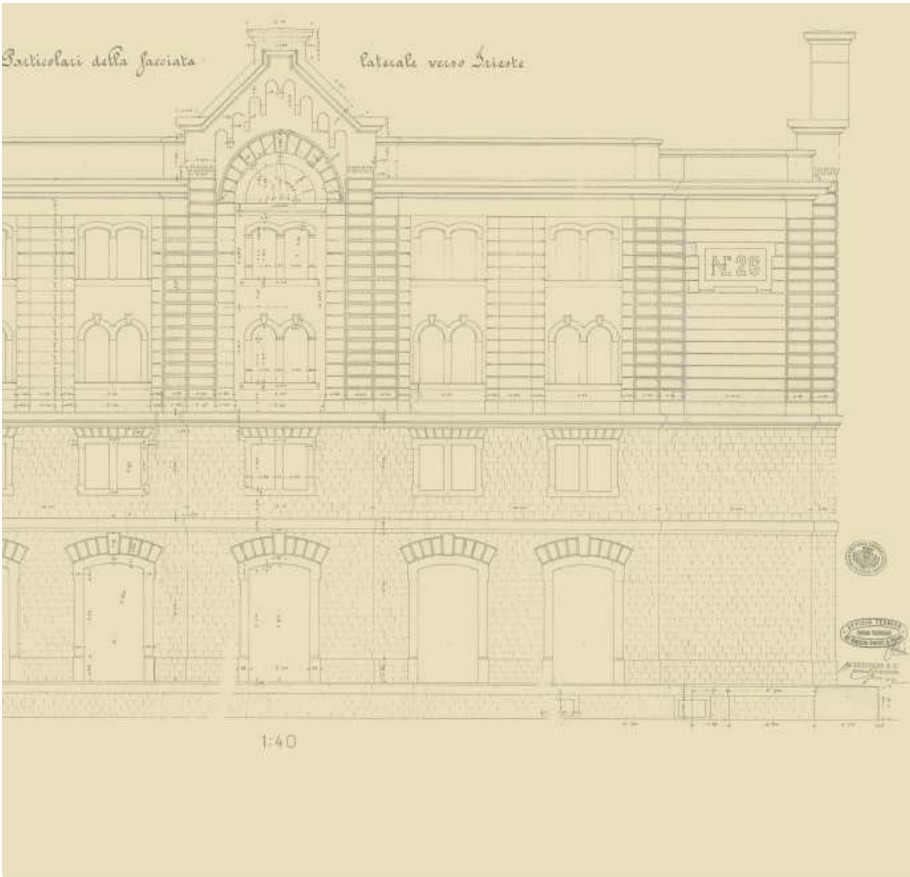




**comune di trieste**  
piazza Unita' d'Italia 4  
34121 Trieste  
tel. 040/6751  
www.comune.trieste.it  
partita iva 00210240321

**area lavori pubblici**  
**servizio edilizia pubblica**



progetto  
dott. arch. Paolo Ricci

disegno  
per. ind. Violetta Mohammed

collaboratore parte impiantistica  
per. ind. Fabio Zanella

supporto al responsabile  
del procedimento  
dott. arch. Rossella Gerbini

responsabile  
del procedimento  
dott. arch. Lucia Iammarino

progetto di fattibilità tecnico economica  
(art. 23 D.Lgs. 50/2016)  
progetto preliminare  
(art. 17 D.P.R. 207/2010)

elaborato

relazione tecnica

RT

settembre 2018

# CODICE OPERA 17132 - POLO MUSEALE DEL PORTO VECCHIO – NUOVO MUSEO DEL MARE

## progetto di fattibilità tecnico economica – progetto preliminare – relazione tecnica

### ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI

All'interno del vigente PRGC del Comune di Trieste, l'area in oggetto viene così inquadrata

STUDIO GEOLOGICO: CARTA DELLA LITOLOGIA SUPERFICIALE (TAV. 4)



L'area di Porto vecchio ricade nella zona R (riporto, accumulo artificiale detritico e/o inerte)

Per quanto riguarda i riporti antropici, la relazione geologica allegata al piano così riporta:

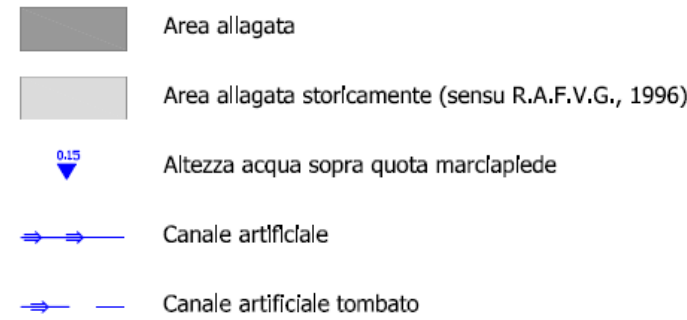
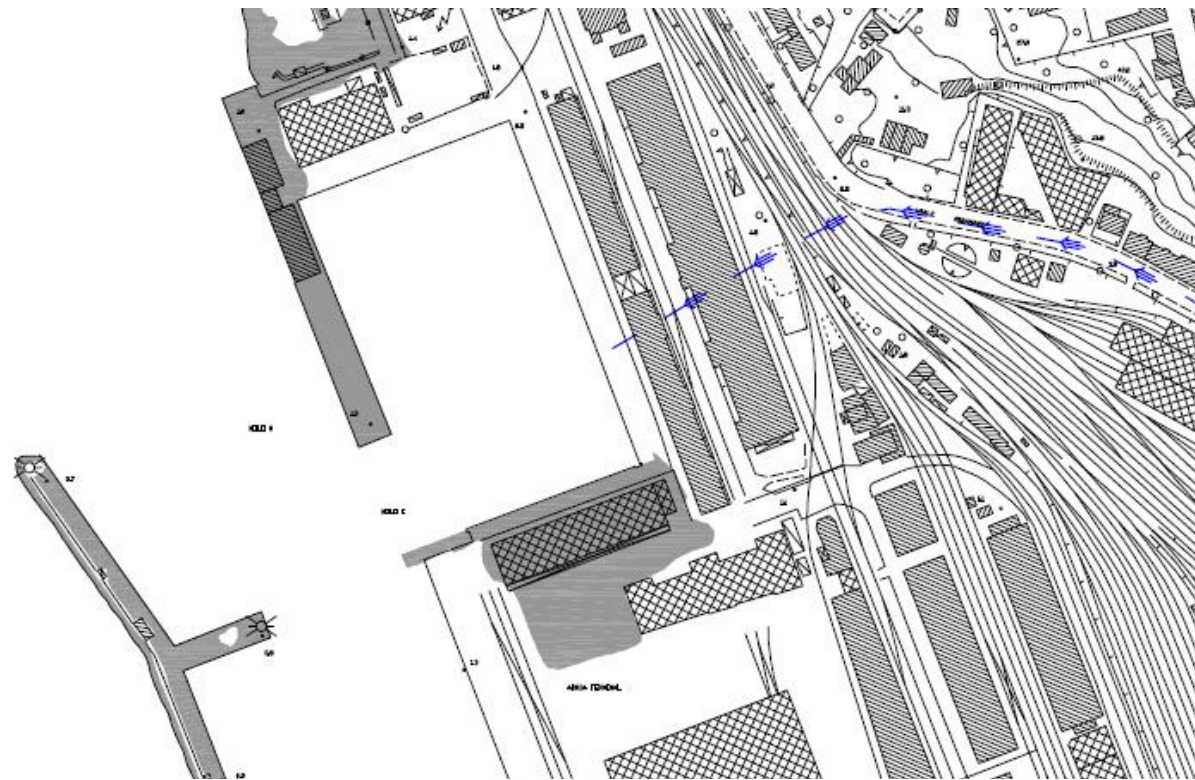
*I riporti coincidono per la gran parte con i colmamenti a mare realizzati soprattutto nel secolo scorso nella zona di Zaule, lungo il canale navigabile, nelle aree del Porto Nuovo, amministrativamente di competenza dell'Autorità Portuale e di EZIT, nella zona del Porto Vecchio e aree limitrofe, questi ultimi di epoca più antica, principalmente del 1800.*  
*Si tratta di colmamenti che hanno avuto come obiettivo principale quello di estendere le aree fruibili per lo sviluppo portuale ed industriale della città verso mare.*  
*I depositi più antichi sono di natura prevalentemente flyschoidi e sono stati ricavati da cave di prestito prossime alle aree da ampliare.*  
*Questo modo di procedere è stato assunto nella zona del Porto Vecchio, antiche stampe ed immagini fotografiche mostrano il grande sbancamento a monte della Via Udine per ricavare materiale da destinare alla bonifica a mare.*

Sui sedimenti marini si riporta nella medesima relazione quanto segue:

*Tutta la zona costiera centrale e meridionale della città di Trieste è caratterizzata dalla presenza di un*

*potente livello di “fanghi marini”, che interessa gran parte del Borgo Teresiano, gran parte delle aree portuali, sia del Porto Vecchio che del Porto Nuovo, nonché l'area industriale ai piedi del Colle di Servola e lungo il canale navigabile, in ambito EZIT e di Autorità Portuale.*  
*Sono depositi con proprietà geomeccaniche spesso scadenti in special modo per l'elevata compressibilità.*  
*Trattasi prevalentemente di argille limose di colore grigio scuro, fino a nerastro, nere, grigio-cenere, azzurrognole, da molli a molto molli, semifluide, spesso organiche, localmente con livelletti a maggiore frazione limosa, o di rado sabbiosa.*

