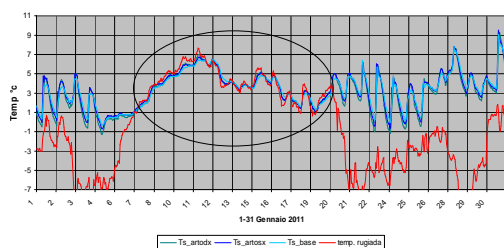


Comune di Verona Direzione Lavori Pubblici, Scuola di Specializzazione in Beni
Architettonici e del Paesaggio - Politecnico di Milano



Verona Statua Equestre



Museo di Castelvecchio
Statua equestre di Cangrande I della Scala
Indagine microclimatica
25 Febbraio 2014

Carlo Cacace

Responsabile sezione modelli microclimatici e gestione dati – Lab Fisica



Il progetto di indagine microclimatica

Se si assume il rischio di perdita del patrimonio culturale come criterio per l'individuazione delle priorità operative, il monitoraggio delle condizioni ambientali è uno degli strumenti utile e necessario per la programmazione degli interventi di tutela, di conservazione, uso e fruizione del bene.

Inoltre è fondamentale il ruolo che spetta alla raccolta dei dati, all'elaborazione delle informazioni e ai processi di conoscenza connessi con tali attività.



Il progetto di indagine microclimatica

Strumento di conoscenza del comportamento termoisometrico di un sistema:

-per sistema si intende, l'ambiente e il manufatto in esso contenuto

Esso è governato, in prima istanza, dalle condizioni meteorologiche locali dovute ai cicli diurni e stagionali

L'indagine è rivolta a individuare e a definire:

- i flussi di energia termica tra ambiente e manufatto
- i movimenti di acqua nei suoi stati di aggregazione



Il progetto di indagine microclimatica

La conservazione del monumento equestre va considerata in relazione al suo specifico contesto territoriale di appartenenza e alla evoluzione della dinamica temporale del clima, fatta questa premessa la conoscenza del rischio locale può e deve essere perseguita attraverso la misura diretta degli effetti prodotti dal processo di degrado che è strettamente correlato al clima e al materiale (ricordiamo che l'aria immediatamente vicina alla superficie della statua, risente non solo del clima, ma anche della risposta del materiale sottoposto alla sollecitazione ambientale)



Roma Piazza Navona Fontana dei Fiumi



Roma Piazza dell'Elefantino



Roma Fontana del Mosè



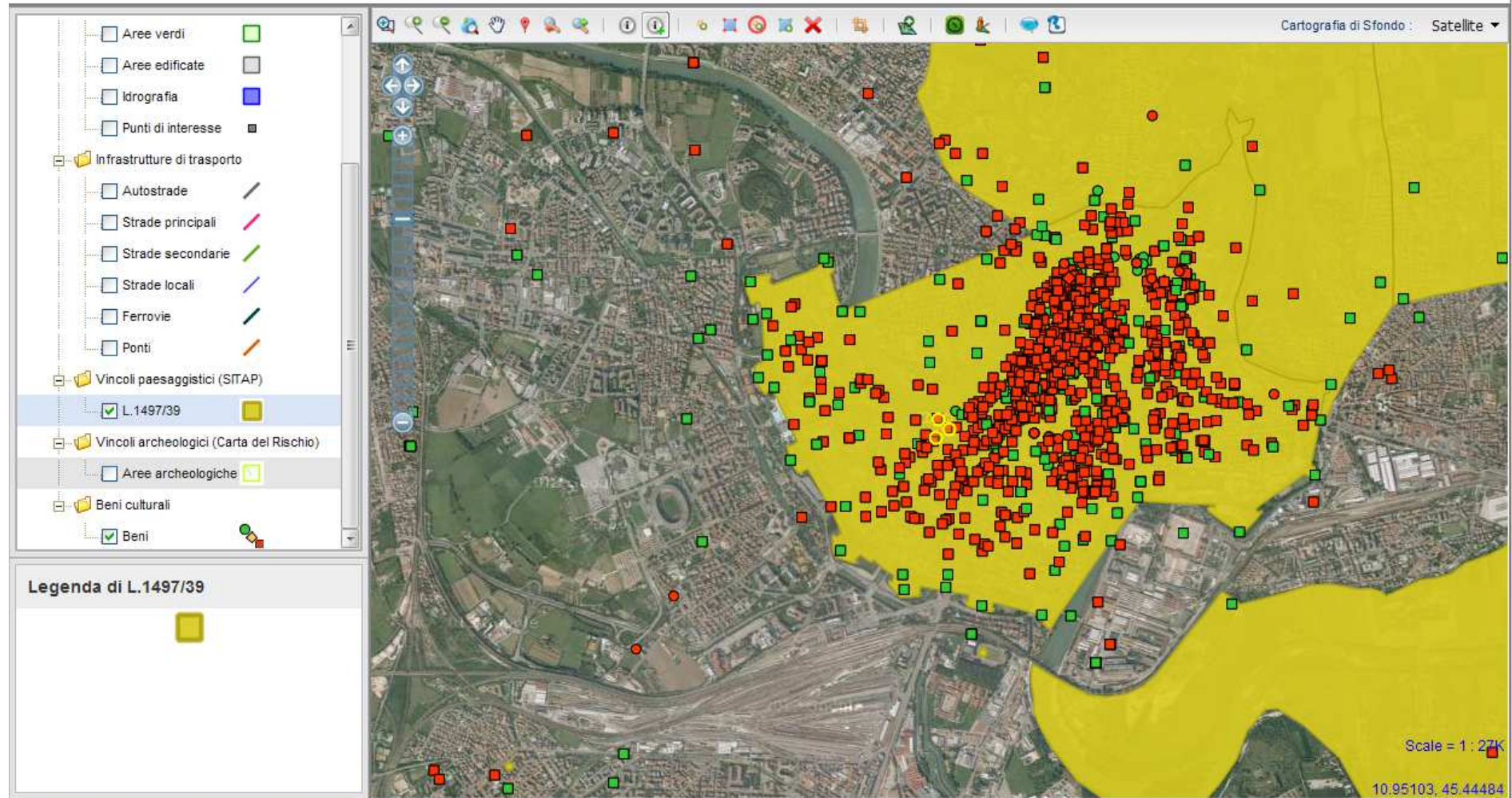
Legend:

- Aree verdi
- Aree edificate
- Idrografia
- Punti di interesse
- Beni

Legend of Cultural Heritage (Legenda di Beni):

- Archeologici
- Archeologici con verifica di interesse culturale in corso
- Archeologici di interesse culturale
- Architettonici
- Architettonici con verifica di interesse culturale in corso
- Architettonici di interesse culturale
- ◆ Parchi e Giardini
- ◆ Parchi e Giardini con verifica di interesse culturale in corso
- ◆ Parchi e Giardini di interesse culturale

Scale = 1 : 275000
10.948711 45.430607



VINCOLI *in* rete

Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo



The screenshot displays a GIS application window. On the left, a legend panel lists various categories with checkboxes and color-coded symbols:

- Aree verdi (Green square)
- Aree edificate (Grey square)
- Idrografia (Blue square)
- Punti di interesse (Black square)
- Infrastrutture di trasporto
 - Autostrade (Black line)
 - Strade principali (Pink line)
 - Strade secondarie (Green line)
 - Strade locali (Purple line)
 - Ferrovie (Dark green line)
 - Ponti (Orange line)
- Vincoli paesaggistici (SITAP)
 - L.1497/39 (Yellow square)
- Vincoli archeologici (Carta del Rischio)
 - Aree archeologiche (Light green square)
- Beni culturali
 - Beni (Green and red circles)

Below the legend is a section titled "Legenda di L.1497/39" which shows a yellow square symbol.

The main map area shows a satellite view of Verona, Italy, with several yellow circular markers overlaid on the city's buildings and streets. The map includes a toolbar with navigation and tool icons, a scale indicator (Scale = 1:840), and a coordinate display (10.98725, 45.43997). The bottom status bar shows "Internet" and a 100% zoom level.



Il progetto di indagine microclimatica

Il monitoraggio microclimatico della statua equestre.

Nello studio ha una rilevante importanza la scelta dei punti di misura in funzione degli obiettivi da raggiungere, e basati anche sulle seguenti considerazioni:

**orientamento e dislocazione della statua;
estensione della statua;
geometria della statua.**



Schema dei punti di misura

Per la statua equestre sono stati definiti i seguenti sensori e punti di misura:

- N° 2 sensori di irraggiamento solare uno posto sulla copertura sporgente e uno posto alla base della statua
- N° 1 sensore direzione e velocità del vento in prossimità della statua
- N° 2 sensori di temperatura e umidità relativa da esterno uno posto in prossimità della statua e uno posto sulla copertura sporgente
- N° 3 sensori di temperatura a contatto di cui due posti sulla statua zampa anteriore destra, sinistra e sul basamento



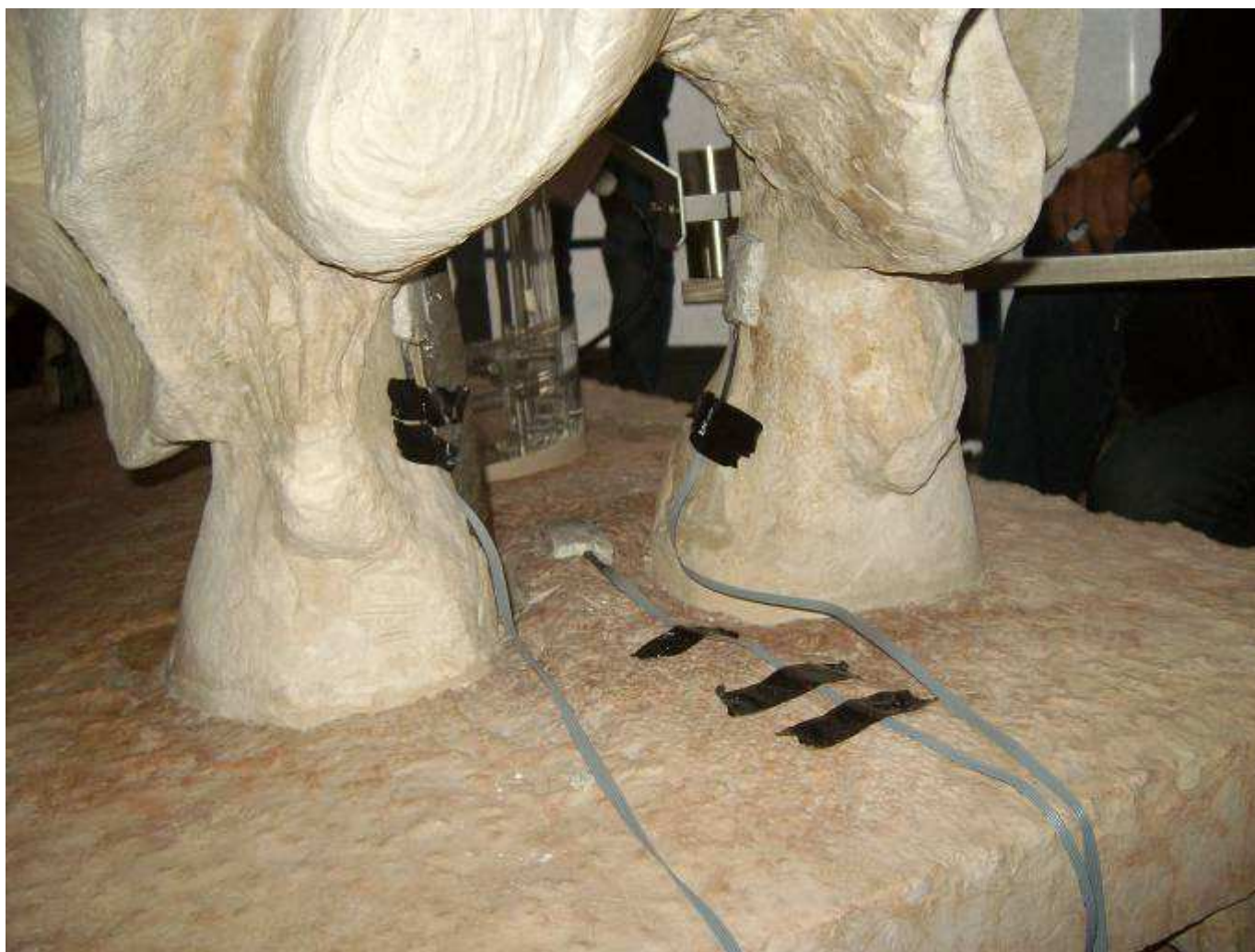
Irraggiamento solare, temperatura e umidità relativa sul tetto




Irraggiamento solare e direzione e intensità del vento



Temperatura e umidità relativa in aria in prossimità della statua



Temperature superficiali



La strumentazione rilevava la media delle grandezze fisiche ogni 10 minuti in tutti i punti di misura e per tutta la campagna microclimatica che si è articolata dal 23 novembre 2010 al 22 dicembre 2011, i dati erano disponibili on-line permettendo lo scarico e il controllo in tempo reale delle condizioni climatiche e di funzionamento della strumentazione.

Strumentazione e collegamento on-line della LSI LASTEM Srl. Loc. Dosso - 20090 Settala (MI) - ITALY

Data download - Microsoft Internet Explorer fornito da Istituto Centrale per il Restauro

http://www.monitoraggio-cangrande.it/page/dwnldata.aspx?ids=0

File Modifica Visualizza Preferiti Strumenti ?

Preferiti R [Fwd CACACE-CARL... R S. Silvestro, vetrina r... Siti suggeriti HotMail gratuita Personalizzazione colle... WindowsMedia

Connessione in corso... Pagina Sicurezza Strumenti

LSI LASTEM HOME

Ultimi dati misurati Dati Storici Caratteristiche Stazione Download dei dati Report mensili

Sttua equestre di Cangrande: monitoraggio parametri climatici

Download dei dati
 Questa pagina consente di scaricare su file i dati presenti nella banca dati. I dati giornalieri sono su base oraria; i dati settimanli sono su base di sei ore, i dati mensili sono su base giornaliera. Selezionare le grandezze da scaricare (è possibile modificarne l'ordine), il periodo e premere il pulsante **Scarica Dati**

dati storici misurati dalla stazione di: Sttua equestre di Cangrande: m...

Grandezze da selezionare:

Grandezze selez...

Download del file

Aprire o salvare il file?

