




REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
AGENZIA CONSERVATORIA DELLE COSTE

PROGETTO DI RECUPERO E CONSERVAZIONE DELLE TORRI COSTIERE DI PROPRIETÀ DELLA REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PROGETTO DEFINITIVO

Impresa	CONSORZIO VALORI S.C.A.L.
Impresa Indicata per l'esecuzione	IMPRESA NIVOLA COSTRUZIONI

GRUPPO DI PROGETTAZIONE	
Capogruppo	
	CONCISE CONSORZIO STABILE società consortile a responsabilità limitata
responsabile progettazione cat. Id	arch. ALBERTO ENDRIGO
responsabile progettazione cat. IXc	ing. FRANCESCO TONINATO
relazione geologica e geotecnica	dott. geol. DAVIDE BONEDDU
coprogettista e coord. sicurezza in progettazione	ing. ALESSIO BELLU
coprogettista	ing. MASSIMO MULAS
coprogettista	ing. PAOLA BISIACH

CONSULENZE SPECIALISTICHE	
ricerche storiche e di archivio	dott.ssa JACQUELINE SOLDANO
diagnostica e caratterizzazione dei materiali	dott. MARCO MANCA
progettazione illuminotecnica	ing. ANGELO LOGGIA
valutazione e analisi dei costi	geom. ROBERTO CAULA
rilievi	geom. SILVANO CARENTE geom. ROBERTO SANNA
elaborazioni grafiche	ing. DANIELE SECCI ing. ALESSANDRA SULIS ing. junior MA TTEO PICCOLO ing. ANDREA FARINA
progettazione sistemi di ponteggio	Ponteggi e Scaffali Engineering Srl
Interventi di consolidamento versanti	SAFE Geotecnologie
pianificazione approvvigionamenti aerei	STAR WORK SKY
fotografia aerea a bassa quota	TERAVISTA
progetto grafico coordinato	BEEtoBEE



TORRI COSTIERE
DELLA SARDEGNA

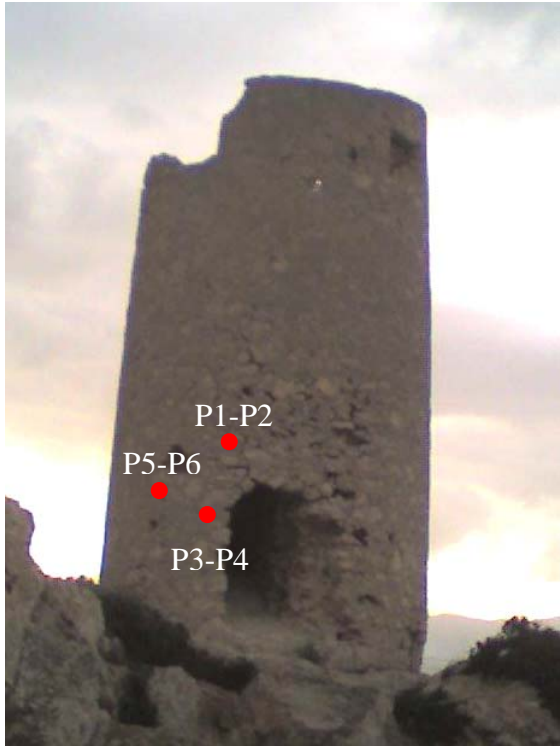

ALLEGATO	
8	Indagini diagnostiche
DATA	Ottobre 2009

**PROGETTO DI RECUPERO E CONSERVAZIONE DELLE TORRI COSTIERE
DI PROPRIETÀ DELLA REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

Dati identificativi del bene:	
Denominazione: Torre del Prezzemolo (o del Lazzaretto o de su Perdusemini o di Capo Bernat o di Cala Bernat o di Santo Stefano)	
Localizzazione geografico amministrativa: 39°11'12.93"N; 9° 8'32.34"E	
Provincia: Cagliari	
Comune: Cagliari	
Nome sito: Capo Sant'Elia – Promontorio Santo Stefano	
Dati Catastali: Codice: B354	
Foglio: n. 27 D	
Sezione: ---	
Mappale: ---	
Superficie: 28 mq	
	Torre del Prezzemolo

Caratterizzazione dei materiali costruttivi	
Litologie che costituiscono l'apparecchio murario	Pietra Forte e Tramezzarlo (Formazione dei Calcari delle Colline di Cagliari)
Malta di allettamento	Malta costituita da calce aerea (debolmente idraulica), riconducibile alla cottura della Pietra Cantone (marna), ed inerti calcarei grossolani con bioclasti (0-5 mm.)
Malta da intonaco	Malta costituita da calce aerea (debolmente idraulica), riconducibile alla cottura della Pietra Cantone (marna), ed inerti anche bioclastici (0-3 mm.)

Indagini non distruttive	
Esame visivo - Fenomeni riscontrati	
Lapidei naturali	Fenomeni di dissoluzione chimica del Carbonato di Calcio, Corrasione eolica, con obliterazione delle superfici
Lapidei artificiali (malte d'alletto e intonaci)	Decoesione per dissoluzione chimica del carbonato di calcio di neoformazione, Corrasione eolica, con morfologia residuale tipica delle malte di calce

Indagini termografiche	Vedi report allegati
<p>Indagini Ultrasoniche</p> <p>Tipo di apparato utilizzato: PUNDIT</p> <p>Tipo di trasduttori utilizzati: 24 Khz</p> <p>Tipo di rilievo: Trasparenza</p>	<p>Velocità di propagazione rilevate:</p> <p>Allineamento P1-P2 = 800 m/sec</p> <p>Allineamento P3-P4 = 1200 m/sec</p> <p>Allineamento P5-P6 = 1350 m/sec</p> 
 <p>Schema acquisizione per trasparenza</p>	
Descrizione dei materiali previsti per l'intervento di recupero	
Litotipi	Tramezzarlo, Pietra Forte (Formazione dei Calcari delle Colline di Cagliari)
Malta di allettamento, rincoccio e stilatura	<p>FIORE DI CALCE Calce calcica CL 90</p> <p>POZZOLANA Caolino (metacaolino)</p> <p>INERTI Calcarei</p>
Malta da intonaco	<p>FIORE DI CALCE Calce Calcica CL 90 (UNI EN 459-1)</p> <p>POZZOLANA Caolino (metacaolino)</p> <p>INERTI Calcarei</p>

Tipologia di intervento consigliato

Pulitura a secco

Prima di eseguire le operazioni di pulitura è opportuno attenersi a delle specifiche procedure al fine di salvaguardare l'integrità del materiale costitutivo l'impianto murario e, allo stesso tempo, prepararlo in modo da garantire l'efficacia, più o meno incisiva, dell'intervento. Le operazioni preliminari comprendono:

- analisi puntuale e dettagliata della consistenza dei materiali da pulire al fine di avere un quadro esplicativo relativo alla loro natura, compattezza ed inerzia chimica;
- applicazione del sistema di pulitura prescelto su campionature di materiale;
- analisi dei risultati ottenuti sulla superficie campione prima di estendere le operazioni di pulitura a tutta la superficie.

Lo scopo che ogni operazione di pulitura, indipendentemente dal sistema prescelto, è quello di asportare dalla superficie ogni tipo di deposito incoerente in particolare modo quelli che possono proseguire il deterioramento del materiale e inficiare la buona adesione del sistema di intonaci che si andrà a posare.

La rimozione dei depositi incoerenti presenti sul materiale deve essere eseguita ricorrendo a dei sistemi meccanici semplici facili da applicare come ad esempio: spazzole con setole rigide, aria compressa, aspiratori;

La pulitura con spazzola a setole rigide dei paramenti murari, permetterà l'eliminazione delle parti incoerenti e non perfettamente aderenti al supporto; tale procedura risulta meno invasiva rispetto ad altri sistemi di pulitura meccanica (sabbatura o idrosabbatura) e soprattutto non prevede l'uso di acqua la quale, in qualche modo, potrebbe interagire con il supporto, in particolare con i giunti di alletto (costituiti essenzialmente da terra e calce) provocando degrado di tipo chimico, quale dissoluzione e solvatazione, e degrado di tipo fisico sia in fase di proiezione che di ruscellamento.

Le eventuali polveri residue possono essere rimosse mediante l'insufflaggio di aria compressa o aspirazione.

Fase di consolidamento

Sulla base di quanto rilevato mediante le indagini diagnostiche, per quanto riscontrato in ordine alle caratteristiche costitutive e costruttive del manufatto, all'assenza di dissesti riconducibili a vacanze nel paramento murario, ed alla conseguente inesistenza di vuoti atti a ricevere e contenere qualunque sorta di malta consolidante, al fine di evitare sollecitazioni strutturali derivanti dalle tensioni nella fase di iniezione e di maturazione della malta all'interno della matrice muraria, ed evitare interventi irreversibili di foratura, si prevede di reintegrare le mancanze della muratura secondo le metodologie di seguito riportate:

Ricucitura delle murature mediante sostituzione parziale del materiale (scuci e cuci)

L'operazione di scuci e cuci consiste nella risarcitura delle murature per mezzo della parziale sostituzione del materiale; le murature particolarmente degradate, al punto da essere irrecuperabili ed incapaci di assolvere la funzione statica, ovvero meccanica, saranno ripristinate con materiali compatibili per natura (tipologia litologica per i lapidei e caratteristiche fisico meccaniche per le malte) e delle dimensioni. L'intervento potrà limitarsi al solo paramento murario oppure estendersi per tutto il suo spessore. La scelta del materiale di risarcitura dovrà essere fatta con estrema cura, i nuovi elementi dovranno soddisfare diverse esigenze: storiche, estetiche e soprattutto tecniche; dovrà essere compatibile con la preesistenza per dimensioni (così da evitare discontinuità della trama muraria e l'insorgenza di scollamenti tra la parte vecchia e quella nuova) e per natura (una diversità di compattezza potrebbe, ad esempio, implicare un diverso grado di assorbimento con conseguente insorgenza di macchie). Il materiale da utilizzare può essere recuperato in cantiere, (ricavato da demolizioni o crolli) selezionandolo accuratamente al fine di evitare di riutilizzare elementi danneggiati e/o degradati.

La malta di connessione, dovrà essere una malta di calce aerea (CL 90 - 25%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 4%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 3 mm. (71%), caratterizzata da una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 5 MPa, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Fase di rincoccio e stillatura dei giunti

Ulteriore fase di preparazione del supporto è quella relativa al livellamento della superficie muraria con la risarciture delle lacune profonde più di 3 cm, utilizzando malta ed elementi lapidei giustapposti, reperiti in luogo (Tramezzarlo e Pietra Forte)). La malta per il rincoccio, parimenti a quella per la connessione, dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 25%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 4%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 3 mm. (71%), con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da risanare, e con una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 5 MPa, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Eventuale messa in opera del rinzafo

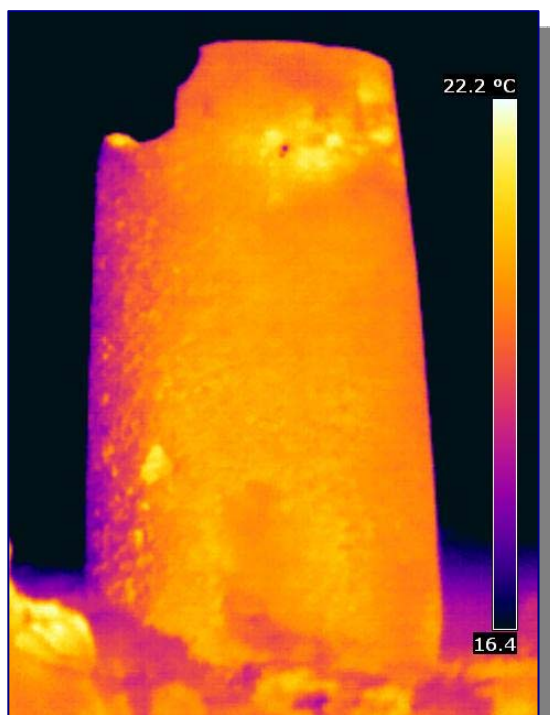
Sul setto murario, preventivamente incocciato e inumidito con acqua pulita, proiettata mediante pennellessa, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua di impasto della malta da rinzafo che si va successivamente posare; il rinzafo nei sistemi di intonaci ha il compito di consolidare il supporto e garantire l'adesione dell'intonaco di fondo. Lo stesso viene applicato con una copertura del 90% della superficie con la cazzuola, con la tecnica dello schiaffo, in modo da aumentare la superficie specifica di aggrappo. La malta per il rinzafo dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 20%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 6%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 3 (74%) mm., con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da rinzafo, e con una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 3, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Eventuale messa in opera del corpo di intonaco

Si procede ancora inumidendo con acqua pulita il setto murario preventivamente rinzafo, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua di impasto della malta; si consiglia di applicare il corpo di intonaco a più riprese, (fino a raggiungimento dello spessore previsto) per stadi successivi di 1,5 cm ciascuno opportunamente stagionato. La malta da intonaco dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 20%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 6%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 1,2 (74%) mm., con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da rinzafo, e con una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 3 MPa e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

REPORT DI ISPEZIONE TERMOGRAFICA

TORRE DEL PREZZEMOLO – Capo Sant'Elia - Cagliari



Data ispezione 13/10/2009

Emissività 0,92

Temperatura riflessa 20° C

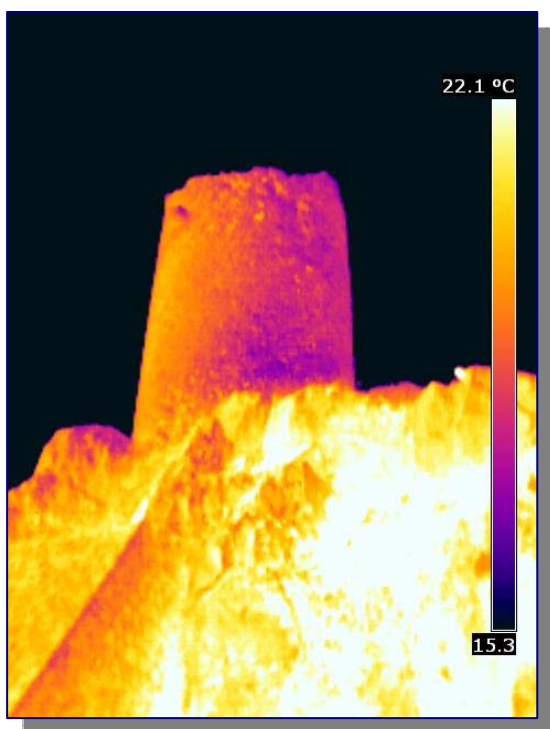
Descrizione

Report termografico relativo al lato orientato verso nord-ovest

Si osserva la tessitura dell'apparecchio murario sul quale vengono evidenziate le zone di mancanza di lapidei relative al paramento esterno.