STUDIO GEOLOGICO – CARTA GEOMORFOLOGICA E DELL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE (TAV. 4)



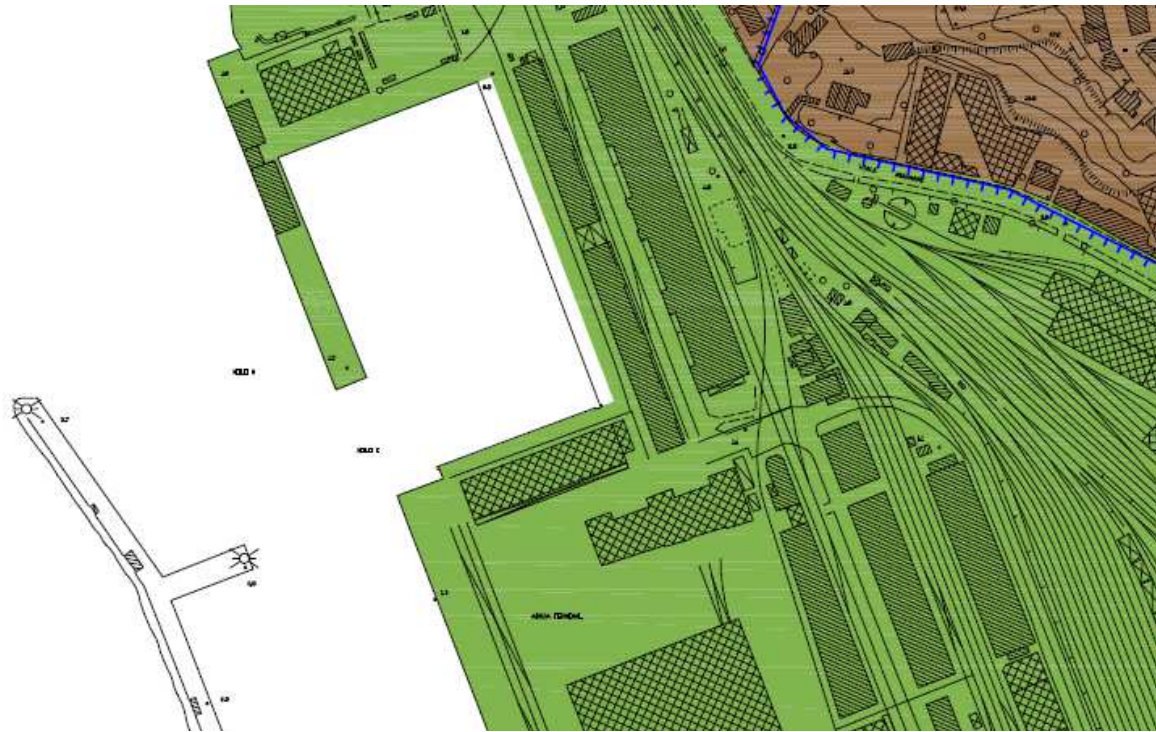
L'area in oggetto non ricade direttamente come si vede nell'area allagata o storicamente allagata, anche se aree soggetta a tali fenomeni risultano nelle immediate vicinanze. Si evidenzia nella carta il tracciato del Torrente Martesin. Nella relazione geologica, vengono esaminate ed espone in dettaglio le problematiche



# CODICE OPERA 17132 - POLO MUSEALE DEL PORTO VECCHIO – NUOVO MUSEO DEL MARE

## progetto di fattibilità tecnico economica – progetto preliminare – relazione tecnica

dei diversi Rii che confluiscono nel bacino del torrente  
STUDIO GEOLOGICO – CARTA (TAV. 4)



L'area di Porto vecchio ricade in classe ZG4 e risulta compresa entro il limite della zona soggetta a verifica della quota altimetrica di sicurezza nei confronti del fenomeno di ingerssione marina.

La relazione geologica di piano così definisce la zona ZG4

*In questa classe rientrano le aree di riporto antropico caratterizzate generalmente dalle seguenti problematiche geologiche:*

- riporti eterogenei da attività antropica, sia su terreni bonificati a mare per realizzare gli insediamenti portuali, industriali ed artigianali al servizio dell'attività produttiva, sia in corrispondenza di antiche saline per lo sviluppo del tessuto urbano, prioritariamente nel Borgo Teresiano;*
- riporti eterogenei da attività antropica arealmente significative per opere pubbliche, infrastrutturali ed impiantistiche, realizzate utilizzando materiali eterogenei, terre e rocce da scavo, possibili riempimenti con materiali da demolizione edilizia.*

*Le aree rientranti nella classe ZG4 sono edificabili nel rispetto delle norme tecniche attuative del P.R.G.C. In sede di rilascio degli atti abilitativi dovranno essere acquisite, quale documentazione di progetto, le seguenti relazioni:*

*relazione geologica e relazione geotecnica per nuove edificazioni, ampliamenti, incrementi di carico fondazionale anche in relazione ad adeguamento sismico, consolidamenti, sbancamenti, terrazzamenti e riporti. La relazione dovrà fare riferimento a quanto previsto all'art. 14 - Note generali sui contenuti della*

*relazione geologica e geotecnica*

*In particolare, la relazione geologica dovrà individuare, descrivere e cartografare nel dettaglio l'eventuale presenza di rischi geologici gravanti sulle aree interessate dall'intervento, indicando le soluzioni progettuali da adottare per eliminare o ridurre, in base all'opera prevista ed all'utilizzo dell'area, i rischi rilevati.*

*Le indicazioni contenute nella suddetta relazione dovranno essere integralmente recepite nel progetto delle opere di cui si prevede l'esecuzione. Lo stesso redattore della relazione geologica dovrà dichiarare, per quanto di competenza, la completa compatibilità degli interventi in progetto in relazione agli eventuali rischi geologici rilevati ed all'equilibrio idrogeologico e geostatico dell'area.*

*Fatto salvo quanto prescritto nelle norme particolari di salvaguardia, indagini di carattere speciale dovranno essere eseguite nelle aree dove per motivate ragioni geologiche (aree carsiche – depositi di terra rossa – riporti antropici) o relative al precedente uso del territorio possano essere presenti cavità sotterranee, possano manifestarsi fenomeni di subsidenza (fondo doline) ed altri fenomeni che condizionino il comportamento statico dei manufatti.*

Dalla relazione geologica del PRGC inoltre si riportano i seguenti articoli pertinenti all'intervento in oggetto:

### FENOMENI DI INGRESSIONE MARINA

*Fenomeni di allagamento per innalzamento del livello del mare sono accertati e storicamente documentati in alcune parti del territorio comunale.*

*La CARTA GEOMORFOLOGICA E DELL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE consente di individuare le zone maggiormente interessate storicamente dal fenomeno, anche sulla base della perimetrazione eseguita durante la presente indagine attraverso speditivi accertamenti lungo le principali arterie stradali più comunemente interessate dal fenomeno....*

*La quota di sicurezza al di sopra della quale è ragionevole ritenere che il fenomeno non abbia effetti diretti sulle costruzioni ed infrastrutture esistenti è posta a + 2.5 metri s.l.m.m.*

*L'operare nella fascia compresa tra la linea di costa e il limite superiore della zona soggetta a verifica della quota altimetrica di sicurezza nei confronti del fenomeno di ingressione marina così come cartografato nella CARTA DELLA ZONIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA obbliga i proponenti a verificare la quota immediatamente circostante l'area d'intervento.*

*Se questa dovesse risultare inferiore a quella di riferimento di + 2.50 metri s.l.m.m. Potranno essere realizzate opere poste al di sotto di questa quota purché vengano individuati e descritti gli opportuni accorgimenti atti a contrastare gli effetti derivanti dall'eventuale fenomeno, quali, ad esempio, paratie, sistemi di drenaggio, sistemi di controllo meteomare, adeguate vie di fuga che garantiscano la sicurezza delle persone e la protezione delle cose.*

### NOTE GENERALI SUI CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

*Premesso quanto previsto dalle normative vigenti, in linea generale ed in maniera non esaustiva, al fine di consentire l'esecuzione di una progettazione consapevole e corretta, la relazione geologica e geotecnica dovrà fare riferimento anche ai seguenti contenuti:*

#### Inquadramento

*Il sito dovrà essere adeguatamente inquadrato all'interno di una cartografia generale ed una specifica di idonea scala, quest'ultima comprendente lo stato di fatto e di progetto. Dovranno essere definiti tutti gli*

# CODICE OPERA 17132 - POLO MUSEALE DEL PORTO VECCHIO – NUOVO MUSEO DEL MARE

## progetto di fattibilità tecnico economica – progetto preliminare – relazione tecnica

---

*aspetti di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico utili alla descrizione generale e puntuale del sito, compresi gli eventuali impluvi anche modesti rilevabili e/o noti, le morfologie e strutture ricollegabili a carsismo e problematiche geostatiche in genere. Si dovrà infine descrivere l'intervento previsto in base alle finalità geologiche e geotecniche della relazione.*

### Indagini

*In base alla tipologia d'intervento, alle problematiche presenti ed alla fase progettuale in essere, dovranno essere eseguite un adeguato numero di indagini in sito (anche fuori delle aree di progetto) ed eventualmente in laboratorio al fine di definire principalmente da un punto di vista geologico, geomeccanico, idrogeologico e sismico il volume di terreno ritenuto significativo; la loro ubicazione o punto di prelievo dovrà essere riportata su una planimetria in scala adeguata al fine di fornire una chiara individuazione delle stesse.*