Nome: DataFile.xml
 Tipo: Documento XML, 89,6 KB
 Da: www.monitoraggio-cangrande.it

Apri Salva Annulla

I file scaricati da Internet possono essere utili, ma alcuni file possono danneggiare il computer. Se l'origine non è considerata attendibile, non aprire o salvare il file. [Quali rischi si corrono](#)

Scienze da (gg/mm/yyyy):
 11
 modo mensile e/o annuale è relativo alla data selezionata)

di testo (TXT)
 gli di calcolo di Excel (XML)

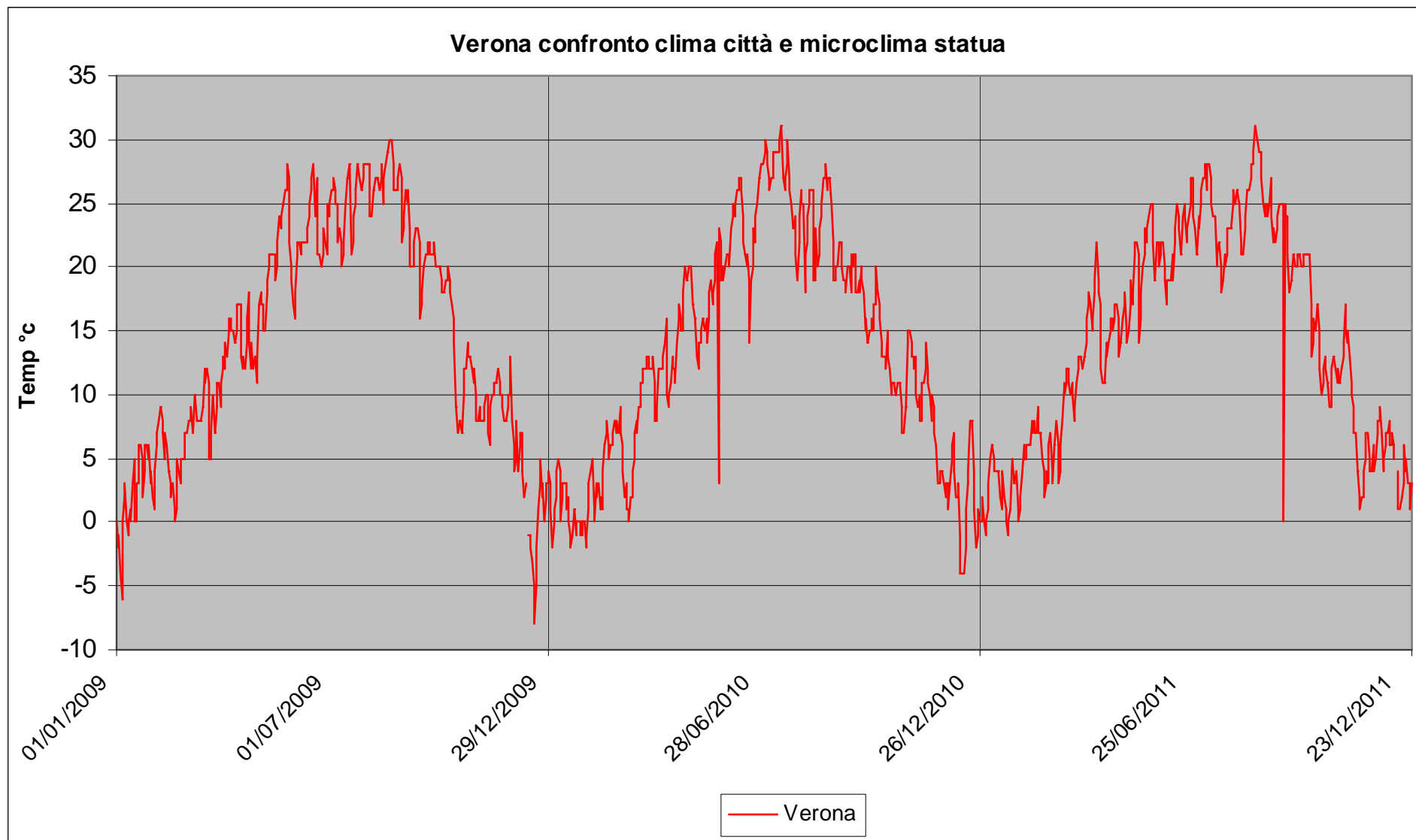
vato XML è supportato da Excel XP
 zioni successive e da OpenOffice
 ne 3.0 e successive

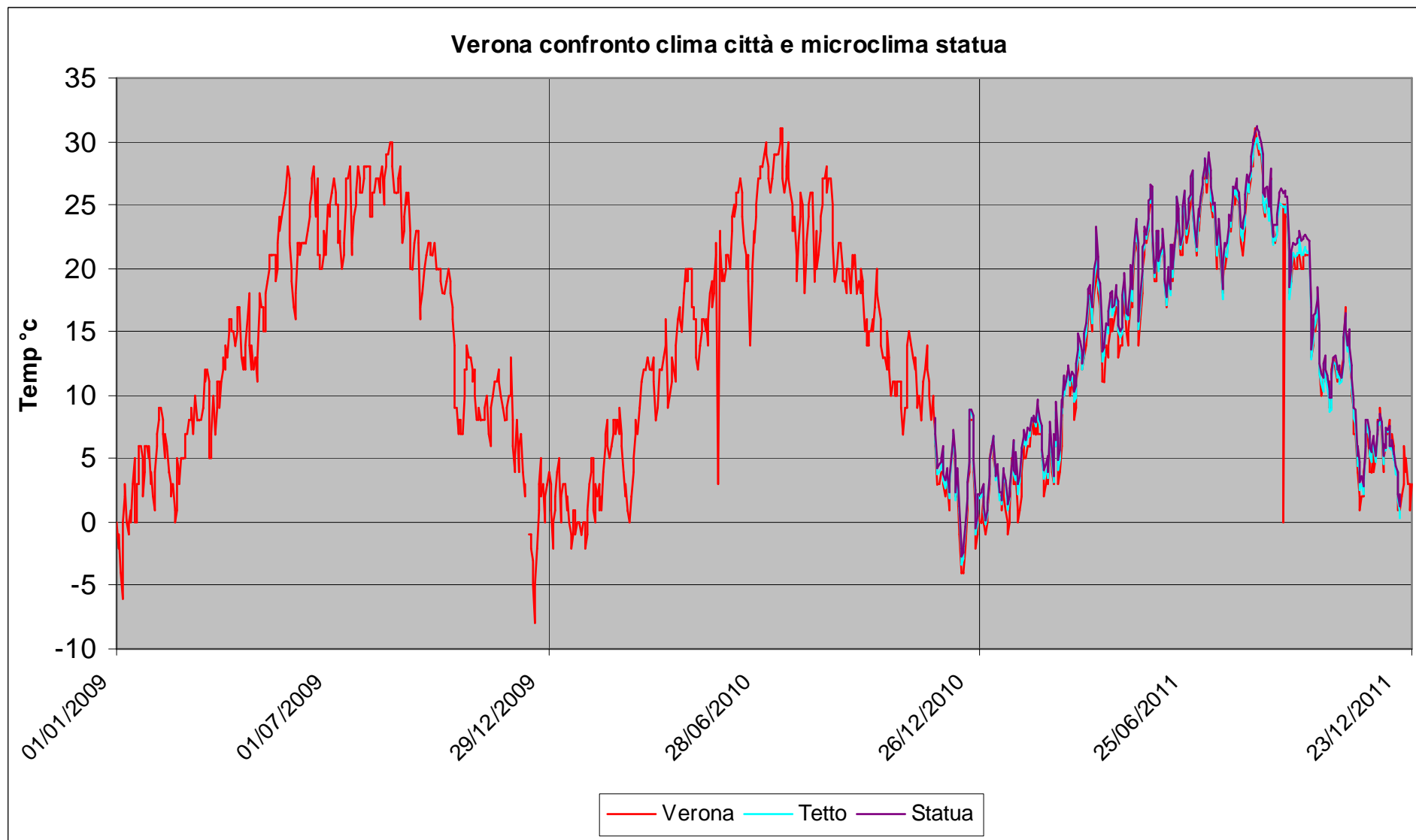
Scarica Dati

Irradianza solare max.sulla statua (W/m²)
 Velocità del vento min. sulla statua (m/s)
 Velocità del vento med. sulla statua (m/s)
 Velocità del vento max. sulla statua (m/s)
 Direzione del vento sulla statua (gradi)
 Temp. sup. min. arto post. dx (°C)
 Temp. sup. med. arto post. dx (°C)
 Temp. sup. max. arto post. dx (°C)
 Temp. sup. min. basamento (°C)
 Temp. sup. med. basamento (°C)
 Temp. sup. max. basamento (°C)
 Temp. sup. min. arto post. sx (°C)
 Temp. sup. med. arto post. sx (°C)
 Temp. sup. max. arto post. sx (°C)

Sviluppato da Maind S.r.l. Dati gestiti da LSI LASTEM S.r.l.

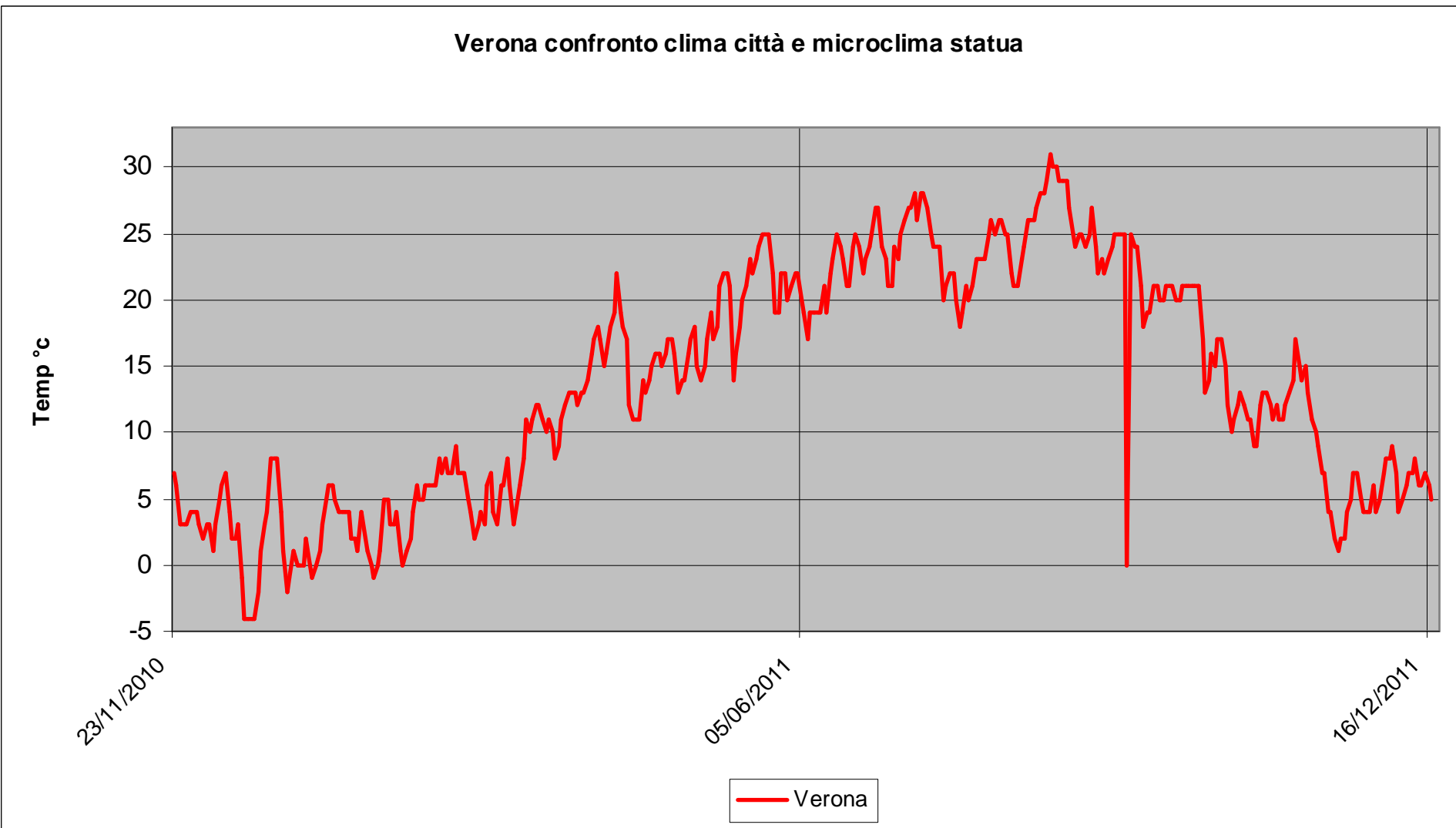
Inizio download dal sito: http://www.monitoraggio-cangrande.it/page/dwnldata.aspx?ids=0