Le zone caratterizzate da bassa radianza sono localizzate nella parte sommitale della torre laddove è possibile che vi sia un ristagno delle acque meteoriche

TORRE DEL PREZZEMOLO – capo Sant'Elia - Cagliari



Data ispezione 13/10/2009

Emissività 0,92

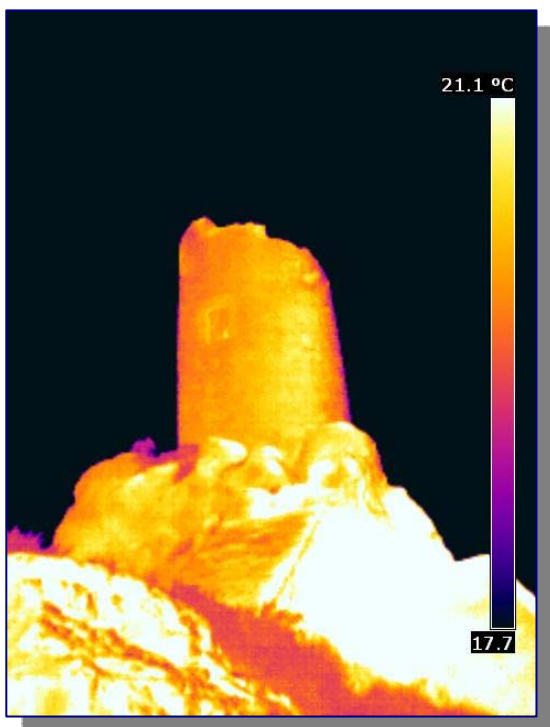
Temperatura riflessa 20° C

Descrizione

Report termografico relativo al lato orientato verso sud-est

Le zone caratterizzate da bassa radianza sono localizzate in corrispondenza del lato in cui il degrado relativo alla malta di allettamento è più diffuso sul paramento murario esterno; su tale lato è apprezzabile la parziale mancanza della sommità del mastio in corrispondenza della piazza d'armi. È ipotizzabile che la mancanza di parte della muratura abbia generato uno scorrimento preferenziale delle acque meteoriche che incidono maggiormente nella lisciviazione degli elementi più instabili delle malte di alletto e da intonaco, provocandone il degrado

TORRE DEL PREZZEMOLO – capo Sant'Elia - Cagliari



Data ispezione 13/10/2009

Emissività 0,92


Temperatura riflessa 20° C

Descrizione

Report termografico relativo al lato orientato verso sud-ovest

Si osserva la tessitura dell'apparecchio murario sul quale vengono evidenziate le zone di mancanza di lapidei relative al paramento esterno.

**PROGETTO DI RECUPERO E CONSERVAZIONE DELLE TORRI COSTIERE
DI PROPRIETÀ DELLA REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

Dati identificativi del bene:	Torre di Capo Malfatano
Denominazione: Torre di Capo Malfatano	
Localizzazione geografico amministrativa: 38°53'11.09"N - 8°48'3.60"E	
Provincia: Cagliari	
Comune: Teulada	
Nome sito: Capo Malfatano – Teulada	
Dati Catastali: Codice: L154	
Foglio: n. 11 (n. 911 Area)	
Sezione: I	
Mappale: n. 45 – (n. 44 Aerea)	
Superficie: 153 mq; Area 8ha 21are 55ca (impianto meccanografico del 30/06/1987)	

Caratterizzazione dei materiali costruttivi	
Litologie che costituiscono l'apparecchio murario	Beach Rock (elementi lapidei derivanti da Spiagge fossili)
Malta di allettamento	Malta costituita da calce aerea, riconducibile alla cottura del calcare compatto del Trias proveniente dall'Isola di Sant'Antioco, ed inerti silicei talvolta contenenti bioclasti (0-3 mm.)
Malta da intonaco	Malta costituita da calce aerea, riconducibile alla cottura del calcare compatto del Trias proveniente dall'Isola di Sant'Antioco, ed inerti silicei talvolta contenenti bioclasti (0-3 mm.)

Indagini non distruttive	
Esame visivo - Fenomeni riscontrati	
Lapidei naturali	Fenomeni di disfacimento dei lapidei naturali k per dissoluzione del cemento carbonatico, ossidazione e lisciviazione del ferro ivi contenuto, in particolare nelle facies costituite da bioclasti grossolani.
Lapidei artificiali (malte d'alletto e intonaci)	Decoesione per dissoluzione chimica del carbonato di calcio di neoformazione, Corrasione eolica nelle superfici esposte con l'arretramento

	<p>delle connessioni di malta tra i conci lapidei e conseguente fenomeno di crollo degli stessi. Pregevoli le caratteristiche meccaniche ed estetiche dei rivestimenti supersiti, con particolare riferimento alla lavorazione, che parrebbe scaturisca da una sorta di sagramatura con costipamento della malta di intonaco con richiamo del legante in superficie, ed a una matrice di colore lattiginoso riconducibile all'estrema purezza della calce utilizzata.</p>
Indagini termografiche	Vedi report allegati
<p>Indagini Ultrasoniche</p> <p>Tipo di apparato utilizzato: PUNDIT</p> <p>Tipo di trasduttori utilizzati: 24 Khz</p> <p>Tipo di rilievo: "Step by Step"</p> <p>Distanza tra i punti di acquisizione: 20 cm</p> <p>Profondità di indagine: 15-20 cm</p>	<p>Velocità di propagazione rilevate:</p> <p>S1 – S2 = 1820 m/sec</p> <p>S2 – S3 = 1630 m/sec</p> <p>S3 – S4 = 1663 m/sec</p> <p>S4 – S5 = 2100 m/sec</p> <div data-bbox="312 934 592 1464" data-label="Image"> <p>Il diagramma illustra il metodo di acquisizione ultrasonica "Step by Step". A sinistra, un trasduttore (etichettato "Trasmittitore" in rosso) emette onde ultrasoniche (rappresentate da linee rosse curve) verso un campione di materiale. A destra, un ricevitore (etichettato "Ricevitore" in rosso) riceve le onde riflesse. Le onde si propagano in modo a "step" lungo la superficie del campione.</p> </div> <p>Schema acquisizione "Step by Step"</p> <div data-bbox="743 927 1453 1460" data-label="Image"> <p>La fotografia mostra un muro di pietra con cinque punti di acquisizione ultrasonica contrassegnati da punti rossi e etichettati S1, S2, S3, S4 e S5. I punti sono disposti in una linea verticale su una superficie irregolare di pietra.</p> </div> <p>Punti di acquisizione ultrasonica</p>
Descrizione dei materiali previsti per l'intervento di recupero	
Litotipi	Granito
Malta di allettamento, rincoccio e stilatura	<p>FIORE DI CALCE</p> <p>Calce calcica CL 90</p> <p>POZZOLANA</p> <p>Caolino (metacaolino)</p> <p>INERTI</p> <p>Silicei</p>
Malta da intonaco	<p>FIORE DI CALCE</p> <p>Calce Calcica CL 90 (UNI EN 459-1)</p>

	POZZOLANA Caolino (metacaolino) INERTI Silicei
--	---

Tipologia di intervento consigliato

Pulitura a secco

Prima di eseguire le operazioni di pulitura è opportuno attenersi a delle specifiche procedure al fine di salvaguardare l'integrità del materiale costitutivo l'impianto murario e, allo stesso tempo, prepararlo in modo da garantire l'efficacia, più o meno incisiva, dell'intervento. Le operazioni preliminari comprendono:

- analisi puntuale e dettagliata della consistenza dei materiali da pulire al fine di avere un quadro esplicativo relativo alla loro natura, compattezza ed inerzia chimica;
- applicazione del sistema di pulitura prescelto su campionature di materiale;
- analisi dei risultati ottenuti sulla superficie campione prima di estendere le operazioni di pulitura a tutta la superficie.

Lo scopo che ogni operazione di pulitura, indipendentemente dal sistema prescelto, è quello di asportare dalla superficie ogni tipo di deposito incoerente in particolare modo quelli che possono proseguire il deterioramento del materiale e inficiare la buona adesione del sistema di intonaci che si andrà a posare.

La rimozione dei depositi incoerenti presenti sul materiale deve essere eseguita ricorrendo a dei sistemi meccanici semplici facili da applicare come ad esempio: spazzole con setole rigide, aria compressa, aspiratori;

La pulitura con spazzola a setole rigide dei paramenti murari, permetterà l'eliminazione delle parti incoerenti e non perfettamente aderenti al supporto; tale procedura risulta meno invasiva rispetto ad altri sistemi di pulitura meccanica (sabbatura o idrosabbatura) e soprattutto non prevede l'uso di acqua la quale, in qualche modo, potrebbe interagire con il supporto, in particolare con i giunti di alletto (costituiti essenzialmente da terra e calce) provocando degrado di tipo chimico, quale dissoluzione e solvatazione, e degrado di tipo fisico sia in fase di proiezione che di ruscellamento.

Le eventuali polveri residue possono essere rimosse mediante l'insufflaggio di aria compressa o aspirazione.

Fase di consolidamento

Sulla base di quanto rilevato mediante le indagini diagnostiche, per quanto riscontrato in ordine alle caratteristiche costitutive e costruttive del manufatto, all'assenza di dissesti riconducibili a vacanze nel paramento murario, ed alla conseguente inesistenza di vuoti atti a ricevere e contenere qualunque sorta di malta consolidante (tenendo conto che la Beach Rock ha una permeabilità pressoché nulla), al fine di evitare sollecitazioni strutturali derivanti dalle tensioni nella fase di iniezione e di maturazione della malta all'interno della matrice muraria, ed evitare interventi irreversibili di foratura, si prevede di reintegrare le mancanze della muratura secondo le metodologie di seguito riportate, **con particolare riferimento, per il caso specifico, alla fase di rincoccio:**

Ricucitura delle murature mediante sostituzione parziale del materiale (scuci e cuci)

L'operazione di scuci e cuci consiste nella risarcitura delle murature per mezzo della parziale sostituzione del materiale; le murature particolarmente degradate, al punto da essere irrecuperabili ed incapaci di assolvere la funzione statica, ovvero meccanica, saranno ripristinate con materiali compatibili per natura (tipologia litologica per i lapidei e caratteristiche fisico meccaniche per le malte) e delle dimensioni. L'intervento potrà limitarsi al solo paramento murario oppure estendersi per tutto il

suo spessore. La scelta del materiale di risarcitura dovrà essere fatta con estrema cura, i nuovi elementi dovranno soddisfare diverse esigenze: storiche, estetiche e soprattutto tecniche; dovrà essere compatibile con la preesistenza per dimensioni (così da evitare discontinuità della trama muraria e l'insorgenza di scollamenti tra la parte vecchia e quella nuova) e per natura (una diversità di compattezza potrebbe, ad esempio, implicare un diverso grado di assorbimento con conseguente insorgenza di macchie). Il materiale da utilizzare può essere recuperato in cantiere, (ricavato da demolizioni o crolli) selezionandolo accuratamente al fine di evitare di riutilizzare elementi danneggiati e/o degradati.

La malta di connessione, dovrà essere una malta di calce aerea (CL 90 - 25%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 4%) con inerte costituito da sabbia silicea con granulometria da 0 a 4 mm. (71%), caratterizzata da una resistenza a compressione compresa tra 2,5 e 5 MPa, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Fase di rincoccio e stillatura dei giunti

Ulteriore fase di preparazione del supporto è quella relativa al livellamento della superficie muraria con la risarcitura delle lacune profonde più di 3 cm, utilizzando malta ed elementi lapidei giustapposti, reperiti in luogo (Blocchi di Granito con dimensioni coerenti al contesto). La malta per il rincoccio, parimenti a quella per la connessione, dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 25%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 4%) con inerte costituito da sabbia silicea con granulometria da 0 a 3 mm. (71%), con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da risanare, e con una resistenza a compressione compresa tra 2,5 e 5 MPa, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

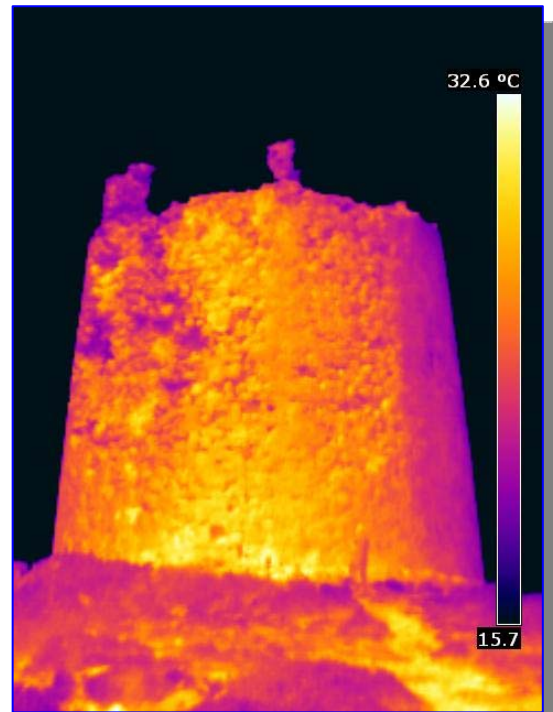
Eventuale messa in opera del rinzaffo

Sul setto murario, preventivamente incocciato e inumidito con acqua pulita, proiettata mediante pennellessa, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua di impasto della malta da rinzaffo che si va successivamente posare; il rinzaffo nei sistemi di intonaci ha il compito di consolidare il supporto e garantire l'adesione dell'intonaco di fondo. Lo stesso viene applicato con una copertura del 90% della superficie con la cazzuola, con la tecnica dello schiaffo, in modo da aumentare la superficie specifica di aggrappo. La malta per il rinzaffo dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 20%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 6%) con inerte costituito da sabbia silicea con granulometria da 0 a 3 (74%) mm., con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da rinzaffare, e con una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 3, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Eventuale messa in opera del corpo di intonaco

