

VERIFICA E MONITORAGGIO DELLE STRUTTURE DANNEGGIATE



MONITORAGGI STATICI SUL FORTE SPAGNOLO A L'AQUILA



MINISTERO PER I BENI
E LE ATTIVITÀ CULTURALI



*Presidenza del Consiglio dei Ministri
Commissario delegato per la ricostruzione*

*Ufficio del Vice - Commissario delegato
per la tutela dei Beni Culturali*



Premessa

Il Laboratorio di Fisica e C.A. da molti anni si occupa delle problematiche connesse al monitoraggio strutturale delle opere d'arte. Le esperienze maturate in questi anni hanno consentito lo sviluppo di apparecchiature e protocolli che possono trovare applicazioni di concreta utilità nel monitoraggio di strutture murarie danneggiate nel sisma verificatosi in Abruzzo il 6 aprile 2009.

Obiettivi

- Valutare gli effetti, soprattutto locali (concentrazioni di sforzo, innesco di incipienti meccanismi di collasso) dell'attuale stato di danno;
- Valutare possibili evoluzioni dell'attuale situazione legate ad eventuali aggravamenti dello stato di danno;
- Accertare la presenza di eventuali lesioni nei corpi dei muri;
- Valutare l'efficacia degli interventi che verranno eseguiti.

Utilità

- La campagna di misure è stata condotta su edifici lesionati dal sisma al fine di appurare eventuali movimenti e la loro origine (eventi sismici in atto o assestamenti dinamici).
- I dati raccolti forniscono informazioni per integrare i dati dell'assetto statico dell'immobile al fine di poter attuare le procedure di restauro che si eseguiranno in fase di ricostruzione.
- La banca dati delle misure effettuate sarà uniformata agli standard della "Carta del Rischio" ed integrata nella schedatura di ricognizione condotta dai tecnici incaricati

Valutazione di diverse opzioni strumentali

- Impiego di strumenti convenzionali con acquirente di dati remoto (sistemi cablati a cavo);
- Impiego di strumenti convenzionali con acquirente di dati remoto (sistemi a trasmissione in radio frequenza);
- Impiego di strumenti convenzionali dotati di acquirente di dati locale (data-logger)

Impiego di strumenti convenzionali con acquisitore di dati remoto (via cavo)

PRO

- Facile reperibilità;
- Costi medi

CONTRO

- Installazione
difficoltosa;
- Facilità di rottura del
cavo dati (ambiente
post-sisma)

Impiego di strumenti convenzionali con acquisitore di dati remoto (radio frequenza)

PRO

- Facile reperibilità;
- Installazione rapida

CONTRO

- Alti costi;
- Consumo energetico elevato
- Difficoltà di trasmissione in ambienti confinati

Impiego di strumenti convenzionali dotati di acquisitore di dati locale (data-logger)

PRO

- Facile reperibilità;
- Installazione rapida;
- Costi contenuti;
- Autonomia energetica

CONTRO

- Lettura dati su campo

Requisiti salienti

- Versatilità del sistema
- Posizionabilità
- Autonomia energetica
- Precisione proporzionata
- Affidabilità
- Costi contenuti

Tipologia degli strumenti

- Fessurimetro
- Variazioni Angolari



Realizzazione del prototipo



Verifica su campo
del sistema di
monitoraggio

Forte Spagnolo



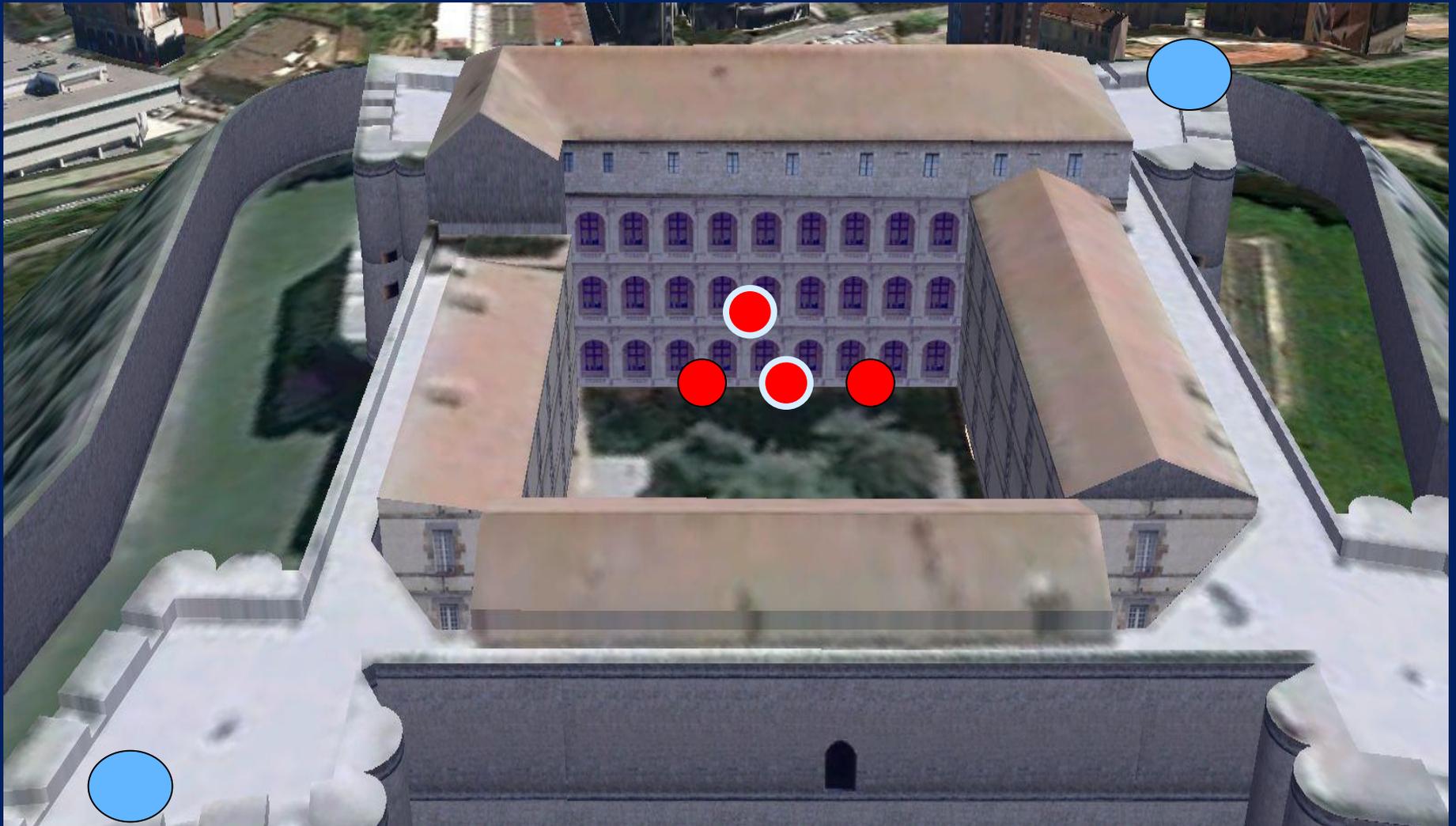
Obiettivo del monitoraggio

- Valutare gli effetti, soprattutto locali (concentrazioni di sforzo, innesco di incipienti meccanismi di collasso) dell'attuale stato di danno;
- Valutare possibili evoluzioni dell'attuale situazione legate ad eventuali aggravamenti dello stato di danno;
- Accertare la presenza di eventuali lesioni nei corpi dei muri;
- Valutare l'efficacia degli interventi che verranno eseguiti.