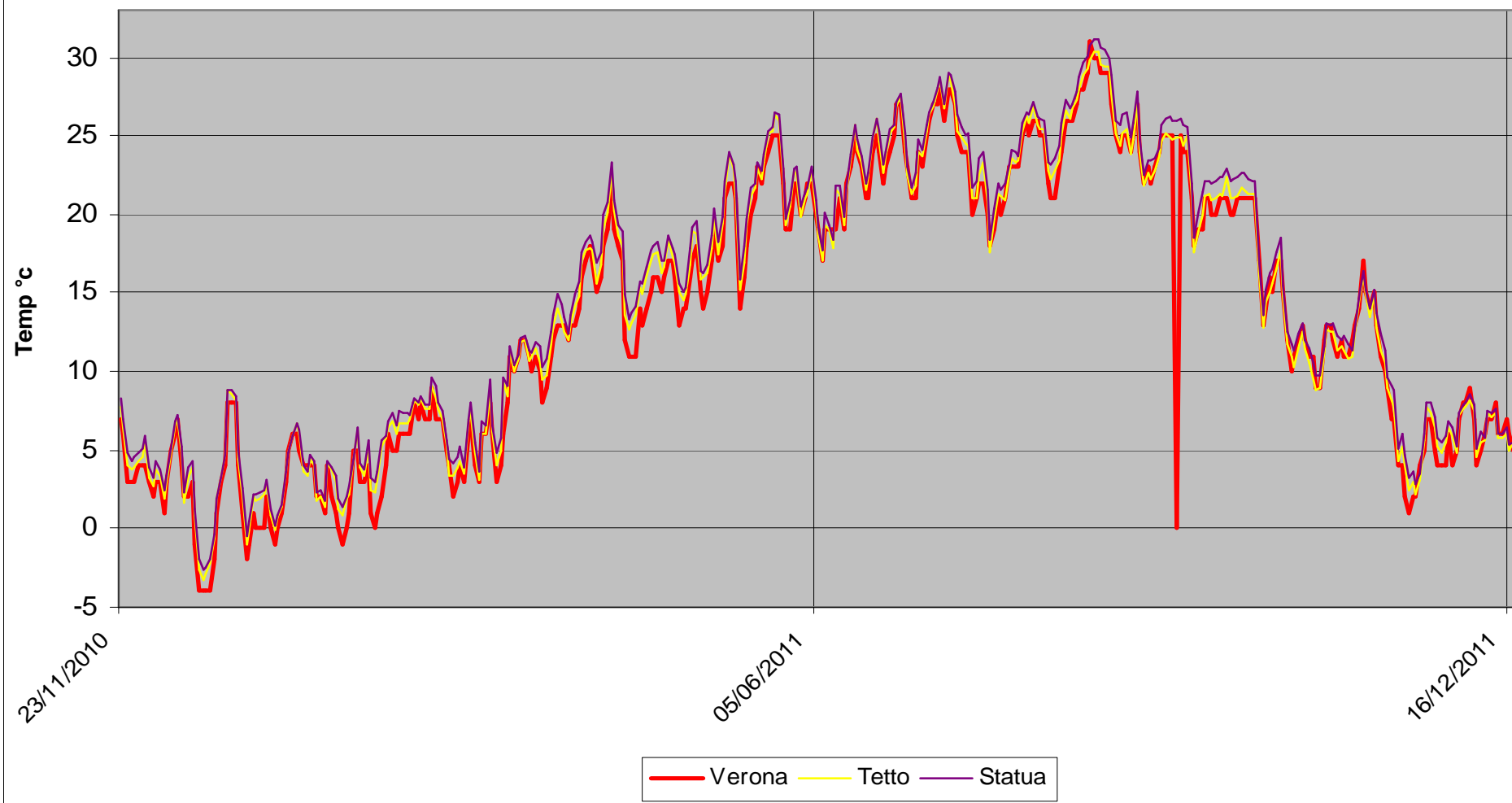


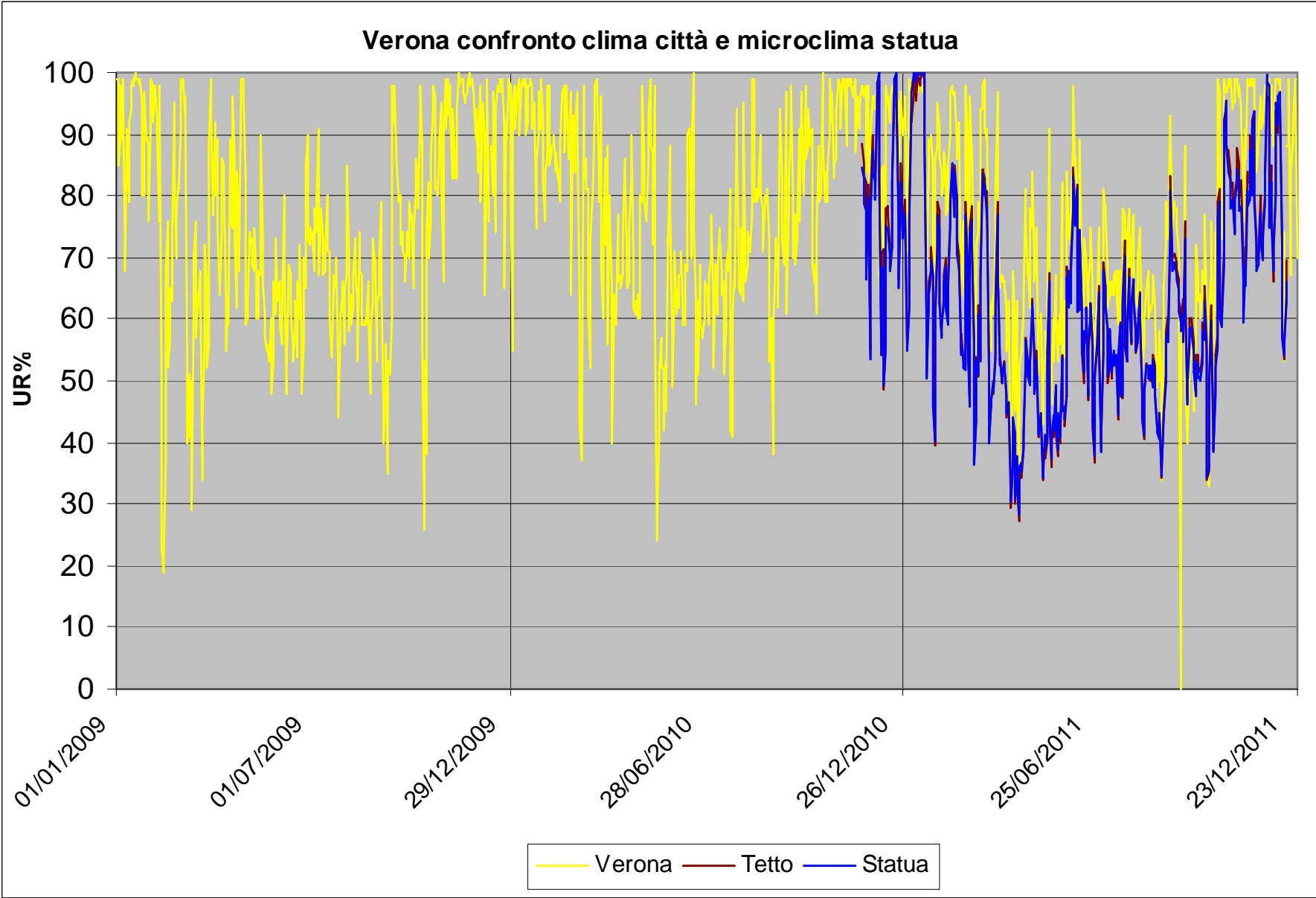
Verona confronto clima città e microclima statua

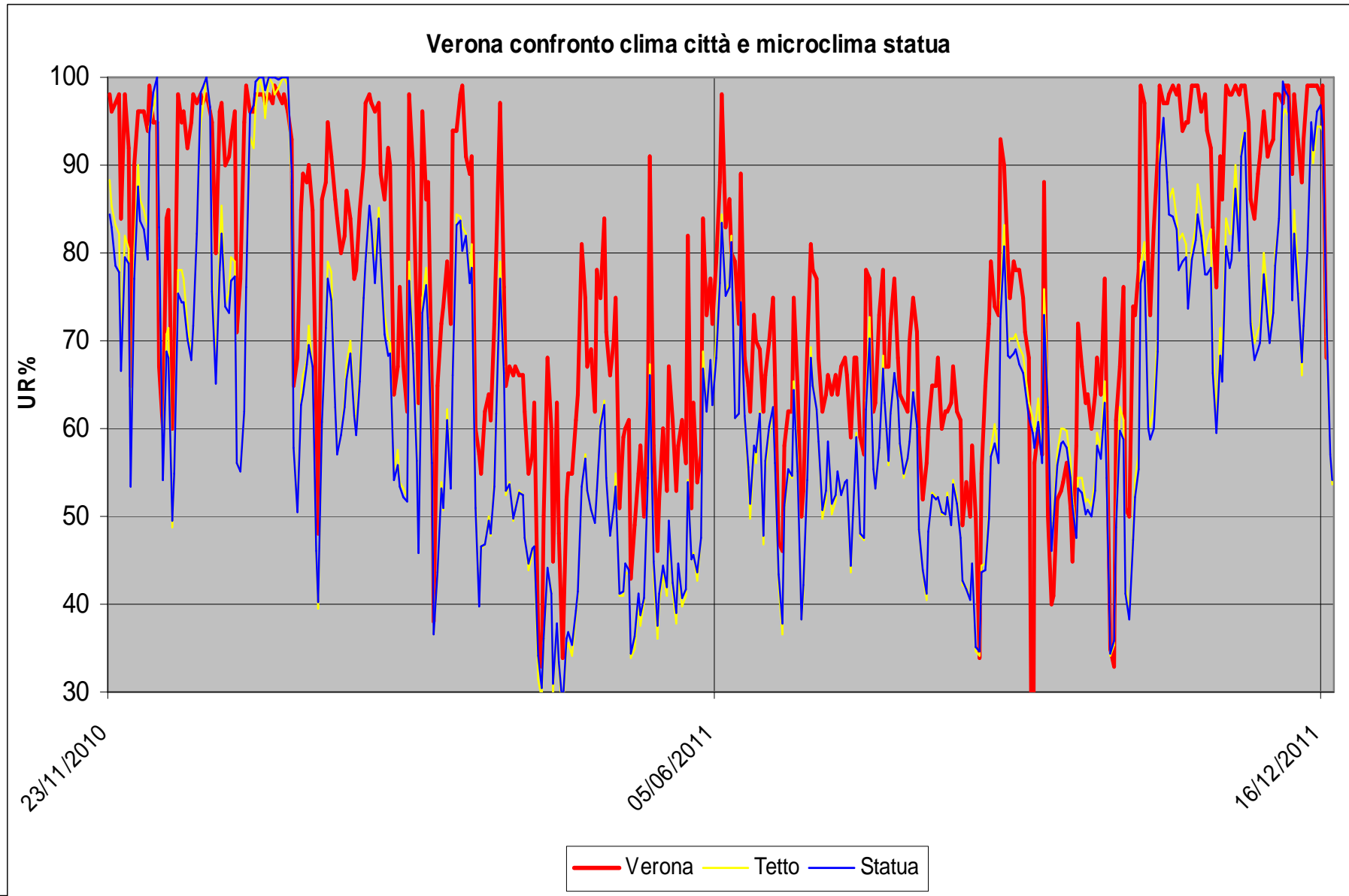




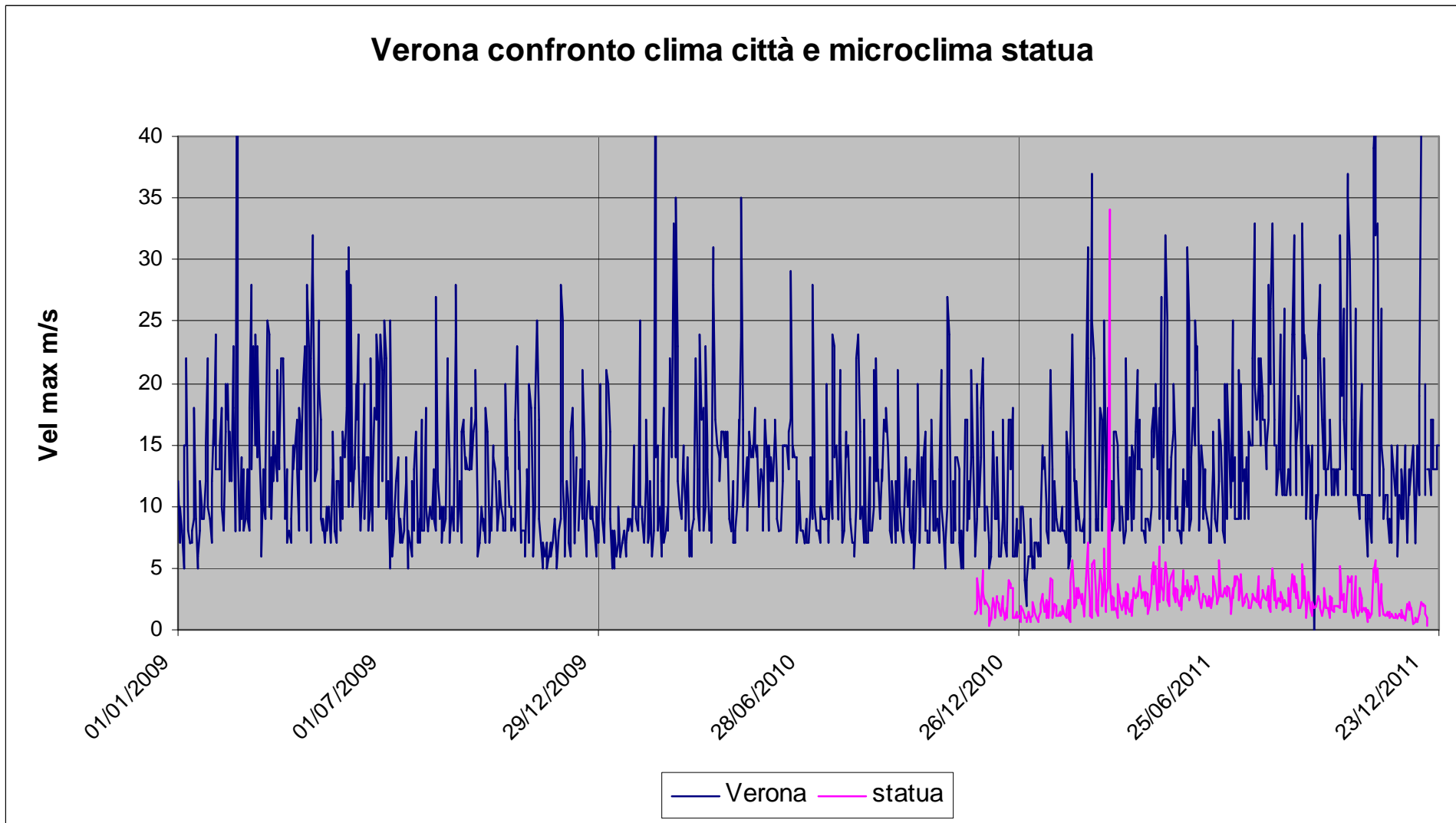
Verona confronto clima città e microclima statua