Si procede ancora inumidendo con acqua pulita il setto murario preventivamente rinzaffato, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua di impasto della malta; si consiglia di applicare il corpo di intonaco a più riprese, (fino a raggiungimento dello spessore previsto) per starti successivi di 1,5 cm ciascuno opportunamente stagionato. La malta da intonaco dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 20%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 6%) con inerte costituito da sabbia silicea con granulometria da 0 a 1,2 (74%) mm., con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da rinzaffare, e con una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 3 MPa e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

TORRE DI CAPO Malfatano – Teulada



Data ispezione 13/10/2009

Emissività 0,92

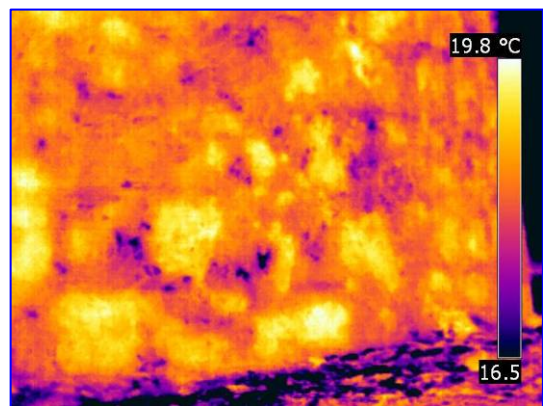
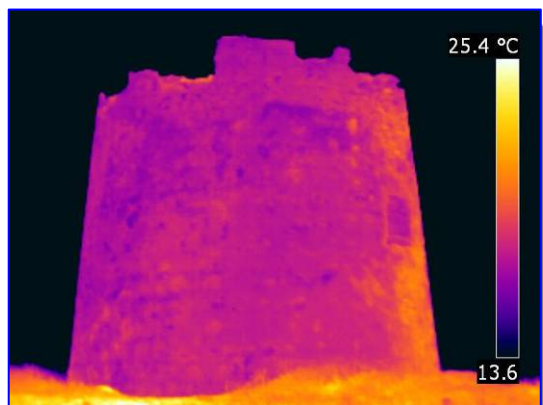
Temperatura riflessa 20° C

Descrizione

Report termografico relativo al lato orientato verso sud

Le anomalie termiche a bassa radianza caratterizzano le zone di perdita di blocchi nel paramento murario esterno ormai quasi completamente privo dei rivestimenti

TORRE DI CAPO Malfatano – Teulada



Data ispezione 13/10/2009

Emissività 0,92

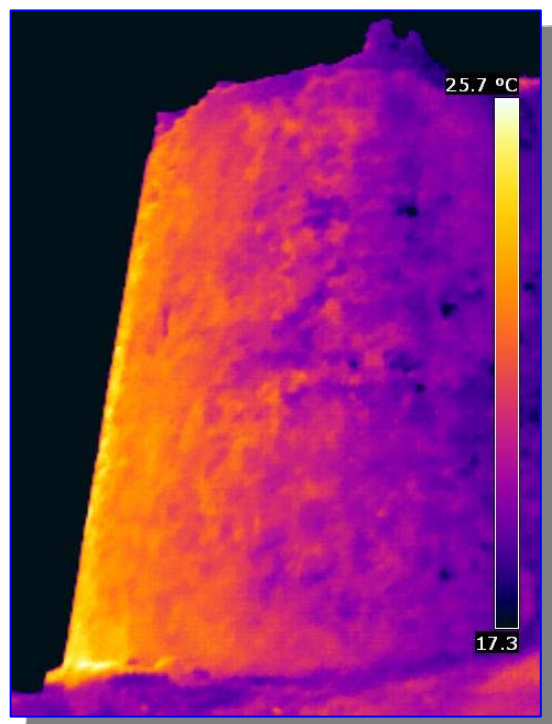
Temperatura riflessa 20° C

Descrizione

Report termografico relativo al lato orientato verso nord

Anomalie termiche riconducibili a perdita di blocchi e corrosione del rivestimento che genera una persistenza idrica superficiale

TORRE DI CAPO Malfatano – Teulada



Data ispezione 13/10/2009

Emissività 0,92

Temperatura riflessa 20° C

Descrizione

Report termografico relativo al lato orientato verso est

Anomalie termiche riconducibili a perdita di blocchi e corrosione del rivestimento che genera una persistenza idrica superficiale

**PROGETTO DI RECUPERO E CONSERVAZIONE DELLE TORRI COSTIERE
DI PROPRIETÀ DELLA REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

Dati identificativi del bene:

Denominazione: Torre del Budello (o di Porto Budello)

Localizzazione geografico amministrativa: 38°55'55.86"N -
8°43'22.43"E

Provincia: Cagliari

Comune: Teulada

Nome sito: Porto di Teulada

Dati Catastali: Codice: L154

Foglio: n. 10

Sezione: G

Mappale: n. 36 – (n. 65 Aerea)

Superficie: 100 mq





Torre del Budello

Caratterizzazione dei materiali costruttivi

Litologie che costituiscono l'apparecchio murario	Granito rosa
Malta di allettamento	Malta costituita da calce aerea, riconducibile alla cottura del calcare compatto del Trias proveniente dall'Isola di Sant'Antioco, ed inerti silicei talvolta contenenti bioclasti (0-4 mm.)
Malta da intonaco	Malta costituita da calce aerea, riconducibile alla cottura del calcare compatto del Trias proveniente dall'Isola di Sant'Antioco, ed inerti silicei talvolta contenenti bioclasti (0-3 mm.)

Indagini non distruttive

Esame visivo - Fenomeni riscontrati	
Lapidei naturali	Fenomeni di lieve disfacimento superficiale del lapideo per idrolisi dei silicati e per fenomeni di corrosione eolica.
Lapidei artificiali (malte d'alletto e intonaci)	Decoesione per dissoluzione chimica del carbonato di calcio di neoformazione, Corrosione eolica nelle superfici esposte con l'arretramento delle connessioni di malta tra i conci lapidei e conseguente fenomeno di crollo degli stessi. Pregevoli le caratteristiche

	meccaniche ed estetiche dei rivestimenti supersiti, con particolare riferimento alla lavorazione, che parrebbe scaturisca da una sorta di sagramatura con costipamento della malta di intonaco con richiamo del legante in superficie, ed a una matrice di colore lattiginoso riconducibile all'estrema purezza della calce utilizzata.
Indagini termografiche	Vedi report allegati
Indagini Ultrasoniche Tipo di apparato utilizzato: PUNDIT Tipo di trasduttori utilizzati: 24 KHz Tipo di rilievo: "Step by Step" Distanza tra i punti di acquisizione: 20 cm Profondità di indagine: 15-20 cm	Velocità di propagazione rilevate: $S1 - S2 = 2500 \text{ m/sec}$ $S2 - S3 = 3200 \text{ m/sec}$ $S3 - S4 = 2700 \text{ m/sec}$ $S4 - S5 = 2930 \text{ m/sec}$
 <p>Schema acquisizione "Step by Step"</p>	 <p>Punti di acquisizione ultrasonica</p>
Descrizione dei materiali previsti per l'intervento di recupero	
Litotipi	Granito
Malta di allettamento, rincoccio e stilatura	FIORE DI CALCE Calce calcica CL 90 POZZOLANA Caolino (metacaolino) INERTI Silicei
Malta da intonaco	FIORE DI CALCE Calce Calcica CL 90 (UNI EN 459-1) POZZOLANA

	Caolino (metacaolino)
	INERTI Silicei

Tipologia di intervento consigliato

Pulitura a secco

Prima di eseguire le operazioni di pulitura è opportuno attenersi a delle specifiche procedure al fine di salvaguardare l'integrità del materiale costitutivo l'impianto murario e, allo stesso tempo, prepararlo in modo da garantire l'efficacia, più o meno incisiva, dell'intervento. Le operazioni preliminari comprendono:

- analisi puntuale e dettagliata della consistenza dei materiali da pulire al fine di avere un quadro esplicativo relativo alla loro natura, compattezza ed inerzia chimica;
- applicazione del sistema di pulitura prescelto su campionature di materiale;
- analisi dei risultati ottenuti sulla superficie campione prima di estendere le operazioni di pulitura a tutta la superficie.

Lo scopo che ogni operazione di pulitura, indipendentemente dal sistema prescelto, è quello di asportare dalla superficie ogni tipo di deposito incoerente in particolare modo quelli che possono proseguire il deterioramento del materiale e inficiare la buona adesione del sistema di intonaci che si andrà a posare.

La rimozione dei depositi incoerenti presenti sul materiale deve essere eseguita ricorrendo a dei sistemi meccanici semplici facili da applicare come ad esempio: spazzole con setole rigide, aria compressa, aspiratori;

La pulitura con spazzola a setole rigide dei paramenti murari, permetterà l'eliminazione delle parti incoerenti e non perfettamente aderenti al supporto; tale procedura risulta meno invasiva rispetto ad altri sistemi di pulitura meccanica (sabbatura o idrosabbatura) e soprattutto non prevede l'uso di acqua la quale, in qualche modo, potrebbe interagire con il supporto, in particolare con i giunti di alletto (costituiti essenzialmente da terra e calce) provocando degrado di tipo chimico, quale dissoluzione e solvatazione, e degrado di tipo fisico sia in fase di proiezione che di ruscellamento.

Le eventuali polveri residue possono essere rimosse mediante l'insufflaggio di aria compressa o aspirazione.

Fase di consolidamento

Sulla base di quanto rilevato mediante le indagini diagnostiche, per quanto riscontrato in ordine alle caratteristiche costitutive e costruttive del manufatto, all'assenza di dissesti riconducibili a vacanze nel paramento murario, ed alla conseguente inesistenza di vuoti atti a ricevere e contenere qualunque sorta di malta consolidante (tenendo conto che il Granito ha una permeabilità pressoché nulla), al fine di evitare sollecitazioni strutturali derivanti dalle tensioni nella fase di iniezione e di maturazione della malta all'interno della matrice muraria, ed evitare interventi irreversibili di foratura, si prevede di reintegrare le mancanze della muratura secondo le metodologie di seguito riportate:

Risarcitura delle murature mediante sostituzione parziale del materiale (scuci e cucì)

L'operazione di scuci e cucì consiste nella risarcitura delle murature per mezzo della parziale sostituzione del materiale; le murature particolarmente degradate, al punto da essere irrecuperabili ed incapaci di assolvere la funzione statica, ovvero meccanica, saranno ripristinate con materiali compatibili per natura (tipologia litologica per i lapidei e caratteristiche fisico meccaniche per le malte) e delle dimensioni. L'intervento potrà limitarsi al solo paramento murario oppure estendersi per tutto il suo spessore. La scelta del materiale di risarcitura dovrà essere fatta con estrema cura, i nuovi elementi dovranno soddisfare diverse esigenze: storiche, estetiche e soprattutto tecniche; dovrà essere compatibile con la preesistenza per dimensioni (così da evitare discontinuità della trama

muraria e l'insorgenza di scollamenti tra la parte vecchia e quella nuova) e per natura (una diversità di compattezza potrebbe, ad esempio, implicare un diverso grado di assorbimento con conseguente insorgenza di macchie). Il materiale da utilizzare può essere recuperato in cantiere, (ricavato da demolizioni o crolli) selezionandolo accuratamente al fine di evitare di riutilizzare elementi danneggiati e/o degradati.

La malta di connessione, dovrà essere una malta di calce aerea (CL 90 - 25%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 4%) con inerte costituito da sabbia silicea con granulometria da 0 a 4 mm. (71%), caratterizzata da una resistenza a compressione compresa tra 2,5 e 5 MPa, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Fase di rincoccio e stillatura dei giunti

Ulteriore fase di preparazione del supporto è quella relativa al livellamento della superficie muraria con la risarcitura delle lacune profonde più di 3 cm, utilizzando malta ed elementi lapidei giustapposti, reperiti in luogo (Blocchi di Granito con dimensioni coerenti al contesto). La malta per il rincoccio, parimenti a quella per la connessione, dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 25%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 4%) con inerte costituito da sabbia silicea con granulometria da 0 a 3 mm. (71%), con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da risanare, e con una resistenza a compressione compresa tra 2,5 e 5 MPa, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

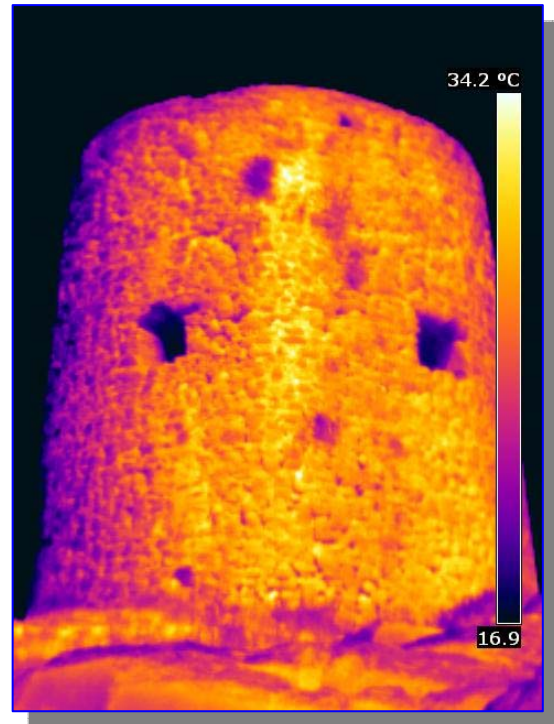
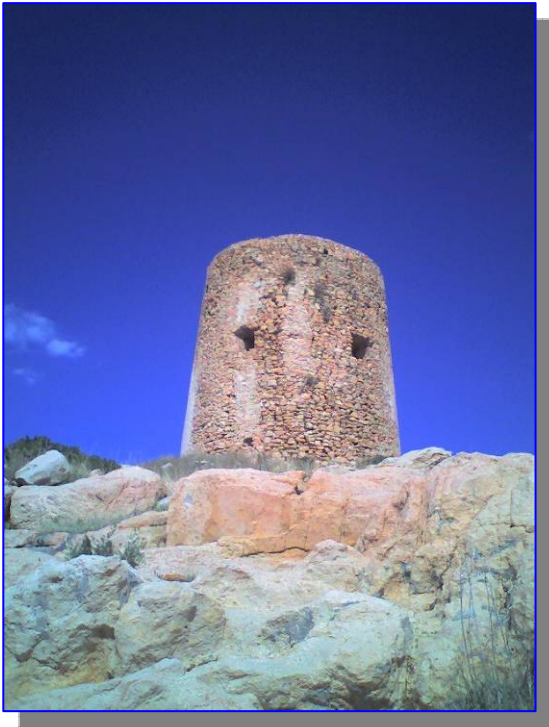
Eventuale messa in opera del rinzafo

