

COMUNE DI S. BENEDETTO DEL TRONTO

Provincia di Ascoli Piceno

MUSEALIZZAZIONE AREA ARCHEOLOGICA VILLA MARITTIMA DI ETA' ROMANA

LOTTO A (Cig. n. Z86212B379)

Localizzazione

Piazza Sacconi - Paese alto

Comune di S. Benedetto del Tronto

LAVORI PUBBLICI, MANUTENZIONE ED AMBIENTE

Viale A. De Gasperi, 124

63074 San Benedetto del Tronto (AP)

Dirigente

arch. Farnush Davarpanah

Responsabile del procedimento

ing. Marco Cicchi

Emissione

PROGETTO ESECUTIVO

Titolo elaborato

RELAZIONE SPECIALISTICA

MONITORAGGIO MICROCLIMATICO AREA ARCHEOLOGICA EX SCUOLA SCIARRA

R2

Dott. Giuseppe Di Girolami

Data

AGOSTO 2018

**MONITORAGGIO MICROCLIMATICO
 AREA ARCHEOLOGICA EX SCUOLA SCIARRA
 PAESE ALTO - SAN BENEDETTO DEL TRONTO (AP)**

1. PREMESSE

I musei ed in genere i luoghi di conservazione hanno la funzione di **valorizzare e rendere fruibili** i beni di cui divengono contenitori. All'interno di tali strutture occorre garantire le **condizioni ambientali** per una corretta conservazione ed attuare così un'**azione di prevenzione** per limitare o arrestare il degrado delle opere custodite.

Nella **tabella** seguente vengono riassunti in breve i fattori più importanti che influenzano la conservazione.

	UMIDITÀ	TEMPERATURA
Problemi	- troppo alta o troppo bassa; - oscillazioni giornaliere troppo grandi.	- troppo alta o troppo bassa; - oscillazioni giornaliere troppo grandi.
Conseguenze	- umidità troppo elevata favorisce attacchi biologici di piante e animali, al contrario se troppo bassa i beni si disidratano divenendo secchi e fragili; - cicli di umido-secco troppo grandi causano deformazioni e fessurazioni.	- temperature troppo alte possono favorire attacchi biologici di piante e animali, temperature troppo basse aumentano la fragilità; - shock termici causano deformazioni e fessurazioni.

Il monitoraggio ambientale, eseguito con **strumenti non distruttivi e non invasivi** sia per i beni che per l'architettura che li contiene, diventa perciò fondamentale e permette di poter registrare parametri quali **temperatura** ed **umidità relativa**, aiutando così ad adottare una corretta gestione da parte dei curatori, per una migliore custodia, e individuando **le criticità che la stessa struttura può presentare**, migliorandone le condizioni ambientali.

2. L'AREA ARCHEOLOGICA OGGETTO DI MONITORAGGIO

L'area archeologica è stata scoperta in occasione dei lavori di riqualificazione del Paese Alto che sono stati effettuati tra il 2010 ed il 2014. In una delle stanze dell'ex Scuola Sciarra sono emersi lacerti di una pavimentazione a mosaico in opus scutulatum con pietre colorate

all'interno di una cornice nera; inoltre, sulla soglia della stanza, si può anche notare la figura di un cane a riposo. Si tratta di resti di una ricca domus romana databile a partire dal I secolo a. C.

3. IL MOSAICO E LA SUA CONSERVAZIONE

Un mosaico è costituito da **tessere** e **malta legante**; nei mosaici antichi le tessere sono prevalentemente di due tipi: **lapidee** e **vetrose**, con netta prevalenza di quelle lapidee nei mosaici pavimentali. Le malte sono quasi sempre a base di **calce aerea** anche se non mancano eccezioni.

Per quanto riguarda le tessere nei mosaici pavimentali, i mosaicisti preferivano di gran lunga le **rocce calcaree**, sia sedimentarie che metamorfiche, costituite principalmente di calcite, minerale relativamente tenero; le **rocce magmatiche**, costituite prevalentemente da feldspati, quarzo e altri silicati, risultano invece difficili da lavorare.

La presenza di **minerali accessori** rende le rocce calcaree variamente colorate. Esse però, soprattutto se esposte agli agenti atmosferici, possono perdere lentamente il loro colore originario; questo vale in particolar modo per le rocce allocromatiche, cioè colorate da pigmenti. I pigmenti meno stabili dal punto di vista cromatico sono quelli **organici neri** (generalmente resti vegetali diffusi) che sbiadiscono per ossidazione della sostanza organica; **colori rossi o rosei** dovuti alla presenza di ossidi di ferro (ematite e limonite) sbiadiscono per progressiva idratazione degli ossidi.

Come per ogni opera o manufatto, la conservazione è quindi influenzata da **fattori ambientali** quali umidità, temperatura, inquinamento, luce, ecc. Nel caso di mosaici sepolti, quando vengono riportati alla luce, si interrompe una sorta di equilibrio in cui essi si sono conservati per lungo tempo e si instaurano nuove condizioni, spesso instabili e più rischiose.

Per la **conservazione di mosaici in situ** diventa quindi fondamentale la messa a punto di un buon progetto di conservazione che tenga conto, in primis, delle condizioni ambientali.

Sia i materiali lapidei che le paste vitree possono subire processi chimici e fisici di degrado; l'attenzione va focalizzata sull'acqua, sulla presenza di **inquinanti** (in particolare anidride carbonica e solforosa), sui **microrganismi** (batteri, alghe, funghi, licheni), sugli **sbalzi termici**, sui **cicli umido/secco e gelo/disgelo**, sulla **luce** (l'infrarosso causa aumenti localizzati di temperatura, l'ultravioletto effetti fotochimici di decolorazione). Per quanto concerne

l'umidità va sicuramente detto che sono più dannosi **cicli frequenti di condensazione/essiccazione** rispetto ad una esposizione costante all'umidità. Inoltre è causa di degrado anche **l'acqua di risalita capillare dal terreno** che raggiunge la superficie del mosaico e qui evapora provocando la cristallizzazione di sali nei pori dei materiali; in questi casi è necessario abbassare la falda freatica oppure trovare delle soluzioni per isolare il mosaico dal terreno.