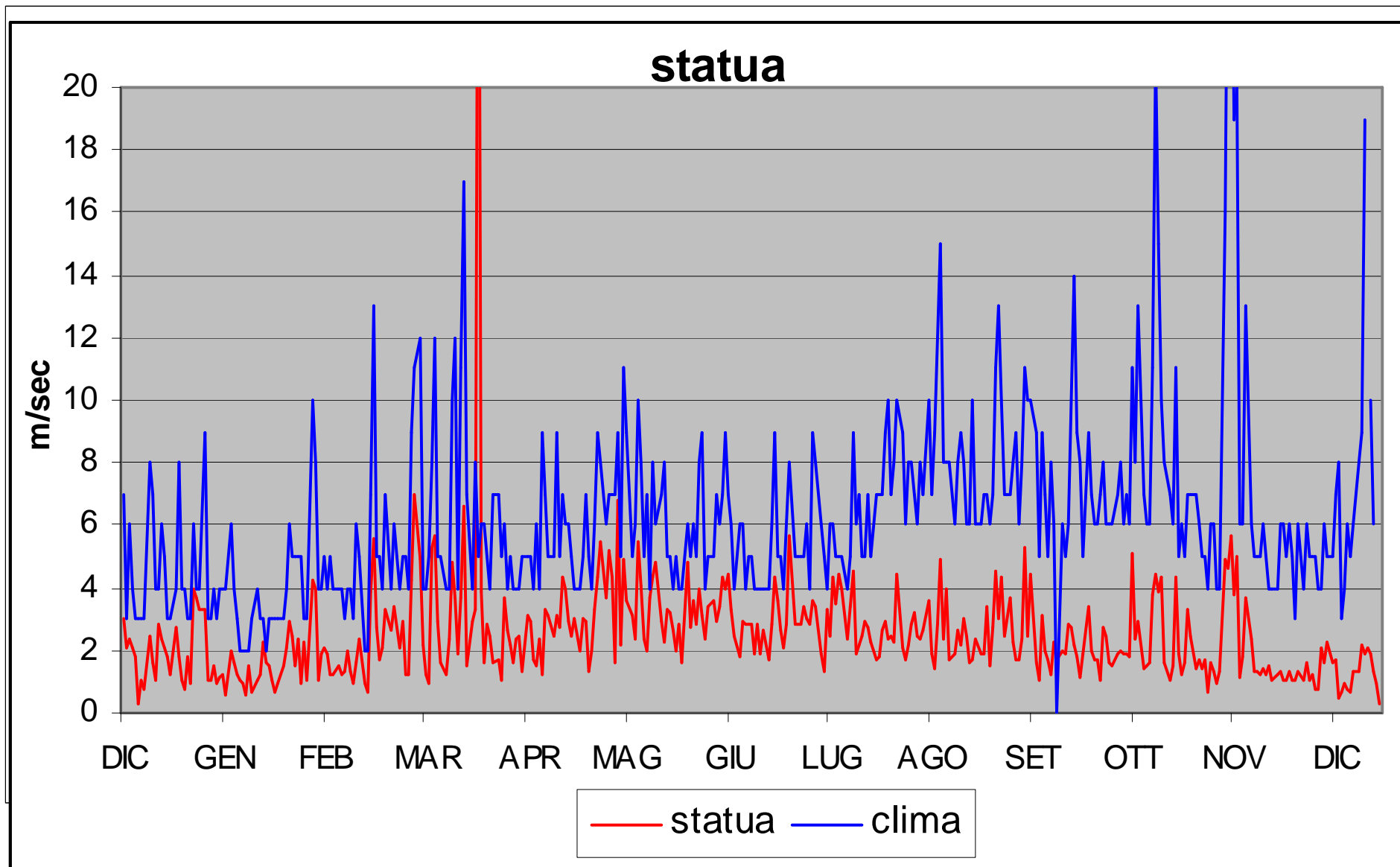


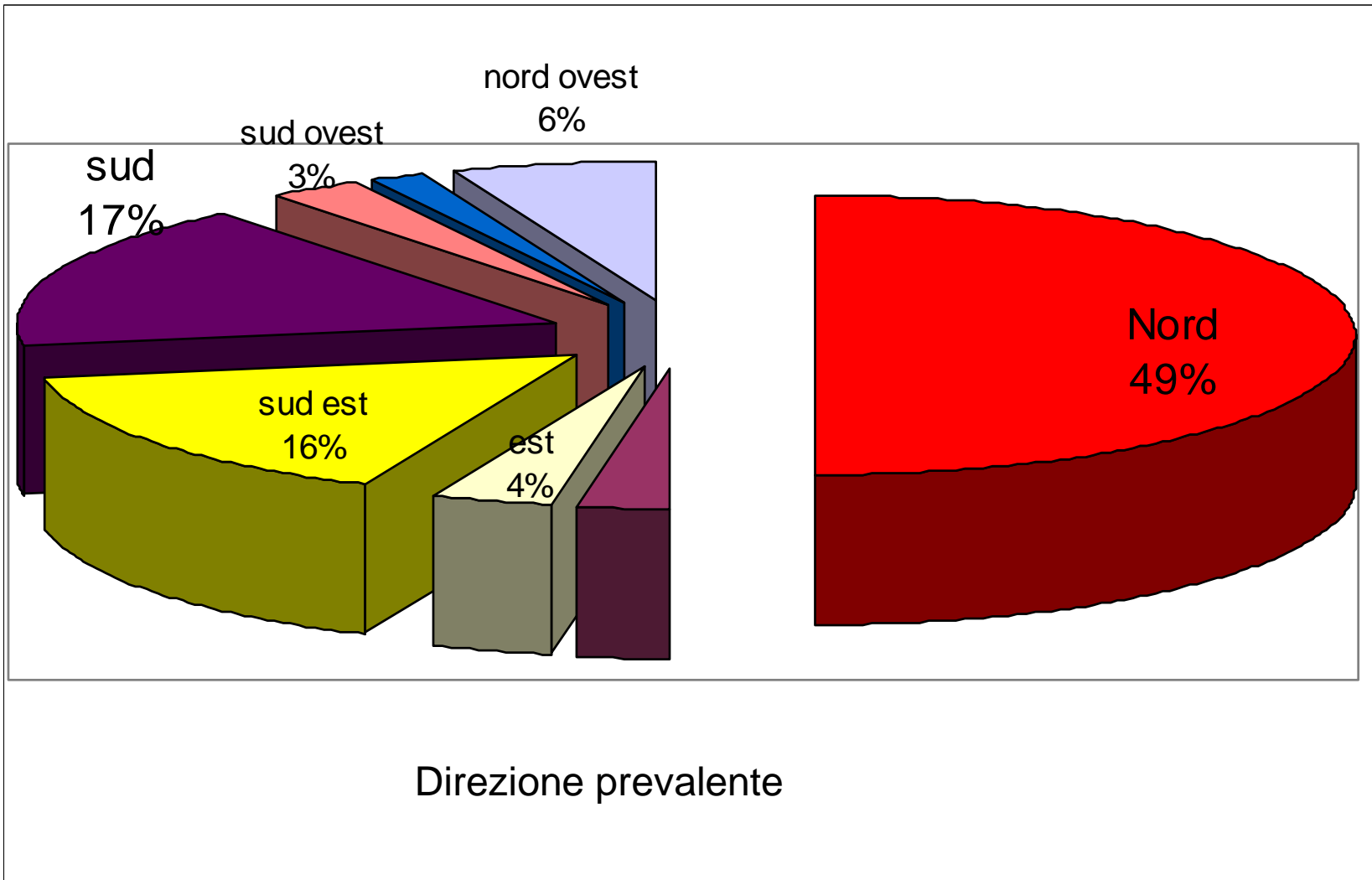


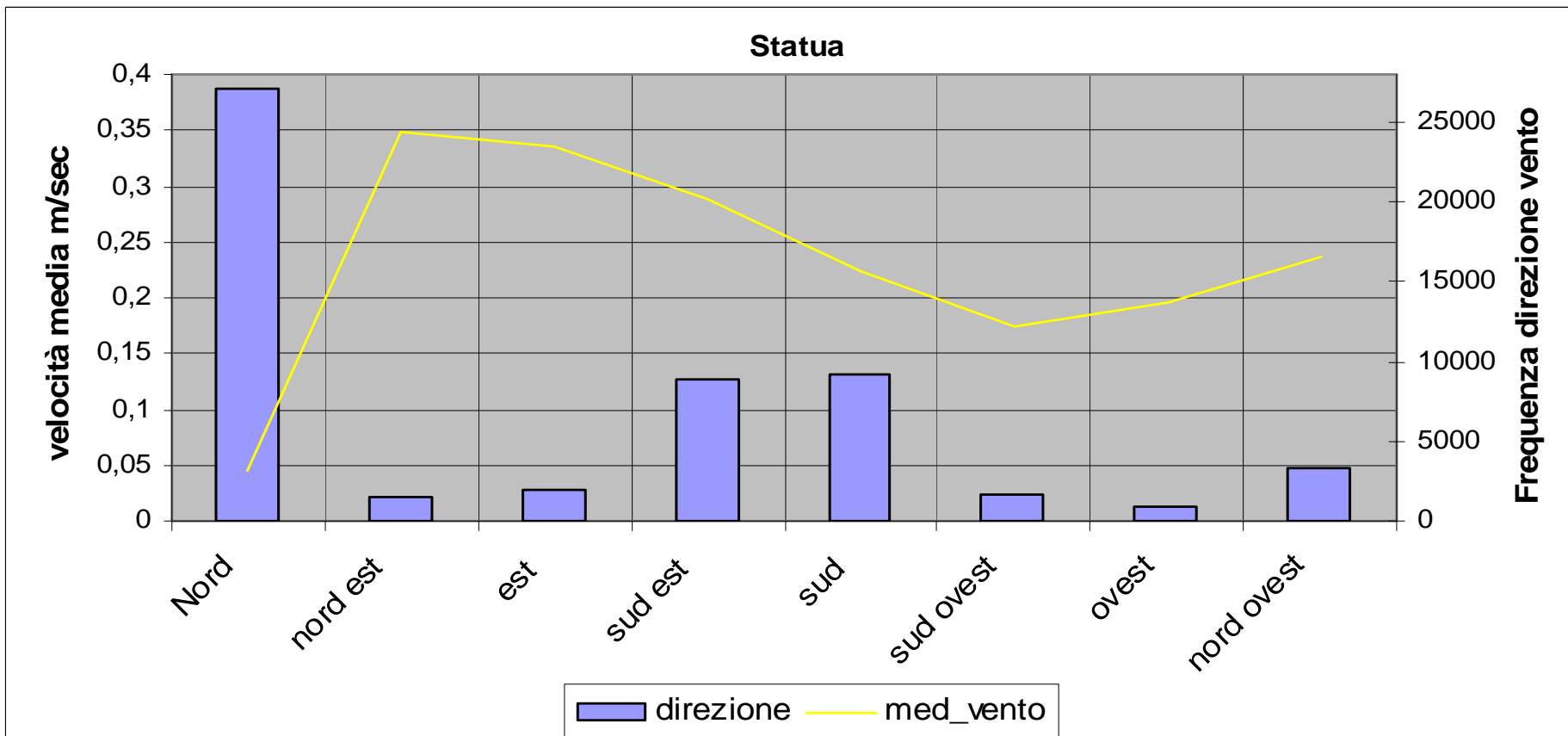


Verona confronto clima città e microclima statua

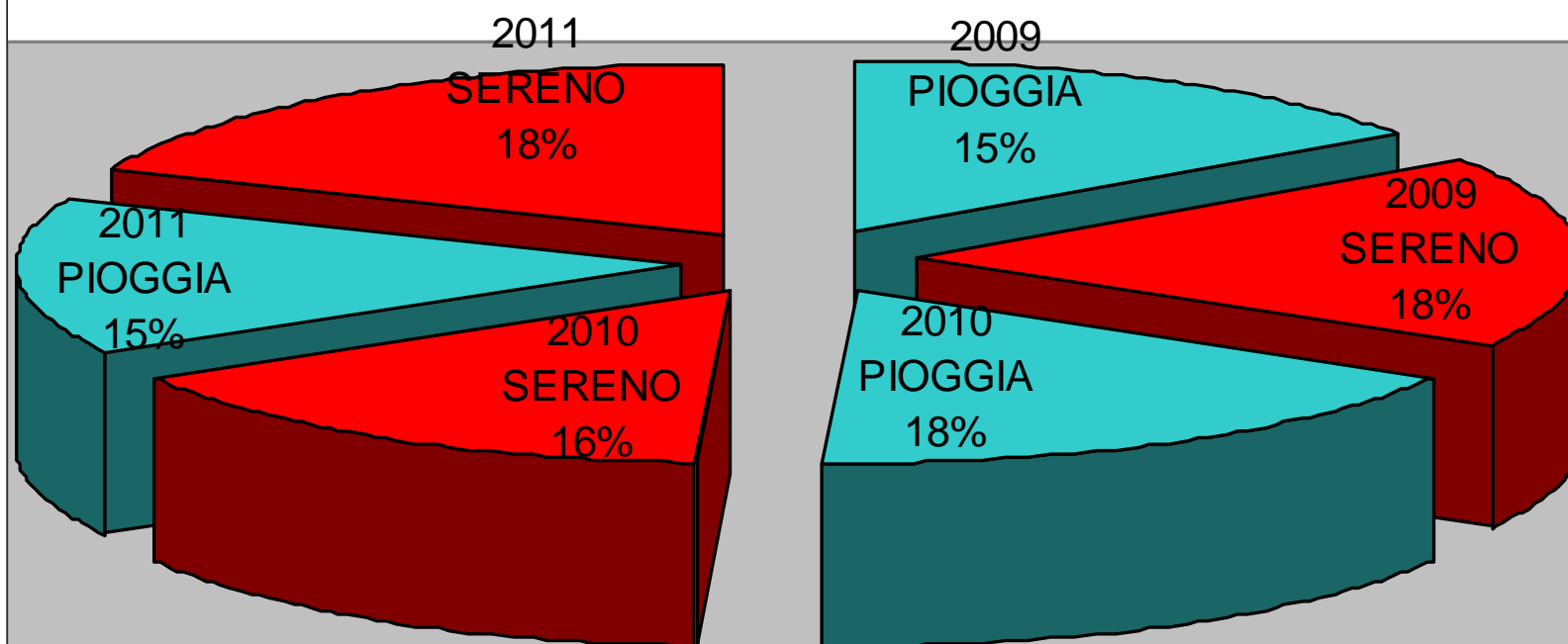




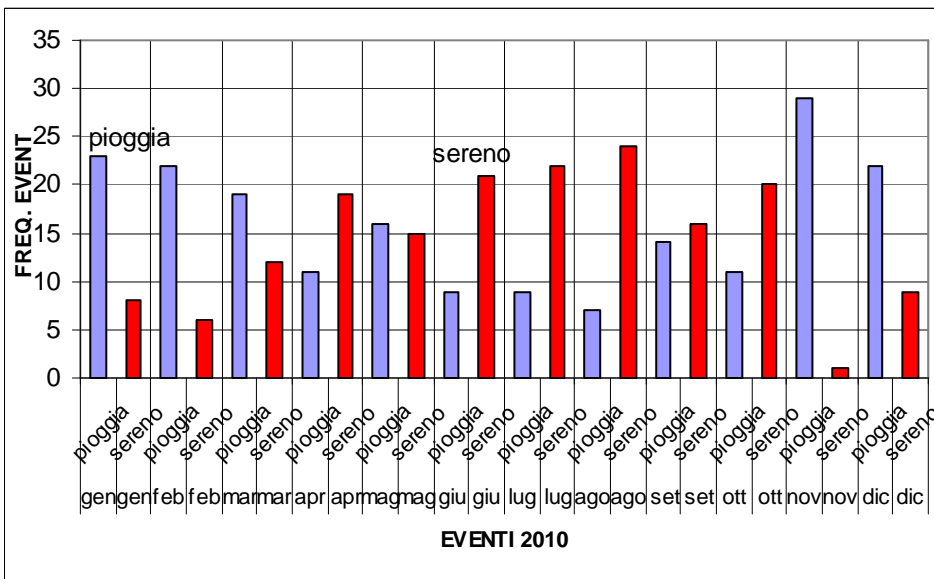
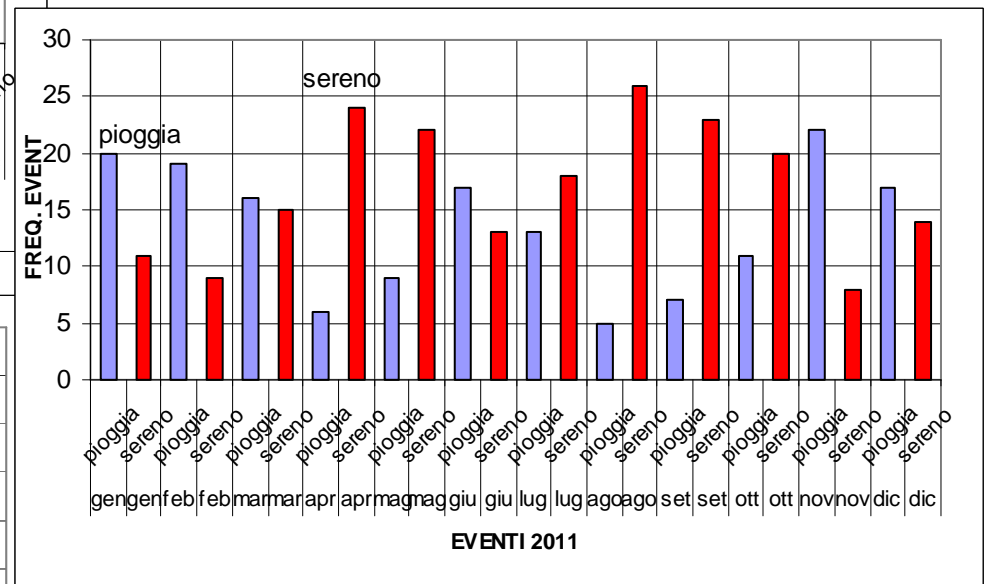
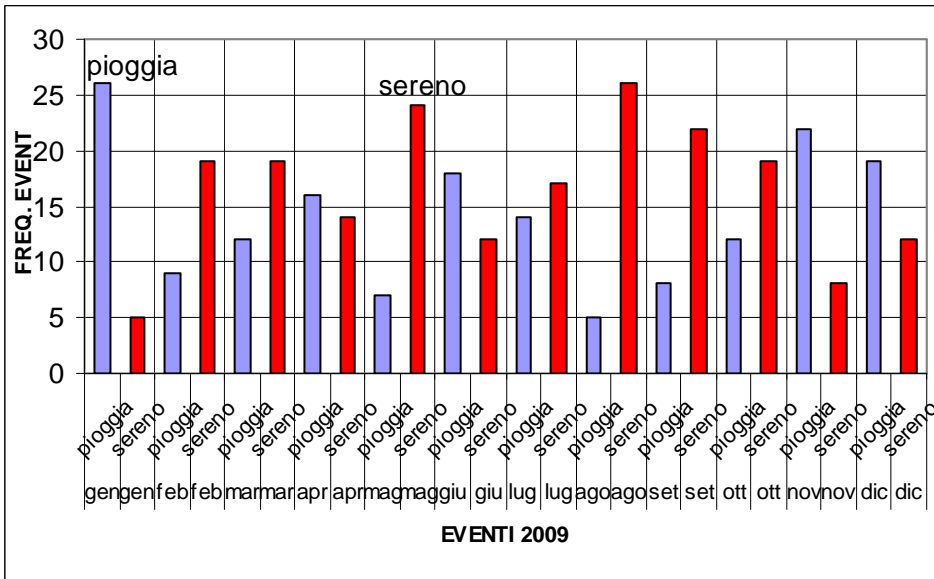