Sul setto murario, preventivamente incocciato e inumidito con acqua pulita, proiettata mediante pennellessa, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua di impasto della malta da rinzafo che si va successivamente posare; il rinzafo nei sistemi di intonaci ha il compito di consolidare il supporto e garantire l'adesione dell'intonaco di fondo. Lo stesso viene applicato con una copertura del 90% della superficie con la cazzuola, con la tecnica dello schiaffo, in modo da aumentare la superficie specifica di aggrappo. La malta per il rinzafo dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 20%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 6%) con inerte costituito da sabbia silicea con granulometria da 0 a 3 (74%) mm., con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da rinzafo, e con una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 3, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Eventuale messa in opera del corpo di intonaco

Si procede ancora inumidendo con acqua pulita il setto murario preventivamente rinzafo, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua di impasto della malta; si consiglia di applicare il corpo di intonaco a più riprese, (fino a raggiungimento dello spessore previsto) per strati successivi di 1,5 cm ciascuno opportunamente stagionato. La malta da intonaco dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 20%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 6%) con inerte costituito da sabbia silicea con granulometria da 0 a 1,2 (74%) mm., con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da rinzafo, e con una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 3 MPa e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

TORRE DEL BUDELLO – Teulada



Data ispezione 13/10/2009

Emissività 0,92

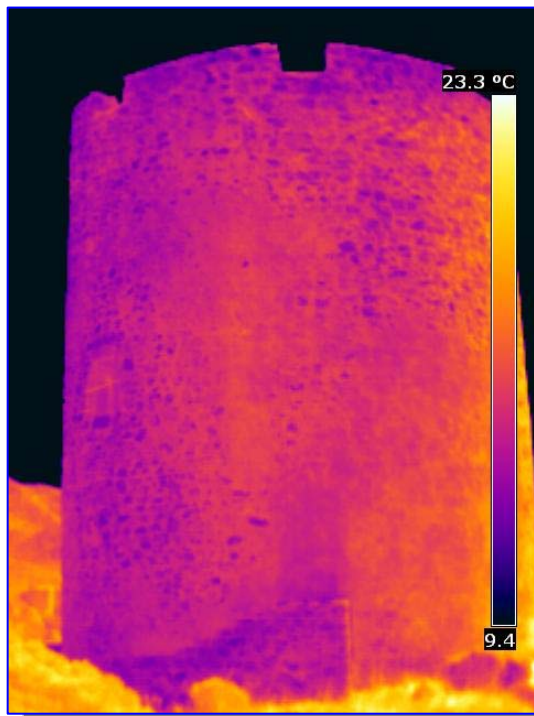
Temperatura riflessa 20° C

Descrizione

Report termografico relativo al lato orientato verso sud

Il report termografico rileva dei punti a bassa radianza in cui è presente della vegetazione; è possibile che queste ultime abbiano determinato un degrado differenziale del paramento, privo dei rivestimenti, incidendo sulle vie preferenziali di scorrimento delle acque meteoriche che hanno degradato in alcune zone la malta di alletto tra i blocchi

TORRE DEL BUDELLO – Teulada



Data ispezione 13/10/2009

Emissività 0,92

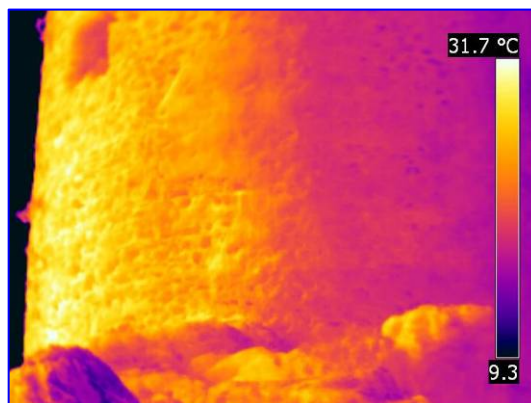
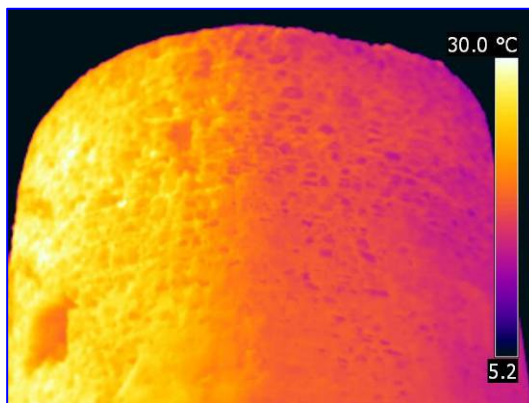
Temperatura riflessa 20° C

Descrizione

Report termografico relativo al lato orientato verso ovest

Sul report è apprezzabile la tessitura dell'apparecchio murario laddove manca il rivestimento; la parte più bassa caratterizzata da una radianza omogenea caratterizza la parte del paramento che mantiene il rivestimento in calce interessato da alveolizzazioni diffuse

TORRE DEL BUDELLO – Teulada



Data ispezione 13/10/2009

Emissività 0,92


Temperatura riflessa 20° C

Descrizione

Report termografico relativo al lato orientato verso est

La zona a bassa radianza caratterizza la parte della torre orientata a nord laddove ancora presente il rivestimento in calce

**PROGETTO DI RECUPERO E CONSERVAZIONE DELLE TORRI COSTIERE
DI PROPRIETÀ DELLA REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

Dati identificativi del bene:	Torre di Capo Malfatano
<p>Denominazione: Torre di Capo Malfatano</p> <p>Localizzazione geografico amministrativa: 38°53'11.09"N - 8°48'3.60"E</p> <p>Provincia: Cagliari</p> <p>Comune: Teulada</p> <p>Nome sito: Capo Malfatano – Teulada</p> <p>Dati Catastali: Codice: L154</p> <p>Foglio: n. 11 (n. 911 Area)</p> <p>Sezione: I</p> <p>Mappale: n. 45 – (n. 44 Aerea)</p> <p>Superficie: 153 mq; Area 8ha 21are 55ca (impianto meccanografico del 30/06/1987)</p>	

Caratterizzazione dei materiali costruttivi	
Litologie che costituiscono l'apparecchio murario	Beach Rock (elementi lapidei derivanti da Spiagge fossili)
Malta di allettamento	Malta costituita da calce aerea, riconducibile alla cottura del calcare compatto del Trias proveniente dall'Isola di Sant'Antioco, ed inerti silicei talvolta contenenti bioclasti (0-3 mm.)
Malta da intonaco	Malta costituita da calce aerea, riconducibile alla cottura del calcare compatto del Trias proveniente dall'Isola di Sant'Antioco, ed inerti silicei talvolta contenenti bioclasti (0-3 mm.)

Indagini non distruttive	
Esame visivo - Fenomeni riscontrati	
Lapidei naturali	Fenomeni di disfacimento dei lapidei naturali k per dissoluzione del cemento carbonatico, ossidazione e lisciviazione del ferro ivi contenuto, in particolare nelle facies costituite da bioclasti grossolani.
Lapidei artificiali (malte d'alletto e intonaci)	Decoesione per dissoluzione chimica del carbonato di calcio di neoformazione, Corrasione eolica nelle superfici esposte con l'arretramento

	<p>delle connessioni di malta tra i conci lapidei e conseguente fenomeno di crollo degli stessi. Pregevoli le caratteristiche meccaniche ed estetiche dei rivestimenti supersiti, con particolare riferimento alla lavorazione, che parrebbe scaturisca da una sorta di sagramatura con costipamento della malta di intonaco con richiamo del legante in superficie, ed a una matrice di colore lattiginoso riconducibile all'estrema purezza della calce utilizzata.</p>
Indagini termografiche	Vedi report allegati
<p>Indagini Ultrasoniche</p> <p>Tipo di apparato utilizzato: PUNDIT</p> <p>Tipo di trasduttori utilizzati: 24 Khz</p> <p>Tipo di rilievo: "Step by Step"</p> <p>Distanza tra i punti di acquisizione: 20 cm</p> <p>Profondità di indagine: 15-20 cm</p>	<p>Velocità di propagazione rilevate:</p> <p>S1 – S2 = 1820 m/sec</p> <p>S2 – S3 = 1630 m/sec</p> <p>S3 – S4 = 1663 m/sec</p> <p>S4 – S5 = 2100 m/sec</p> <div data-bbox="312 934 592 1464" data-label="Image"> <p>Il diagramma illustra il metodo di acquisizione ultrasonica "Step by Step". A sinistra, un trasduttore (etichettato "Trasmittitore" in rosso) emette onde ultrasoniche (rappresentate da linee rosse curve) che si propagano verso un ricevitore (etichettato "Ricevitore" in rosso) posizionato a una certa distanza. Le onde sono mostrate in modo da indicare la loro progressione attraverso il materiale da testare.</p> </div> <p>Schema acquisizione "Step by Step"</p> <div data-bbox="743 927 1453 1460" data-label="Image"> <p>La fotografia mostra un muro di pietra con cinque punti di acquisizione ultrasonica contrassegnati da punti rossi e etichettati S1, S2, S3, S4 e S5. I punti sono disposti in una linea verticale. Lo sfondo della foto mostra un paesaggio con vegetazione e un cielo nuvoloso.</p> </div> <p>Punti di acquisizione ultrasonica</p>
Descrizione dei materiali previsti per l'intervento di recupero	
Litotipi	Granito
Malta di allettamento, rincoccio e stilatura	<p>FIORE DI CALCE</p> <p>Calce calcica CL 90</p> <p>POZZOLANA</p> <p>Caolino (metacaolino)</p> <p>INERTI</p> <p>Silicei</p>
Malta da intonaco	<p>FIORE DI CALCE</p> <p>Calce Calcica CL 90 (UNI EN 459-1)</p>

	POZZOLANA Caolino (metacaolino) INERTI Silicei
--	---

Tipologia di intervento consigliato

Pulitura a secco

Prima di eseguire le operazioni di pulitura è opportuno attenersi a delle specifiche procedure al fine di salvaguardare l'integrità del materiale costitutivo l'impianto murario e, allo stesso tempo, prepararlo in modo da garantire l'efficacia, più o meno incisiva, dell'intervento. Le operazioni preliminari comprendono:

- analisi puntuale e dettagliata della consistenza dei materiali da pulire al fine di avere un quadro esplicativo relativo alla loro natura, compattezza ed inerzia chimica;
- applicazione del sistema di pulitura prescelto su campionature di materiale;
- analisi dei risultati ottenuti sulla superficie campione prima di estendere le operazioni di pulitura a tutta la superficie.

Lo scopo che ogni operazione di pulitura, indipendentemente dal sistema prescelto, è quello di asportare dalla superficie ogni tipo di deposito incoerente in particolare modo quelli che possono proseguire il deterioramento del materiale e inficiare la buona adesione del sistema di intonaci che si andrà a posare.

La rimozione dei depositi incoerenti presenti sul materiale deve essere eseguita ricorrendo a dei sistemi meccanici semplici facili da applicare come ad esempio: spazzole con setole rigide, aria compressa, aspiratori;

La pulitura con spazzola a setole rigide dei paramenti murari, permetterà l'eliminazione delle parti incoerenti e non perfettamente aderenti al supporto; tale procedura risulta meno invasiva rispetto ad altri sistemi di pulitura meccanica (sabbatura o idrosabbatura) e soprattutto non prevede l'uso di acqua la quale, in qualche modo, potrebbe interagire con il supporto, in particolare con i giunti di alletto (costituiti essenzialmente da terra e calce) provocando degrado di tipo chimico, quale dissoluzione e solvatazione, e degrado di tipo fisico sia in fase di proiezione che di ruscellamento.

Le eventuali polveri residue possono essere rimosse mediante l'insufflaggio di aria compressa o aspirazione.

Fase di consolidamento

Sulla base di quanto rilevato mediante le indagini diagnostiche, per quanto riscontrato in ordine alle caratteristiche costitutive e costruttive del manufatto, all'assenza di dissesti riconducibili a vacanze nel paramento murario, ed alla conseguente inesistenza di vuoti atti a ricevere e contenere qualunque sorta di malta consolidante (tenendo conto che la Beach Rock ha una permeabilità pressoché nulla), al fine di evitare sollecitazioni strutturali derivanti dalle tensioni nella fase di iniezione e di maturazione della malta all'interno della matrice muraria, ed evitare interventi irreversibili di foratura, si prevede di reintegrare le mancanze della muratura secondo le metodologie di seguito riportate, **con particolare riferimento, per il caso specifico, alla fase di rincoccio:**

Ricucitura delle murature mediante sostituzione parziale del materiale (scuci e cuci)

L'operazione di scuci e cuci consiste nella risarcitura delle murature per mezzo della parziale sostituzione del materiale; le murature particolarmente degradate, al punto da essere irrecuperabili ed incapaci di assolvere la funzione statica, ovvero meccanica, saranno ripristinate con materiali compatibili per natura (tipologia litologica per i lapidei e caratteristiche fisico meccaniche per le malte) e delle dimensioni. L'intervento potrà limitarsi al solo paramento murario oppure estendersi per tutto il

suo spessore. La scelta del materiale di risarcitura dovrà essere fatta con estrema cura, i nuovi elementi dovranno soddisfare diverse esigenze: storiche, estetiche e soprattutto tecniche; dovrà essere compatibile con la preesistenza per dimensioni (così da evitare discontinuità della trama muraria e l'insorgenza di scollamenti tra la parte vecchia e quella nuova) e per natura (una diversità di compattezza potrebbe, ad esempio, implicare un diverso grado di assorbimento con conseguente insorgenza di macchie). Il materiale da utilizzare può essere recuperato in cantiere, (ricavato da demolizioni o crolli) selezionandolo accuratamente al fine di evitare di riutilizzare elementi danneggiati e/o degradati.