Un mosaico è comunque composto di un **insieme di strati sovrapposti** realizzati con malte a base di calce e aggregati vari, e su questi strati di fondazione e preparazione viene applicato il tessellato; **il deterioramento può verificarsi in ognuno di questi strati**, non solo in quello più superficiale: si possono quindi trovare distacchi tra uno strato di preparazione e l'altro, vuoti, perdita di malta tra le tessere, ecc. *I trattamenti diretti (restauro), ove necessari, devono rimediare a queste problematiche, gli interventi indiretti, invece, servono ad evitare che le stesse si ripropongano col passare del tempo.*

4. MODALITÀ DI RACCOLTA DATI

Sono stati posizionati **due sensori termoigrometrici**, uno all'interno della stanza dove è presente il mosaico, all'altezza di circa 2 m dal piano di calpestio, l'altro all'interno dello scavo archeologico, poggiato al di sopra del mosaico.

(foto)

La durata del monitoraggio è stata di circa **9 mesi**, *dal 15 Maggio 2017 all'8 Febbraio 2018*. Si tratta di un periodo molto esteso, caratterizzato quindi da **condizioni meteo molto eterogenee**, e che ha permesso perciò di valutare il microclima dell'ambiente nelle 4 stagioni dell'anno.

I due dispositivi sono stati programmati in modo da registrare i valori di T e UR **ogni ora**. La **risoluzione dei datalogger** è pari a 0,5 °C per T e 0,5% per UR.

5. OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO

Il monitoraggio effettuato ha avuto come obiettivo quello di **registrare i parametri ambientali** per verificare se sono idonei *alla conservazione di reperti archeologici (nello specifico un mosaico)* e successivamente **suggerire delle soluzioni** da poter attuare per riportarli all'interno dei limiti consigliati dalla norma **UNI 10829:1999** e dalle **linee guida del MIBACT**.

Tale prevenzione ridurrà il rischio di dover ricorrere a **successivi e ripetuti interventi di restauro** più elevati nel costo, eseguiti in tempi più lunghi e che, per quanto minimi, risultano sempre essere invasivi per i reperti.

6. ANALISI DEI RISULTATI

Prima di procedere con l'illustrazione dei risultati va fatta una **premessa: l'ambiente interno**, oggetto di monitoraggio microclimatico, **non era completamente isolato dall'ambiente esterno**; la stanza è caratterizzata dalla presenza di 3 aperture, due finestre ed un ingresso. Le finestre sono dotate di infissi anche se essi non assolvono perfettamente alla loro funzione poiché, ad esempio, in alcuni casi sono state notate delle infiltrazioni di acqua. L'ingresso non è dotato di porta ma è protetto esclusivamente da un tavolato. Ne derivano le seguenti considerazioni:

- le **temperature minime** rilevate sono sicuramente inferiori a quelle che la stanza può raggiungere in condizioni normali;
- le **oscillazioni dell'umidità relativa** possono risultare sicuramente amplificate in una situazione simile.

Per quanto riguarda il monitoraggio delle **temperature**, il loro andamento all'interno della stanza e nello scavo è del tutto sovrapponibile anche se nello scavo le temperature sono mediamente più basse di circa 1 °C (Media stanza 17.0 °C / Media scavo 15.98 °C).

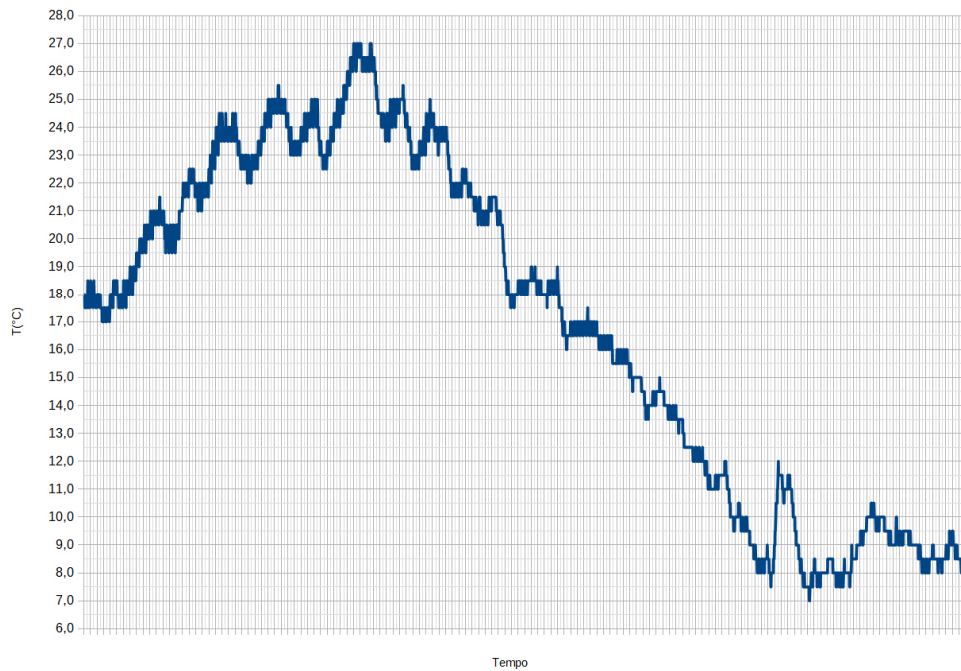
La temperatura massima nella stanza arriva a toccare i 27 °C, mentre nello scavo si ferma a 23.5 °C; le minime sono invece simili (7 °C stanza, 7.5 °C scavo).

L'atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei (D. Lgs. n.112/98 art. 150 comma 6) indica l'intervallo 6-25 °C (con max gradiente giornaliero di 1.5 °C/h) come quello idoneo per assicurare **condizioni ottimali di conservazione chimico-fisica per mosaici e dipinti murali**. Per quanto riguarda le temperature, quindi, i valori rilevati dai due sensori rientrano sostanzialmente all'interno del range indicato dal Mibact, soprattutto all'interno dello scavo. Ma anche nella stanza, va evidenziato che il superamento della soglia dei 25 °C si verifica solo nel periodo 2-12 Agosto 2017.