Statua



Distribuzione negli anni della frequenza di periodi di pioggia e/o sereno



Ripetitività stagionale della frequenza pioggia e/o sereno

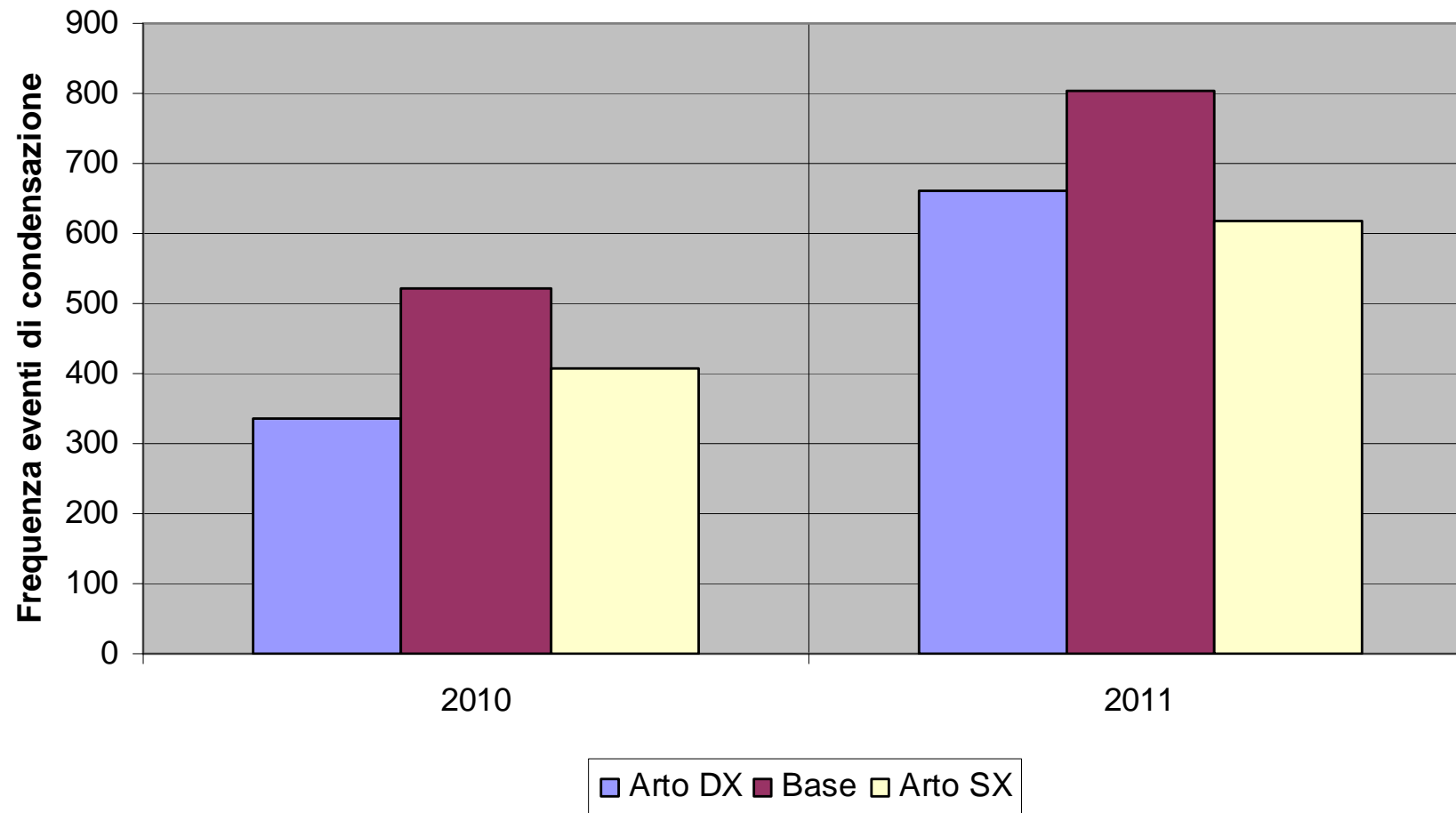


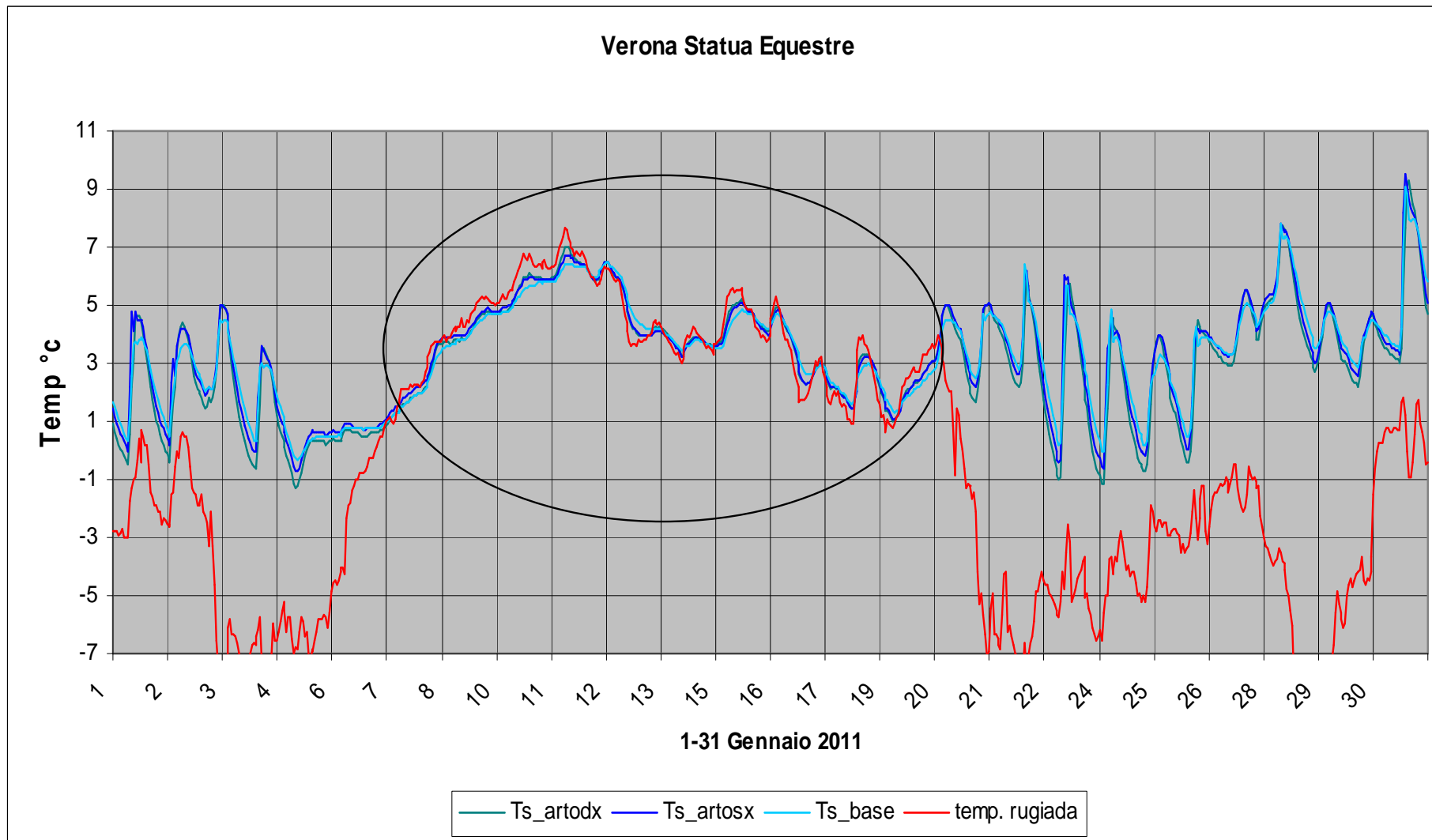
La campagna microclimatica realizzata costituisce la ricaduta diretta di quanto scritto nel saggio dell'arch. Alba Di Lieto *Una vela per Cangrande* nella pubblicazione su *La Statua Equestre del Cangrande I della Scala – Studi, Ricerche, Restauro*, (2007, Seconda edizione 2009) curata da Sergio Marinelli e Giulia Tamanti nell'appendice relativa alle indagini diagnostiche e alle procedure di manutenzione conservativa (a cura di PAOLA MARINI, FRANCESCA ROSSI, GIULIA TAMANTI).

Nella stessa pubblicazione in un saggio di Maria Laurenzi Tabasso e Ulderico Santamaria sulla *Sperimentazione per la scelta del sistema consolidante-protettivo* si sottolinea che "lo stato di conservazione del materiale lapideo è inesorabilmente in relazione con il 'sistema ambiente'"; il raggiungimento dell'equilibrio è, quindi, un processo dinamico legato alla esposizione della statua e, come affermato dagli autori, "...il raggiungimento di una condizione di equilibrio in un sistema aperto è pressoché impossibile, poiché il materiale tenderà a trasformarsi continuamente.....".