### Modelli

*Sulla base delle indagini dovranno essere definiti il modello geologico, il modello geotecnico ed il modello sismico. In particolare il modello geologico dovrà essere rappresentato in adeguata scala mediante una o più sezioni e per un intorno sufficientemente ampio (anche fuori delle aree di progetto) in relazione alle problematiche presenti. Tale modello dovrà consentire una chiara comprensione dello stato di fatto e dello stato di progetto. Tra i diversi modelli dovrà esserci piena coerenza. Eventuali incongruenze dovranno essere chiaramente giustificate.*

### Rischi geologici

*Dovranno essere individuati, cartografati e adeguatamente descritti tutti gli eventuali rischi geologici presenti sull'area sia in superficie (es. caduta massi, acque divaganti, instabilità superficiali o profonde) che nel suolo (es. strutture ipogee antropiche e naturali in particolare quelle carsiche, riporti, cave tombate, livelli saturi, oscillazioni significative della falda, liquefazione dei suoli).*

### Stabilità pendii

*Per tutti gli interventi in pendio dovrà essere trattato il tema della stabilità locale e globale del versante. In base alla criticità geologica del sito od all'impatto dell'intervento, il tecnico dovrà valutare il tipo di approccio al problema. In linea generale la verifica potrà essere eseguita secondo i principi della meccanica del continuo o del discontinuo; in alternativa, per interventi modesti o che comportino una riduzione del carico litostatico, si potrà optare per una valutazione ragionata della tematica senza l'ausilio di calcolo specifico. Qualunque sia l'approccio seguito, il tecnico dovrà attestare mediante dichiarazione che l'intervento non inficerà l'equilibrio geostatico generale dell'area. Nel caso di criticità geostatiche rilevate o potenziali, in base alla tipologia d'intervento si dovranno valutare eventuali programmi di monitoraggio a media o lunga durata.*

### Fronti scavo

*La relazione dovrà affrontare in modo chiaro ed esaustivo le problematiche relative agli scavi indicando per le diverse aree di cantiere le modalità esecutive più consone (es. scavo a conci con altezze e lunghezze prestabilite, quote e zone di inizio e fine), le particolari attenzioni (es. teli protettivi, metodologie di scavo a bassa vibrazione, monitoraggi, intercettazione preventiva delle acque meteoriche) e le potenziali problematiche presenti (es. terreni con proprietà geomeccaniche scadenti, assetti geostrutturali sfavorevoli, grado di alterazione e detensionamento marcato, permeazioni di acqua, presenza di livelli critici, strutture sensibili prossime al fronte, ecc.), indicando per quanto possibile anche le soluzioni d'intervento.*

### Drenaggi

*In base al tipo di intervento, al contesto geologico ed in particolare alla permeabilità dei terreni, si dovrà valutare e definire, per quanto di competenza, l'eventuale esecuzione di sistemi di drenaggio delle opere e le modalità di gestione delle acque drenate.*

### Impianti fognari, regimazione e smaltimento acque

*Per i sistemi fognari si rimanda alla normativa comunale di settore.*

*In questa sede si evidenzia:*

- nei luoghi ove è consentito lo smaltimento delle acque bianche o trattate nel sottosuolo, sarà necessario valutare la permeabilità dei terreni in loco, anche mediante prove in sito, al fine di definire e/o dimensionare il sistema di dispersione più efficace;*
- si dovrà verificare che l'ubicazione della zona di dispersione non influenzi la stabilità geostatica locale e generale e che le acque non abbiano ad interessare le proprietà limitrofe;*
- in contesti geologicamente sensibili, ad esempio per interventi coinvolgenti grandi superfici impermeabilizzate o su pendio, dovrà essere affrontata la tematica relativa alle acque piovane sia in ragione della capacità di assorbimento del suolo che di regimazione, smaltimento e gestione, eventualmente mediante vasche di accumulo e/o di rilascio ritardato.*

### Fondazioni

*La soluzione fondazionale dovrà essere coerente con il contesto geologico, geomeccanico e sismico del sito. Le verifiche dovranno soddisfare quanto previsto dalle normative vigenti.*



# CODICE OPERA 17132 - POLO MUSEALE DEL PORTO VECCHIO – NUOVO MUSEO DEL MARE

## progetto di fattibilità tecnico economica – progetto preliminare – relazione tecnica

Per quanto gli aspetti geologici, geotecnici ed idraulici specifici dell'area, si riportano le conclusioni della relazione geologica svolta ed allegata al presente Progetto.

### DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E DELLE CONDIZIONI TOPOGRAFICHE DEL SITO

Relativamente all'osservanza delle norme tecniche esistenti in materia di costruzioni e protezione antisismica (vd. Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M 14/01/2008), si definiscono, per il sito in analisi, le seguenti "caratteristiche":

- categoria di sottosuolo: C**, "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{spt,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_u,30 < 70$  kPa nei terreni a grana fina).
- categoria topografica: T1**. Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .

Non sono possibili fenomeni di liquefazione dei terreni nel corso di eventi sismici

### MODELLO GEOTECNICO

Sulla base dei dati acquisiti è possibile evidenziare, dal punto di vista geotecnico, l'esistenza di tre "complessi", con caratteristiche fisico-meccaniche differenti; quello più superficiale è caratterizzato dalla presenza di terreno eterogeneo di riporto, ad esso succedono i depositi marini e quindi il complesso costituito dalla formazione flyschoidale marnoso - arenacea (ancorché alterata al "tetto - considerata prudenzialmente quale corpo pseudoisotropo a corpi multipli di piccole dimensioni). Per quanto concerne la parametrizzazione geotecnica dei terreni presenti, si possono definire i seguenti valori:

- dal piano della pavimentazione a 4,5 - 14,5 m di profondità: terreni eterogenei di riporto da moderatamente a molto addensati (complesso R)  

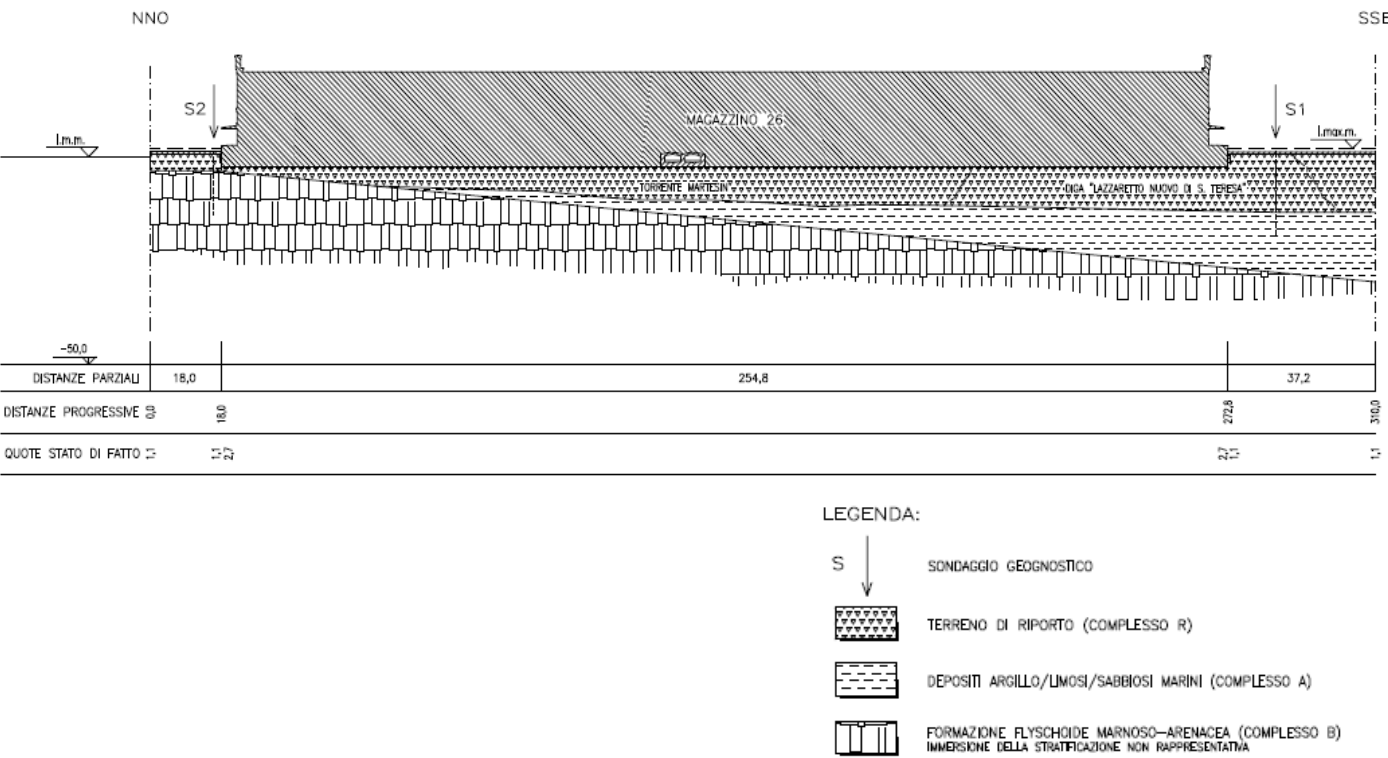
PROPRIETÀ	VALORI BIBLIOGRAFICI
Peso di volume $\gamma_R$ [kN/m <sup>3</sup> ]	20 - 22
Angolo di attrito $\phi_R$ [°]	25 - 35
Coesione efficace $c'R$ [kPa]	/ - 20
Coeff. di compr. $MVR^u$ [kPa <sup>-1</sup> ]	$1 E^{-5}$ - $1 E^{-6}$
Modulo di rigidità $KWR$ [MN/m <sup>3</sup> ]	20 - 100
- da 14,5 m a 29,0 m: sedimenti marini da poco consistenti a consistenti (complesso A);  

PROPRIETÀ	VALORI BIBLIOGRAFICI
Peso di volume $\gamma_A$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18 - 20
Angolo di attrito $\phi_A$ [°]	20 - 25
Coesione efficace $c'A$ [kPa]	/ - 20
Coesione $c_{UA}$ [kPa]	10 - 50
Coeff. di compr. $mVA$ [kPa <sup>-1</sup> ]	$1 E^{-4}$ - $1 E^{-5}$
- da 4,5 m a 29,0 m: formazione flyschoidale marnoso-arenacea (complesso B).  

