti e determinazione del suo valore massimo.

# Estrazione dei dati di rete del primo fornitore

\*\*\*\*\*

|  |  |  |
|--|--|--|
| RNW Online Monitoring data of Cell Load Monitoring |  |  |
| Generated by RNW Online Monitoring                 |  |  |
| Used monitoring parameters                         |  |  |
| Radio resource ind. period : 100 ms                |  |  |
| BRM Reporting period : 5000 ms                     |  |  |
| Data fragment sample count : 50                    |  |  |
|  |  |  |
| Parameters of Monitored Cell                       |  |  |
| WCEL Name : RNC 88 WBTS 286 MI0286 WCEL 2863       |  |  |
| Local Cell Resource Identification : 2863          |  |  |
| Cell Identifier : 2863                             |  |  |
| Transmitted power (Ptx) target : 44.0 dBm          |  |  |
| Ptx Offset : 1.0 dB                                |  |  |
| Received Power (Prx) target : 30.0 dBm             |  |  |
| Prx Offset : 1.0 dB                                |  |  |

\*\*\*\*\*

| Time             | Prx Total | Ptx Total |
|------------------|-----------|-----------|
| 20/03/2012 10.00 | -103.4    | 38.05.00  |
|                  | -103.4    | 38.05.00  |
|                  | -103.4    | 38.05.00  |
|                  | -103.7    | 39.02.00  |
|                  | -103.7    | 39.02.00  |
|                  | -103.7    | 39.02.00  |
|                  | -103.7    | 39.02.00  |
|                  | -104.1    | 38.05.00  |
|                  | -104.1    | 38.05.00  |
|                  | -104.1    | 38.05.00  |
|                  | -104.1    | 38.03.00  |
|                  | -104.1    | 38.03.00  |

- Campionamenti gestiti dal vendor con tool proprietario;
- La procedura di estrazione dei dati e' manuale e deve essere ripetuta cella per cella, valutando le dimensioni dello storage;
- Il "reporting period" indicato e' di 5000 ms;
- E' indicato il valore di Ptx Total [dBm];
- La potenza massima di riferimento degli apparati interessati e' 46 dBm (40 W).