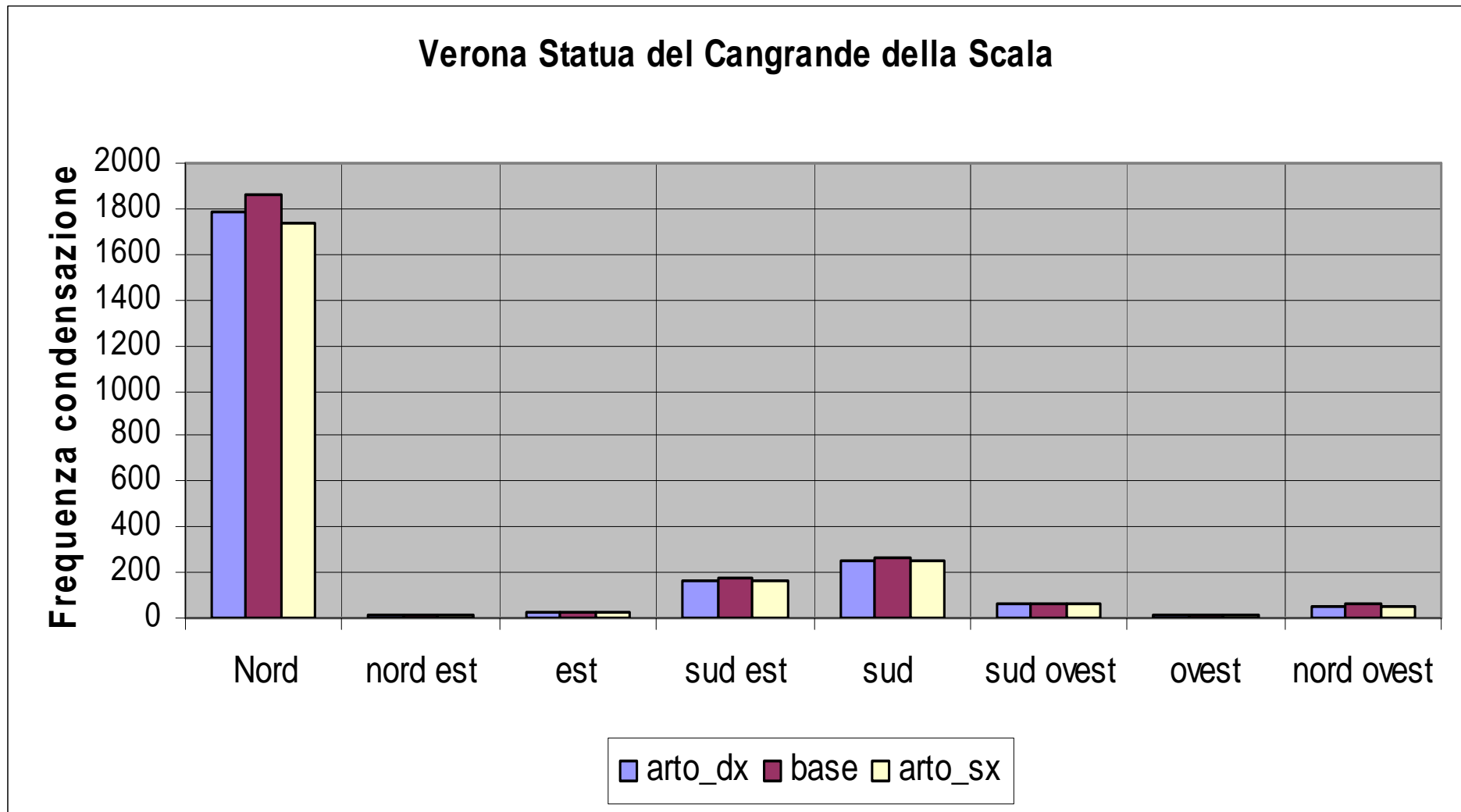
Verona Statua Equestre



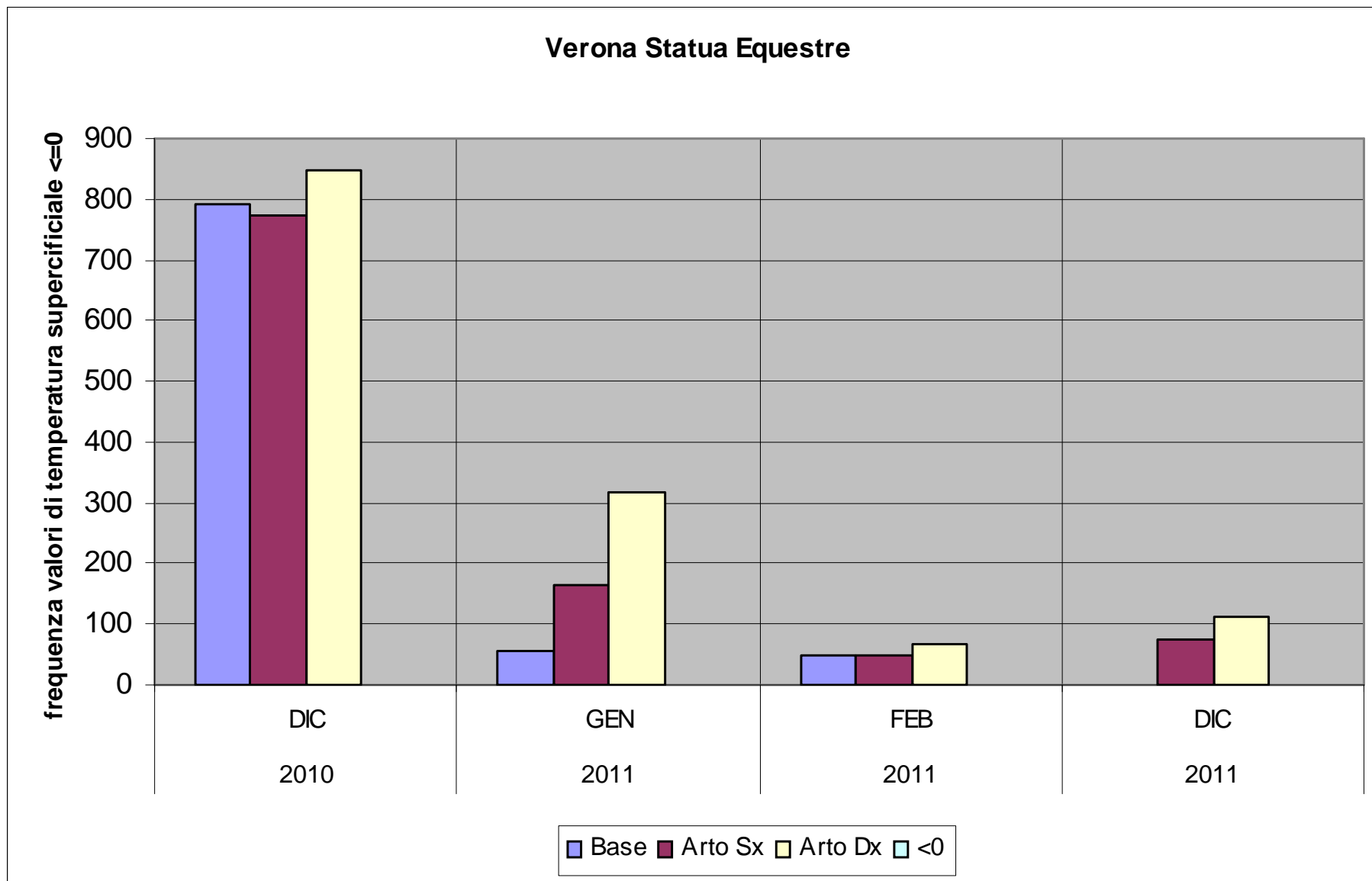


Esempio di periodo di condensazione oraria giornaliera

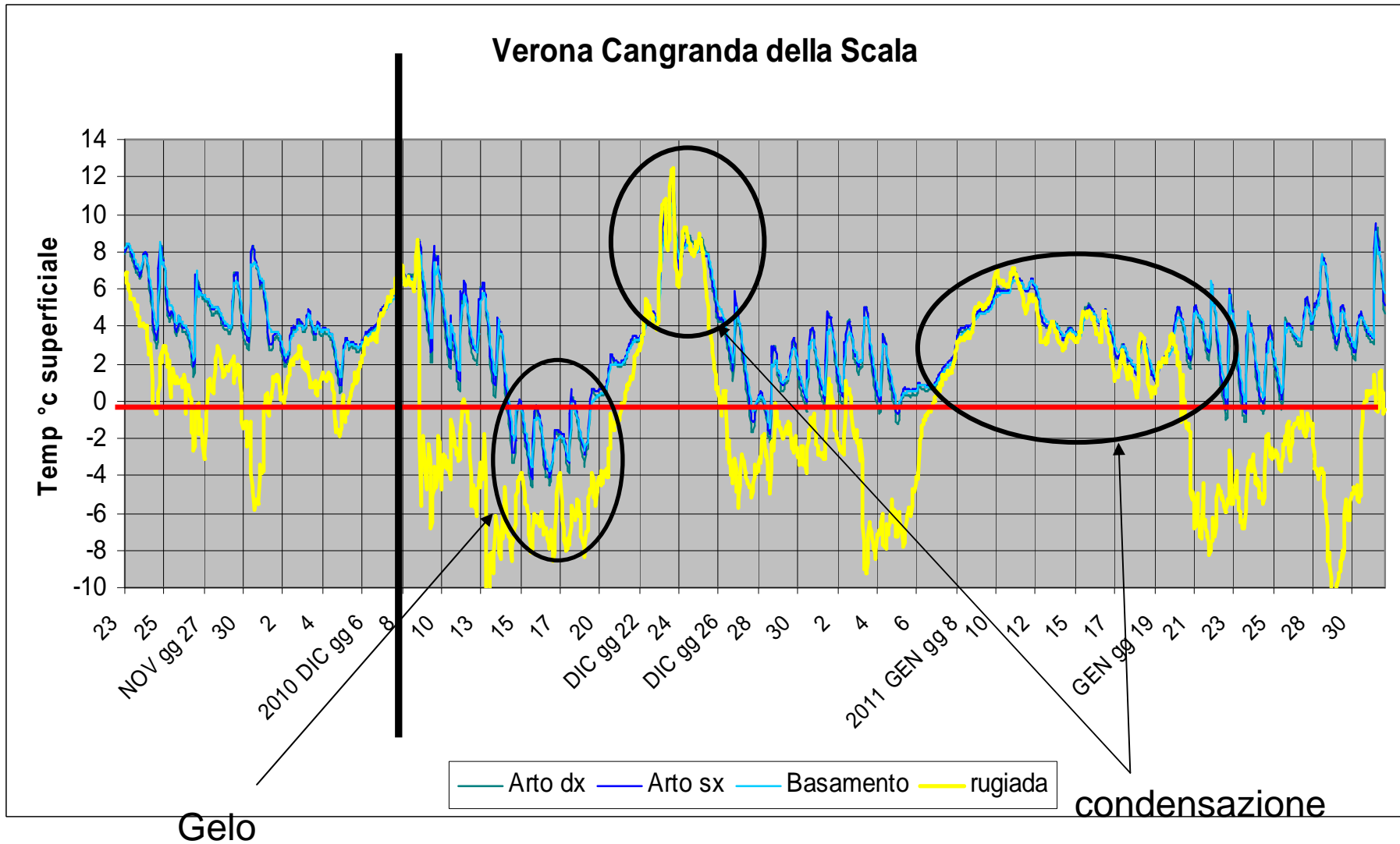
Verona Statua del Cangrande della Scala



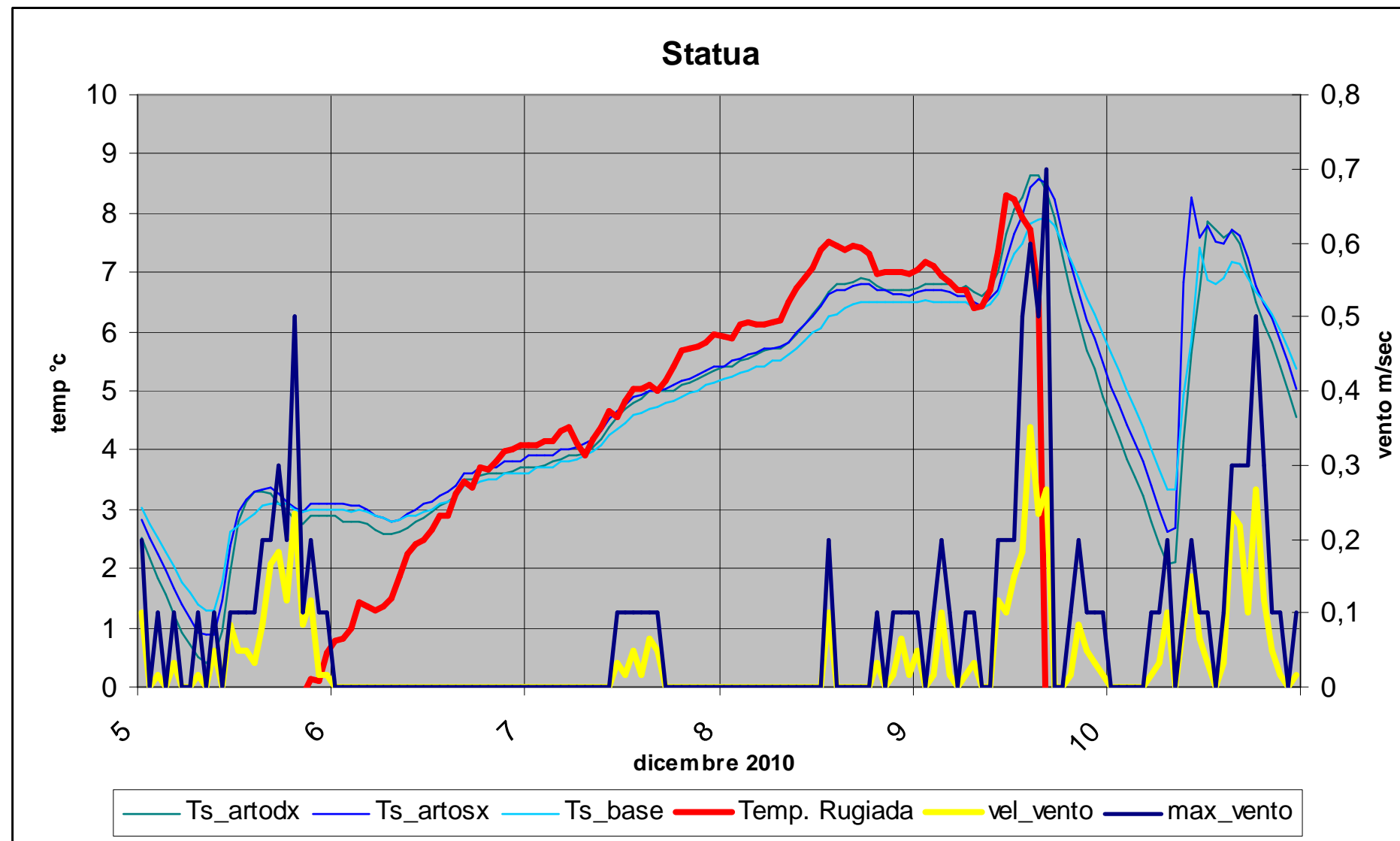
Frequenza della condensazione in funzione della direzione prevalente dei venti