Non si sono neanche verificati importanti sbalzi termici nell'arco delle 24 ore: l'escursione termica giornaliera ha superato il grado e mezzo solo nella giornata dell'11 Dicembre 2017.

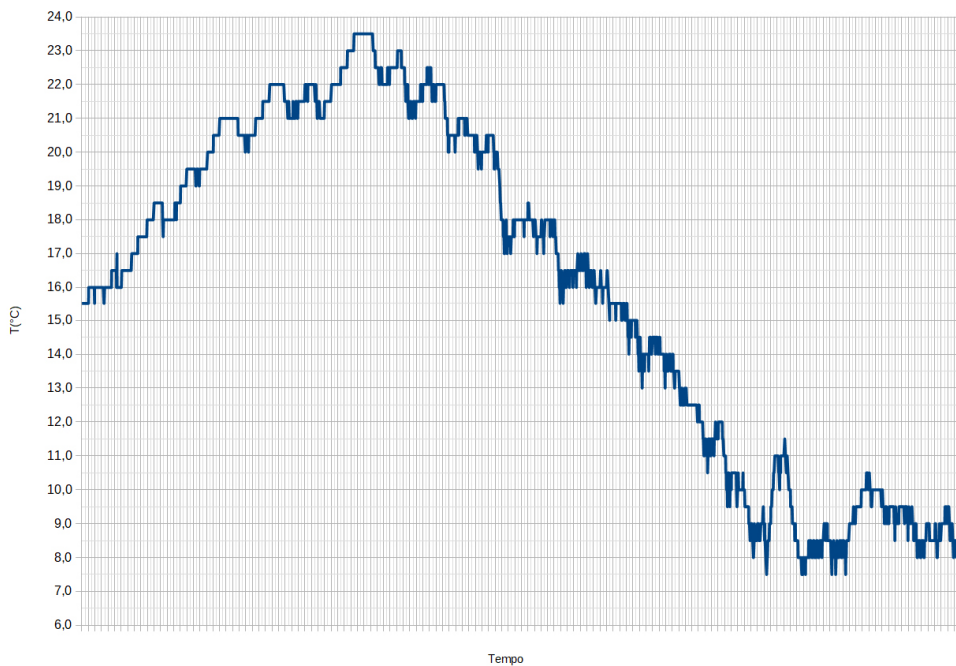
Monitoraggio Temperatura Muro Stanza

periodo dal 15/05/2017 al 08/02/2018



Monitoraggio Temperatura Scavo

periodo dal 15/05/2017 al 08/02/2018



Per quanto concerne l'**umidità relativa**, invece, i risultati del monitoraggio presentano una situazione più complessa e delicata.

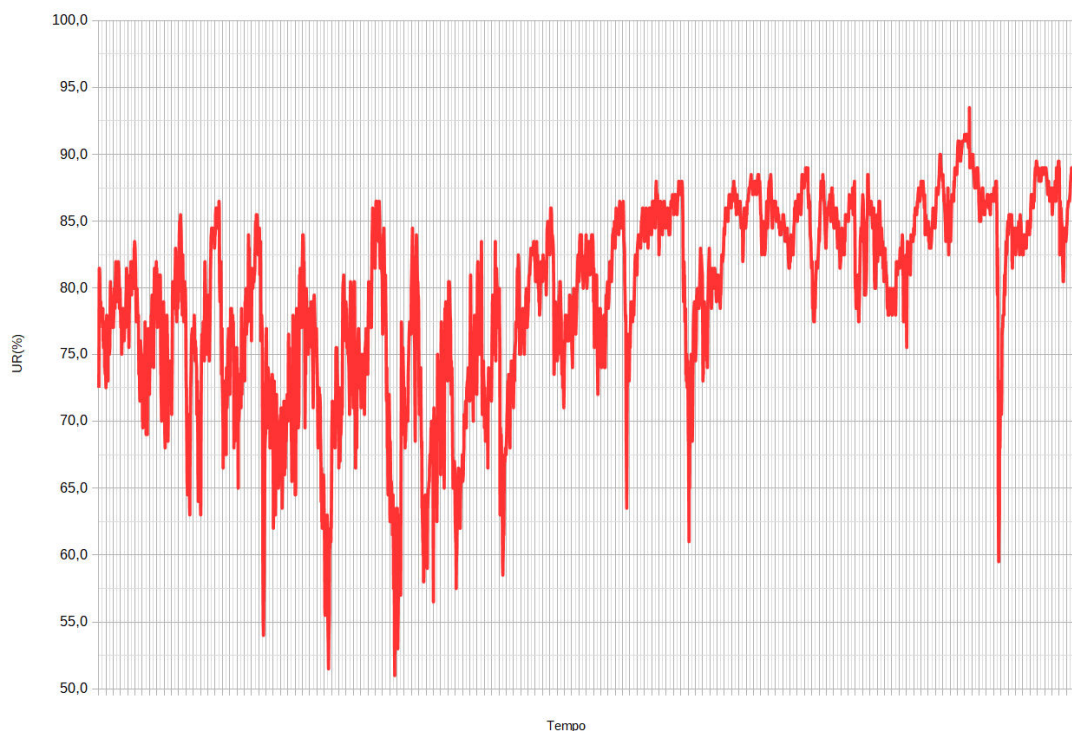
L'UR media rilevata nella stanza è pari al 79.5 %, mentre all'interno dello scavo la media sale al 93.1 %, quasi 14 punti percentuali in più. Questa importante differenza e questo valore medio molto elevato fanno pensare ad un fenomeno di risalita capillare di acqua dal terreno, da verificare mediante misure igrometriche sulla pavimentazione a mosaico.

L'UR massima registrata dal datalogger posto nella stanza è pari al 93,5 %, la minima è pari al 51 %; le massime e minime registrate nello scavo sono ovviamente superiori, rispettivamente 100 e 69 %.

Siamo di fronte a **valori molto elevati**: l'*atto di indirizzo del Mibact* consiglia, per una buona conservazione, di rimanere all'interno dell'intervallo 45-60 %. Il valore minimo non costituisce un problema poiché l'umidità relativa non scende mai sotto il 45%; ben diverso il discorso riguardo l'UR massima che per circa la metà del periodo di rilevazione si mantiene sopra il 90% all'interno dello scavo. Da segnalare anche le **rilevanti escursioni igrometriche giornaliere** che in alcuni casi superano anche i 15 punti percentuali.