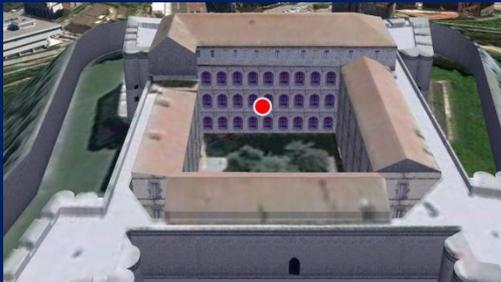
Proposta operativa

- Monitorare lo stato di deformazione delle zone fessurate dei pilastri;
- Monitorare la distribuzione di Temperature e UR dell'ambiente che circonda la massa muraria del castello (su due lati);
- Monitorare la temperatura nella massa muraria (all'interno delle lesioni nei pilastri);
- Monitorare le variazioni angolari delle parti separate da lesioni

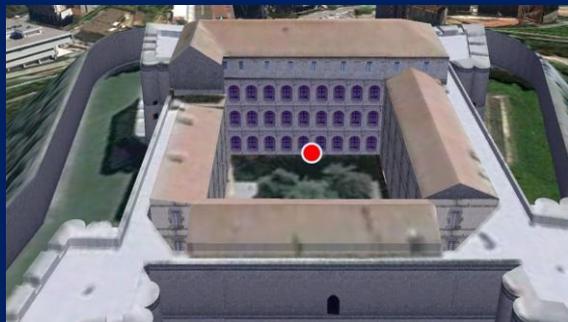
Posizionamento degli strumenti



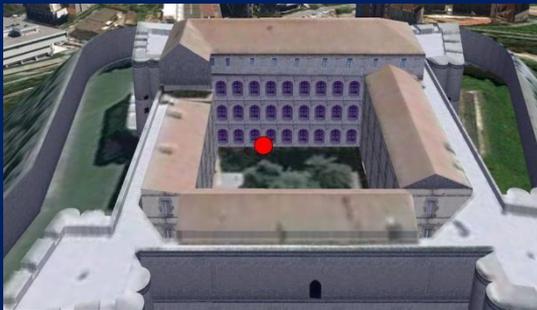
Posizionamento Fessurimetro _ F1



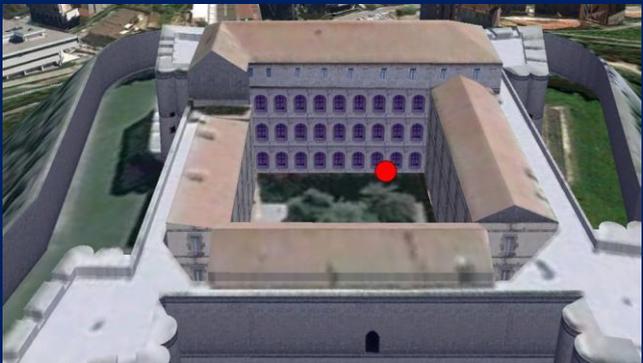
Posizionamento Fessurimetri _ F2



Posizionamento Fessurimetri _ F3



Posizionamento Fessurimetri _ F4



Centralina Meteorologica



Scheda "Posizionamento Sensori"



Laboratorio di Fisica e Controlli Ambientali



POSIZIONE SENSORI

LOCALIZZAZIONE

LUOGO: CASTELLO '500
COLLOCAZIONE: INTERNO ESTERNO
EDIFICIO: CASTELLO '500
VIA: BENEDETTO CROCE N° _____
SCALA _____ PIANO: TERRA
AMBIENTE: PORTICATO,
5° COLONNA DA DX (VERSO CORTILE)

COORDINATE GEOGRAFICHE (GPS)
LAT: NORD _____
LONG: EST _____
H (SLM): _____

RIFERIMENTI DI ARCHIVIO

ICCD _____
ISCR _____
CR _____
ALTRI _____ / _____

FOTO DI POSIZIONAMENTO



NOME _____ Rif.: L1020403

TARATURA SENSORE

TIPO: FESSURIMETRO
IMPIEGO _____
NUMERO MATRICOLA: #: 2273902

INIZIO REGISTRAZIONE

DATA: 05 / MAGGIO / 2009
ORA _____ / _____
SCARTO ORARIO GMT _____ / _____
INTERVALLO DI ACQUISIZIONE _____ / _____

VALORI INIZIALI

VARIAZIONE ANGOLO X _____ , _____
VARIAZIONE ANGOLO Y _____ , _____
VARIAZIONE ANGOLO Z _____ , _____

ESTENSIONE MAX. _____ , _____
MISURAZIONE LINEARE MIN. _____ , _____
MISURAZIONE LINEARE MED. : 15,0360
MISURAZIONE LINEARE MAX. _____ , _____