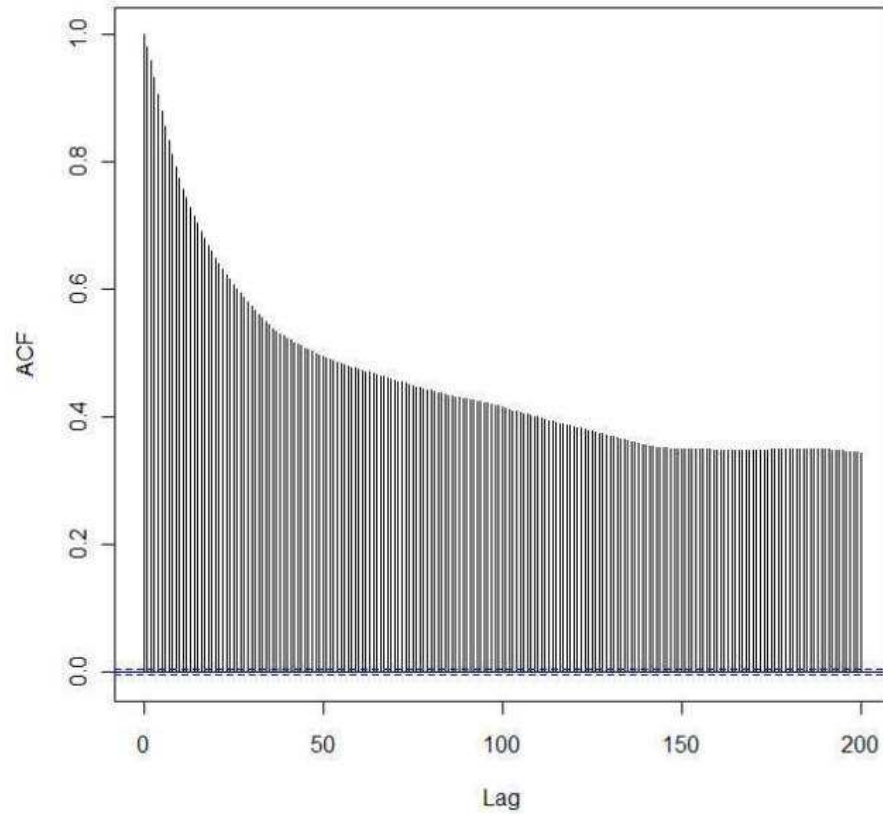


## Estrazione dei dati di rete del secondo fornitore

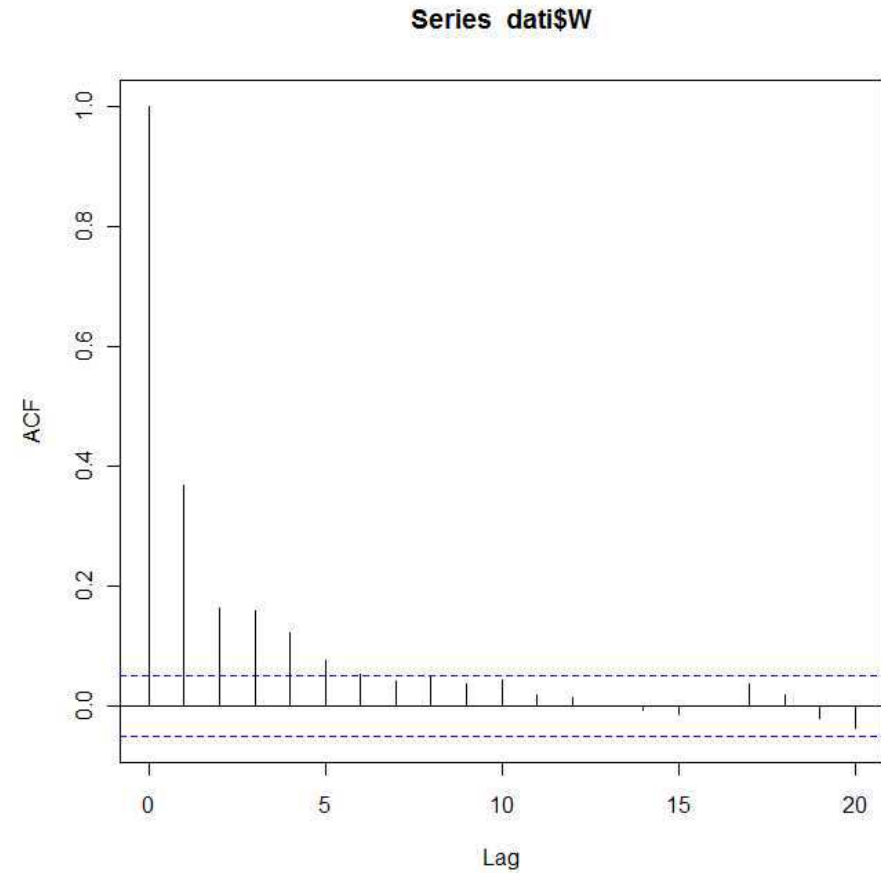
| Time,Carrier Output Power(Channel No: 0 | Carrier No: 0 | Unit?0.1dBm),Carrier Output Power(Channel No: 0 |
|---|---------------|---|
| 2012-04-04 11:00:01,373,375,403         |               |   |
| 2012-04-04 11:00:04,373,373,403         |               |   |
| 2012-04-04 11:00:06,375,374,404         |               |   |
| 2012-04-04 11:00:09,395,373,401         |               |   |
| 2012-04-04 11:00:12,375,371,402         |               |   |
| 2012-04-04 11:00:15,374,371,402         |               |   |
| 2012-04-04 11:00:18,371,370,400         |               |   |
| 2012-04-04 11:00:21,373,372,402         |               |   |
| 2012-04-04 11:00:24,377,372,401         |               |   |
| 2012-04-04 11:00:27,377,372,401         |               |   |
| 2012-04-04 11:00:30,426,372,433         |               |   |
| 2012-04-04 11:00:33,417,370,427         |               |   |
| 2012-04-04 11:00:36,378,375,404         |               |   |
| 2012-04-04 11:00:39,376,372,405         |               |   |
| 2012-04-04 11:00:42,372,377,406         |               |   |