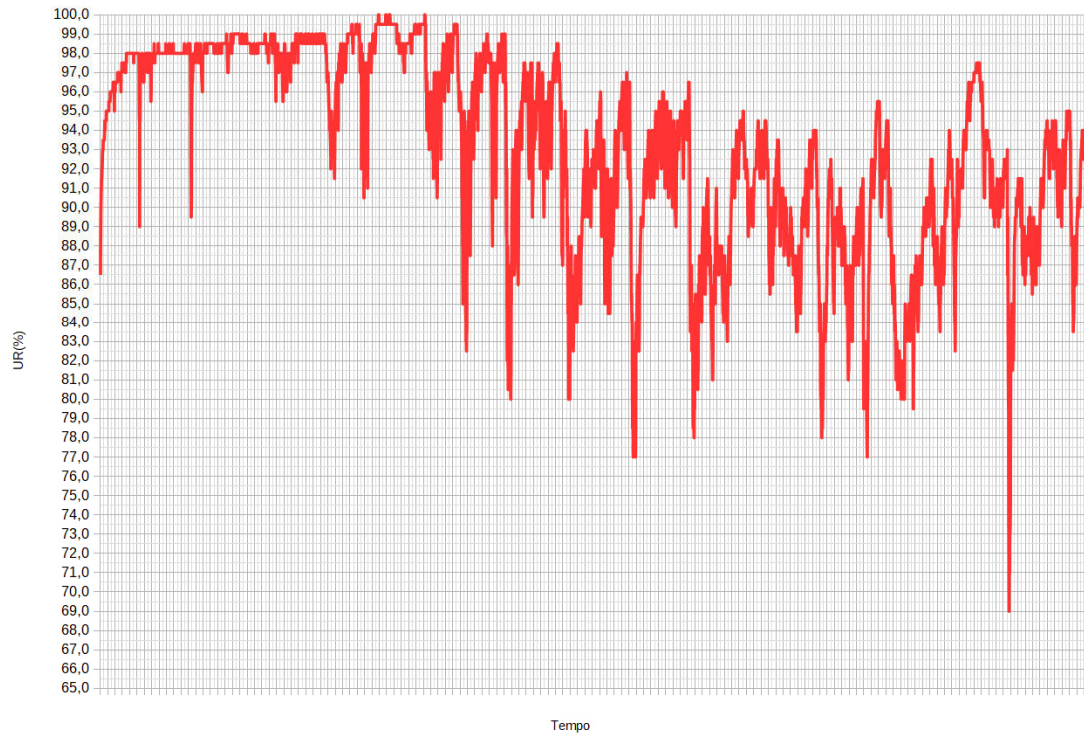
Monitoraggio Umidità Relativa Muro Stanza

periodo dal 15/05/2017 al 02/08/2018



Monitoraggio Umidità Relativa Scavo

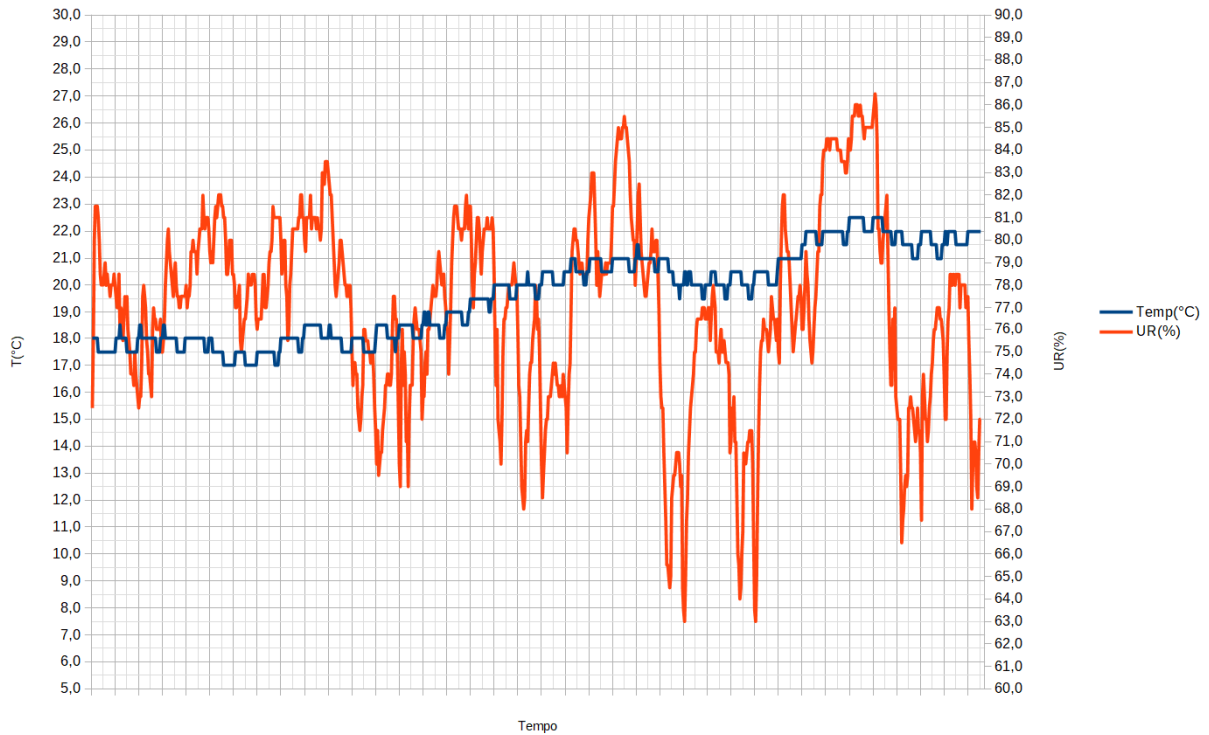
periodo dal 15/05/2017 al 08/02/2018



Di seguito vengono mostrati i grafici con gli **andamenti di T e UR nelle 4 stagioni**, sia per quanto riguarda il sensore posto nella *stanza*, sia per quanto riguarda quello posto all'interno dello *scavo*.