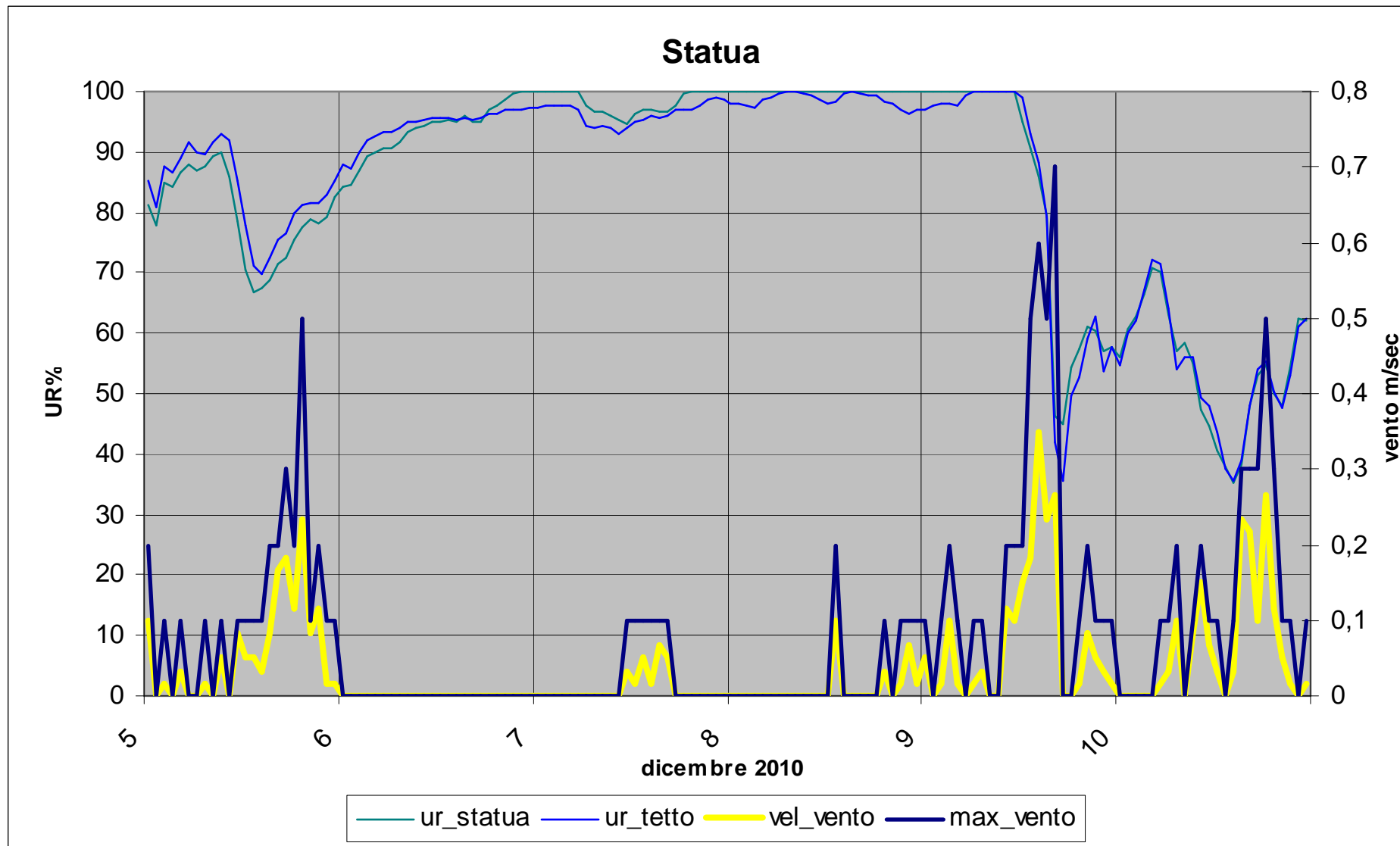
Frequenze dei periodi di gelo



Esempio di periodi in successione di gelo e condensazione

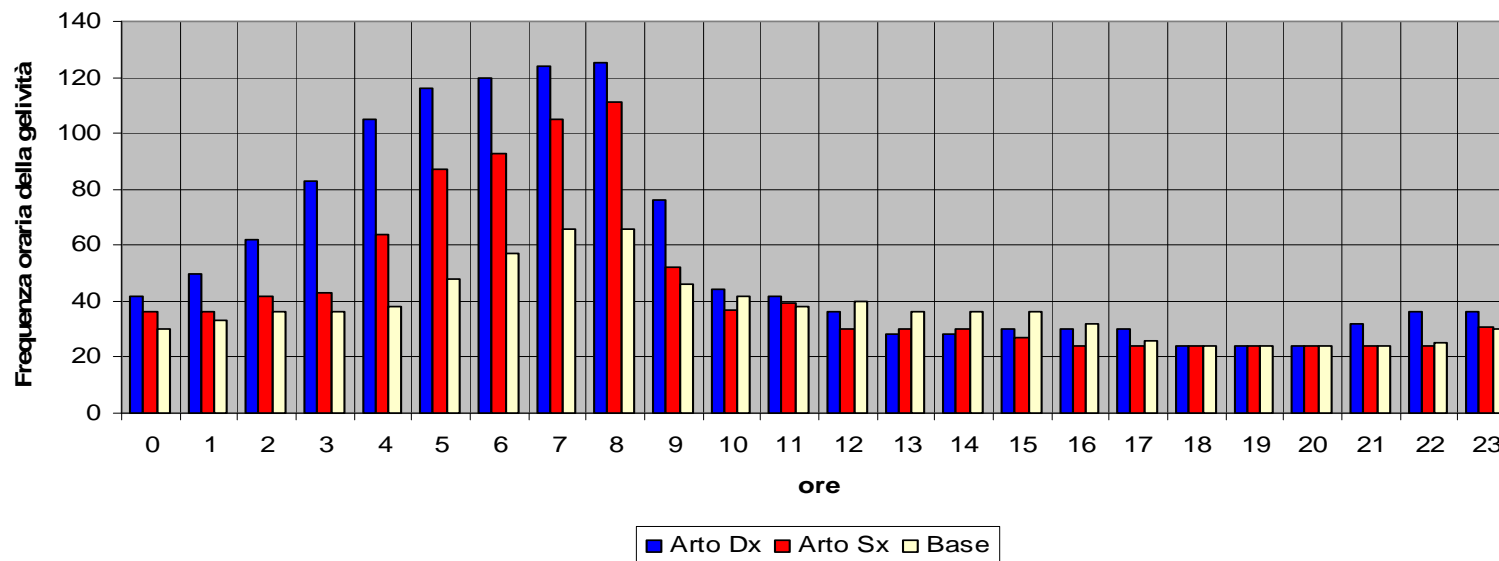


Esempio di correlazione di bassa o assenza di ventilazione e fenomeno di condensazione



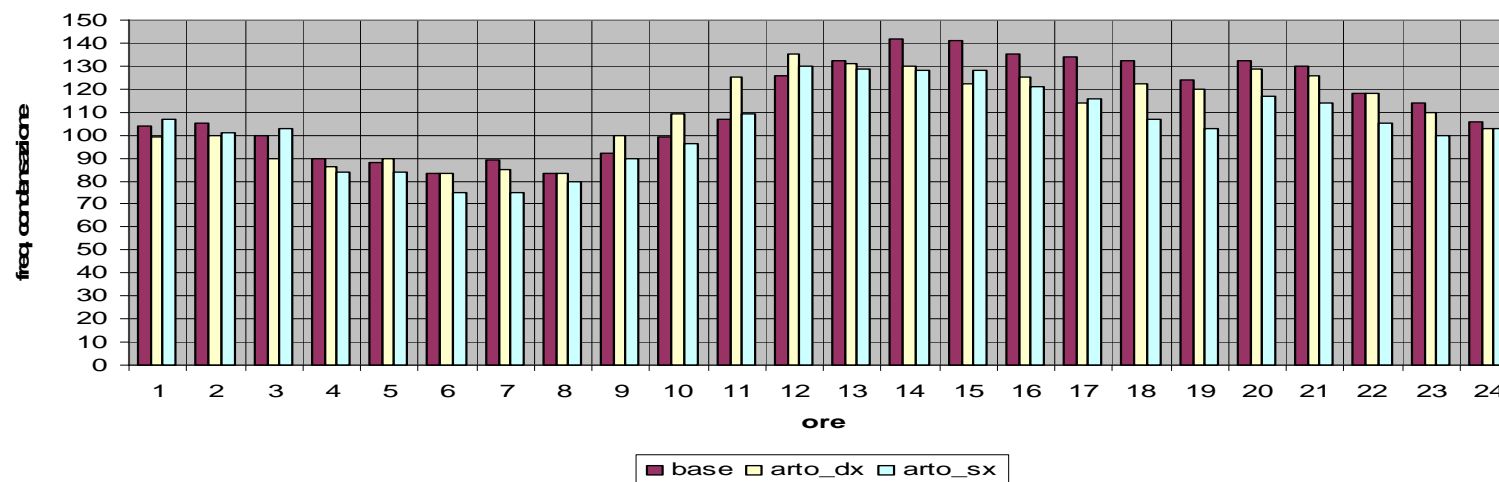
Stesso periodo ur al 100%

Verona Statua Equestre



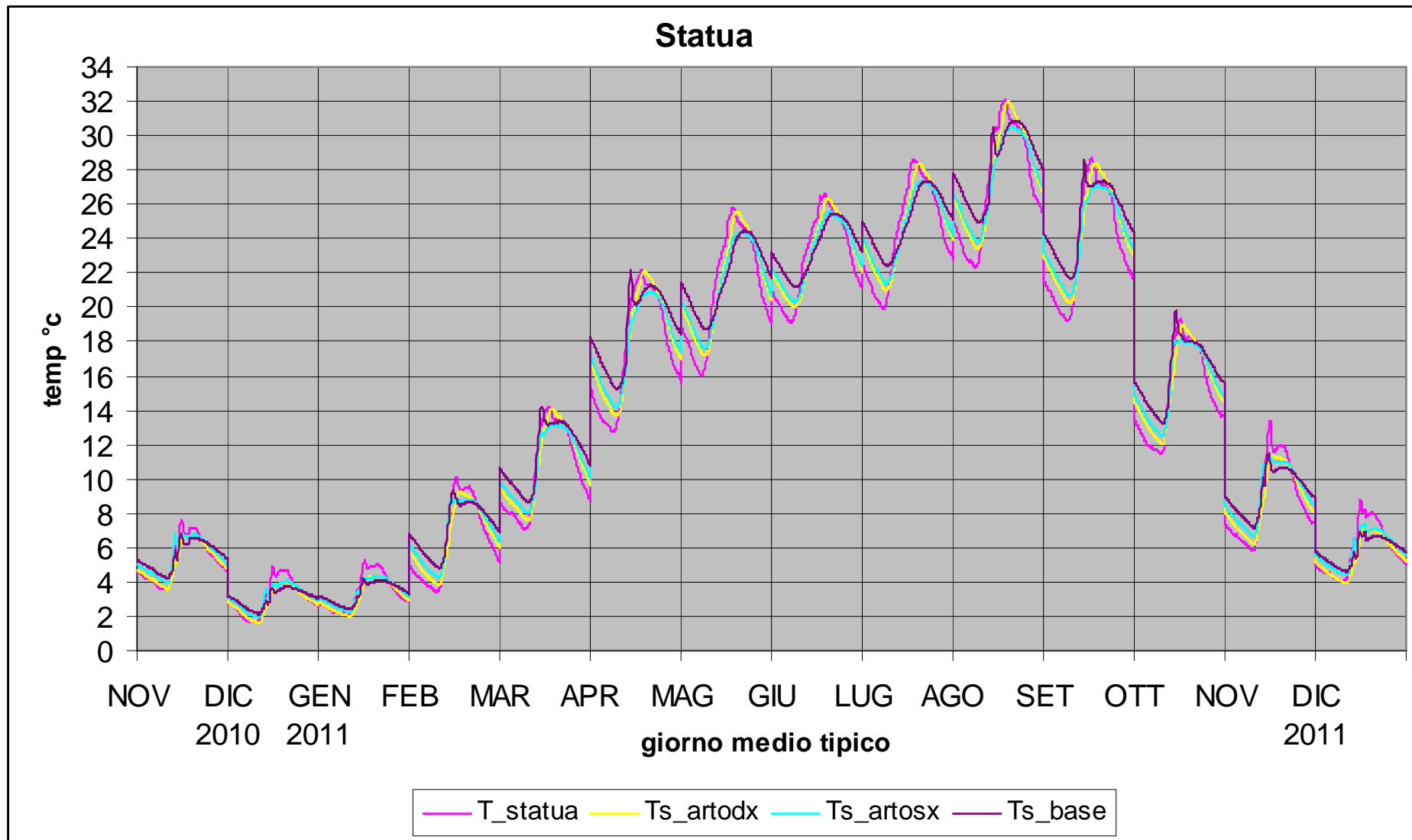
Periodo orario
fenomeni di gelo

Statua

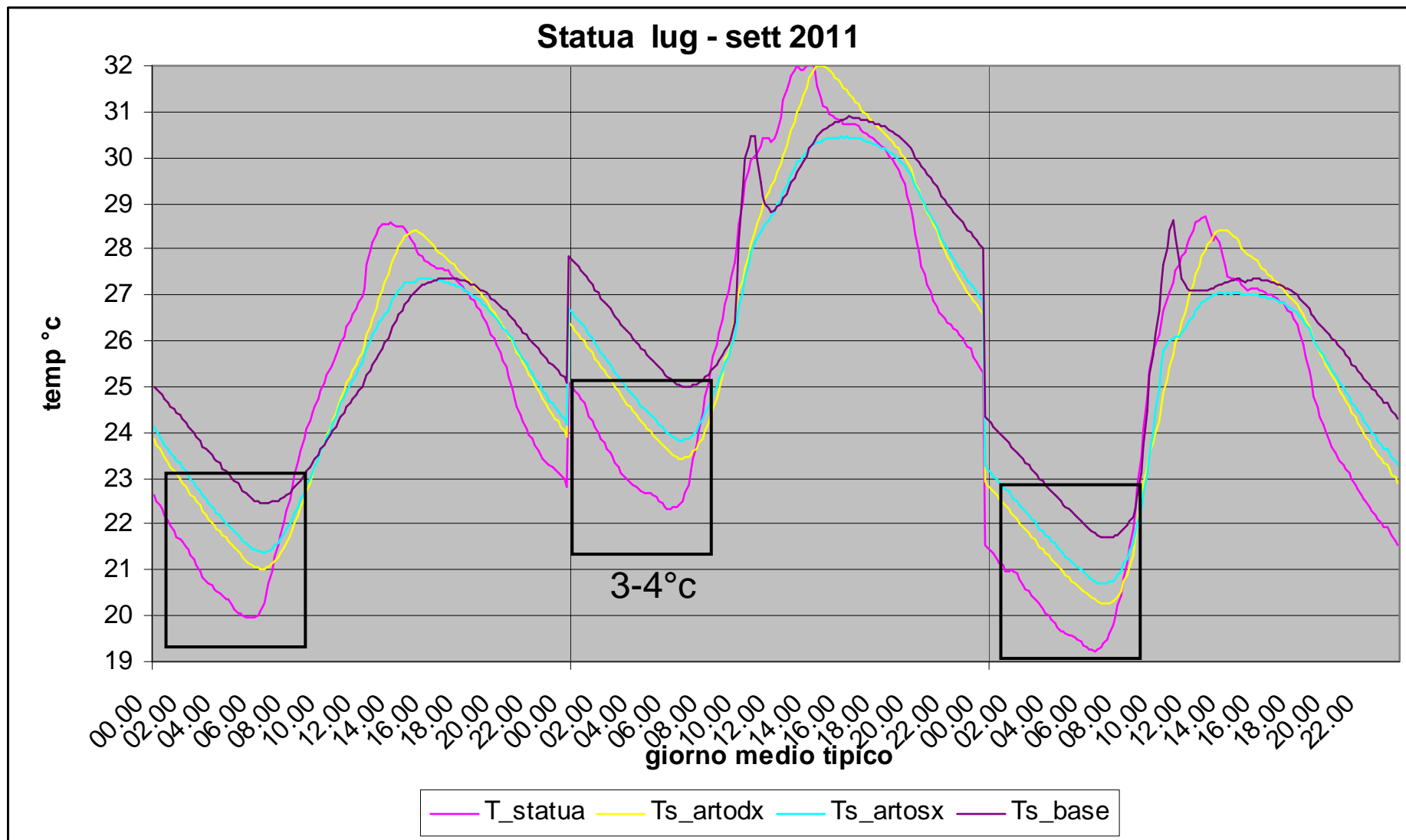


Periodo orario
fenomeni di
condensazione

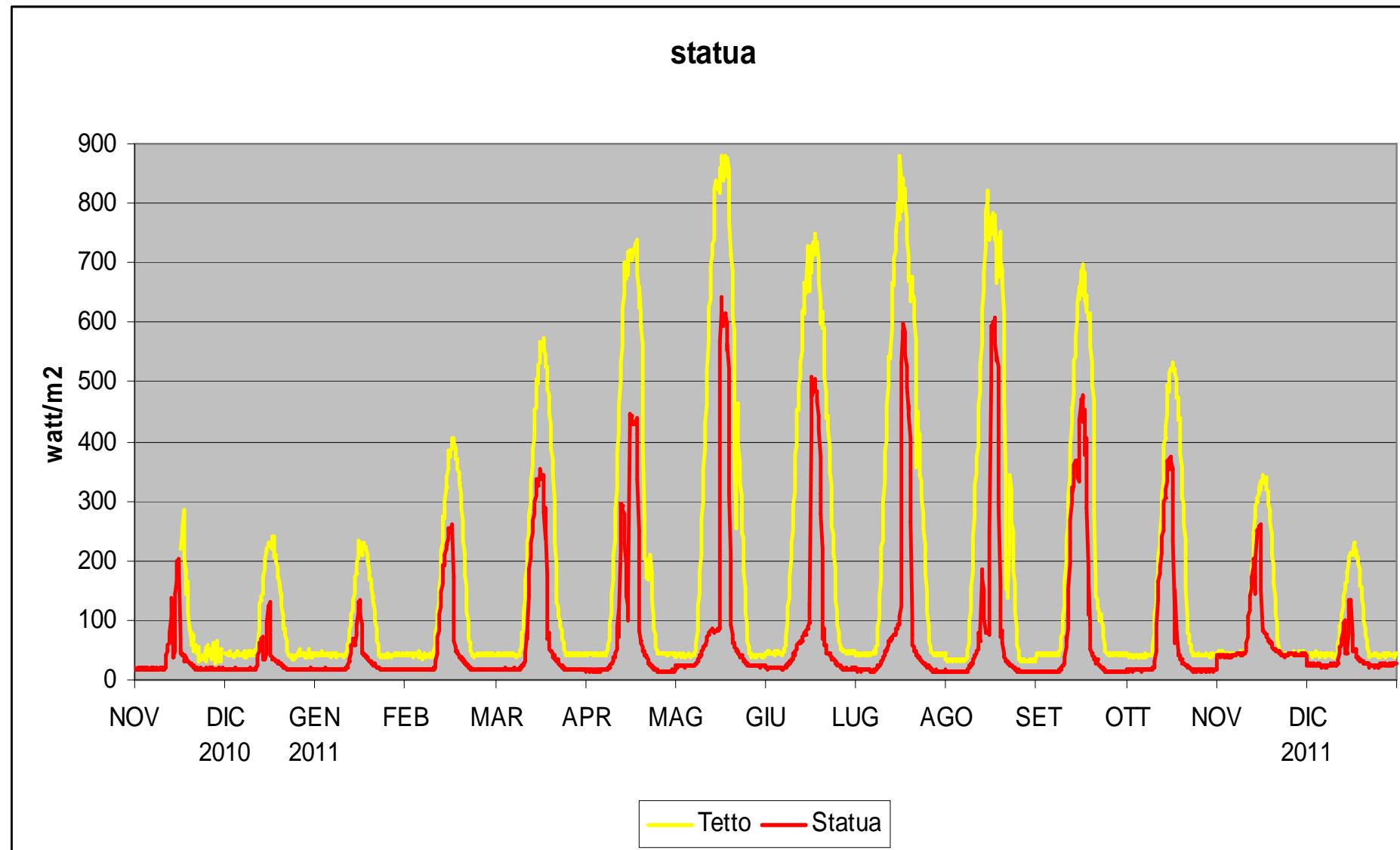
Si evidenzia che
avvengono in
orari diversi della
giornata