- Campionamenti ogni 3 sec. gestiti dal vendor con tool proprietario;
- la procedura di estrazione dei dati e' manuale e deve essere ripetuta cella per cella, valutando le dimensioni dello storage;
- e' indicato il valore di Ptx Total [dBm];
- la potenza massima di riferimento degli apparati interessati e' 46 dBm (40 W), ma in realtà molte celle sono depotenziate via software per esigenze di copertura ottimale della città.

# Studio dell'autocorrelazione

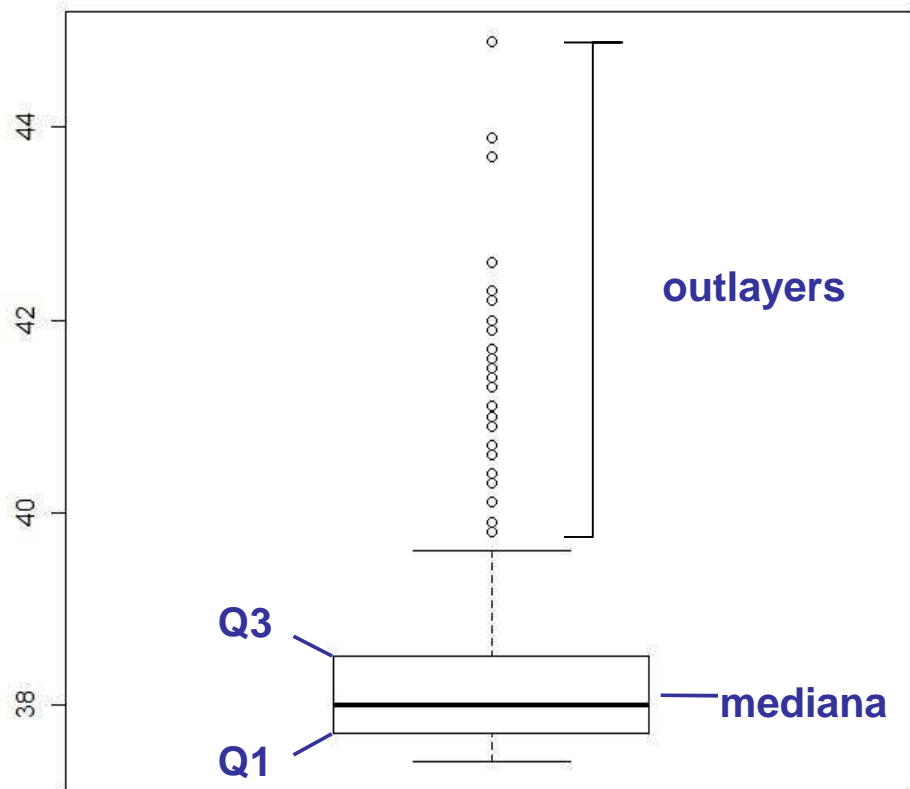


Autocorrelazione dati grezzi  
(campionamento 100ms.)

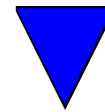


Autocorrelazione dati ricampionati  
(campionamento 10s.)