LETTURE

PARZIALE 1: DATA _____ / _____ / _____

NOME FILE: _____ . _____

COMPILATORE _____

PARZIALE 2: DATA _____ / _____ / _____

NOME FILE: _____ . _____

COMPILATORE _____

FINALE: DATA _____ / _____ / _____

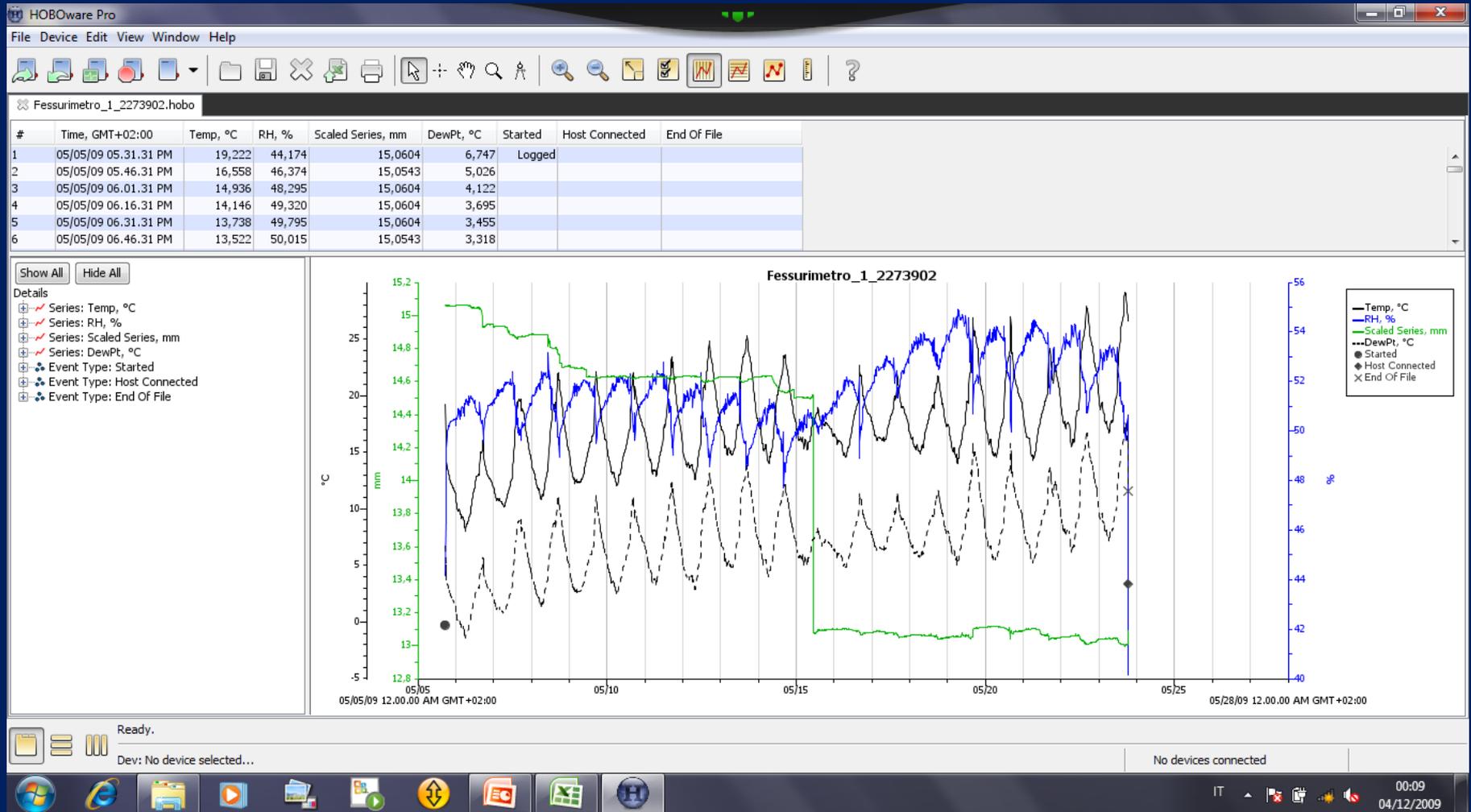
NOME FILE: _____ . _____

COMPILATORE _____

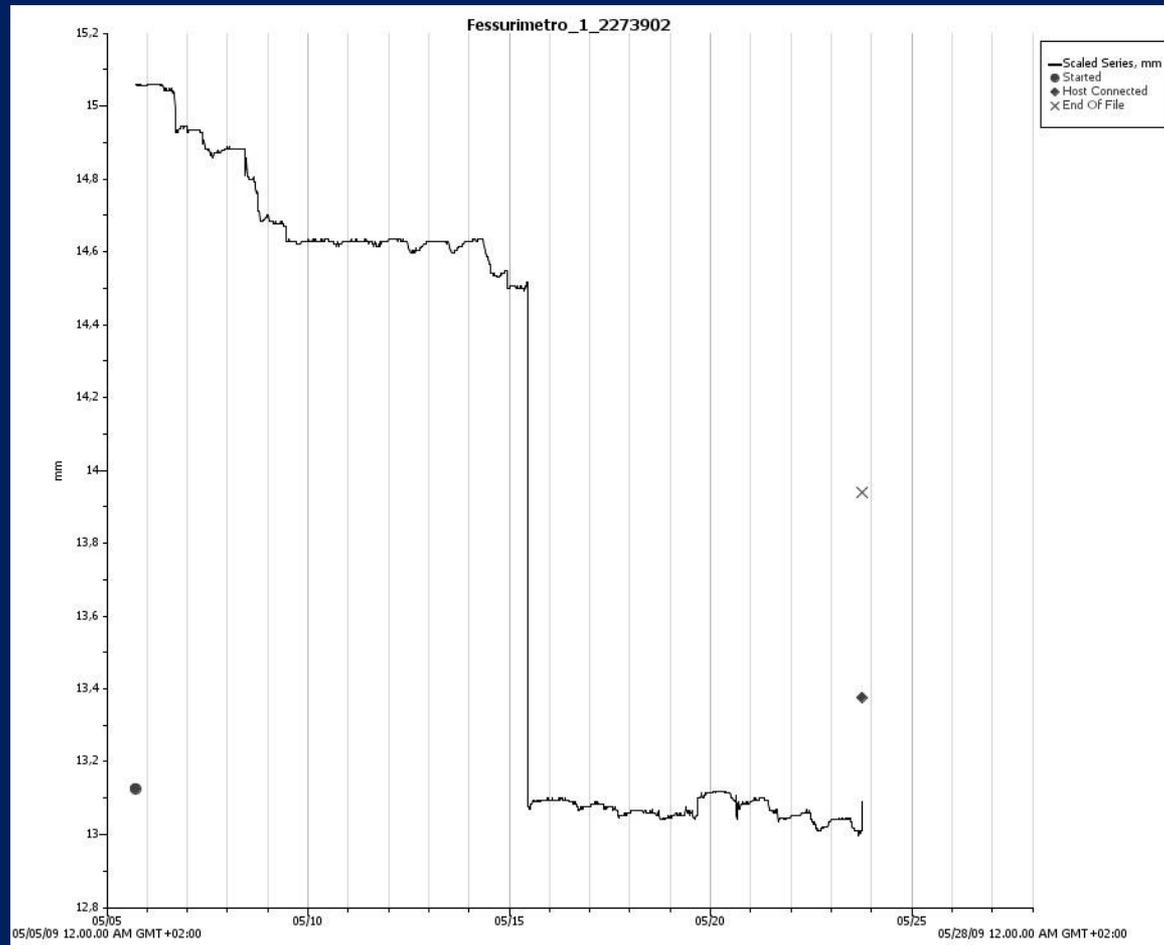
Parametri di acquisizione dati

- Temperatura
- Umidità relativa
- Punto di rugiada
- Intervallo di acquisizione
- Accelerazione (3 canali – xyz)
- Variazioni di angolo (3 canali – xyz)