PROPRIETÀ	VALORI BIBLIOGRAFICI
Peso di volume $\gamma_B$ [kN/m <sup>3</sup> ]	24 - 26
Angolo di attrito $\phi_B$ [°]	30 - 40
Coesione efficace $c'B$ [kPa]	10 - 200
Coeff. di compr. $mVB$ [kPa <sup>-1</sup> ]	$1 E^{-7}$ - $1 E^{-8}$

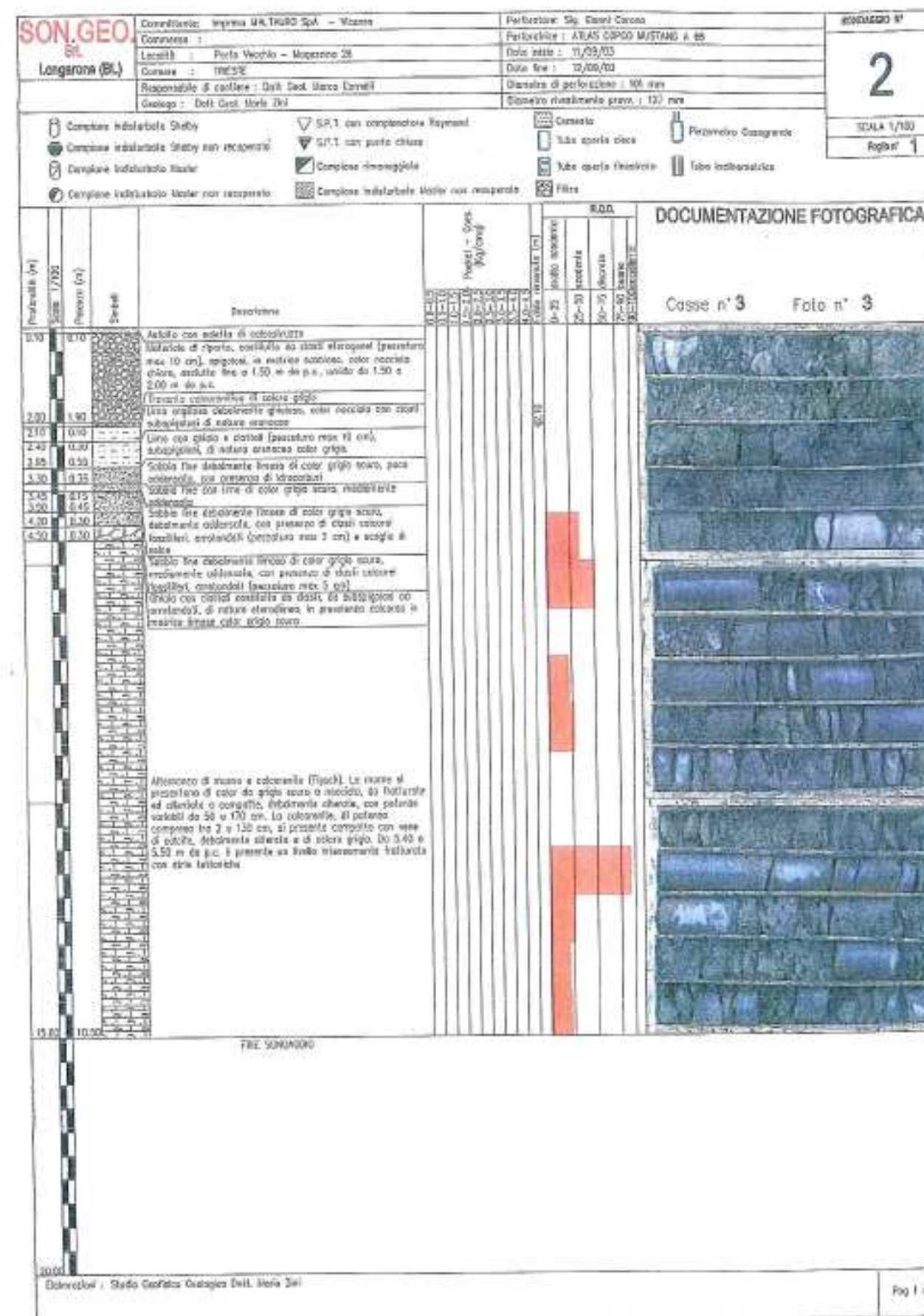
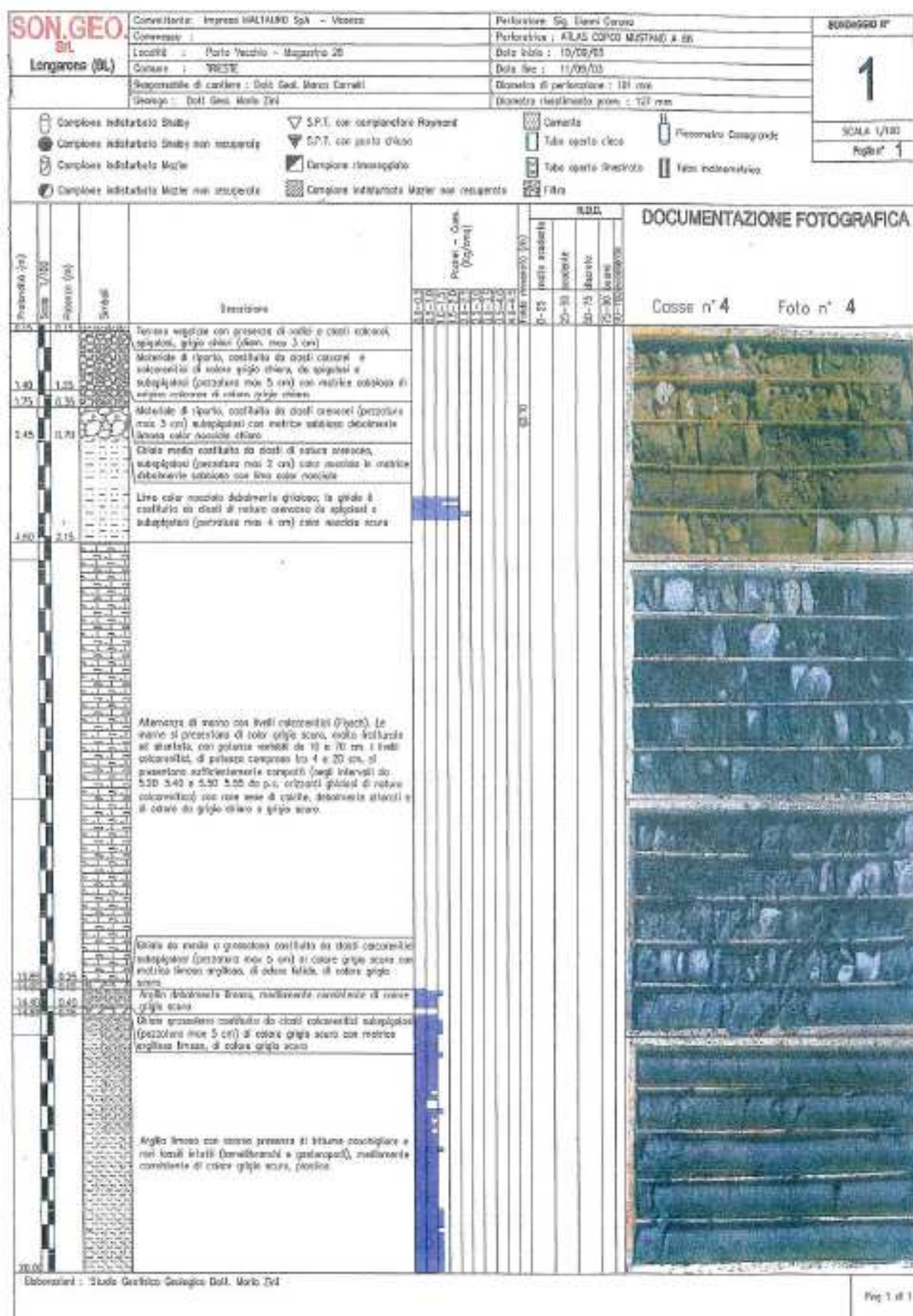
I dati emersi dall'indagine eseguita in area, uniti alle osservazioni a più ampio raggio del settore ed ai dati bibliografici raccolti, forniscono tutti gli elementi utili per la verifica strutturale e per i lavori di adeguamento funzionale del Magazzino n.° 26 (sito nel Punto Franco Vecchio del Porto di Trieste) compatibili con le caratteristiche geologiche del sito; in particolare si osserva:

- ai fini della definizione dell'azione sismica il settore è caratterizzato dalla presenza di sottosuolo di categoria "C" (categoria topografica "T1"), ai sensi delle N.T.C. 2008 di cui al D.M. 14/01/2008;
- per il sito indagato si osserva che nel campo di frequenze di interesse ingegneristico (Hz 1-15), è presente un modesto ( $H/V \geq 3$ ) contrasto d'impedenza sismica ad Hz 2,0 (Sud / sito T1) in attenuazione ( $H/V \geq 2$ ) ad Hz 5,8 ÷ 7,6 (Nord / sito T2);
- l'analisi dell'insieme di tutti i dati assunti permette di configurare un modello geologico (e conseguentemente geotecnico) caratterizzato da tre "complessi" (cfr. allegata tavola "SEZIONE GEOLOGICA"), con caratteristiche litostratigrafiche e fisico meccaniche differenti;
- la "peculiarità / criticità" della situazione geologica (e geotecnica) condizionante il settore è rappresentata dai seguenti elementi:
  - potenziale "ingressione marina" (con "lama d'acqua" di m 0,8 - calcolata sul livello estremo "massimo storico" di marea m 1,928 R.A.I. - dd. 26.11.69),
  - presenza di "falda" superficiale (livello medio circa m -1,1 da p.p.),
  - eterogeneità dei terreni di riporto ("complesso R"),
  - scadenti caratteristiche fisico-meccaniche (potenziale "cedevolezza") dei depositi marini ("complesso A"),
  - variabile soggiacenza (m 4,5 ÷ 29 da p.p.) del tetto del basamento flyschoidale marnoso - arenaceo ("complesso B"),
  - presenza di una canalizzazione interrata (Torrente Martesin), posta trasversalmente all'edificio, nella sua parte centrale .





**CODICE OPERA 17132 - POLO MUSEALE DEL PORTO VECCHIO – NUOVO MUSEO DEL MARE**  
progetto di fattibilità tecnico economica – progetto preliminare – relazione tecnica





ASPETTI STRUTTURALI

Si riportano in questa sede le conclusioni dell'analisi sul comportamento sismico del fabbricato, riportato in maniera completa in altro elaborato, con il cenno che qualsiasi modifica alle strutture da introdurre in accordo alle modifiche architettoniche proposte dovrà essere accuratamente verificata in modo che non alteri in maniera negativa l'organismo edilizio esistente.

Conclusioni

E' stata eseguita una verifica per la valutazione della vulnerabilità sismica del fabbricato.
L'analisi d pushover ha fornito informazioni sul comportamento nel piano della struttura, dimostrando il raggiungimento di un buon livello di sicurezza. In questa analisi, le carenze riscontrate riguardano prevalentemente l'ultimo piano, dove la formazione delle cerniere plastiche interessa i maschi murari in senso longitudinale: all'ultimo piano, infatti, si riduce lo spessore delle murature e la frequenza delle aperture fa sì che i maschi murari formino cerniere plastiche con una distribuzione di sollecitazioni inferiori a quanto previsto con l'azione sismica considerata. Inoltre, le colonne dell'ultimo piano vedono una sensibile riduzione della sezione ed il manto di copertura è caratterizzato da un piano rigido dello spessore però di soli 4 cm (viste le luci in gioco), che consentono quindi spostamenti maggiori rispetto agli altri piani.
L'analisi dinamica modale è stata invece effettuata per valutare il comportamento fuori dal piano dei maschi murari: in questo caso si nota un buon comportamento d'insieme, anche se in corrispondenza delle pareti interne in cui sono stati effettuati nuovi fori porta sono presenti maschi murari non verificati, così come in corrispondenza dei punti in cui le pareti intermedie realizzate in pietra sono interrotte da pareti in laterizio ad esse non collegate.
I cinematismi analizzati invece hanno dato tutti esito positivo, a conferma del buon grado di connessione delle pareti e degli elementi strutturali.
Nel complesso pertanto la struttura si presenta in buono stato di conservazione e il grado di sicurezza sismica, trattandosi anche di un bene vincolato, è buono.

Si riportano in questa sede alcune tabelle riassuntive dei risultati dell'analisi contenute nella “Scheda di sintesi della verifica sismica”

23) Resistenza dei materiali (valori medi utilizzati nell'analisi)

		1	2	3	4	5	6	7	8
		Cis fondazione	Cis elevazione	Acciaio in barre	Acciaio profilati	Bulloni chiodi	Muratura 1	Muratura 2	Altro
A	Resistenza a Compressione (N/mm²)	2.5	2.5				2.3		
B	Resistenza a Trazione (N/mm²)				2.3.5		0.2.3		
C	Resistenza a taglio (N/mm²)						0.0.8		
D	Modulo di elasticità Normale (GPa)	3.0	3.0		2.1.0		3.2		
E	Modulo di elasticità Tangenziale (GPa)	1.3	1.3		8.1		1.3		

26) Risultati dell'analisi: Capacità in termini di accelerazione al suolo e periodo di ritorno per diversi SL

		Tipo di rottura								
		cemento armato, acciaio				Muratura				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Primo collasso a taglio	Collasso di un nodo	Rottura totale rispetto alla corda o verifiche a flessione o pressoflessione	Capacità limite del terreno di fondazione	Capacità limite fondazioni	Deformazione ultima nel piano	Resistenza fuori piano di un pannello	Resistenza nel piano di un pannello	Deformazione di danno
A	PGA <sub>CLC</sub>									
B	PGA <sub>CLV</sub>						0.167			
C	PGA <sub>CLD</sub>									0.167
D	PGA <sub>CLD</sub>									
E	TR <sub>CLC</sub>									
F	TR <sub>CLV</sub>						4.22			
G	TR <sub>CLD</sub>									4.22
H	TR <sub>CLD</sub>									

27) Domanda: valori di riferimento delle accelerazioni e dei periodi di ritorno dell'azione sismica

	Stato limite	Accelerazione (g)	T <sub>RD</sub> (anni)
A	Stato limite di collasso (SLC)	PGA <sub>CLC</sub> 0.167	T <sub>RDLC</sub> 7.42
B	Stato limite di salvaguardia (SLV)	PGA <sub>CLV</sub> 0.199	T <sub>RDLV</sub> 7.42
C	Stato limite di danno (SLD)	PGA <sub>CLD</sub> 0.199	T <sub>RDLD</sub> 7.5
D	Stato limite di operatività (SLO)	PGA <sub>CLD</sub> 0.162	T <sub>RDLO</sub> 4.5

28) Indicatori di rischio

	Stato limite	Rapporto fra le accelerazioni	Rapporto fra i periodi di ritorno elevato ad a
A	di collasso (α <sub>cl</sub> )	0.167 = (PGA <sub>CLD</sub> /PGA <sub>CLC</sub> )	0.167 = (T <sub>RDLC</sub> /T <sub>RDLC</sub> ) <sup>a</sup>
B	per la vita (α <sub>lv</sub> )	0.199 = (PGA <sub>CLV</sub> /PGA <sub>CLV</sub> )	0.199 = (T <sub>RDLV</sub> /T <sub>RDLV</sub> ) <sup>a</sup>
C	di inagibilità (α <sub>in</sub> )	0.199 = (PGA <sub>CLD</sub> /PGA <sub>CLD</sub> )	0.199 = (T <sub>RDLD</sub> /T <sub>RDLD</sub> ) <sup>a</sup>
D	per l'operatività (α <sub>op</sub> )	0.162 = (PGA <sub>CLD</sub> /PGA <sub>CLD</sub> )	0.162 = (T <sub>RDLO</sub> /T <sub>RDLO</sub> ) <sup>a</sup>

29) Previsione di massima di possibili interventi di miglioramento

A	Criticità che condizionano maggiormente la capacità	1 <input type="checkbox"/> fondazioni 2 <input type="checkbox"/> travi 3 <input type="checkbox"/> pilastri	4 <input type="checkbox"/> sarti 5 <input checked="" type="checkbox"/> murature 6 <input type="checkbox"/> solai	7 <input checked="" type="checkbox"/> coperture 8 <input type="checkbox"/> scale 9 <input type="checkbox"/> altro
B	Interventi migliorativi prevedibili	1 <input type="checkbox"/> interventi in fondazione 2 <input type="checkbox"/> aumento resist./dutti sezioni 3 <input type="checkbox"/> nodi/collegamenti telai	4 <input type="checkbox"/> aumento resistenza muri 5 <input type="checkbox"/> tiranti, cordoli, catene 6 <input checked="" type="checkbox"/> solai o coperture	7 <input type="checkbox"/> eliminazione spinte 8 <input type="checkbox"/> altro 9 <input type="checkbox"/> altro
C	Stima dell'estensione degli interventi in relazione alla volumetria totale della struttura	Codice intervento 1 5 2.0 % percentuale volumetrica dell'edificio interessata Codice intervento 2 7 2.0 % percentuale volumetrica dell'edificio interessata Codice intervento 3 1 1 % percentuale volumetrica dell'edificio interessata		
D	Stima dell' incremento di capacità conseguibile con gli interventi	1 <input type="checkbox"/> SLC 2 <input checked="" type="checkbox"/> SLV 3 <input type="checkbox"/> SLD	Codice intervento 1 5 Codice intervento 2 7 Codice intervento 3 1	PGA1 0.167 approssimazione ± 0.014g PGA2 0.172 approssimazione ± 0.005g PGA3 1.1 approssimazione ± 1.1g

# CODICE OPERA 17132 - POLO MUSEALE DEL PORTO VECCHIO – NUOVO MUSEO DEL MARE

## progetto di fattibilità tecnico economica – progetto preliminare – relazione tecnica

### Progettazione antincendio

Ottemperanza al D.M. n. 569 del 20 maggio 1992  
Regolamento contenente norme di sicurezza antincendio per gli edifici storici e artistici destinati a musei, gallerie, esposizioni e mostre.