# Stima dei parametri statistici



Condizioni di alta potenza:  
Outlayers /  $P > 95^\circ$  percentile



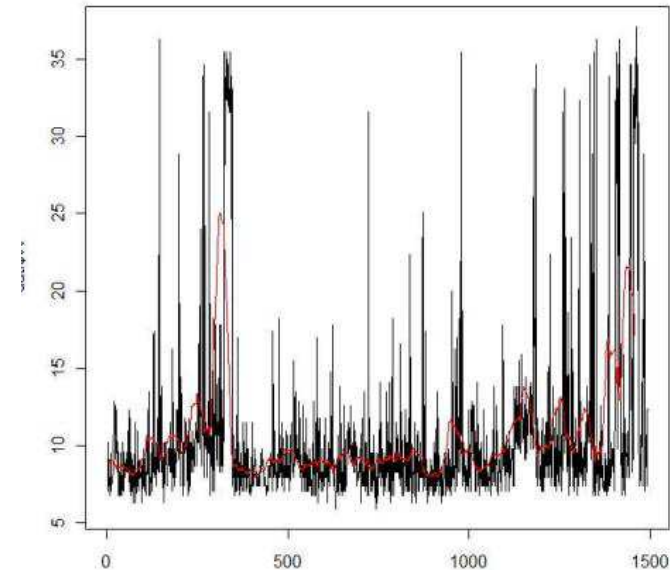
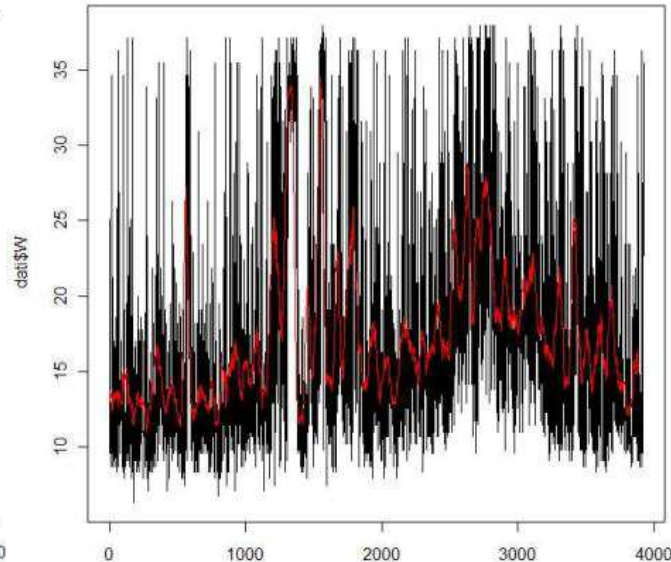
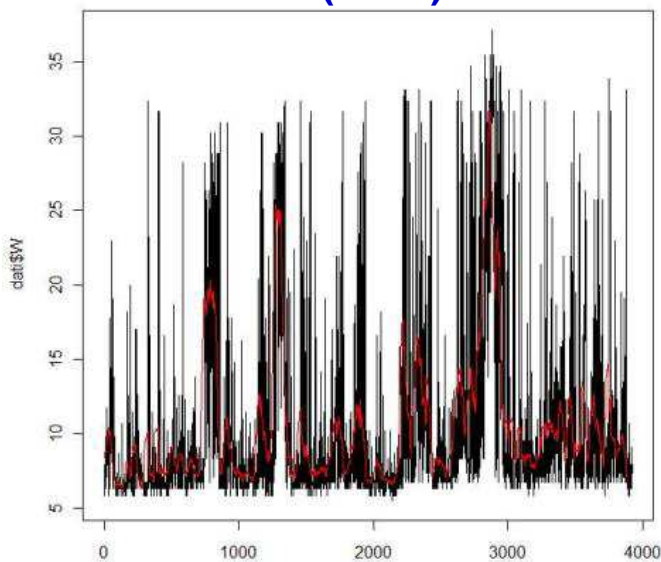
- **Gruppo A:** celle con condizioni di elevata potenza per durate  $> 1$  minuto (tot. 12 celle)
- **Gruppo B:** celle per le quali
  - valore max istantaneo  $> 95\%$  Potenza erogabile
  - % outlayers  $> 10\%$  totale campioni (30 min. alta potenza su 24h)(tot. 7 celle)