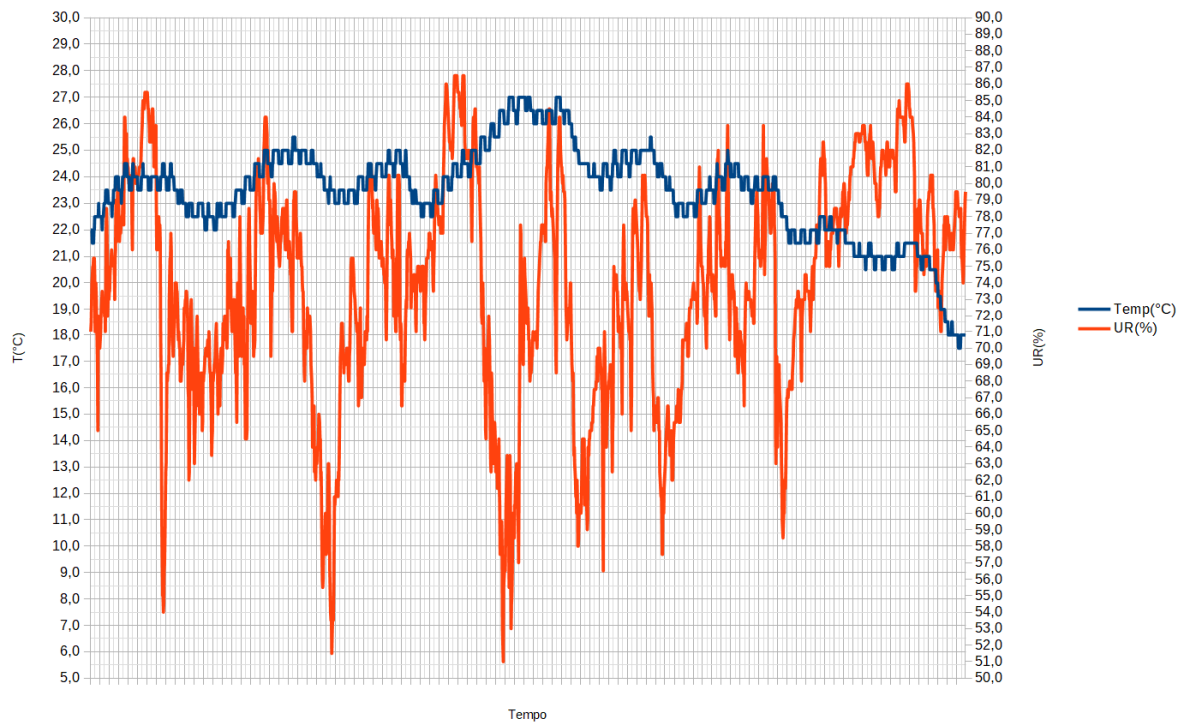
Monitoraggio T/UR Muro Stanza

periodo dal 15/05/2017 al 21/06/2017



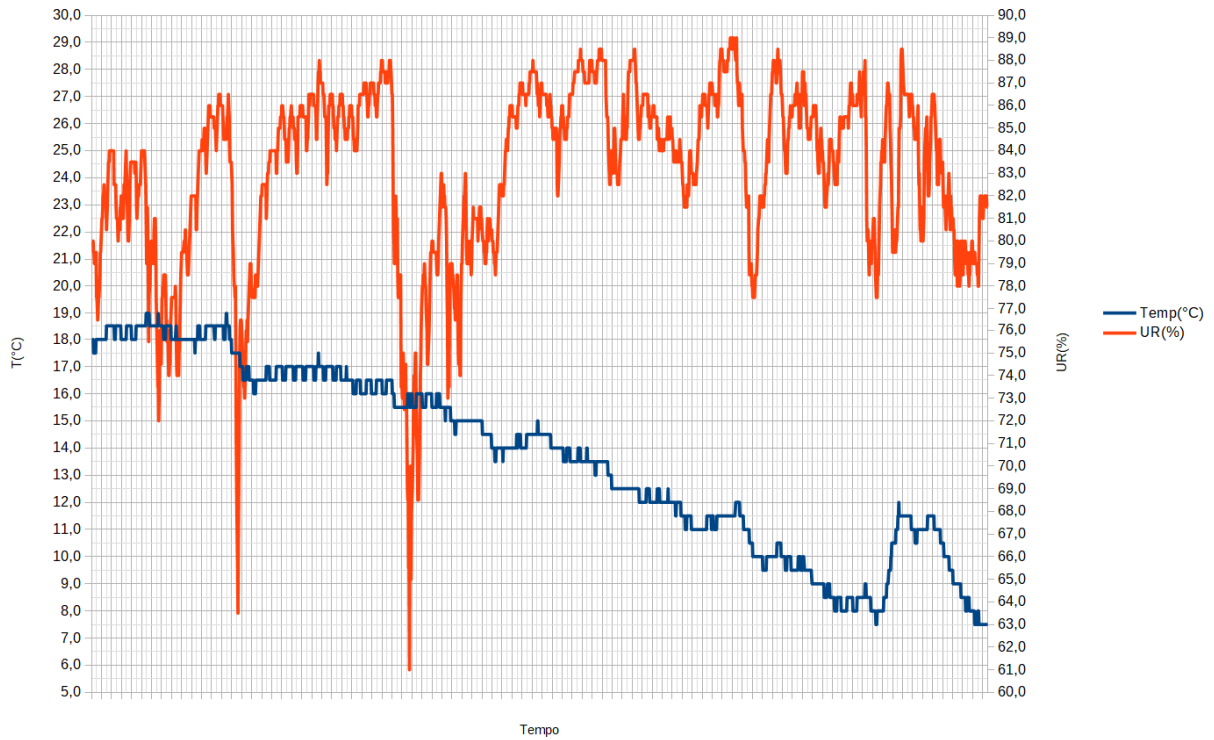
Monitoraggio T/UR Muro Stanza

periodo dal 22/06/2017 al 22/09/2017



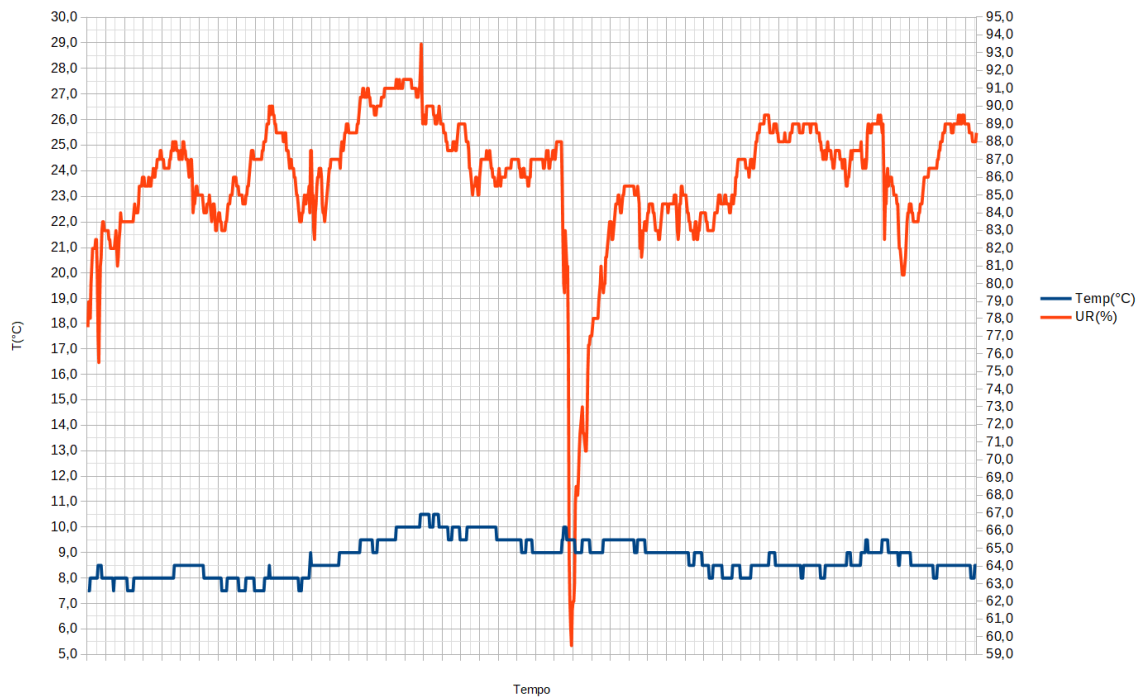
Monitoraggio T/UR Muro Stanza

periodo dal 23/09/2017 al 22/12/2017



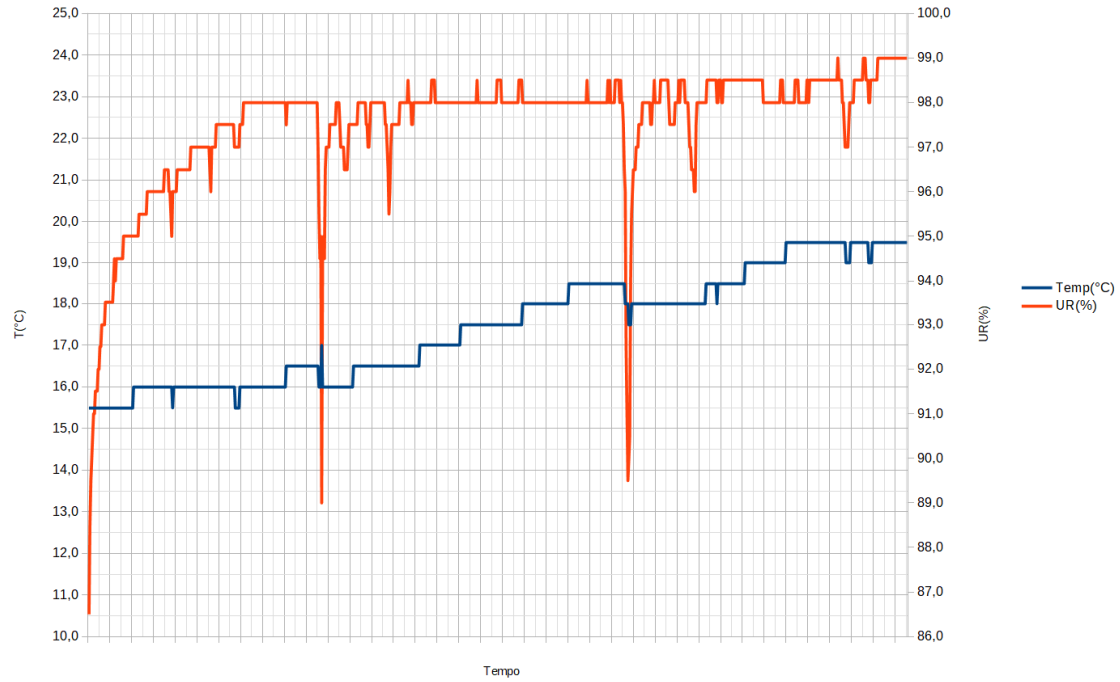
Monitoraggio T/UR Muro Stanza

periodo dal 23/12/2017 al 08/02/2018



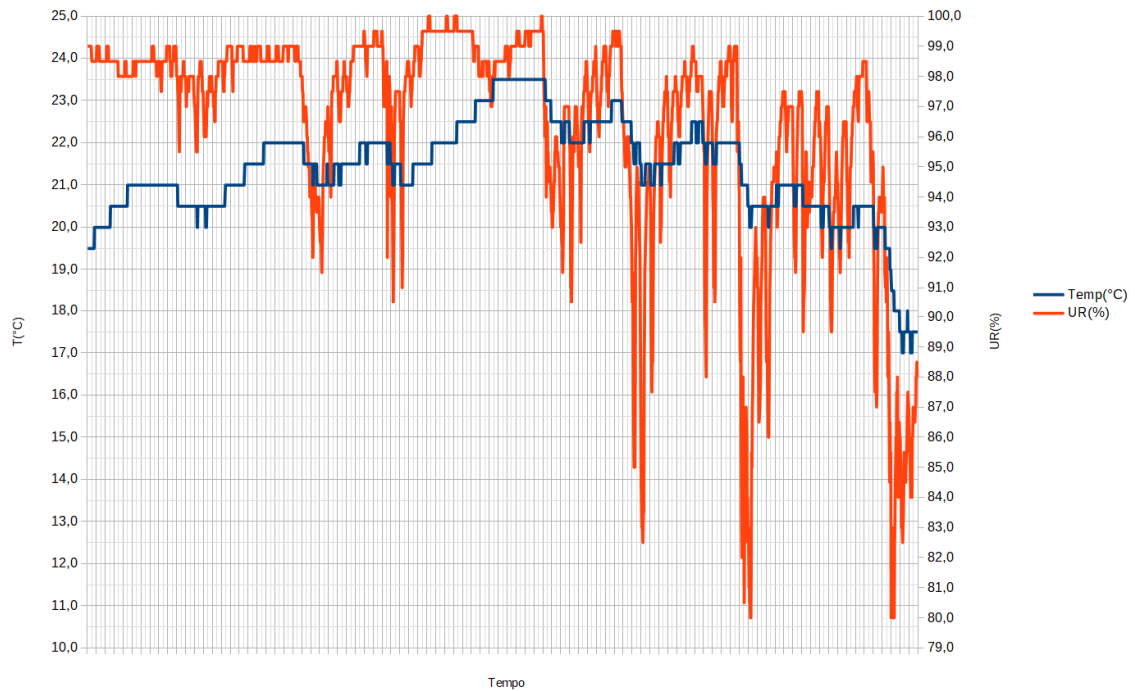
Monitoraggio T/UR Scavo

periodo dal 15/05/2017 al 21/06/2017



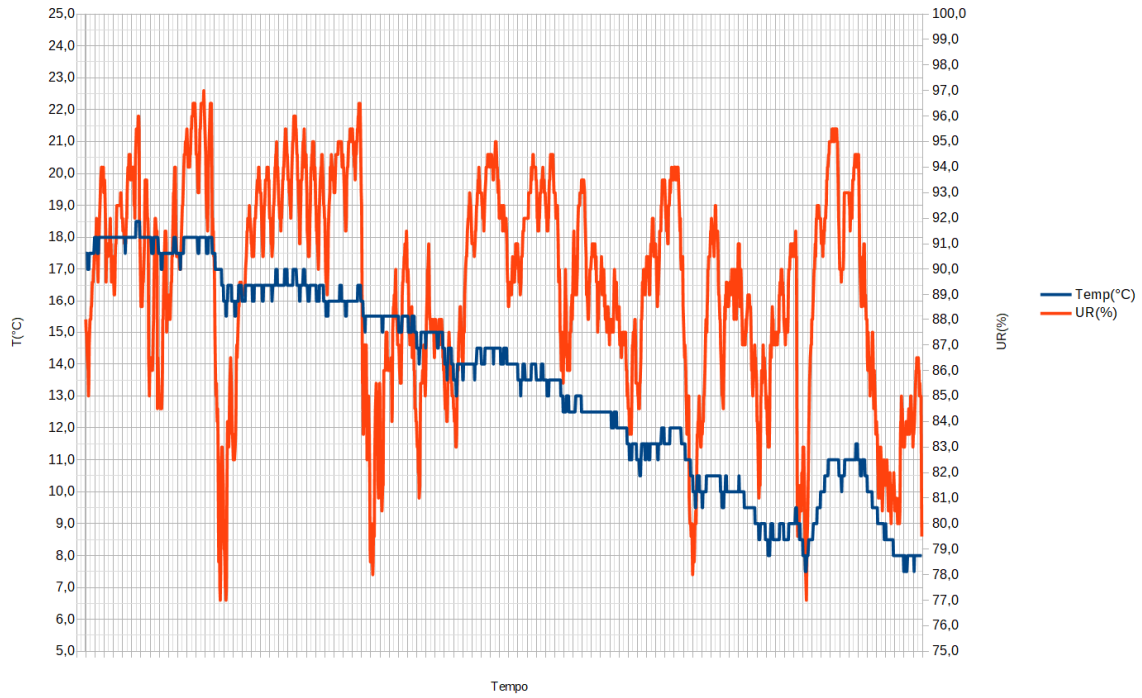
Monitoraggio T/UR Scavo

periodo dal 22/06/2017 al 22/09/2017



Monitoraggio T/UR Scavo

periodo dal 23/09/2017 al 22/12/2017



Monitoraggio T/UR Scavo

periodo dal 23/12/2017 al 08/02/2018

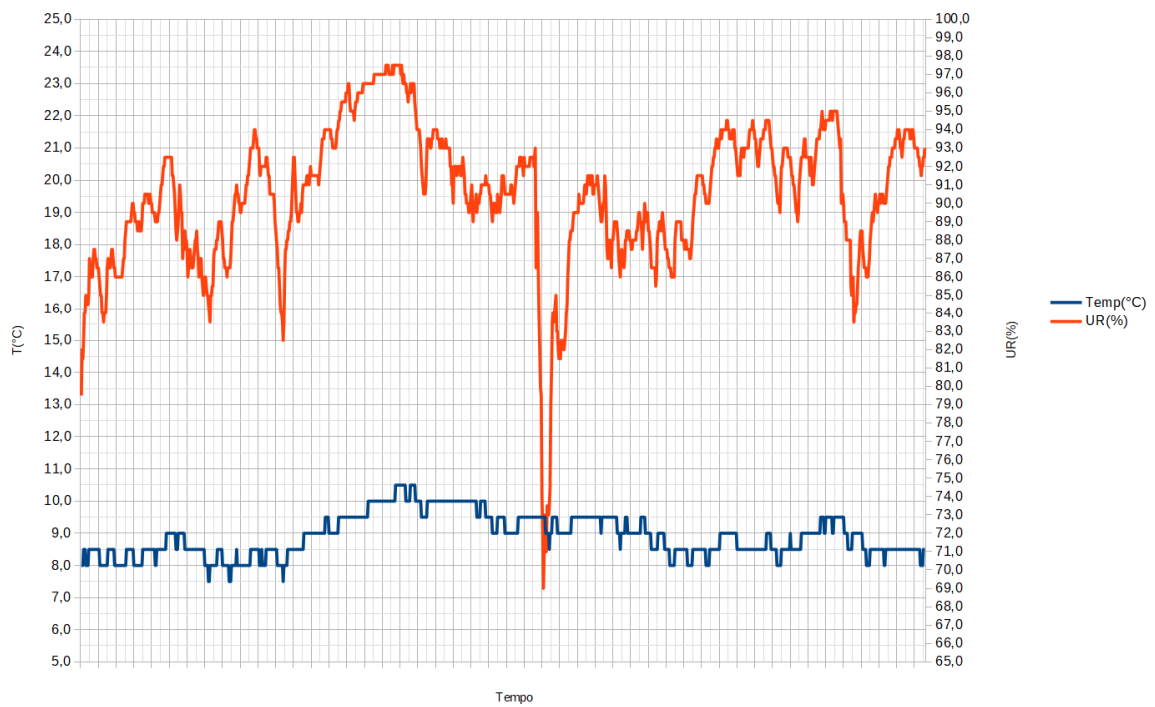


Tabelle riassuntiva T e UR *max / min / medie* nelle 4 stagioni

	STANZA					
	T max	T min	T media	UR max	UR min	UR media
Primavera	22.5 °C	17.0 °C	19.6 °C	86.5 %	63.0 %	77.0 %
Estate	27.0 °C	17.5 °C	23.5 °C	86.5 %	51.0 %	73.6 %
Autunno	19.0 °C	7.0 °C	13.6 °C	89.0 %	61.0 %	83.1 %
Inverno	10.5 °C	7.5 °C	8.8 °C	93.5 %	59.5 %	85.9 %

	SCAVO					
	T max	T min	T media	UR max	UR min	UR media
Primavera	19.5 °C	15.5 °C	17.5 °C	99.0 %	86.5 %	97.5 %
Estate	23.5 °C	17.0 °C	21.4 °C	100 %	80.0 %	96.4 %