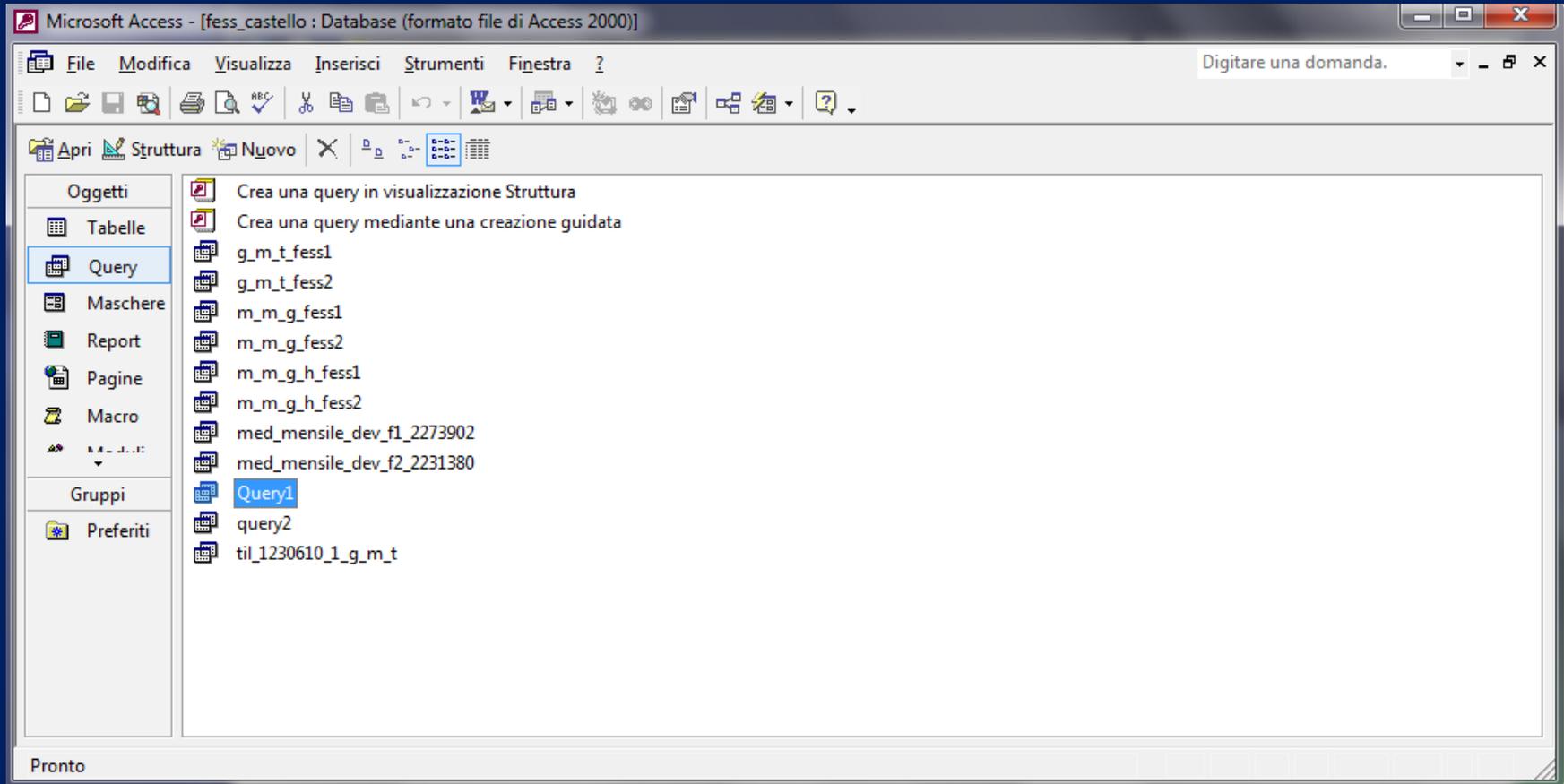
Formato sorgente dei dati



Estrapolazione di un singolo dato

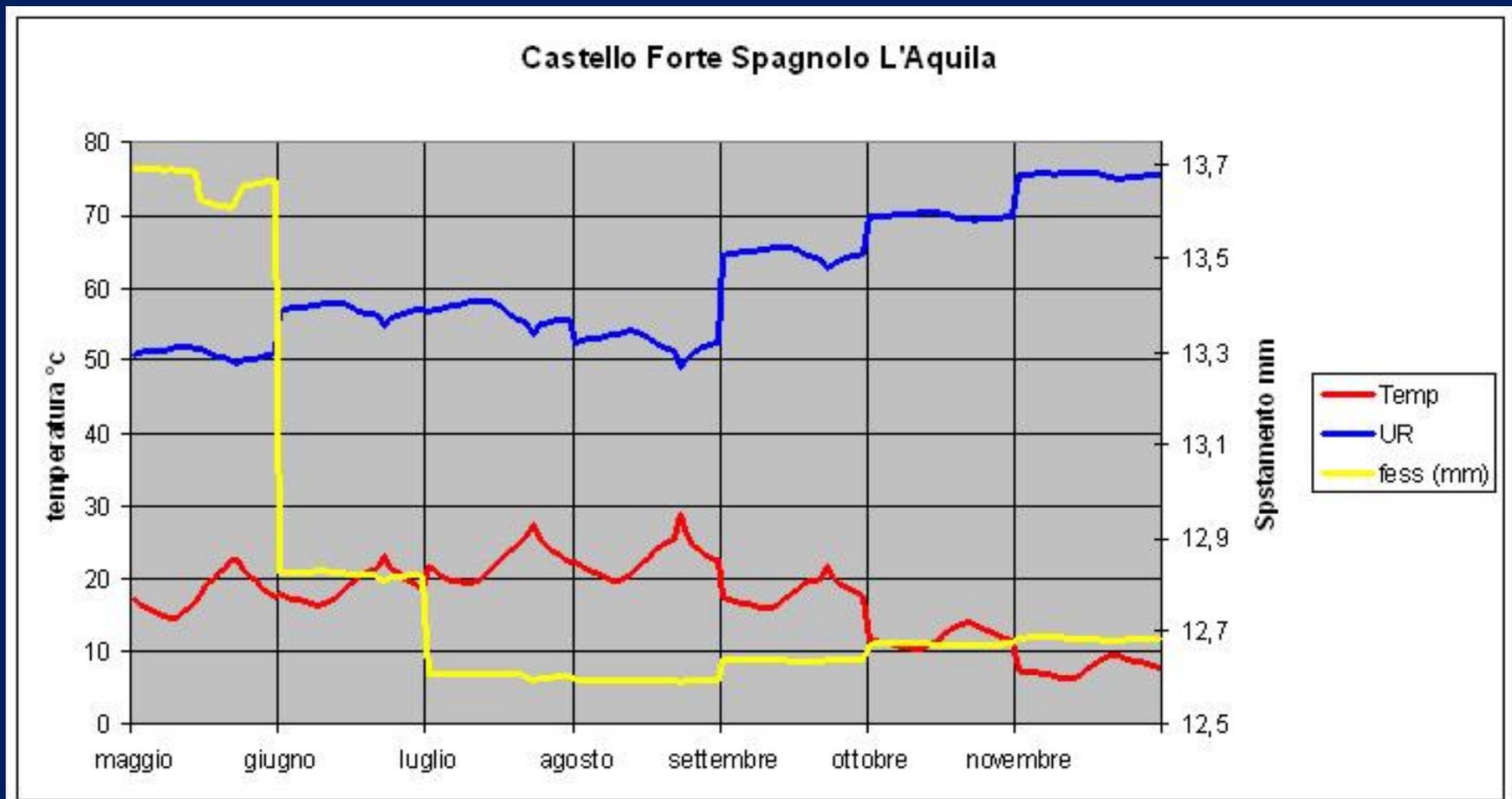


Trattamento Dati

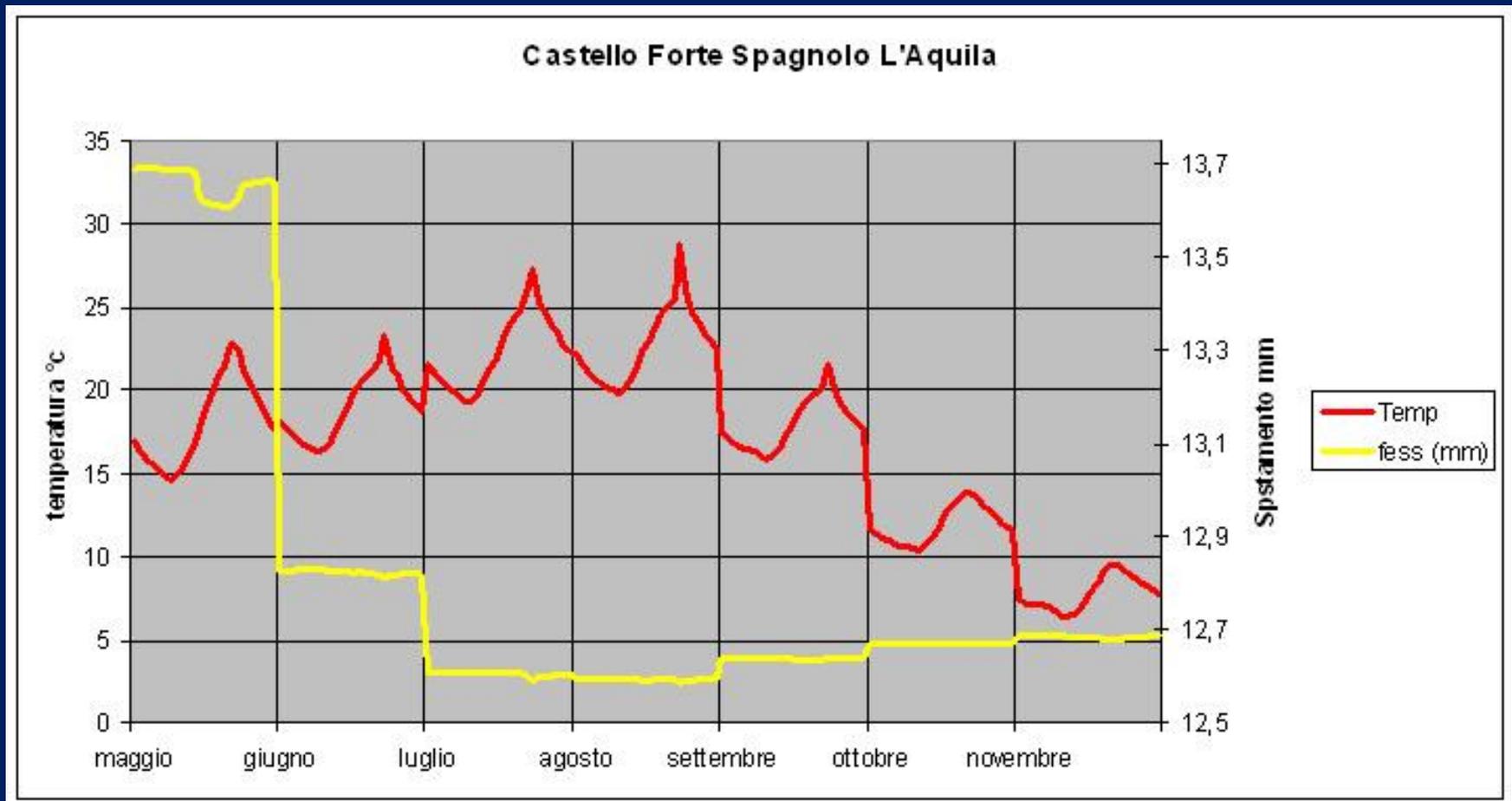


Analisi Dati periodo maggio/novembre 2009

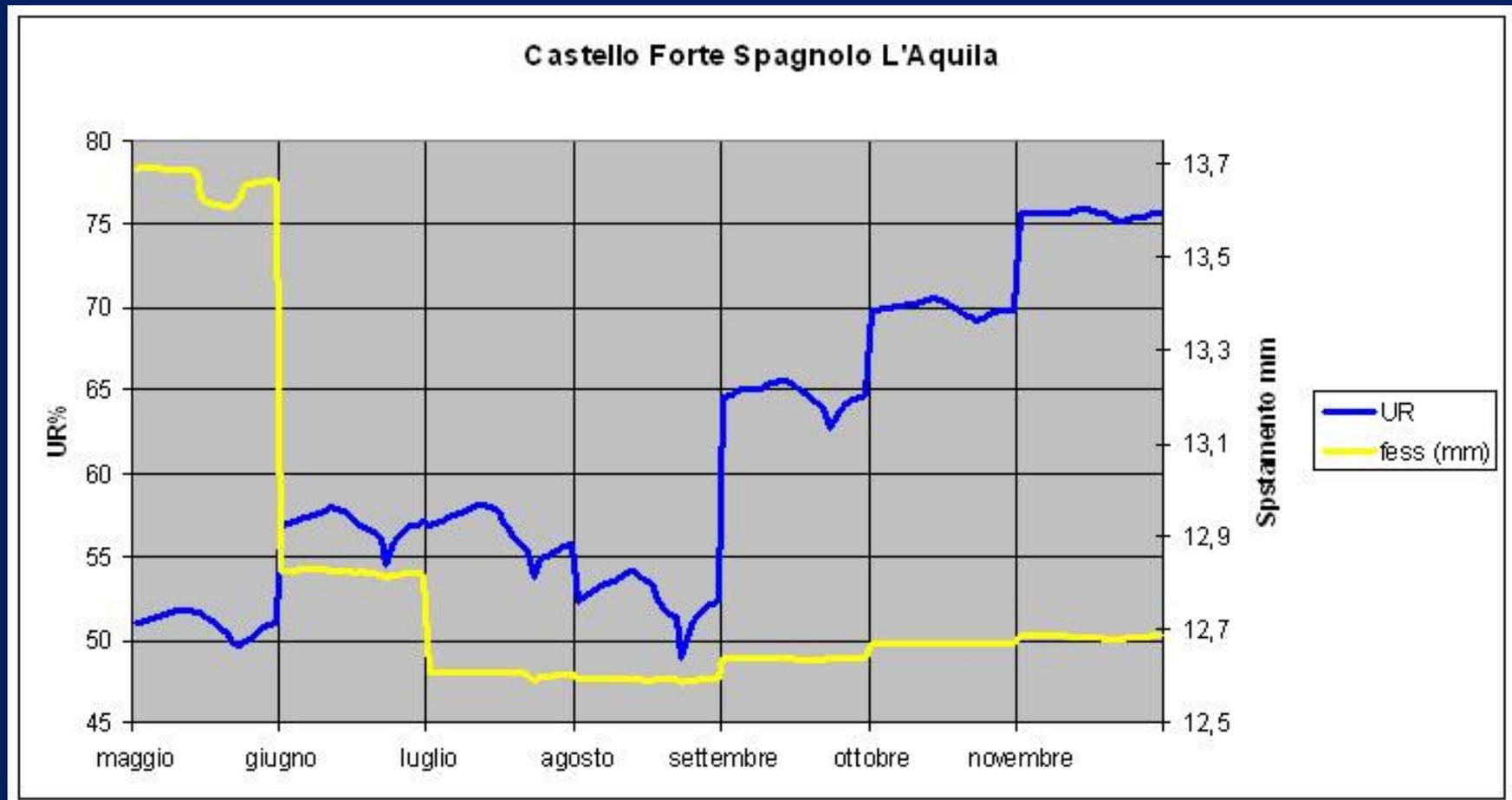
Fessurimetro 1 (Temp/UR)