**Stima conservativa della massima potenza raggiungibile in presenza del meccanismo di Admission Control:**

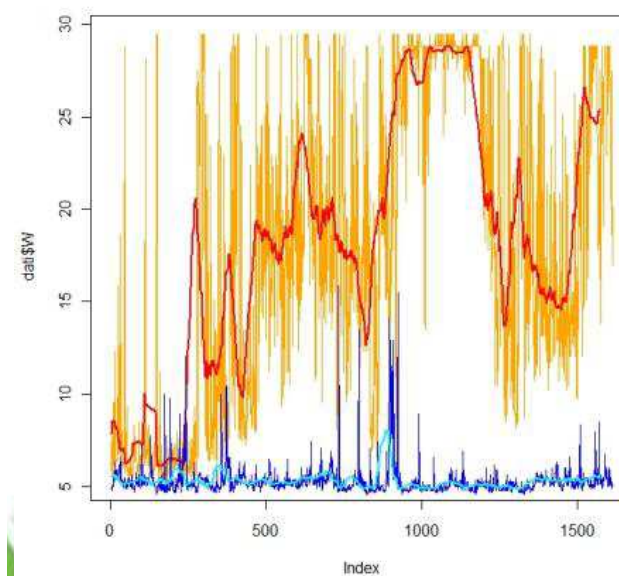
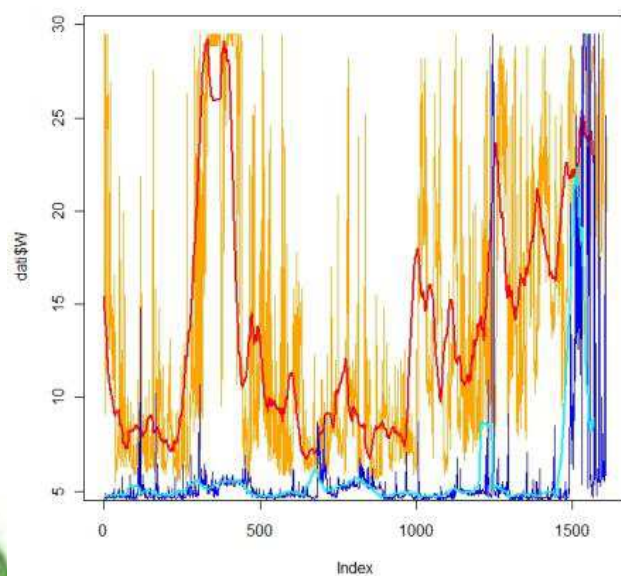
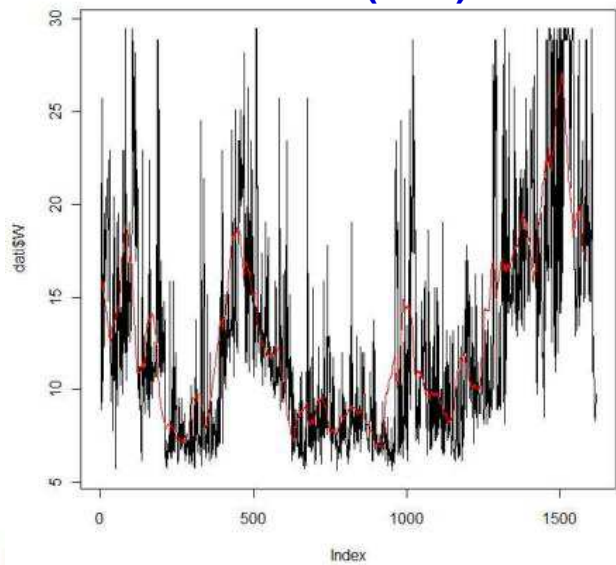
- **Gruppo A:** valore massimo della media su 6 minuti;
- **Gruppo B:** media dei valori individuati come outlayers.