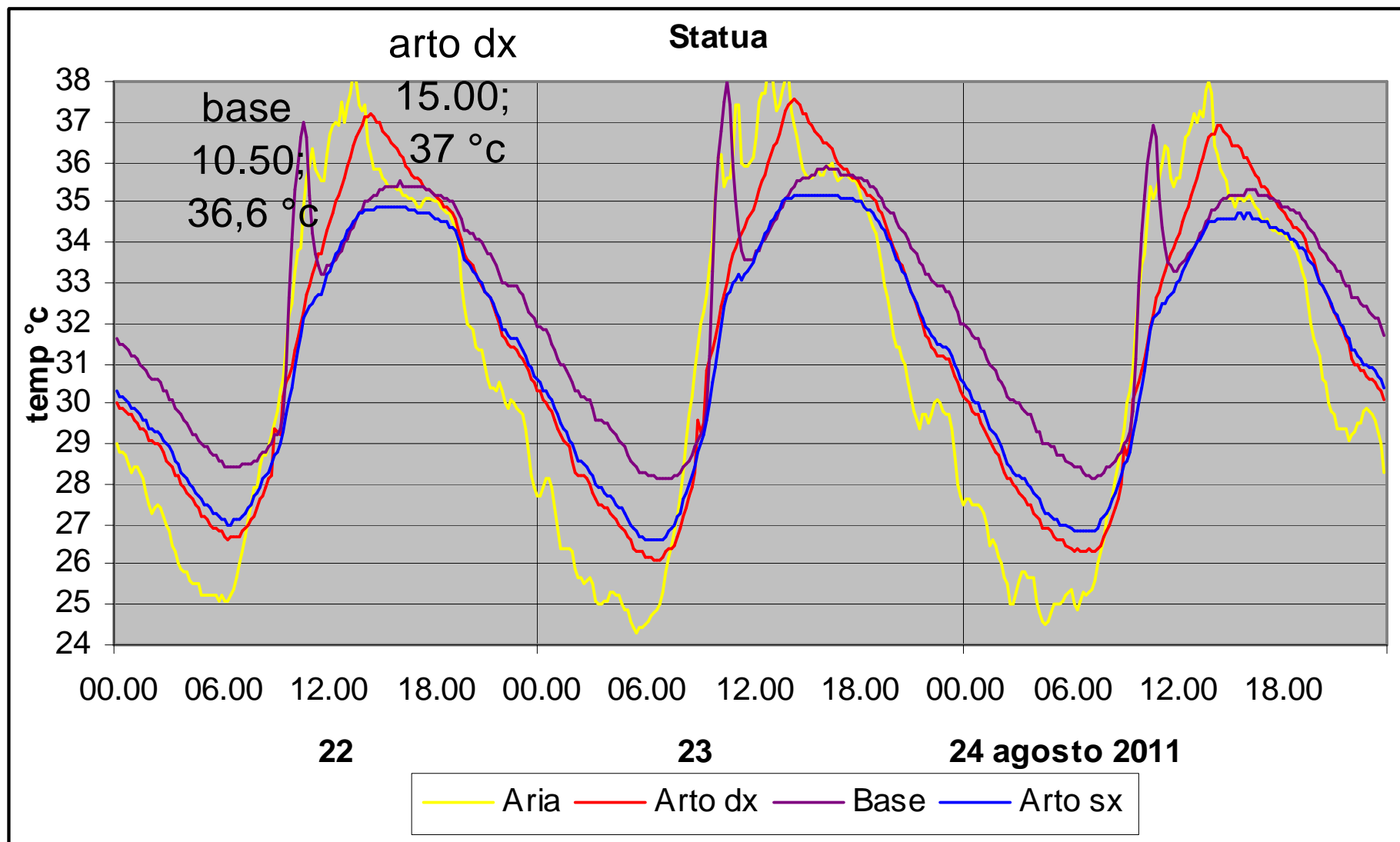
Andamento del giorno medio tipico mensile



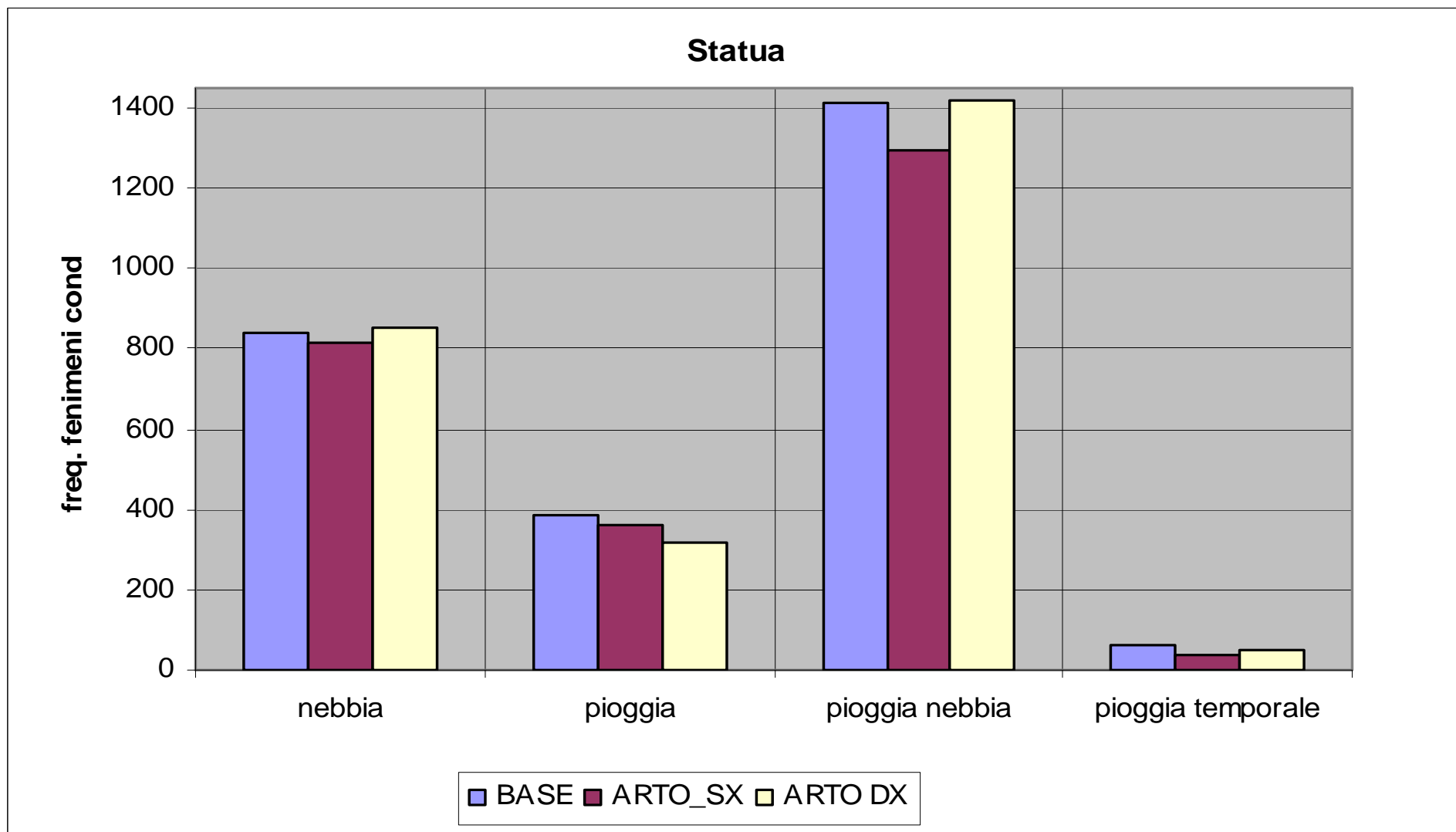
I gradienti medi del rilascio notturno del calore accumulato



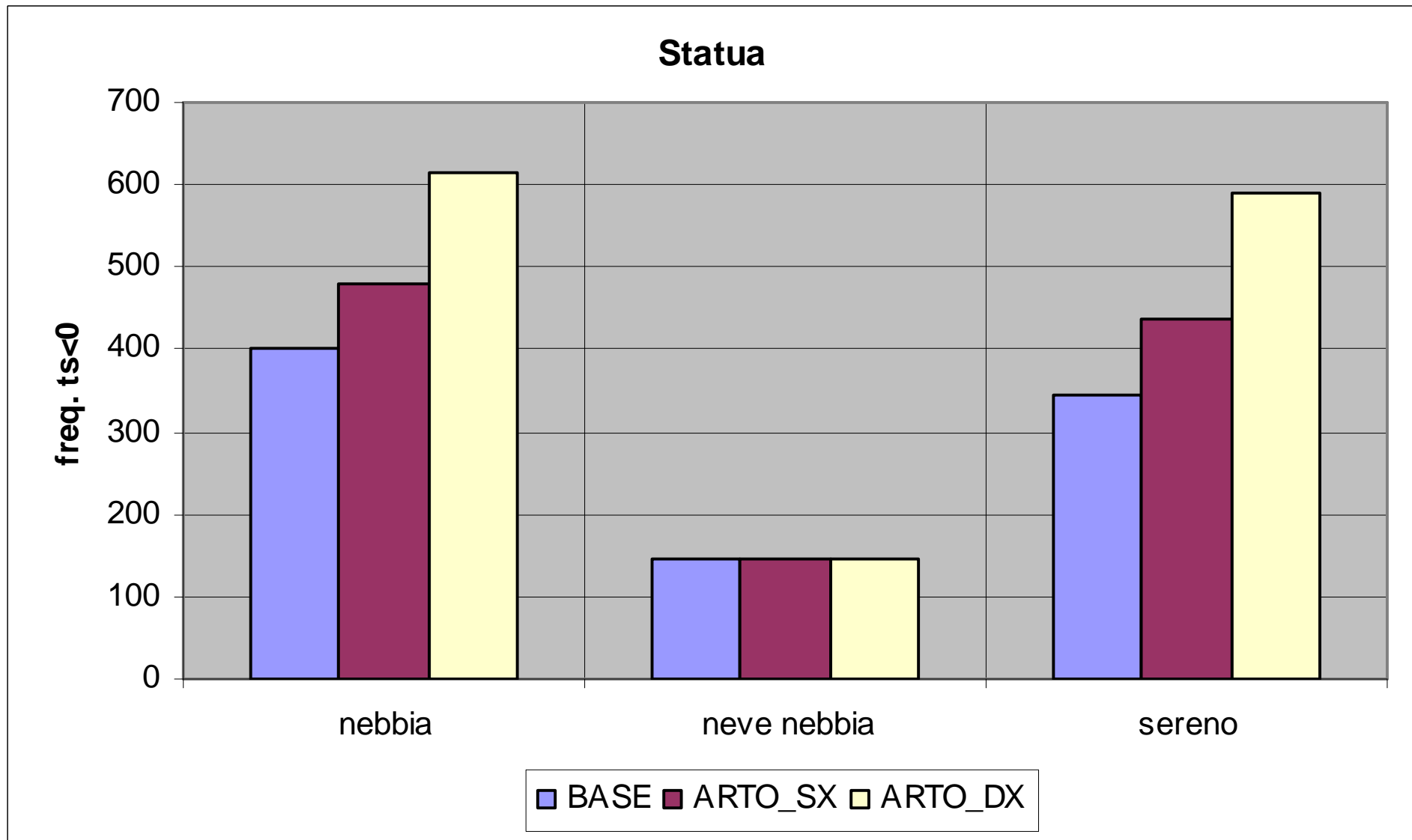
Andamento del giorno medio tipico dell'irraggiamento soalre



Per effetto dell'irraggiamento e della proiezione delle ombre al controno si raggiungono i massimi in orari diversi



Relazione della frequenza della condensazione con i fattori meteo climatici



Relazione della frequenza di gelo con i fattori meteo climatici



L'analisi finale del monitoraggio condotto permette di sintetizzare i seguenti punti di criticità:

- 1) vento prevalente e pioggia battente**
- 2) fenomeni di condensazione**
- 3) fenomeni di gelo**
- 4) irraggiamento solare**
- 5) gradienti termici significativi nel periodo aprile – settembre**

Diventa quindi necessario affrontare il problema intervenendo sugli effetti dell'impatto aggressivo che il clima esterno esercita sul monumento per operare una riduzione del rischio ambientale. In particolare, i rischi legati devono essere affrontati con le operazioni di manutenzione previsti nello stesso volume dal contributo di Maria Laurenzi Tabasso e Ulderico Santamaria sulla *Sperimentazione per la scelta del sistema consolidante-protettivo*, quando si considera la *Verifica dell'intervento e programmazione della manutenzione* (pp. 109 – 110).

Infatti, al verificarsi dei fenomeni descritti, la possibilità di deposito del particolato atmosferico e terra non può che continuare e la loro rimozione deve avvenire prima che questi si fissino sulla superficie, rispettando il protocollo di manutenzione programmata in merito agli interventi di rimozione e controllo. In base ai risultati ottenuti dalla campagna microclimatica, gli interventi per la rimozione dei depositi superficiali, per la verifica della tenuta dello strato protettivo e per il controllo dello stato conservativo delle singole parti dell'opera possono essere effettuati in primavera e/o autunno.