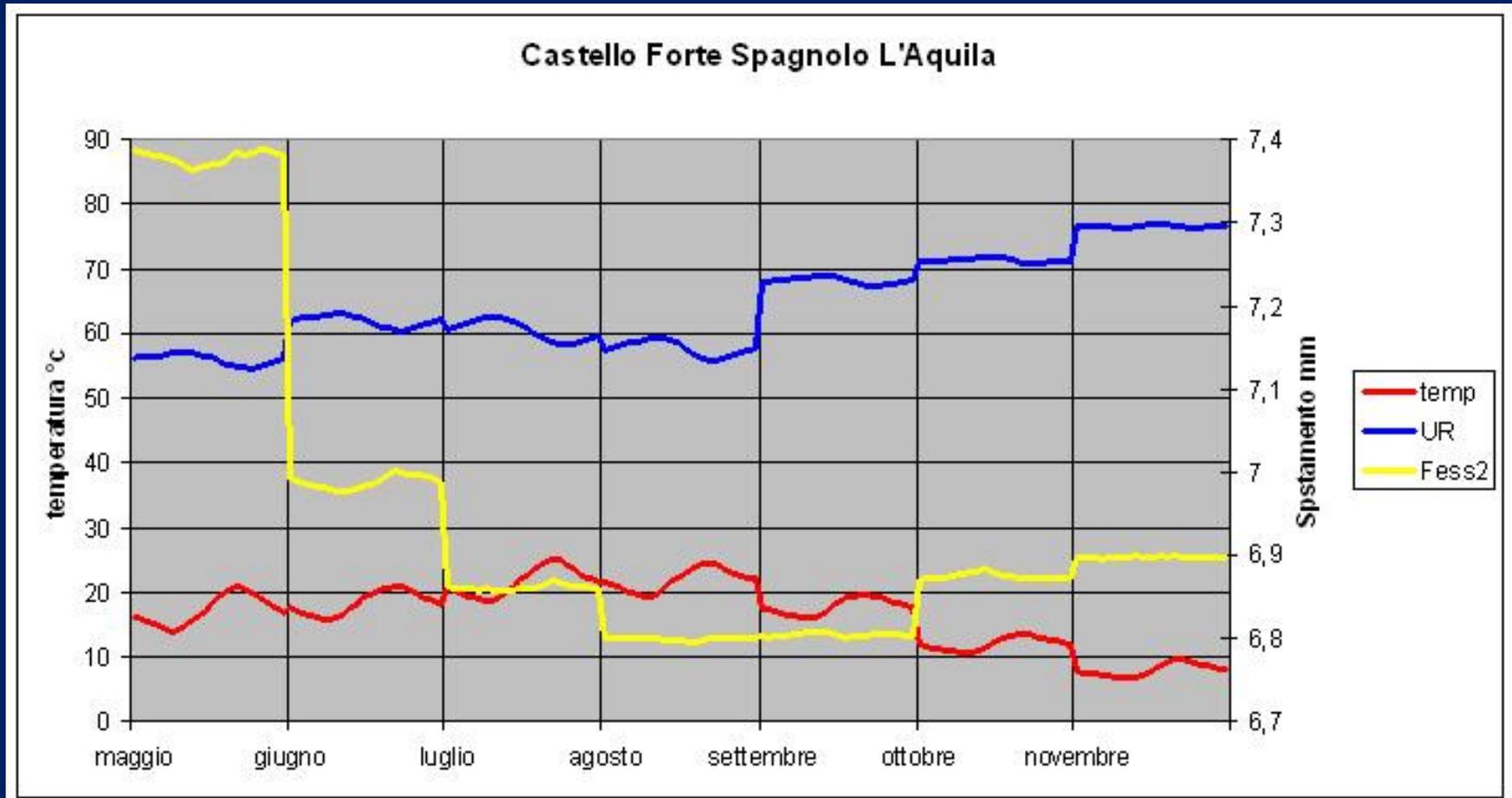
Fessurimetro 1 (Temp)



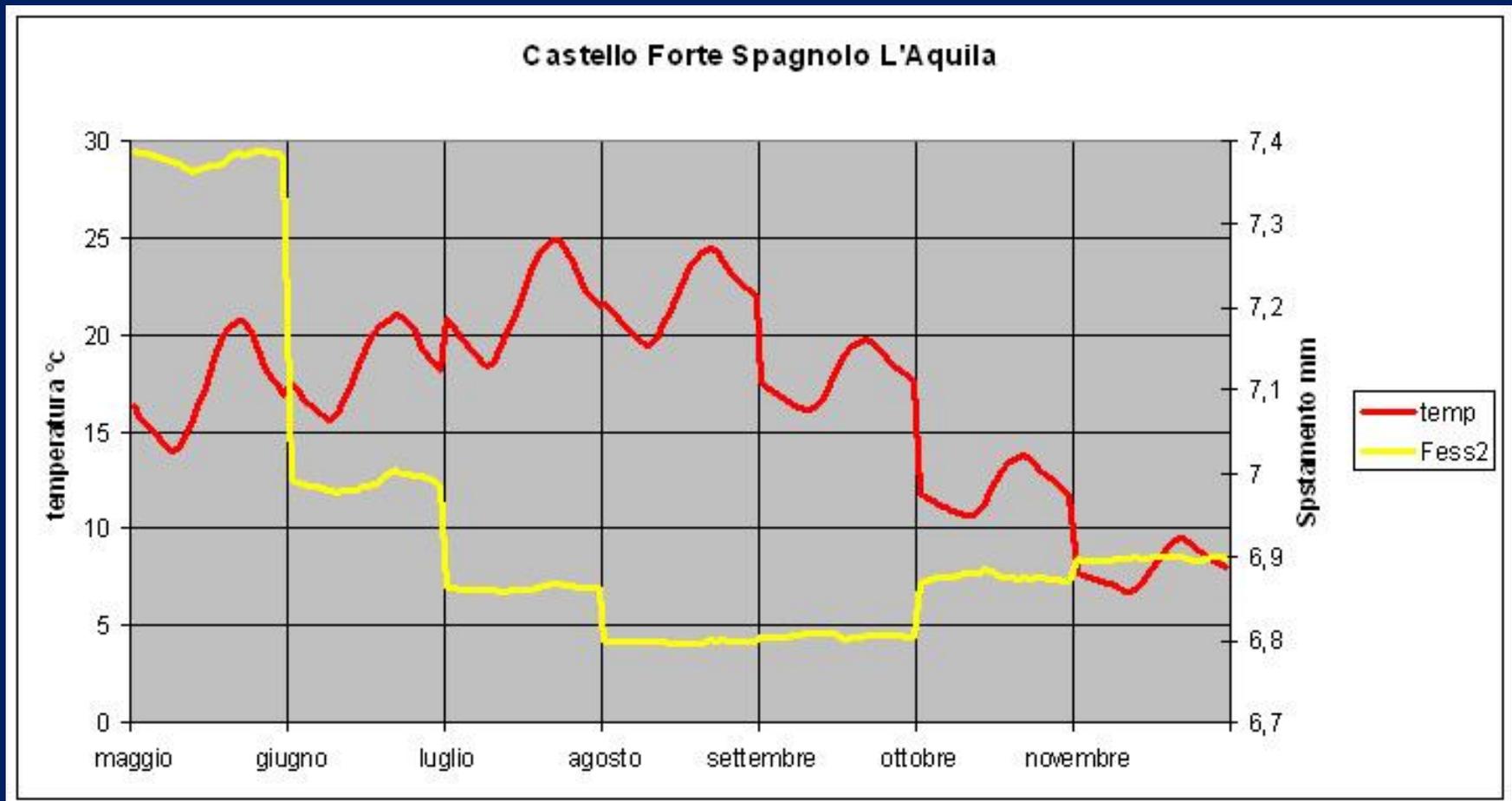
Fessurimetro 1 (UR)