# Esempi di andamento della potenza per celle del Gruppo A

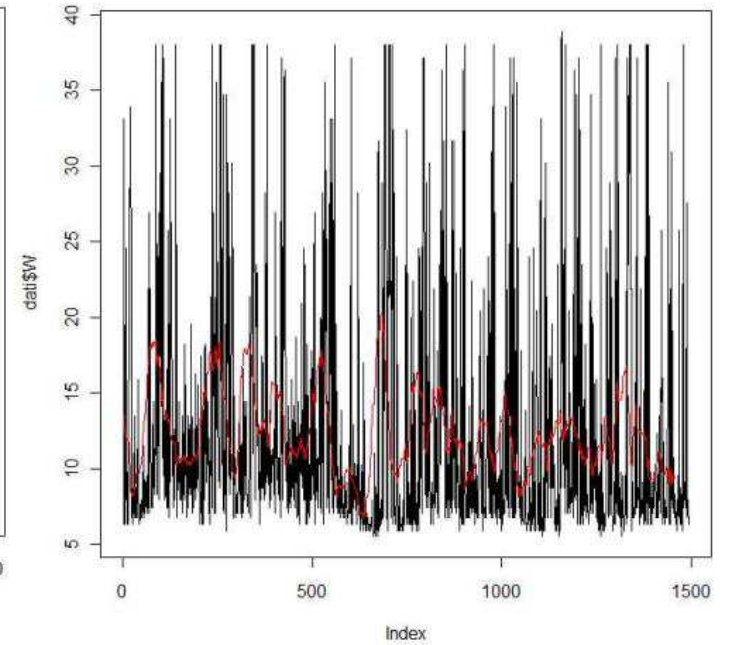
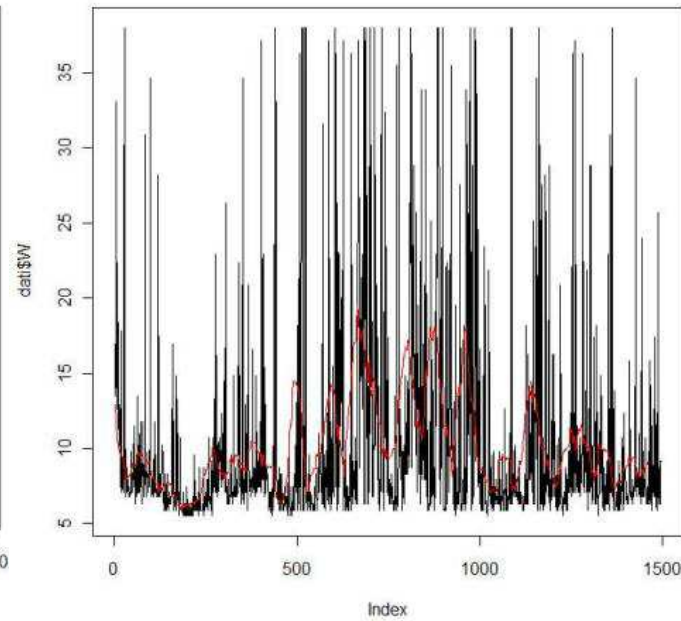
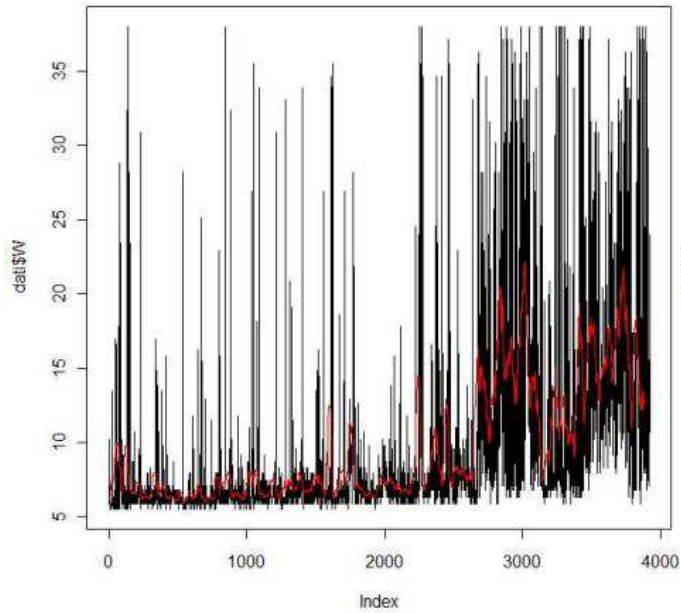
## Prima citta' (Nord)