Autunno	18.5 °C	7.5 °C	13.6 °C	97.0 %	77.0 %	89.3 %
Inverno	10.5 °C	7.5 °C	8.9 °C	97.5 %	69.0 %	90.4 %

7. CONCLUSIONI

Il monitoraggio non ha messo in evidenza problematiche legate alle **temperature** che nei 9 mesi di rilevazioni si sono mantenuto all'interno del range consigliato dall'atto di indirizzo del Mibact.

La situazione dell'**umidità relativa** presenta invece delle criticità, soprattutto alla luce di quanto scritto nel *paragrafo 3* della presente relazione. Anche se va considerato che il monitoraggio dell'umidità può aver risentito, in una misura difficile da stimare, del fatto che l'ambiente interno non fosse perfettamente isolato da quello esterno e che vi fossero delle evidenti infiltrazioni dagli infissi delle finestre. E' quindi possibile che in un ambiente sanato da tali problematiche, i valori di UR si riducano sensibilmente, anche se sicuramente ciò non sarà sufficiente affinché si stabilizzino al di sotto del limite del 60% indicato dalla normativa. Nel caso in cui vi siano dei rilevanti problemi di risalita capillare di acqua dal terreno verso la pavimentazione a mosaico (*da verificare in situ mediante misure igrometriche*), come anche scritto nel paragrafo 3, una soluzione potrebbe consistere nell'**isolamento del mosaico dal terreno**. Se questo intervento non fosse percorribile per difficoltà tecniche o problemi