#### Campo di applicazione

Le norme contenute nel regolamento disciplinano le misure tecniche necessarie per il rilascio del certificato di prevenzione incendi in relazione agli edifici pubblici e privati, di interesse artistico e storico destinati a contenere musei, gallerie, collezioni, oggetti di interesse culturale o manifestazioni culturali, per i quali si applicano le disposizioni contenute nella legge 1 giugno 1939, n. 1089 ... e successive modificazioni ed integrazioni. (Ora Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 - Codice dei beni culturali e del paesaggio)

Le norme contenute nel regolamento sono volte ad assicurare la sicurezza degli edifici e la buona conservazione dei materiali in essi contenuti.

#### Attività consentite negli edifici

Negli edifici disciplinati dal regolamento, possono continuare ad essere svolte (o inserite ex novo) attività complementari previste dal decreto ministeriale 16 febbraio 1982 (ora D.P.R. 151/2011) purché, queste siano effettuate nel rispetto delle vigenti norme di sicurezza antincendio.

#### Misure precauzionali per lo sfollamento della persone in caso di emergenza

Gli edifici ... devono essere provvisti di un sistema organizzato di vie di uscita per il deflusso rapido ed ordinato delle persone verso luoghi sicuri, al fine di evitare pericoli per la loro incolumità in caso d'incendio od qualsiasi altro sinistro.  
Al fine di garantire l'incolumità delle persone, deve essere individuato il tratto più breve che esse devono percorrere per raggiungere le uscite. Il relativo percorso deve avere in ogni punto una larghezza non inferiore a cm 90, deve essere privo di ostacoli e deve essere segna-lato da cartelli posti ad intervalli regolari di trenta metri, sui quali devono essere indicate, in modo chiaro e leggibile, le istruzioni sul comportamento che le persone devono adottare, nel caso di pericolo, e che sono redatte in conformità alle disposizioni dell'art. 11 del regolamento.  
Il massimo affollamento consentito dovrà essere commisurato alla capacità di deflusso del sistema esistente di vie d'uscita valutata pari a sessanta persone, per ogni modulo ("modulo uno" cm 60).  
Il conteggio delle uscite può essere effettuato sommando la larghezza di tutte le porte (di larghezza non inferiore a cm 90), che immettono in luogo sicuro. La misurazione della larghezza delle uscite va eseguita nel punto più stretto dell'uscita.  
Nel computo della larghezza delle uscite possono essere conteggiati anche gli ingressi, se questi consentono un facile deflusso verso l'esterno in caso di emergenza.  
Ove il sistema di vie di uscita non sia conforme alle prescrizioni contenute nei precedenti commi del presente articolo, si deve procedere alla riduzione dell'affollamento con l'ausilio di sistemi che controllino il flusso dei visitatori in uscita ed in entrata.

#### Divieto di comunicazione tra ambienti ove è svolta una attività diversa

Le attività disciplinate dal regolamento devono svolgersi in locali non comunicanti con altri locali ove si svolgono attività soggette che non abbiano relazione con l'attività principale. Qualora esista questa comunicazione la stessa deve essere protetta mediante infissi e tamponature aventi caratteristiche REI 120.

#### Disposizioni relative allo svolgimento di attività negli edifici

Negli atri, nei corridoi di disimpegno, nelle scale e nelle rampe, non possono essere posti elementi di arredo combustibili, oltre al carico di incendio esistente costituito dalle strutture e dal materiale esposto ...  
...Il carico d'incendio relativo agli arredi e al materiale da esporre, di tipo combustibile, con esclusione delle strutture e degli infissi combustibili esistenti, non possono superare i dieci chili di quantità equivalente di legno per metro quadrato in ogni singolo ambiente. I nuovi elementi di arredo combustibili, che siano successivamente introdotti negli ambienti, devono possedere le seguenti caratteristiche di reazione al fuoco:  
a) i materiali di rivestimento dei pavimenti devono essere di classe non superiore a 2 (Cfl-s2; Dfl-s1 nell'attuale classificazione)  
b) i materiali suscettibili di prendere fuoco su entrambe i lati e gli altri materiali di rivestimento devono essere di classe 1 (A2-s1,d0), (A2-s2,d0), (A2-s1,d1), (B-s1,d0), (B-s2,d0), (B-s1,d1)  
c) i mobili imbottiti devono essere di classe 1 IM.  
I materiali citati dovranno essere certificati nella prescritta classe di reazione al fuoco

#### Depositi

Nei depositi di materiale di interesse storico ed artistico, collocati all'interno degli edifici disciplinati dal regolamento, il materiale ivi conservato deve essere posizionato all'interno del locale in modo da mantenere uno spazio libero di un metro dal soffitto e consentire i passaggi liberi non inferiori a cm 90 tra i materiali ivi depositati.  
Le comunicazioni tra i locali adibiti a deposito ed il resto dell'edificio debbono avvenire tramite porte aventi caratteristiche REI 120, che di regola devono essere chiuse.  
Nei depositi, il cui carico d'incendio è superiore a 50 chili di quantità equivalente di legno per metro quadrato, debbono essere installati impianti di spegnimento automatico.  
Gli agenti estinguenti devono essere compatibili con i materiali depositati.  
Nei locali dovrà essere assicurata la ventilazione naturale pari a 1/30 della superficie in pianta o numero due ricambi d'aria ambiente per ora con mezzi meccanici.

#### Aree a rischio specifico

Per le aree di servizio che comportano rischio specifico, individuate dal decreto ministeriale 16 febbraio 1982 (ora D.P.R. 151/2011) quali le centrali termiche, le autorimesse, le officine ed i gruppi elettrogeni valgono le disposizioni in vigore emanate dal Ministero dell'interno...  
Le centrali termiche, di nuova installazione, non possono essere ubicate all'interno degli edifici disciplinati dal presente regolamento.(

#### Impianti elettrici

Gli impianti elettrici devono essere realizzati nel rispetto delle disposizioni contenute nella legge 1 marzo



# CODICE OPERA 17132 - POLO MUSEALE DEL PORTO VECCHIO – NUOVO MUSEO DEL MARE

## progetto di fattibilità tecnico economica – progetto preliminare – relazione tecnica

---

1968, n. 186 (pubblicata nella Gazzetta ufficiale del 23 marzo 1968, n. 77) e nella legge 5 marzo 1990, n. 46 (La legge 5 marzo 1990, n. 46 è stata sostituita dal D.M. dello sviluppo economico 22 gennaio 2008, n. 37 “riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici”).) e rispettive integrazioni e modificazioni.

Gli ambienti, ove è consentito l'accesso del pubblico, devono essere dotati di un sistema di illuminazione di sicurezza, che deve indicare i percorsi di deflusso delle persone e le uscite di sicurezza.

L'edificio deve essere protetto contro le scariche atmosferiche, secondo la normativa tecnica vigente.

### Mezzi d'incendio

In ogni edificio disciplinato dal regolamento deve esservi un estintore portatile con capacità estinguente non inferiore a 13 A, per ogni 150 metri quadrati di superficie di pavimento.

Tutti gli estintori debbono essere disposti uniformemente lungo tutto il percorso aperto al pubblico in posizione ben visibile, segnalata e di facile accesso.

Gli agenti estinguenti debbono essere compatibili con i materiali che compongono gli oggetti esposti.

In ogni edificio disciplinato dal regolamento l'impianto idrico antincendio deve realizzato da una rete, possibilmente chiusa ad anello, dotata di attacchi UNI 45 utilizzabili per il collegamento di manichette flessibili o da naspi.

La rete idrica deve essere dimensionata per garantire una portata minima di 240 litri per minuto per ogni colonna montante con più di due idranti e, nel caso di più colonne, per il funzionamento contemporaneo di due colonne.

L'alimentazione idrica deve essere in grado di assicurare l'erogazione ai due idranti idraulica-mente più sfavoriti di 120 litri al minuto cadauno con una pressione residua al bocchello di 1,5 bar per un tempo di almeno 60 minuti.

Gli idranti debbono essere collocati ad ogni piano in prossimità degli accessi, delle scale, delle uscite, dei locali a rischio e dei depositi; la loro ubicazione deve, comunque, consentire di poter intervenire in ogni ambiente dell'attività, eccetto in quei locali dove la presenza di acqua può danneggiare irreparabilmente il materiale esposto.

Nel caso di installazione di naspi, ogni naspo deve essere in grado di assicurare l'erogazione di 35 litri per minuto alla pressione di 1,5 bar al bocchello; la rete che alimenta i naspi deve garantire le predette caratteristiche idrauliche per ciascuno dei due naspi in posizione idraulica-mente più sfavorevole contemporaneamente in funzione, con una autonomia di 60 minuti.

In prossimità dell'ingresso principale in posizione segnalata e facilmente accessibile dai mezzi di soccorso dei vigili del fuoco, deve essere installato un attacco di mandata per auto-pompe.