La malta di connessione, dovrà essere una malta di calce aerea (CL 90 - 25%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 4%) con inerte costituito da sabbia silicea con granulometria da 0 a 4 mm. (71%), caratterizzata da una resistenza a compressione compresa tra 2,5 e 5 MPa, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Fase di rincoccio e stillatura dei giunti

Ulteriore fase di preparazione del supporto è quella relativa al livellamento della superficie muraria con la risarcitura delle lacune profonde più di 3 cm, utilizzando malta ed elementi lapidei giustapposti, reperiti in luogo (Blocchi di Granito con dimensioni coerenti al contesto). La malta per il rincoccio, parimenti a quella per la connessione, dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 25%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 4%) con inerte costituito da sabbia silicea con granulometria da 0 a 3 mm. (71%), con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da risanare, e con una resistenza a compressione compresa tra 2,5 e 5 MPa, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

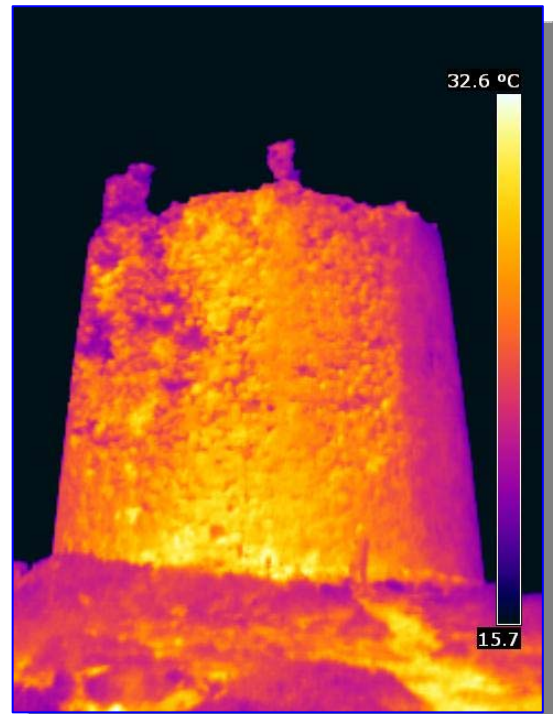
Eventuale messa in opera del rinzaffo

Sul setto murario, preventivamente incocciato e inumidito con acqua pulita, proiettata mediante pennellessa, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua di impasto della malta da rinzaffo che si va successivamente posare; il rinzaffo nei sistemi di intonaci ha il compito di consolidare il supporto e garantire l'adesione dell'intonaco di fondo. Lo stesso viene applicato con una copertura del 90% della superficie con la cazzuola, con la tecnica dello schiaffo, in modo da aumentare la superficie specifica di aggrappo. La malta per il rinzaffo dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 20%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 6%) con inerte costituito da sabbia silicea con granulometria da 0 a 3 (74%) mm., con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da rinzaffare, e con una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 3, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Eventuale messa in opera del corpo di intonaco

Si procede ancora inumidendo con acqua pulita il setto murario preventivamente rinzaffato, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua di impasto della malta; si consiglia di applicare il corpo di intonaco a più riprese, (fino a raggiungimento dello spessore previsto) per starti successivi di 1,5 cm ciascuno opportunamente stagionato. La malta da intonaco dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 20%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 6%) con inerte costituito da sabbia silicea con granulometria da 0 a 1,2 (74%) mm., con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da rinzaffare, e con una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 3 MPa e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

TORRE DI CAPO Malfatano – Teulada



Data ispezione 13/10/2009

Emissività 0,92

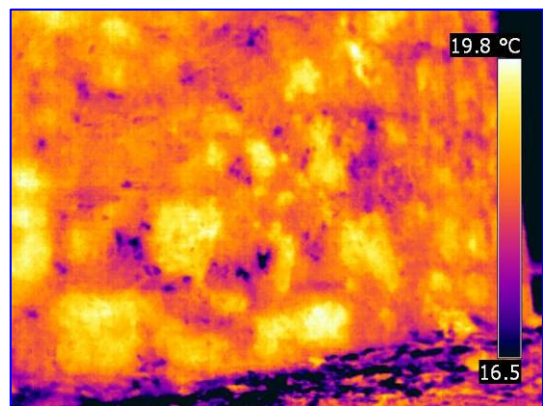
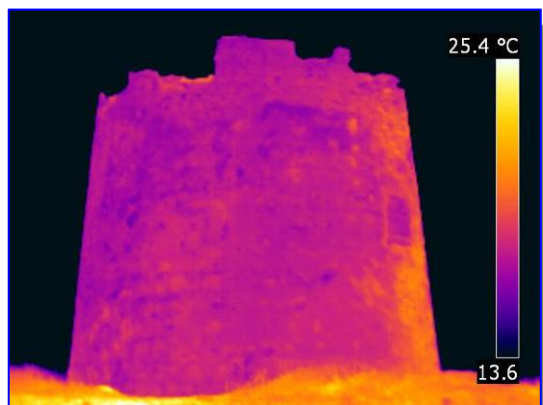
Temperatura riflessa 20° C

Descrizione

Report termografico relativo al lato orientato verso sud

Le anomalie termiche a bassa radianza caratterizzano le zone di perdita di blocchi nel paramento murario esterno ormai quasi completamente privo dei rivestimenti

TORRE DI CAPO Malfatano – Teulada



Data ispezione 13/10/2009

Emissività 0,92

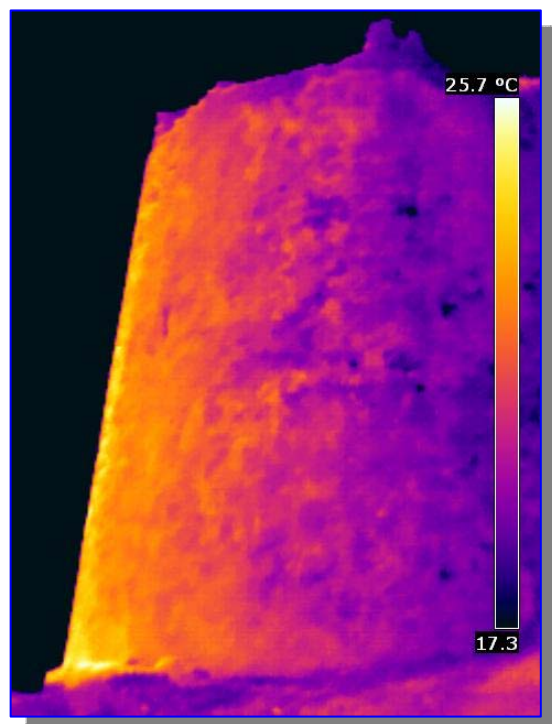
Temperatura riflessa 20° C

Descrizione

Report termografico relativo al lato orientato verso nord

Anomalie termiche riconducibili a perdita di blocchi e corrosione del rivestimento che genera una persistenza idrica superficiale

TORRE DI CAPO Malfatano – Teulada



Data ispezione 13/10/2009

Emissività 0,92

Temperatura riflessa 20° C

Descrizione

Report termografico relativo al lato orientato verso est


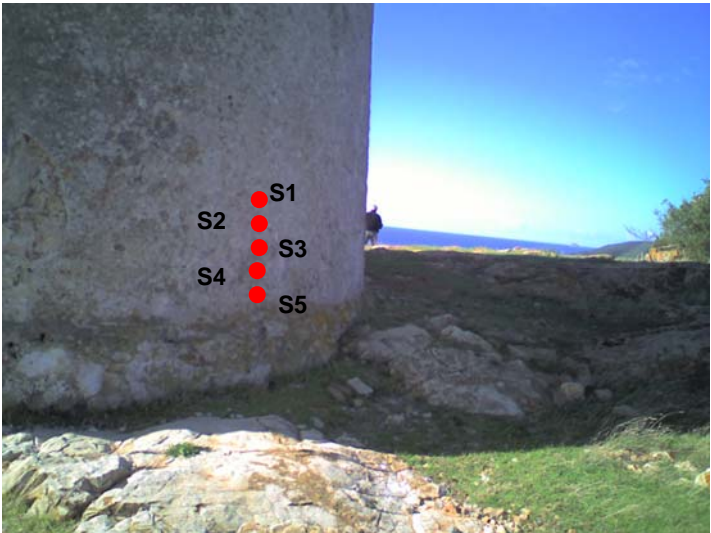
Anomalie termiche riconducibili a perdita di blocchi e corrosione del rivestimento che genera una persistenza idrica superficiale

**PROGETTO DI RECUPERO E CONSERVAZIONE DELLE TORRI COSTIERE
DI PROPRIETÀ DELLA REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

Dati identificativi del bene:	Torre di Porto Scudo
Denominazione: Torre di Porto Scudo (o Scudu o Scuro o Scuru)	
Localizzazione geografico amministrativa: 38°53'55.48"N - 8°39'57.99"E	
Provincia: Cagliari	
Comune: Teulada	
Nome sito: Poligono interforze di Teulada, località Porto Scudu	
Dati Catastali: Codice: L154	
Foglio: n. 15	
Sezione: F	
Mappale: n. 8	
Superficie: 50 mq	

Caratterizzazione dei materiali costruttivi	
Litologie che costituiscono l'apparecchio murario	Calcare cambrico Dolomia cariata Calcescisto Vulcaniti (piccole percentuali) Dolomia Tufiti (zona cupola)
Malta di allettamento	Malta costituita da calce aerea, riconducibile alla cottura del calcare "Cambrico" denominato "Coroide", con inerti riconducibili ai lapidei utilizzati per il paramento murario, talvolta contenenti bioclasti (0-5 mm.)
Malta da intonaco	Malta costituita da calce aerea, riconducibile alla cottura del calcare "Cambrico" denominato "Coroide", con inerti riconducibili ai lapidei utilizzati per il paramento murario, talvolta contenenti bioclasti (0-3 mm.)

Indagini non distruttive
Esame visivo - Fenomeni riscontrati

Lapidei naturali	Fenomeni di patine di dissoluzione a carico dei lapidei cartonatici.
Lapidei artificiali (malte d'alletto e intonaci)	Decoesione per dissoluzione chimica del carbonato di calcio di neoformazione, della malta, corrosione eolica nelle superfici esposte con il conseguente arretramento delle connessioni di malta, tra i conci lapidei, con notevoli fenomeni localizzati in prossimità dell'apertura principale dove è riscontrabile la riduzione della sezione della muratura.
Indagini termografiche	Vedi report allegati
<p>Indagini Ultrasoniche</p> <p>Tipo di apparato utilizzato: PUNDIT</p> <p>Tipo di trasduttori utilizzati: 24 KHz</p> <p>Tipo di rilievo: "Step by Step"</p> <p>Distanza tra i punti di acquisizione: 20 cm</p> <p>Profondità di indagine: 15-20 cm</p>	<p>Velocità di propagazione rilevate:</p> <p>S1 – S2 = 1300 m/sec</p> <p>S2 – S3 = 1650 m/sec</p> <p>S3 – S4 = 1320 m/sec</p> <p>S4 – S5 = 1330 m/sec</p>
 <p>Schema acquisizione "Step by Step"</p>	 <p>Punti di acquisizione ultrasonica</p>
Descrizione dei materiali previsti per l'intervento di recupero	
Litotipi	Calcare cambrico Dolomia
Malta di allettamento, rincoccio e stilatura	<p>FIORE DI CALCE Calce calcica CL 90 POZZOLANA Caolino (metacaolino)</p> <p>INERTI Silicei</p>
Malta da intonaco	<p>FIORE DI CALCE Calce Calcica CL 90 (UNI EN 459-1)</p>

	POZZOLANA Caolino (metacaolino)
	INERTI Calcarei

Tipologia di intervento consigliato

Pulitura a secco

Prima di eseguire le operazioni di pulitura è opportuno attenersi a delle specifiche procedure al fine di salvaguardare l'integrità del materiale costitutivo l'impianto murario e, allo stesso tempo, prepararlo in modo da garantire l'efficacia, più o meno incisiva, dell'intervento. Le operazioni preliminari comprendono:

- analisi puntuale e dettagliata della consistenza dei materiali da pulire al fine di avere un quadro esplicativo relativo alla loro natura, compattezza ed inerzia chimica;
- applicazione del sistema di pulitura prescelto su campionature di materiale;
- analisi dei risultati ottenuti sulla superficie campione prima di estendere le operazioni di pulitura a tutta la superficie.

Lo scopo che ogni operazione di pulitura, indipendentemente dal sistema prescelto, è quello di asportare dalla superficie ogni tipo di deposito incoerente in particolare modo quelli che possono proseguire il deterioramento del materiale e inficiare la buona adesione del sistema di intonaci che si andrà a posare.

La rimozione dei depositi incoerenti presenti sul materiale deve essere eseguita ricorrendo a dei sistemi meccanici semplici facili da applicare come ad esempio: spazzole con setole rigide, aria compressa, aspiratori;

La pulitura con spazzola a setole rigide dei paramenti murari, permetterà l'eliminazione delle parti incoerenti e non perfettamente aderenti al supporto; tale procedura risulta meno invasiva rispetto ad altri sistemi di pulitura meccanica (sabbatura o idrosabbatura) e soprattutto non prevede l'uso di acqua la quale, in qualche modo, potrebbe interagire con il supporto, in particolare con i giunti di alletto (costituiti essenzialmente da terra e calce) provocando degrado di tipo chimico, quale dissoluzione e solvatazione, e degrado di tipo fisico sia in fase di proiezione che di ruscellamento.