di costi, si consiglia di **evitare l'installazione di un sistema di deumidificazione dell'ambiente** perchè, senza eliminare il problema di risalita capillare, la deumidificazione dell'aria provocherebbe un fenomeno costante di **crystallizzazione dei sali** sulla superficie del mosaico. *Meglio avere condizioni di UR superiori al consentito ma stabili che una situazione caratterizzata da forti escursioni periodiche.*

Per quanto concerne la **prevenzione di attacchi biologici**, essa può essere garantita con metodi diretti (trattamenti di tipo meccanico, chimico, fisico o biologico volti alla rimozione delle infestazioni) e indiretti (modifica dell'ambiente). I **fattori** che generalmente permettono e favoriscono lo sviluppo dei biodeteriogeni sono i seguenti: UR alta, T alta, ventilazione scarsa, forte presenza di fonti luminose, presenza di materiale organico e sporizia sul substrato.

ALGHE: hanno bisogno di CO₂, umidità e luce; per la loro crescita sono anche necessari nutrienti inorganici presenti nell'intonaco o nello sporco accumulatosi sulle superfici; non sono necessari nutrienti organici; si sviluppano esclusivamente in superficie o nelle porosità superficiali; sono caratterizzate da uno sviluppo stagionale (picchi in primavera e autunno).