## Seconda citta' (Sud)



# Esempi di andamento della potenza per celle del Gruppo B



# Risultati

|   | Identificativo cella | Numero portanti | % della potenza massima erogabile |
|---|----------------------|-----------------|-----------------------------------|
| A | N02863               | 1               | 79.7                              |
|   | N57641               | 1               | 73.6                              |
|   | <b>N58841</b>        | <b>1</b>        | <b>86.05</b>                      |
|   | N46713               | 2               | 62.6                              |
|   | S06652               | 1               | 58.75                             |
|   | S24809*              | 1               | 68.75                             |
|   | S24591               | 1               | 62.2                              |
|   | S31061*              | 1               | 67.8                              |
|   | S55482               | 1               | 59.2                              |
|   | S05503-6             | 2               | 62.4                              |
|   | S54892-5             | 2               | 72.15                             |
|   | S54952-5             | 2               | 73.0                              |
| B | N25481               | 2               | 68.25                             |
|   | N58865               | 2               | 73.7                              |
|   | N63165               | 2               | 50.7                              |
|   | N58294               | 2               | 36.5                              |
|   | N58785               | 2               | 62.2                              |
|   | N60105               | 2               | 48.2                              |
|   | N63275               | 2               | 55.3                              |

**Cella anomala:** una cella con una sola portante UMTS presenta un valore di potenza massima media sui 6 min. maggiore dell'80%. Ricade in un contesto di traffico elevato e di congestione di rete, con una percentuale di occupazione di potenza da traffico dati nel mese di aprile sempre superiore al 95%, contro una media di rete di riferimento del 70%: per questo motivo e' gia' stata pianificata l'aggiunta della seconda portante. Il numero di campioni con valore di potenza sui 6 min. sopra la media risulta comunque molto basso (pari all'1.4%).

# Conclusioni

1/2

- La buona correlazione tra misure di campo e misure di potenza (medie su 6 minuti) permette di lavorare direttamente sui dati di potenza per studiare i fattori di utilizzo della stessa nel normale funzionamento della rete;
- l'analisi sulle potenze è stata eseguita con un approccio conservativo (selezione di un set di celle ad alto traffico, ricerca delle peggiori condizioni di utilizzo della potenza per 6 minuti effettivamente registrate o ricostruite, scelta della portante a maggiore occupazione di potenza nelle celle a 2 portanti);
- il fattore di utilizzo della potenza ricavato è **inferiore all'80%** per 18 celle su 19 selezionate. Tale risultato conferma quanto evidenziato nelle misure di Quart (nei peggiori 6 minuti, potenza circa 75% della massima erogabile);
- la sola cella con utilizzo di potenza >80% presenta tale fenomeno per poco più di 1/100 dell'intervallo di tempo studiato (circa 24h), ed è una cella anomala che verrà a breve ampliata con la seconda portante.

# Conclusioni

2/2

- Sarebbe necessario ampliare il campioni di siti del secondo fornitore per confermare l'utilizzo dei risultati per la stima dell'Admission Control, in quanto la maggior parte delle celle della seconda città (depotenziate via software), tale meccanismo non è efficace;
- e' stato messo a punto un metodo che potrà essere utilizzato anche per altri tipologie di apparati in ulteriori condizioni di trasmissione (previa verifica del contatore che effettivamente monitora la potenza dell'apparato stesso).