Le eventuali polveri residue possono essere rimosse mediante l'insufflaggio di aria compressa o aspirazione.

Fase di consolidamento

Sulla base di quanto rilevato mediante le indagini diagnostiche, per quanto riscontrato in ordine alle caratteristiche costitutive e costruttive del manufatto, all'assenza di dissesti riconducibili a vacanze nel paramento murario, ed alla conseguente inesistenza di vuoti atti a ricevere e contenere qualunque sorta di malta consolidante (tenendo conto che i litotipi riscontrati risultano avere una permeabilità pressoché nulla, fatta eccezione per le tufiti che comunque sono presenti in una piccola percentuale localizzata in corrispondenza della volta), al fine di evitare sollecitazioni strutturali derivanti dalle tensioni nella fase di iniezione e di maturazione della malta all'interno della matrice muraria, ed evitare interventi irreversibili di foratura, si prevede di reintegrare le mancanze della muratura secondo le metodologie di seguito riportate:

Ricucitura delle murature mediante sostituzione parziale del materiale (scuci e cucì)

L'operazione di scuci e cucì consiste nella risarcitura delle murature per mezzo della parziale sostituzione del materiale; le murature particolarmente degradate, al punto da essere irrecuperabili ed incapaci di assolvere la funzione statica, ovvero meccanica, saranno ripristinate con materiali compatibili per natura (tipologia litologica per i lapidei e caratteristiche fisico meccaniche per le malte)

e delle dimensioni. L'intervento potrà limitarsi al solo paramento murario oppure estendersi per tutto il suo spessore. La scelta del materiale di risarcitura dovrà essere fatta con estrema cura, i nuovi elementi dovranno soddisfare diverse esigenze: storiche, estetiche e soprattutto tecniche; dovrà essere compatibile con la preesistenza per dimensioni (così da evitare discontinuità della trama muraria e l'insorgenza di scollamenti tra la parte vecchia e quella nuova) e per natura (una diversità di compattezza potrebbe, ad esempio, implicare un diverso grado di assorbimento con conseguente insorgenza di macchie). Il materiale da utilizzare può essere recuperato in cantiere, (ricavato da demolizioni o crolli) selezionandolo accuratamente al fine di evitare di riutilizzare elementi danneggiati e/o degradati.

La malta di connessione, dovrà essere una malta di calce aerea (CL 90 - 25%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 4%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 5 mm. (71%), caratterizzata da una resistenza a compressione compresa tra 2,5 e 5 MPa, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Fase di rincoccio e stillatura dei giunti

Ulteriore fase di preparazione del supporto è quella relativa al livellamento della superficie muraria con la risarcitura delle lacune profonde più di 3 cm, utilizzando malta ed elementi lapidei giustapposti, reperiti in luogo (Blocchi di Granito con dimensioni coerenti al contesto). La malta per il rincoccio, parimenti a quella per la connessione, dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 25%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 4%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 3 mm. (71%), con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da risanare, e con una resistenza a compressione compresa tra 2,5 e 5 MPa, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

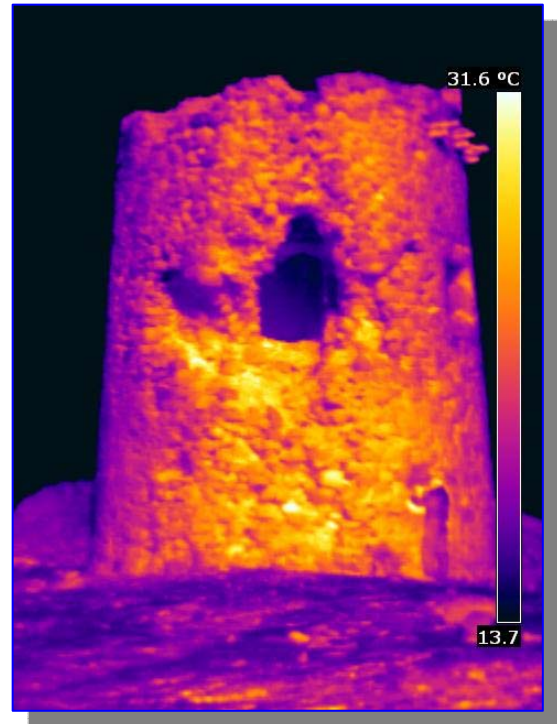
Eventuale messa in opera del rinzafo

Sul setto murario, preventivamente incoccato e inumidito con acqua pulita, proiettata mediante pennellessa, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua di impasto della malta da rinzafo che si va successivamente posare; il rinzafo nei sistemi di intonaci ha il compito di consolidare il supporto e garantire l'adesione dell'intonaco di fondo. Lo stesso viene applicato con una copertura del 90% della superficie con la cazzuola, con la tecnica dello schiaffo, in modo da aumentare la superficie specifica di aggrappo. La malta per il rinzafo dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 20%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 6%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 3 (74%) mm., con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da rinzafo, e con una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 3, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Eventuale messa in opera del corpo di intonaco

Si procede ancora inumidendo con acqua pulita il setto murario preventivamente rinzafo, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua di impasto della malta; si consiglia di applicare il corpo di intonaco a più riprese, (fino a raggiungimento dello spessore previsto) per strati successivi di 1,5 cm ciascuno opportunamente stagionato. La malta da intonaco dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 20%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 6%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 1,2 (74%) mm., con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da rinzafo, e con una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 3 MPa e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

TORRE DI PORTO SCUDO – Teulada



Data ispezione 13/10/2009

Emissività 0,92

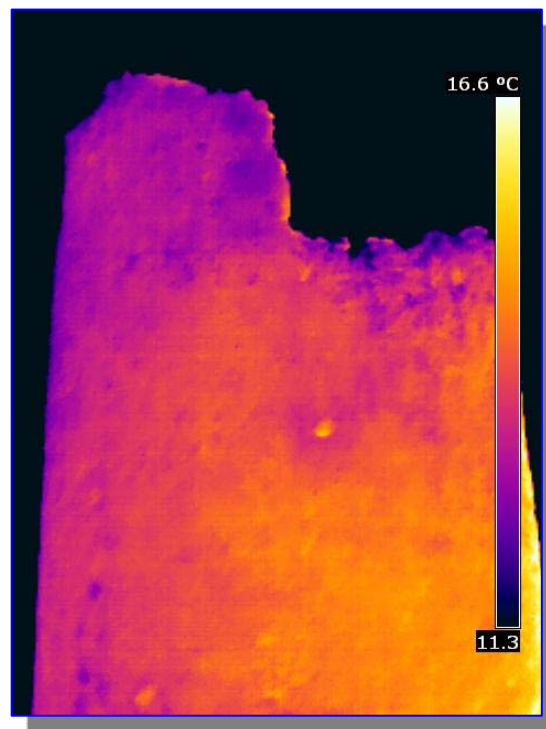
Temperatura riflessa 20° C

Descrizione

Report termografico relativo al lato orientato verso sud

L'immagine termografica eseguita sul lato maggiormente compromesso, rileva l'eterogeneità superficiale del paramento esterno della torre a causa della mancanza dei blocchi più esterni

TORRE DI PORTO SCUDO – Teulada



Data ispezione 13/10/2009

Emissività 0,92

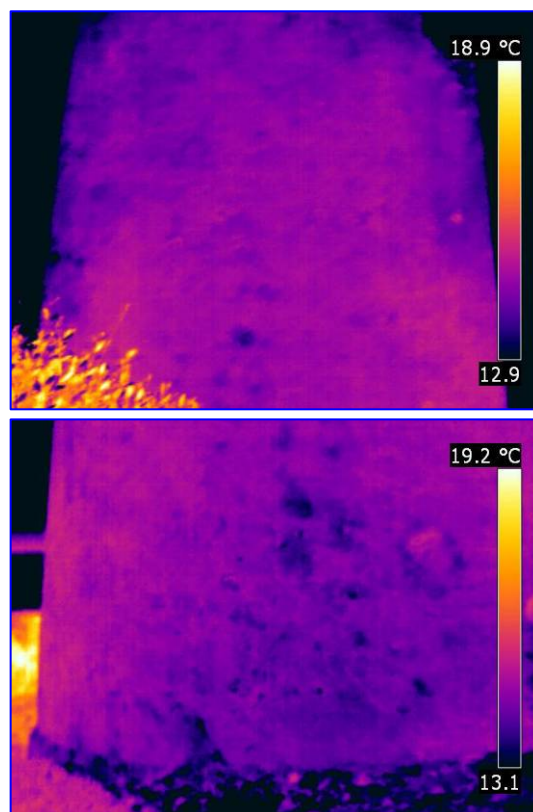
Temperatura riflessa 20° C

Descrizione

Report termografico relativo al lato orientato verso ovest

Il lato ovest mantiene quasi completamente il rivestimenti esterno in malta di calce per tale ragione la termografia si presenta abbastanza uniforme; le anomalie termiche rilevate sono da ricondurre alle parti interessate da fenomeni di pitting e corrosione eolica, e nella parte sommitale della torre laddove manca una parte della torre

TORRE DI PORTO SCUDO – Teulada



Data ispezione 13/10/2009

Emissività 0,92

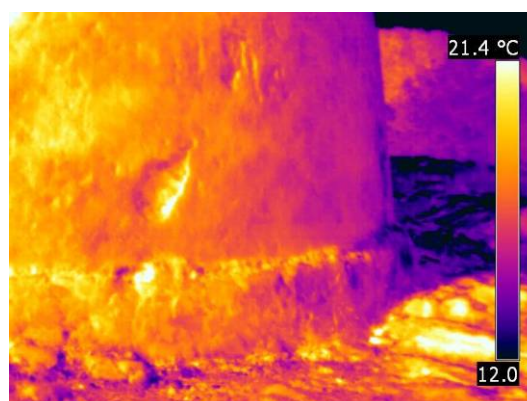
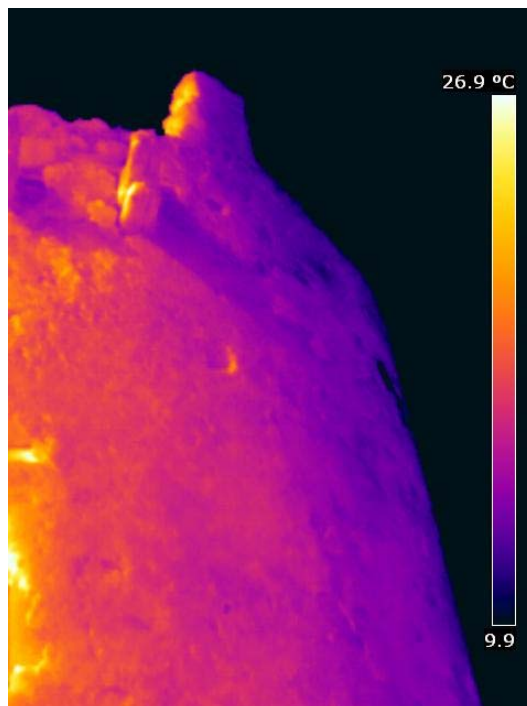
Temperatura riflessa 20° C

Descrizione

Report termografico relativo al lato orientato verso nord

Le anomalie termiche individuano ancora gli effetti del pitting e corrosione eolica che interessa il rivestimento esterno.

TORRE DI PORTO SCUDO – Teulada



Data ispezione 13/10/2009

Emissività 0,92


Temperatura riflessa 20° C

Descrizione

Report termografico relativo al lato orientato verso nord-est

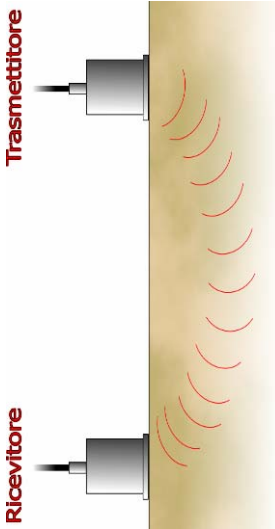
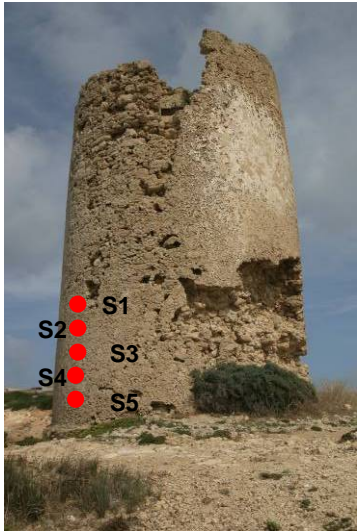
Su questo lato è ben visibile la linea di demarcazione tra la parte orientata a sud sulla quale manca completamente il rivestimento e parte del paramento murario esterno e la zona orientata verso nord che possiede ancora il rivestimento in calce interessato da fenomeni di pitting e corrosione eolica

**PROGETTO DI RECUPERO E CONSERVAZIONE DELLE TORRI COSTIERE
DI PROPRIETÀ DELLA REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

Dati identificativi del bene:	Torre di Sa Mora
<p>Denominazione: Torre De Sa Mora (o de sa Mesa)</p> <p>Localizzazione geografico amministrativa: 40° 2'1.85"N; 8°22'40.51"E</p> <p>Provincia: Oristano</p> <p>Comune: San Vero Milis</p> <p>Nome sito: Lato ovest Capo Mannu, Località Matta e Sa Figu</p> <p>Dati Catastali: Codice: I384</p> <p>Foglio: n. 23</p> <p>Sezione: ---</p> <p>Mappale: n. 1</p> <p>Superficie: 55 mq (dal 30/04/1999); 60 mq (impianto meccanografico del 03/10/1985)</p>	