In ogni edificio disciplinato dal regolamento devono essere installati impianti fissi di rivelazione automatica d'incendio. Questi debbono essere collegati mediante apposita centrale a dispositivi di allarme ottici e/o acustici percepibili in locali presidiati.

In ogni edificio disciplinato dal regolamento deve essere previsto un sistema di allarme acustico ed ottico in grado di avvertire i visitatori delle condizioni di pericolo, in caso d'incendio, collegato all'impianto fisso

di rilevazione automatica d'incendio. Le modalità di funzionamento del sistema di allarme devono essere tali da consentire un ordinato deflusso delle persone dai locali.

Si tratta, come si può desumere dall'esame dell'articolato, di una Regola tecnica verticale perfettamente realizzabile in un edificio di questo genere. Non dovrebbe essere necessario pertanto richiedere alcuna deroga od applicare tipologie di progettazione antincendio alternative.

### PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA

Applicazione dei “Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici” approvati con Decreto 11 ottobre 2017 del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare – *Stralcio delle disposizioni riguardanti la progettazione impiantistica*

### CRITERI DI INDIRIZZO:

- **Approvvigionamento energetico**

Il progetto di nuovi edifici o la riqualificazione energetica di edifici esistenti, ferme restando le norme e i regolamenti più restrittivi (es. piani di assetto di parchi e riserve, piani paesistici, piani territoriali provinciali, regolamenti urbanistici e edilizi comunali, etc.) deve prevedere un sistema di approvvigionamento energetico (elettrico e termico) in grado di coprire in parte o in toto il fabbisogno, attraverso almeno uno dei seguenti interventi:

- la realizzazione di centrali di cogenerazione o trigenerazione;
- l'installazione di parchi fotovoltaici o eolici;
- l'installazione di collettori solari termici per il riscaldamento di acqua sanitaria;
- l'installazione di impianti geotermici a bassa entalpia;
- l'installazione di sistemi a pompa di calore;
- l'installazione di impianti a biomassa.

- **Raccolta, depurazione e riuso delle acque meteoriche**

Deve essere prevista la realizzazione di una rete separata per la raccolta delle acque meteoriche. Le acque provenienti da superfici scolanti non soggette a inquinamento (marciapiedi, aree e strade pedonali o ciclabili, giardini, etc.) devono essere convogliate direttamente nella rete delle acque meteoriche e poi in vasche di raccolta per essere riutilizzate a scopo irriguo o per alimentare le cassette di accumulo dei servizi igienici. Le acque provenienti da superfici scolanti soggette a inquinamento (strade carrabili, parcheggi) devono essere preventivamente convogliate in sistemi di depurazione e disoleazione, anche di tipo naturale, prima di essere immesse nella rete delle acque meteoriche. Il progetto deve essere redatto sulla

# CODICE OPERA 17132 - POLO MUSEALE DEL PORTO VECCHIO – NUOVO MUSEO DEL MARE

## progetto di fattibilità tecnico economica – progetto preliminare – relazione tecnica

---

base della normativa di settore UNI/TS 11445 «Impianti per la raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi diversi dal consumo umano - Progettazione, installazione e manutenzione» e la norma UNI EN 805 «Approvvigionamento di acqua - Requisiti per sistemi e componenti all'esterno di edifici» o norme equivalenti.

- **Impianto di illuminazione pubblica**

I criteri di progettazione degli impianti devono rispondere a quelli contenuti nel documento di CAM "Illuminazione" emanati con decreto ministeriale 23 dicembre 2013 (Supplemento ordinario nella Gazzetta Ufficiale n. 18 del 23 gennaio 2014) e s.m.i.

- **Sottoservizi/canalizzazioni per infrastrutture tecnologiche**

Realizzazione di canalizzazioni in cui collocare tutte le reti tecnologiche previste, per una corretta gestione dello spazio nel sottosuolo (vantaggi nella gestione e nella manutenzione delle reti), prevedendo anche una sezione maggiore da destinare a futuri ampliamenti delle reti.

### CRITERI PRESCRITTIVI

#### SPECIFICHE TECNICHE DELL'EDIFICIO

- **Diagnosi energetica**

Per progetti di ristrutturazione importante di primo livello e per progetti di ristrutturazione importante di secondo livello di edifici con superficie utile di pavimento uguale o superiore a 2500 (duemilacinquecento) metri quadrati, deve essere condotta o acquisita (oltre all'APE ove richiesta dalle leggi vigenti) una **diagnosi energetica** per individuare la prestazione energetica dell'edificio e le azioni da intraprendere per la riduzione del fabbisogno energetico dell'edificio.

- **Prestazione energetica**

I progetti degli interventi di nuova costruzione, inclusi gli interventi di demolizione e ricostruzione e quelli di ampliamento di edifici esistenti che abbiano un volume lordo climatizzato superiore al 15% di quello esistente o comunque superiore a 500 m<sup>3</sup>, e degli interventi di ristrutturazione importante di primo livello, ferme restando le norme e i regolamenti più restrittivi (es. regolamenti urbanistici e edilizi comunali, etc.), devono garantire le seguenti prestazioni:

- il rispetto delle condizioni di cui all'allegato 1 par. 3.3 punto 2 lett. b) del decreto ministeriale 26 giugno 2015 prevedendo, fin d'ora, l'applicazione degli indici che tale decreto prevede, per gli edifici pubblici, soltanto a partire dall'anno 2019.
- adeguate condizioni di comfort termico negli ambienti interni, attraverso una progettazione che preveda una capacità termica areica interna periodica (Cip) riferita ad ogni singola struttura opaca dell'involucro esterno, calcolata secondo la UNI EN ISO 13786:2008, di almeno 40 kJ/m<sup>2</sup>K oppure calcolando la temperatura operante estiva e lo scarto in valore assoluto valutato in accordo con la norma UNI EN 15251.

I progetti degli interventi di ristrutturazione importante di secondo livello e di riqualificazione energetica riguardanti l'involucro edilizio devono rispettare i valori minimi di trasmittanza termica contenuti nelle tabelle 1-4 di cui all'appendice B del decreto ministeriale 26 giugno 2015 e s.m.i, relativamente all'anno 2019 per gli edifici pubblici. I valori di trasmittanza delle precedenti tabelle si considerano non comprensivi dell'effetto dei ponti termici. In caso di interventi che prevedano l'isolamento termico dall'interno o l'isolamento termico in intercapedine, indipendentemente dall'entità della superficie coinvolta, deve essere mantenuta la capacità termica areica interna periodica dell'involucro esterno precedente all'intervento o in alternativa va calcolata la temperatura operante estiva in accordo con la UNI 10375 e lo scarto in valore assoluto valutato in accordo con la norma UNI EN 15251 rispetto a una temperatura di riferimento

- **Approvvigionamento energetico**

I progetti degli interventi di nuova costruzione e degli interventi di ristrutturazione rilevante, inclusi gli interventi di demolizione e ricostruzione, ferme restando le norme e i regolamenti più restrittivi (es. regolamenti urbanistici e edilizi comunali, etc.), devono garantire che il fabbisogno energetico complessivo dell'edificio sia soddisfatto da impianti a fonti rinnovabili o con sistemi alternativi ad alta efficienza (cogenerazione o trigenerazione ad alto rendimento, pompe di calore centralizzate etc.) che producono energia all'interno del sito stesso dell'edificio per un valore pari ad un ulteriore 10% rispetto ai valori indicati dal decreto legislativo 28/2011, allegato 3, secondo le scadenze temporali ivi previste.

- **Risparmio idrico**

I progetti degli interventi di nuova costruzione, inclusi gli interventi di demolizione e ricostruzione e degli interventi di ristrutturazione importante di primo livello, ferme restando le norme e i regolamenti più restrittivi (es. regolamenti urbanistici ed edilizi comunali, etc.), deve prevedere:

- la raccolta delle acque piovane per uso irriguo e/o per gli scarichi sanitari, attuata con impianti realizzati secondo la norma UNI/TS 11445 «Impianti per la raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi diversi dal consumo umano - Progettazione, installazione e manutenzione» e la norma UNI EN 805 «Approvvigionamento di acqua - Requisiti per sistemi e componenti all'esterno di edifici» o norme equivalenti. Nel caso di manutenzione/ristrutturazione di edifici tale criterio è applicato laddove sia tecnicamente possibile;
- l'impiego di sistemi di riduzione di flusso, di controllo di portata, di controllo della temperatura dell'acqua;
- l'impiego di apparecchi sanitari con cassette a doppio scarico aventi scarico completo di massimo 6 litri e scarico ridotto di massimo 3 litri. Gli orinatoi senz'acqua devono utilizzare un liquido biodegradabile o funzionare completamente senza liquidi;

Per gli edifici non residenziali deve essere inoltre previsto un sistema di monitoraggio dei consumi idrici.

- **Qualità ambientale interna**

I progetti degli interventi di nuova costruzione, inclusi gli interventi di demolizione e ricostruzione e degli interventi di ristrutturazione importante di primo livello, ferme restando le norme e i regolamenti più restrittivi (es. piani di assetto di parchi e riserve, piani paesistici, piani territoriali provinciali, regolamenti



# CODICE OPERA 17132 - POLO MUSEALE DEL PORTO VECCHIO – NUOVO MUSEO DEL MARE

## progetto di fattibilità tecnico economica – progetto preliminare – relazione tecnica

urbanistici e edilizi comunali, etc.) devono rispettare i seguenti requisiti:

### ◦ **Aerazione naturale e ventilazione meccanica controllata**

Deve essere garantita l'aerazione naturale diretta in tutti i locali in cui sia prevista una possibile occupazione da parte di persone anche per intervalli temporali ridotti. È necessario garantire l'aerazione naturale diretta in tutti i locali abitabili, tramite superfici apribili in relazione alla superficie calpestabile del locale (almeno 1/8 della superficie del pavimento), con strategie allocative e dimensionali finalizzate a garantire una buona qualità dell'aria interna. Il numero di ricambi deve essere quello previsto dalle norme UNI 10339 e UNI 13779.