Fessurimetro 2 (Temp/UR)



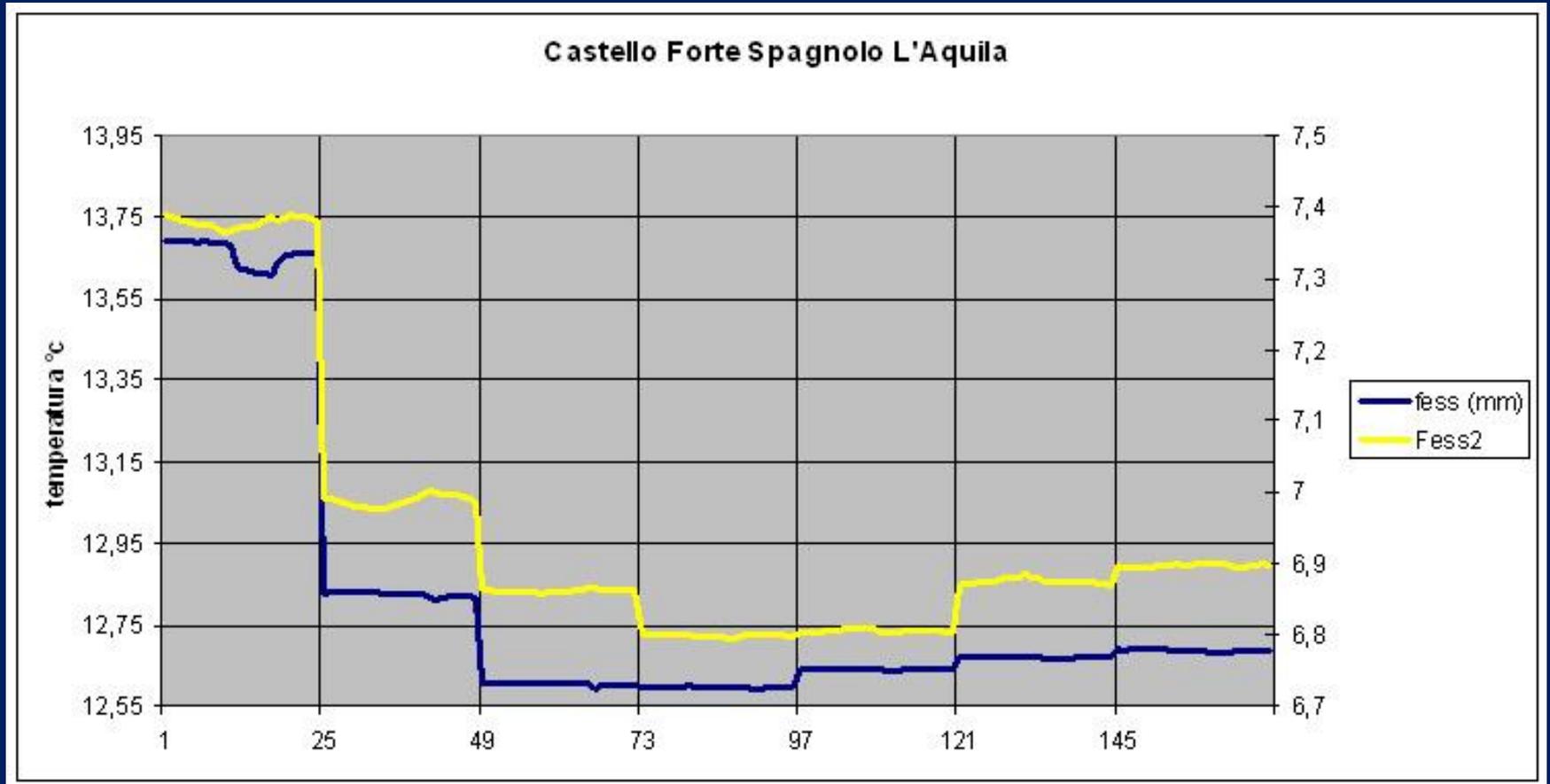
Fessurimetro 2 (Temp)



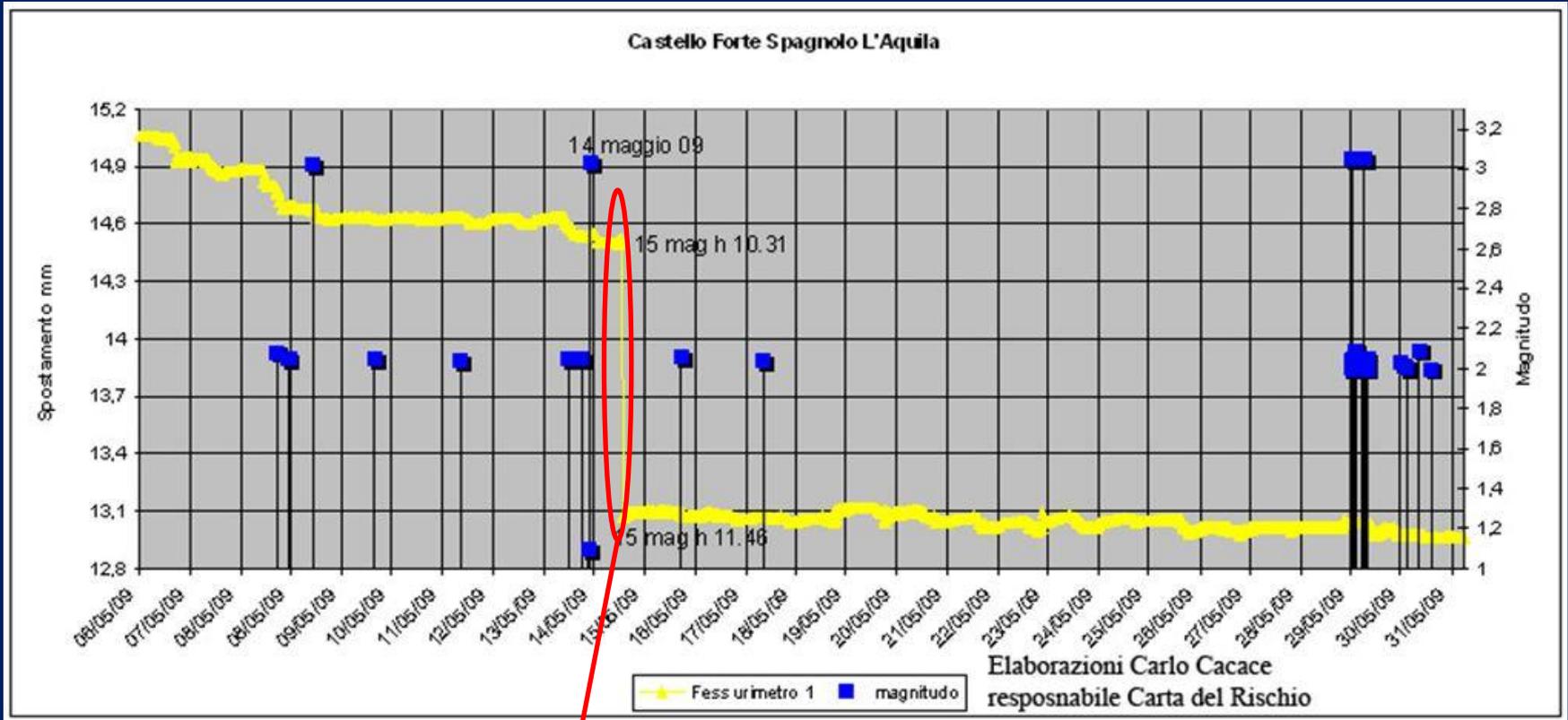
Fessurimetro 2 (UR)



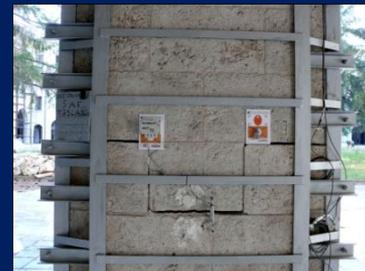
Fessurimetro 1 e 2



Comparazione con eventi sismici (fonte INGV)