Caratterizzazione dei materiali costruttivi	
Litologie che costituiscono l'apparecchio murario	Prevalentemente arenarie eoliche, Calcarei vacuolari e brecciati, calcari laminati riconducibili alle formazioni del Sinis e di Capo San Marco
Malta di allettamento	Malta costituita da calce aerea, riconducibile alla cottura dei calcari ivi reperibili
Malta da intonaco	Malta costituita da calce aerea, riconducibile alla cottura del calcare proveniente dalla penisola del Sinis, ed inerti calcarei bioclastici (0-3 mm)

Indagini non distruttive	
Esame visivo - Fenomeni riscontrati	
Lapidei naturali	Fenomeni di disfacimento superficiale imputabile all'azione chimico fisica dell'acqua che ha innescato un processo di dissoluzione chimica del carbonato che costituisce i calcari e per fenomeni di corrosione eolica. In aggiunta al chimismo delle piogge occorre considerare lo spray marino e i cicli di cristallizzazione dei sali provenienti dal mare
Lapidei artificiali (malte d'alletto e intonaci)	Decoesione per dissoluzione chimica del carbonato di calcio di neoformazione,

	Corrasione eolica nelle superfici esposte e azione dello spray marino che hanno portato a una alveolizzazione superficiale diffusa sul lato esposto ai venti dominanti
<p>Indagini Ultrasoniche</p> <p>Tipo di apparato utilizzato: PUNDIT</p> <p>Tipo di trasduttori utilizzati: 24 KHz</p> <p>Tipo di rilievo: "Step by Step"</p> <p>Distanza tra i punti di acquisizione: 20 cm</p> <p>Profondità di indagine: 15-20 cm</p>	<p>Velocità di propagazione rilevate:</p> <p>S1 – S2 = 1500 m/sec</p> <p>S2 – S3 = 1400 m/sec</p> <p>S3 – S4 = 1700 m/sec</p> <p>S4 – S5 = 1530 m/sec</p>
 <p>Schema acquisizione "Step by Step"</p>	 <p>Punti di acquisizione ultrasonica</p>
Descrizione dei materiali previsti per l'intervento di recupero	
Litotipi	Arenarie e calcari
Malta di allettamento, rincoccio e stilatura	<p>FIORE DI CALCE Calce calcica CL 90</p> <p>POZZOLANA Caolino (metacaolino)</p> <p>INERTI Calcarei</p>
Malta da intonaco	<p>FIORE DI CALCE Calce Calcica CL 90 (UNI EN 459-1)</p> <p>POZZOLANA Caolino (metacaolino)</p> <p>INERTI Calcarei</p>

Tipologia di intervento consigliato

Pulitura a secco

Prima di eseguire le operazioni di pulitura è opportuno attenersi a delle specifiche procedure al fine di salvaguardare l'integrità del materiale costitutivo l'impianto murario e, allo stesso tempo, prepararlo in modo da garantire l'efficacia, più o meno incisiva, dell'intervento. Le operazioni preliminari comprendono:

- analisi puntuale e dettagliata della consistenza dei materiali da pulire al fine di avere un quadro esplicativo relativo alla loro natura, compattezza ed inerzia chimica;
- applicazione del sistema di pulitura prescelto su campionature di materiale;
- analisi dei risultati ottenuti sulla superficie campione prima di estendere le operazioni di pulitura a tutta la superficie.

Lo scopo che ogni operazione di pulitura, indipendentemente dal sistema prescelto, è quello di asportare dalla superficie ogni tipo di deposito incoerente in particolare modo quelli che possono proseguire il deterioramento del materiale e inficiare la buona adesione del sistema di intonaci che si andrà a posare.

La rimozione dei depositi incoerenti presenti sul materiale deve essere eseguita ricorrendo a dei sistemi meccanici semplici facili da applicare come ad esempio: spazzole con setole rigide, aria compressa, aspiratori;

La pulitura con spazzola a setole rigide dei paramenti murari, permetterà l'eliminazione delle parti incoerenti e non perfettamente aderenti al supporto; tale procedura risulta meno invasiva rispetto ad altri sistemi di pulitura meccanica (sabbatura o idrosabbatura) e soprattutto non prevede l'uso di acqua la quale, in qualche modo, potrebbe interagire con il supporto, in particolare con i giunti di alletto provocando degrado di tipo chimico, quale dissoluzione e solvatazione, e degrado di tipo fisico sia in fase di proiezione che di ruscellamento.

Le eventuali polveri residue possono essere rimosse mediante l'insufflaggio di aria compressa o aspirazione.

Fase di consolidamento

Sulla base di quanto rilevato mediante le indagini diagnostiche, per quanto riscontrato in ordine alle caratteristiche costitutive e costruttive del manufatto, all'assenza di dissesti riconducibili a vacanze nel paramento murario, ed alla conseguente inesistenza di vuoti atti a ricevere e contenere qualunque sorta di malta consolidante, al fine di evitare sollecitazioni strutturali derivanti dalle tensioni nella fase di iniezione e di maturazione della malta all'interno della matrice muraria, ed evitare interventi irreversibili di foratura, si prevede di reintegrare le mancanze della muratura secondo le metodologie di seguito riportate:

Ricucitura delle murature mediante sostituzione parziale del materiale (scuci e cucì)

L'operazione di scuci e cucì consiste nella risarcitura delle murature per mezzo della parziale sostituzione del materiale; le murature particolarmente degradate, al punto da essere irrecuperabili ed incapaci di assolvere la funzione statica, ovvero meccanica, saranno ripristinate con materiali compatibili per natura (tipologia litologica per i lapidei e caratteristiche fisico meccaniche per le malte) e delle dimensioni. L'intervento potrà limitarsi al solo paramento murario oppure estendersi per tutto il suo spessore. La scelta del materiale di risarcitura dovrà essere fatta con estrema cura, i nuovi elementi dovranno soddisfare diverse esigenze: storiche, estetiche e soprattutto tecniche; dovrà essere compatibile con la preesistenza per dimensioni (così da evitare discontinuità della trama muraria e l'insorgenza di scollamenti tra la parte vecchia e quella nuova) e per natura (una diversità di compattezza potrebbe, ad esempio, implicare un diverso grado di assorbimento con conseguente insorgenza di macchie). Il materiale da utilizzare può essere recuperato in cantiere, (ricavato da demolizioni o crolli) selezionandolo accuratamente al fine di evitare di riutilizzare elementi danneggiati e/o degradati.

La malta di connessione, dovrà essere una malta di calce aerea (CL 90 - 25%) idraulicizzata con

pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 4%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 4 mm. (71%), caratterizzata da una resistenza a compressione compresa tra 2,5 e 5 MPa, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Fase di rincoccio e stillatura dei giunti

Ulteriore fase di preparazione del supporto è quella relativa al livellamento della superficie muraria con la risarciture delle lacune profonde più di 3 cm, utilizzando malta ed elementi lapidei giustapposti, reperiti in loco. La malta per il rincoccio, parimenti a quella per la connessione, dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 25%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 4%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 3 mm. (71%), con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da risanare, e con una resistenza a compressione compresa tra 2,5 e 5 MPa, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Eventuale messa in opera del rinzafo

Sul setto murario, preventivamente incocciato e inumidito con acqua pulita, proiettata mediante pennellessa, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua di impasto della malta da rinzafo che si va successivamente posare; il rinzafo nei sistemi di intonaci ha il compito di consolidare il supporto e garantire l'adesione dell'intonaco di fondo. Lo stesso viene applicato con una copertura del 90% della superficie con la cazzuola, con la tecnica dello schiaffo, in modo da aumentare la superficie specifica di aggrappo. La malta per il rinzafo dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 20%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 6%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 3 (74%) mm., con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da rinzafo, e con una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 3, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Eventuale messa in opera del corpo di intonaco

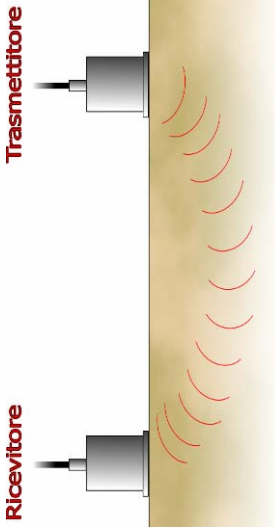
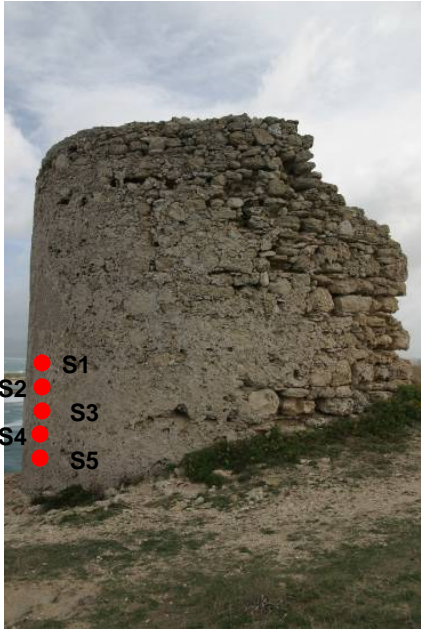
Si procede ancora inumidendo con acqua pulita il setto murario preventivamente rinzafo, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua di impasto della malta; si consiglia di applicare il corpo di intonaco a più riprese, (fino a raggiungimento dello spessore previsto) per starti successivi di 1,5 cm ciascuno opportunamente stagionato. La malta da intonaco dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 20%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 6%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 1,2 (74%) mm., con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da rinzafo, e con una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 3 MPa e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

**PROGETTO DI RECUPERO E CONSERVAZIONE DELLE TORRI COSTIERE
DI PROPRIETÀ DELLA REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

Dati identificativi del bene:	Torre di Capo Mannu
Denominazione: Torre di Capo Mannu (o de Su Pallosu) Localizzazione geografico amministrativa: 40° 2'39.45"N ; 8°23'17.49"E Provincia: Oristano Comune: San Vero Milis Nome sito: Capo Mannu, Su Pallosu Dati Catastali: Codice: I384 Foglio: n. 23 Sezione: --- Mappale: n. 3 in visure catastali (Area n. 459) Superficie: 60 mq (dal 30/04/1999); 83 mq (impianto meccanografico del 03/10/1985)	

Caratterizzazione dei materiali costruttivi	
Litologie che costituiscono l'apparecchio murario	Prevalentemente arenarie eoliche, Calcarei vacuolari e brecciati, calcari laminati riconducibili alle formazioni del Sinis e di Capo San Marco
Malta di allettamento	Malta costituita da calce aerea, riconducibile alla cottura dei calcari ivi reperibili
Malta da intonaco	Malta costituita da calce aerea, riconducibile alla cottura del calcare proveniente dalla penisola del Sinis, ed inerti calcarei bioclastici (0-3 mm)

Indagini non distruttive	
Esame visivo - Fenomeni riscontrati	
Lapidei naturali	Fenomeni di disfacimento superficiale del lapideo per dissoluzione del cemento carbonatico presente nella matrice costituiva i calcari e per fenomeni di corrosione eolica. Degrado imputabile allo spray marino per cristallizzazione ciclica dei sali trasportati dal mare.
Lapidei artificiali (malte d'alletto e intonaci)	Decoesione per dissoluzione chimica del carbonato di calcio di neoformazione, Corrosione eolica nelle superfici esposte con alveolizzazione diffusa. Degrado imputabile

	allo spray marino per cristallizzazione ciclica dei sali trasportati dal mare.
<p>Indagini Ultrasoniche Tipo di apparato utilizzato: PUNDIT Tipo di trasduttori utilizzati: 24 KHz Tipo di rilievo: "Step by Step" Distanza tra i punti di acquisizione: 20 cm Profondità di indagine: 15-20 cm</p>	<p>Velocità di propagazione rilevate: S1 – S2 = 1500 m/sec S2 – S3 = 1700 m/sec S3 – S4 = 1350 m/sec S4 – S5 = 1430 m/sec</p>
 <p>Schema acquisizione "Step by Step"</p>	 <p>Punti di acquisizione ultrasonica</p>
Descrizione dei materiali previsti per l'intervento di recupero	
Litotipi	Calcari e arenarie
Malta di allettamento, rincoccio e stilatura	<p>FIORE DI CALCE Calce calcica CL 90</p> <p>POZZOLANA Caolino (metacaolino)</p> <p>INERTI Calcarei</p>
Malta da intonaco	<p>FIORE DI CALCE Calce Calcica CL 90 (UNI EN 459-1)</p> <p>POZZOLANA Caolino (metacaolino)</p> <p>INERTI Calcarei</p>

Tipologia di intervento consigliato

Pulitura a secco

Prima di eseguire le operazioni di pulitura è opportuno attenersi a delle specifiche procedure al fine di salvaguardare l'integrità del materiale costitutivo l'impianto murario e, allo stesso tempo, prepararlo in modo da garantire l'efficacia, più o meno incisiva, dell'intervento. Le operazioni preliminari comprendono:

- analisi puntuale e dettagliata della consistenza dei materiali da pulire al fine di avere un quadro esplicativo relativo alla loro natura, compattezza ed inerzia chimica;
- applicazione del sistema di pulitura prescelto su campionature di materiale;
- analisi dei risultati ottenuti sulla superficie campione prima di estendere le operazioni di pulitura a tutta la superficie.

Lo scopo che ogni operazione di pulitura, indipendentemente dal sistema prescelto, è quello di asportare dalla superficie ogni tipo di deposito incoerente in particolare modo quelli che possono proseguire il deterioramento del materiale e inficiare la buona adesione del sistema di intonaci che si andrà a posare.

La rimozione dei depositi incoerenti presenti sul materiale deve essere eseguita ricorrendo a dei sistemi meccanici semplici facili da applicare come ad esempio: spazzole con setole rigide, aria compressa, aspiratori;

La pulitura con spazzola a setole rigide dei paramenti murari, permetterà l'eliminazione delle parti incoerenti e non perfettamente aderenti al supporto; tale procedura risulta meno invasiva rispetto ad altri sistemi di pulitura meccanica (sabbatura o idrosabbatura) e soprattutto non prevede l'uso di acqua la quale, in qualche modo, potrebbe interagire con il supporto, in particolare con i giunti di alletto provocando degrado di tipo chimico, quale dissoluzione e solvatazione, e degrado di tipo fisico sia in fase di proiezione che di ruscellamento.