FUNGHI: non hanno bisogno di luce a differenza delle alghe perchè non operano una fotosintesi. Per nutrirsi hanno bisogno di un ambiente umido e di carbonio organico che ricavano dalle degradazione enzimatica di deposizioni presenti sul substrato, di azoto organico e inorganico. Condizioni ottimali di T: 20-35 °C, ma si sviluppano in un range che va da 0 a 50 °C.

In base a ciò, ed in considerazione anche di precedenti consulenze fornite per risanamento di siti archeologici, appare sufficiente, trattandosi di un ambiente confinato, **limitare fortemente l'apporto di luce** (per le alghe) e **di inquinanti e deposizioni varie** (per i funghi) per contrastare lo sviluppo di patine biologiche anche in presenza di percentuali molto alte di UR. E' sicuramente consigliato, nella fase di pre-musealizzazione dello scavo, effettuare un **trattamento di disinfestazione delle superfici**.

Una tecnologia utilizzabile in contesti archeologici per il contrasto della crescita biologica è quella che può prevedere l'installazione di **lampade ultraviolette ad onde corte** che consentono la sterilizzazione di cianofitiche e cianobatteri. Nel nostro caso, però, essendo presente un mosaico con tessere nere ed inserti lapidei colorati, si sconsiglia l'utilizzo di tale sistema che potrebbe portare, con il passare del tempo, allo sbiadimento delle tessere.

Ascoli Piceno, 14 Marzo 2018

Dott. Giuseppe Di Girolami