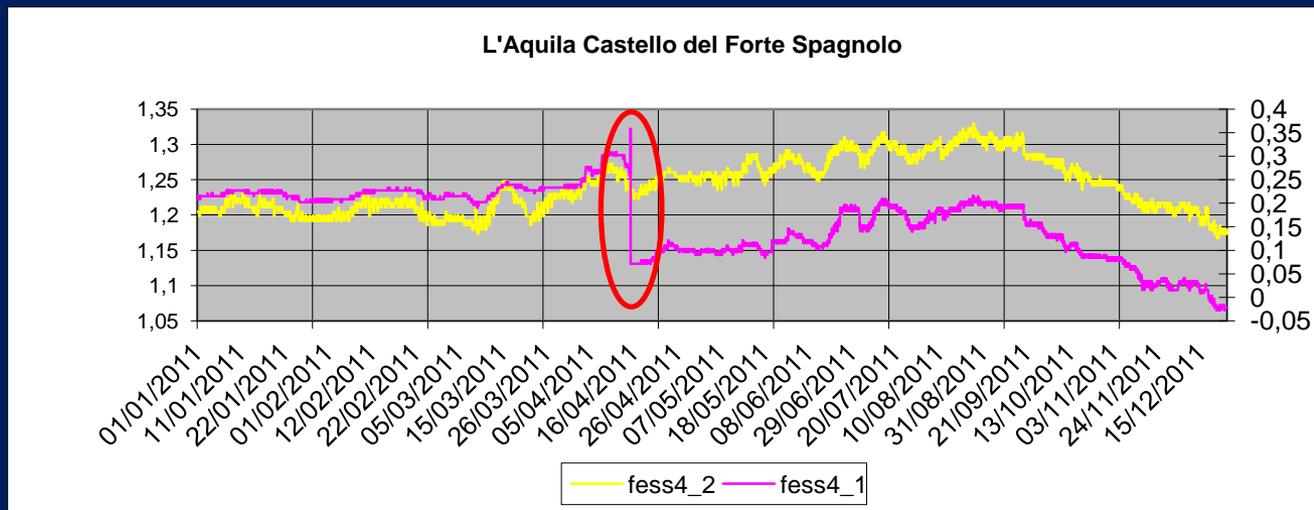
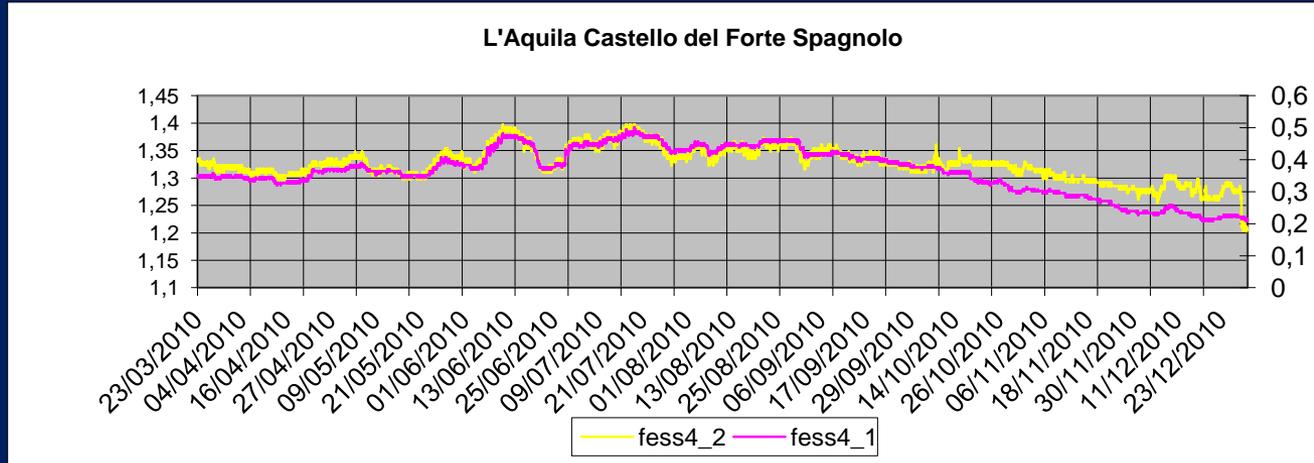
Cerchiaggio colonna



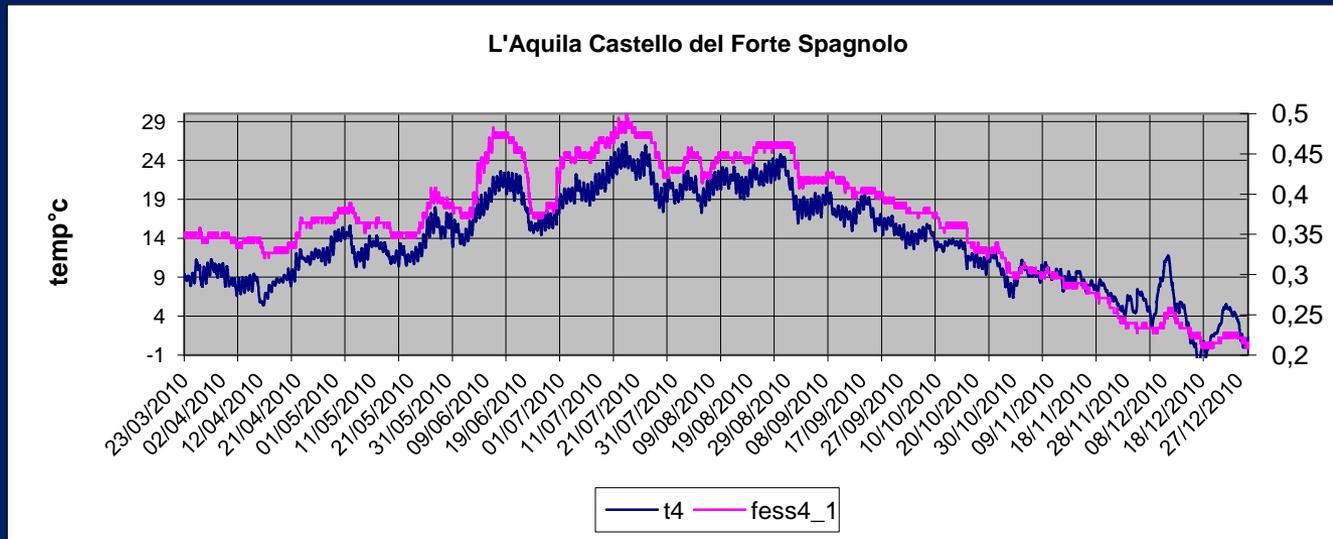
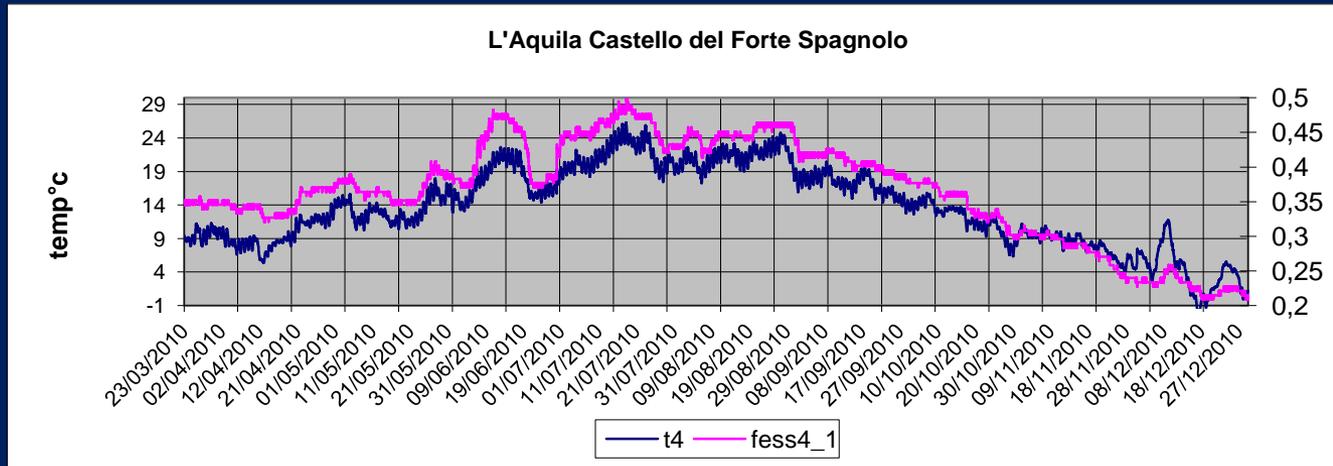
Analisi dati periodo:

Marzo 2010 - Dicembre 2011

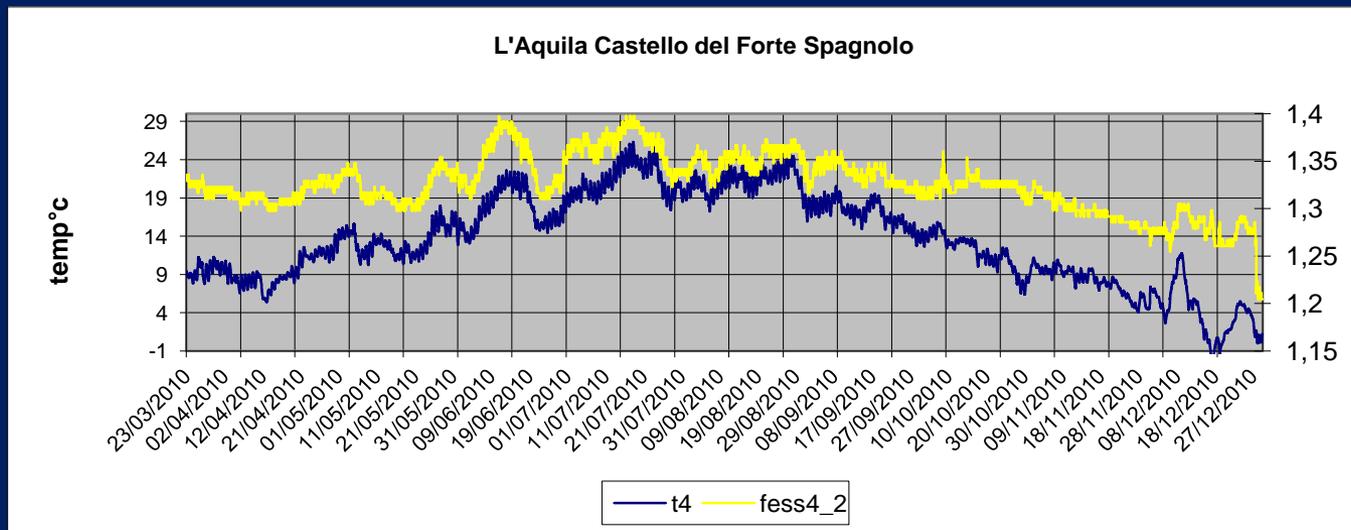
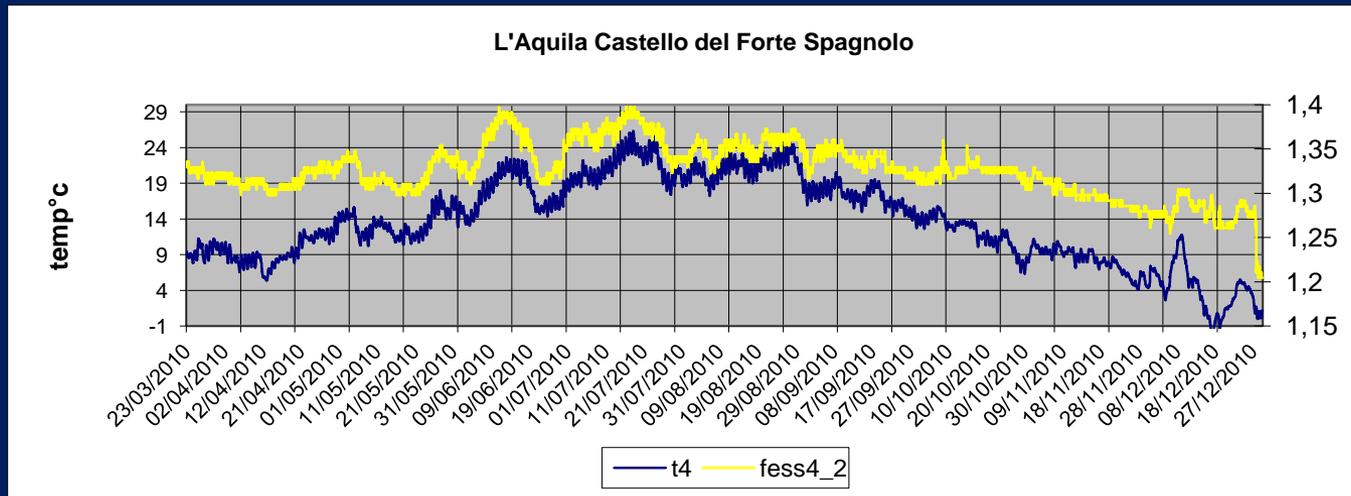
Fessurimetro 4 (4_1 asse X – 4_2 asse Y)



Fessurimetro 4_1 - Temp



Fessurimetro 4_2 - Temp



Evoluzione

del

Progetto

Criteri di selezione siti

- Edifici con danni lievi (no crolli)
- Edifici danneggiati e stabilizzati
- Quadri fessurativi complessi
- Edifici con distacchi stabilizzati

Edifici con danni lievi (no crolli)



Edifici danneggiati e stabilizzati

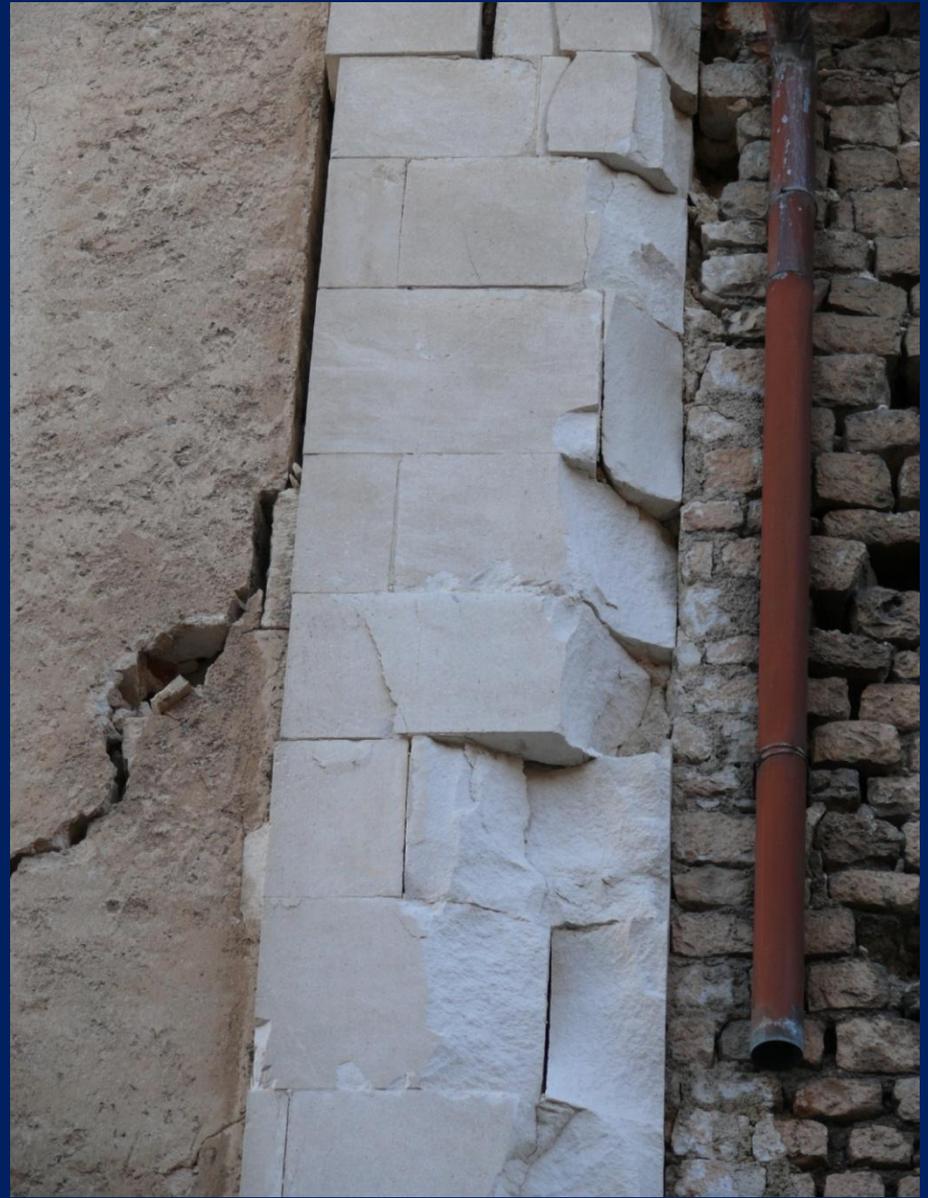




Quadri fessurativi complessi







Edifici con distacchi stabilizzati



Supervisione e Coordinamento:

Ing. Luciano Marchetti

Progetto e Direzione:

dott. Roberto Ciabattoni (IsCR)

Collaboratori al progetto:

arch. Antonio Di Stefano (MiBAC AQ)

dott. Carlo Cacace

esperto per l'elaborazione e trattamento dati informatici (IsCR)

prof. Donatella Fiorani

ordinario restauro architettonico (univ. La Sapienza)

ing. Alessia Placidi

restauro monumenti

Lambda Scientifica

dott.ssa Elisa Raffaelli / dott. Davide Agnoli