Le eventuali polveri residue possono essere rimosse mediante l'insufflaggio di aria compressa o aspirazione.

Fase di consolidamento

Sulla base di quanto rilevato mediante le indagini diagnostiche, per quanto riscontrato in ordine alle caratteristiche costitutive e costruttive del manufatto, all'assenza di dissesti riconducibili a vacanze nel paramento murario, ed alla conseguente inesistenza di vuoti atti a ricevere e contenere qualunque sorta di malta consolidante, al fine di evitare sollecitazioni strutturali derivanti dalle tensioni nella fase di iniezione e di maturazione della malta all'interno della matrice muraria, ed evitare interventi irreversibili di foratura, si prevede di reintegrare le mancanze della muratura secondo le metodologie di seguito riportate:

Ricucitura delle murature mediante sostituzione parziale del materiale (scuci e cucì)

L'operazione di scuci e cucì consiste nella risarcitura delle murature per mezzo della parziale sostituzione del materiale; le murature particolarmente degradate, al punto da essere irrecuperabili ed incapaci di assolvere la funzione statica, ovvero meccanica, saranno ripristinate con materiali compatibili per natura (tipologia litologica per i lapidei e caratteristiche fisico meccaniche per le malte) e delle dimensioni. L'intervento potrà limitarsi al solo paramento murario oppure estendersi per tutto il suo spessore. La scelta del materiale di risarcitura dovrà essere fatta con estrema cura, i nuovi elementi dovranno soddisfare diverse esigenze: storiche, estetiche e soprattutto tecniche; dovrà essere compatibile con la preesistenza per dimensioni (così da evitare discontinuità della trama muraria e l'insorgenza di scollamenti tra la parte vecchia e quella nuova) e per natura (una diversità di compattezza potrebbe, ad esempio, implicare un diverso grado di assorbimento con conseguente insorgenza di macchie). Il materiale da utilizzare può essere recuperato in cantiere, (ricavato da demolizioni o crolli) selezionandolo accuratamente al fine di evitare di riutilizzare elementi danneggiati e/o degradati.

La malta di connessione, dovrà essere una malta di calce aerea (CL 90 - 25%) idraulicizzata con

pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 4%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 4 mm. (71%), caratterizzata da una resistenza a compressione compresa tra 2,5 e 5 MPa, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Fase di rincoccio e stillatura dei giunti

Ulteriore fase di preparazione del supporto è quella relativa al livellamento della superficie muraria con la risarciture delle lacune profonde più di 3 cm, utilizzando malta ed elementi lapidei giustapposti, reperiti in loco. La malta per il rincoccio, parimenti a quella per la connessione, dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 25%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 4%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 3 mm. (71%), con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da risanare, e con una resistenza a compressione compresa tra 2,5 e 5 MPa, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Eventuale messa in opera del rinzaffo

Sul setto murario, preventivamente incocciato e inumidito con acqua pulita, proiettata mediante pennellessa, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua di impasto della malta da rinzaffo che si va successivamente posare; il rinzaffo nei sistemi di intonaci ha il compito di consolidare il supporto e garantire l'adesione dell'intonaco di fondo. Lo stesso viene applicato con una copertura del 90% della superficie con la cazzuola, con la tecnica dello schiaffo, in modo da aumentare la superficie specifica di aggrappo. La malta per il rinzaffo dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 20%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 6%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 3 (74%) mm., con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da rinzaffare, e con una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 3, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Eventuale messa in opera del corpo di intonaco

Si procede ancora inumidendo con acqua pulita il setto murario preventivamente rinzaffato, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua di impasto della malta; si consiglia di applicare il corpo di intonaco a più riprese, (fino a raggiungimento dello spessore previsto) per starti successivi di 1,5 cm ciascuno opportunamente stagionato. La malta da intonaco dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 20%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 6%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 1,2 (74%) mm., con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da rinzaffare, e con una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 3 MPa e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

**PROGETTO DI RECUPERO E CONSERVAZIONE DELLE TORRI COSTIERE
DI PROPRIETÀ DELLA REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

Dati identificativi del bene:	Torre Scala 'e Sali
Denominazione: Torre de sa Scala 'e Sali (o di Scab'e Sai o della Scala di Sale o dei Fontanamare o di Is Arenas)	
Localizzazione geografico amministrativa: 40° 37.19"N 8°26'15.43"E	
Provincia: Oristano	
Comune: San Vero Milis	
Nome sito: Monte Perdosu, Cala di Capo Bianco, Sa Marigosa	
Dati Catastali: Codice: I384	
Foglio: n. 27	
Sezione: ---	
Mappale: n. 1	
Superficie: 89 mq (da rilievi); 53 mq (dal 30/04/1999); 50 mq (secondo impianto meccanografico del 03/10/1985)	

Caratterizzazione dei materiali costruttivi	
Litologie che costituiscono l'apparecchio murario	Arenarie eoliche, Calcari vacuolari e brecciati, calcari laminati riconducibili alle formazioni del Sinis e di Capo San Marco
Malta di allettamento	Malta costituita da calce aerea, riconducibile alla cottura dei calcari ivi reperibili
Malta da intonaco	Malta costituita da calce aerea, riconducibile alla cottura del calcare proveniente dalla penisola del Sinis, ed inerti calcarei (0-3 mm)

Indagini non distruttive	
Esame visivo - Fenomeni riscontrati	
Lapidei naturali	Fenomeni di disfacimento superficiale del lapideo per azione chimico fisica dell'acqua con dissoluzione del cemento carbonatico, alla quale si aggiunge l'azione ciclica dei sali depositati da aerosol proveniente dal mare. Fenomeni di corrosione eolica che comporta una abrasione della superficie dei lapidei per azione congiunta del vento e dei sedimenti sabbiosi da questo trasportati che agiscono come una sorta di sabbiatura.

Lapidei artificiali (malte d'alletto e intonaci)	Decoesione per dissoluzione chimica del carbonato di calcio, Corrasione eolica nelle superfici esposte con alveolizzazione diffusa in aggiunta alla cristallizzazione ciclica dei sali depositati da aerosol marino .
<p>Indagini Ultrasoniche</p> <p>Tipo di apparato utilizzato: PUNDIT</p> <p>Tipo di trasduttori utilizzati: 24 KHz</p> <p>Tipo di rilievo: "Step by Step"</p> <p>Distanza tra i punti di acquisizione: 20 cm</p> <p>Profondità di indagine: 15-20 cm</p> <div data-bbox="311 660 598 1198"> <p>Il diagramma illustra il metodo 'Step by Step' per l'acquisizione ultrasonica. A sinistra, un trasduttore (Trasmittitore) emette onde ultrasoniche (rappresentate da linee rosse curve) che si propagano verso un ricevitore (Ricevitore) posizionato a una certa distanza. Le onde si riflettono sulla superficie del materiale da indagare, creando un pattern a zigzag che indica la progressione dell'indagine.</p> </div> <p>Schema acquisizione "Step by Step"</p>	<p>Velocità di propagazione rilevate:</p> <p>S1 – S2 = 1500 m/sec</p> <p>S2 – S3 = 1430 m/sec</p> <p>S3 – S4 = 1700 m/sec</p> <p>S4 – S5 = 1330 m/sec</p> <div data-bbox="810 654 1423 1064"> <p>La fotografia mostra un muretto di pietra con un punto di acquisizione ultrasonica. Cinque punti di acquisizione sono contrassegnati da punti rossi e etichettati S1, S2, S3, S4 e S5, disposti verticalmente lungo la superficie del muretto.</p> </div> <p>Punti di acquisizione ultrasonica</p>
Descrizione dei materiali previsti per l'intervento di recupero	
Litotipi	Calcari e arenarie
Malta di allettamento, rincoccio e stilatura	<p>FIORE DI CALCE Calce calcica CL 90</p> <p>POZZOLANA Caolino (metacaolino)</p> <p>INERTI calcarei</p>
Malta da intonaco	<p>FIORE DI CALCE Calce Calcica CL 90 (UNI EN 459-1)</p> <p>POZZOLANA Caolino (metacaolino)</p> <p>INERTI calcarei</p>

Tipologia di intervento consigliato

Pulitura a secco

Prima di eseguire le operazioni di pulitura è opportuno attenersi a delle specifiche procedure al fine di salvaguardare l'integrità del materiale costitutivo l'impianto murario e, allo stesso tempo, prepararlo in modo da garantire l'efficacia, più o meno incisiva, dell'intervento. Le operazioni preliminari comprendono:

- analisi puntuale e dettagliata della consistenza dei materiali da pulire al fine di avere un quadro esplicativo relativo alla loro natura, compattezza ed inerzia chimica;
- applicazione del sistema di pulitura prescelto su campionature di materiale;
- analisi dei risultati ottenuti sulla superficie campione prima di estendere le operazioni di pulitura a tutta la superficie.

Lo scopo che ogni operazione di pulitura, indipendentemente dal sistema prescelto, è quello di asportare dalla superficie ogni tipo di deposito incoerente in particolare modo quelli che possono proseguire il deterioramento del materiale e inficiare la buona adesione del sistema di intonaci che si andrà a posare.

La rimozione dei depositi incoerenti presenti sul materiale deve essere eseguita ricorrendo a dei sistemi meccanici semplici facili da applicare come ad esempio: spazzole con setole rigide, aria compressa, aspiratori;

La pulitura con spazzola a setole rigide dei paramenti murari, permetterà l'eliminazione delle parti incoerenti e non perfettamente aderenti al supporto; tale procedura risulta meno invasiva rispetto ad altri sistemi di pulitura meccanica (sabbatura o idrosabbatura) e soprattutto non prevede l'uso di acqua la quale, in qualche modo, potrebbe interagire con il supporto, in particolare con i giunti di alletto provocando degrado di tipo chimico, quale dissoluzione e solvatazione, e degrado di tipo fisico sia in fase di proiezione che di ruscellamento.

Le eventuali polveri residue possono essere rimosse mediante l'insufflaggio di aria compressa o aspirazione.

Fase di consolidamento

Sulla base di quanto rilevato mediante le indagini diagnostiche, per quanto riscontrato in ordine alle caratteristiche costitutive e costruttive del manufatto, all'assenza di dissesti riconducibili a vacanze nel paramento murario, ed alla conseguente inesistenza di vuoti atti a ricevere e contenere qualunque sorta di malta consolidante, al fine di evitare sollecitazioni strutturali derivanti dalle tensioni nella fase di iniezione e di maturazione della malta all'interno della matrice muraria, ed evitare interventi irreversibili di foratura, si prevede di reintegrare le mancanze della muratura secondo le metodologie di seguito riportate:

Ricucitura delle murature mediante sostituzione parziale del materiale (scuci e cucì)

L'operazione di scuci e cucì consiste nella risarcitura delle murature per mezzo della parziale sostituzione del materiale; le murature particolarmente degradate, al punto da essere irrecuperabili ed incapaci di assolvere la funzione statica, ovvero meccanica, saranno ripristinate con materiali compatibili per natura (tipologia litologica per i lapidei e caratteristiche fisico meccaniche per le malte) e delle dimensioni. L'intervento potrà limitarsi al solo paramento murario oppure estendersi per tutto il suo spessore. La scelta del materiale di risarcitura dovrà essere fatta con estrema cura, i nuovi elementi dovranno soddisfare diverse esigenze: storiche, estetiche e soprattutto tecniche; dovrà essere compatibile con la preesistenza per dimensioni (così da evitare discontinuità della trama muraria e l'insorgenza di scollamenti tra la parte vecchia e quella nuova) e per natura (una diversità di compattezza potrebbe, ad esempio, implicare un diverso grado di assorbimento con conseguente insorgenza di macchie). Il materiale da utilizzare può essere recuperato in cantiere, (ricavato da demolizioni o crolli) selezionandolo accuratamente al fine di evitare di riutilizzare elementi danneggiati e/o degradati.

La malta di connessione, dovrà essere una malta di calce aerea (CL 90 - 25%) idraulicizzata con

pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 4%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 4 mm. (71%), caratterizzata da una resistenza a compressione compresa tra 2,5 e 5 MPa, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Fase di rincoccio e stillatura dei giunti

Ulteriore fase di preparazione del supporto è quella relativa al livellamento della superficie muraria con la risarciture delle lacune profonde più di 3 cm, utilizzando malta ed elementi lapidei giustapposti, reperiti in loco. La malta per il rincoccio, parimenti a quella per la connessione, dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 25%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 4%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 3 mm. (71%), con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da risanare, e con una resistenza a compressione compresa tra 2,5 e 5 MPa, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Eventuale messa in opera del rinzaffo

Sul setto murario, preventivamente incocciato e inumidito con acqua pulita, proiettata mediante pennellessa, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua di impasto della malta da rinzaffo che si va successivamente posare; il rinzaffo nei sistemi di intonaci ha il compito di consolidare il supporto e garantire l'adesione dell'intonaco di fondo. Lo stesso viene applicato con una copertura del 90% della superficie con la cazzuola, con la tecnica dello schiaffo, in modo da aumentare la superficie specifica di aggrappo. La malta per il rinzaffo dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 20%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 6%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 3 (74%) mm., con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da rinzaffare, e con una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 3, e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.

Eventuale messa in opera del corpo di intonaco

Si procede ancora inumidendo con acqua pulita il setto murario preventivamente rinzaffato, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua di impasto della malta; si consiglia di applicare il corpo di intonaco a più riprese, (fino a raggiungimento dello spessore previsto) per starti successivi di 1,5 cm ciascuno opportunamente stagionato. La malta da intonaco dovrà essere costituita da calce aerea (CL 90 – 20%) idraulicizzata con pozzolana naturale trattata termicamente al fine di renderla oltremodo reattiva (metacaolino – 6%) con inerte costituito da sabbia calcarea con granulometria da 0 a 1,2 (74%) mm., con un modulo elastico compatibile rispetto a quello della muratura da rinzaffare, e con una resistenza a compressione compresa tra 1.5 e 3 MPa e un fattore medio di resistenza alla diffusione del vapore “ μ ” uguale o minore a 8.