Per destinazioni d'uso diverse da quelle residenziali i valori dei ricambi d'aria dovranno essere ricavati dalla normativa tecnica UNI EN ISO 13779:2008. In caso di impianto di ventilazione meccanica (classe II, low polluting building, annex B.1) fare riferimento alla norma UNI 15251:2008. I bagni secondari senza aperture dovranno essere dotati obbligatoriamente di sistemi di aerazione forzata, che garantiscano almeno 5 ricambi l'ora.

Nella realizzazione di impianti di ventilazione a funzionamento meccanico controllato (VMC) si dovranno limitare la dispersione termica, il rumore, il consumo di energia, l'ingresso dall'esterno di agenti inquinanti (ad es. polveri, pollini, insetti etc.) e di aria calda nei mesi estivi. È auspicabile che tali impianti prevedano anche il recupero di calore statico e/o la regolazione del livello di umidità dell'aria e/o un ciclo termodinamico a doppio flusso per il recupero dell'energia contenuta nell'aria estratta per trasferirla all'aria immessa (pre-trattamento per riscaldamento e raffrescamento dell'aria, già filtrata, da immettere negli ambienti).

### ◦ **Inquinamento elettromagnetico indoor**

Al fine di ridurre il più possibile l'esposizione indoor a campi magnetici a bassa frequenza (ELF) indotti da quadri elettrici, montanti, dorsali di conduttori etc., la progettazione degli impianti deve prevedere che:

- il quadro generale, i contatori e le colonne montanti siano collocati all'esterno e non in adiacenza a locali con permanenza prolungata di persone;
- la posa degli impianti elettrici sia effettuata secondo lo schema a «stella» o ad «albero» o a «lisca di pesce», mantenendo i conduttori di un circuito il più possibile vicini l'uno all'altro. Effettuare la posa razionale dei cavi elettrici in modo che i conduttori di ritorno siano affiancati alle fasi di andata e alla minima distanza possibile.

Al fine di ridurre il più possibile l'esposizione indoor a campi magnetici ad alta frequenza (RF) dotare i locali di sistemi di trasferimento dati alternativi al wi-fi, es. la connessione via cavo o la tecnologia Powerline Communication (PLC).

## SPECIFICHE TECNICHE PER I COMPONENTI EDILIZI

### ◦ **Impianti di illuminazione per interni ed esterni**

I sistemi di illuminazione devono essere a basso consumo energetico ed alta efficienza. A tal fine gli impianti di illuminazione devono essere progettati considerando che:

tutti i tipi di lampada per utilizzi in abitazioni, scuole ed uffici, devono avere una efficienza luminosa uguale o superiore a 80 lm/W ed una resa cromatica uguale o superiore a 90; per ambienti esterni di pertinenza degli edifici la resa cromatica deve essere almeno pari ad 80;

i prodotti devono essere progettati in modo da consentire di separare le diverse parti che compongono l'apparecchio d'illuminazione al fine di consentirne lo smaltimento completo a fine vita.

Devono essere installati dei sistemi domotici, coadiuvati da sensori di presenza, che consentano la riduzione del consumo di energia elettrica.

### ◦ **Impianti di riscaldamento e condizionamento**

Gli impianti a pompa di calore devono essere conformi ai criteri ecologici e prestazionali previsti dalla decisione 2007/742/CE e s.m.i. relativa all'assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica.

Gli impianti di riscaldamento ad acqua devono essere conformi ai criteri ecologici e prestazionali previsti dalla decisione 2014/314/UE e s.m.i. relativa all'assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica.

Se è previsto il servizio di climatizzazione e fornitura di energia per l'intero edificio, dovranno essere usati i criteri previsti dal decreto ministeriale 7 marzo 2012 (Gazzetta Ufficiale n. 74 del 28 marzo 2012) relativo ai CAM per «Affidamento di servizi energetici per gli edifici - servizio di illuminazione e forza motrice - servizio di riscaldamento/raffrescamento».

L'installazione degli impianti tecnologici deve avvenire in locali e spazi adeguati, ai fini di una corretta manutenzione igienica degli stessi in fase d'uso, tenendo conto di quanto previsto dall'Accordo Stato-Regioni 5 ottobre 2006 e 7 febbraio 2013.

Per tutti gli impianti aerulici deve essere prevista una ispezione tecnica iniziale da effettuarsi in previsione del primo avviamento dell'impianto (secondo la norma UNI EN 15780:2011).

### ◦ **Impianti idrico sanitari**

I progetti degli interventi di nuova costruzione, inclusi gli interventi di demolizione e ricostruzione e gli interventi di ristrutturazione importante di primo livello, ferme restando le norme e i regolamenti più restrittivi (es. regolamenti urbanistici e edilizi comunali, etc.), devono prevedere l'utilizzo di sistemi individuali di contabilizzazione del consumo di acqua per ogni unità immobiliare.

# CODICE OPERA 17132 - POLO MUSEALE DEL PORTO VECCHIO – NUOVO MUSEO DEL MARE

## progetto di fattibilità tecnico economica – progetto preliminare – relazione tecnica

### DESCRIZIONE DELLE OPERE ESEGUITE

#### Impianto antincendio

Tutto l'edificio è stato dotato di impianto di spegnimento manuale costituito da idranti stradali ed attacchi motopompa V.V.F. distribuiti lungo il perimetro del fabbricato ad intervalli regolari, ed una rete interna di distribuzione in tubazioni di acciaio zincato, posta a livello del piano seminterrato con montanti posizionati su tutto l'edificio in corrispondenza delle manichette UNI 45 posizionate a tutti i piani del fabbricato. Solo nella zona ristrutturata, sono stati installati anche estintori di tipo a polvere da 6 kg.

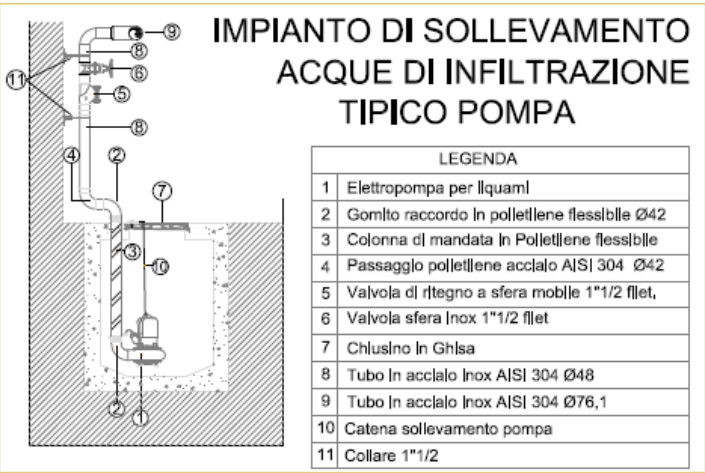


#### Impianto di rilevazione incendio.

L'impianto è stato realizzato esclusivamente nella zona completamente ristrutturata, posta nella testata Nord dell'edificio. E' costituito essenzialmente da una centrale di rilevazione incendi dotata di modem per chiamata di emergenza e di rilevatori di fumo di tipo ottico e termovelocimetrico. Quelli di tipo ottico sono posti anche all'interno del controsoffitto dove messo in opera, completi di spia per la segnalazione di funzionamento. All'ultimo piano, in corrispondenza della sala conferenze, è stato predisposto un impianto di tipo “a barriera” infrarossi. Sono stati installati anche pulsanti di allarme antincendio e pannelli di ripetizione ottica e acustica sia all'interno che all'esterno dell'edificio.

#### Impianto di sollevamento acqua

In tutto l'edificio al piano seminterrato è stato installato un impianto di sollevamento acque di infiltrazione al fine di evitare l'allagamento degli ambienti. E' costituito da tubazioni in acciaio inox e elettropompe di sollevamento con comando a galleggiante poste in opera all'interno di pozzetti distribuiti longitudinalmente su tutte le campate dell'edificio. L'impianto è diviso in due zone con due pozzetti di raccolta nella parte centrale dell'edificio che scaricano direttamente nel torrente Martesin.



#### Impianto idrico-sanitario e di scarico.

L'impianto è stato realizzato limitatamente alla parte completamente ristrutturata, per i servizi igienici della parte espositiva posti a tutti i livelli del fabbricato (ad eccezione del primo piano), nonché per la zona allestita a bar. Inoltre sono stati ricavati dei montanti di adduzione acqua a servizio degli impianti di climatizzazione. L'ingresso idrico post-contatore avviene al piano seminterrato tramite un pozzetto posto sul lato Ovest del fabbricato; la distribuzione avviene nel piano seminterrato mediante tubazioni in acciaio inox isolate e staffate a parete ed a soffitto, complete di valvole di intercettazione e di sicurezza. Sempre con staffaggio a soffitto nel piano interrato sono distribuite le tubazioni di scarico in PVC che convogliano le colonne di scarico che servono i servizi igienici posti ai vari piani verso i pozzetti di scarico posti all'esterno del fabbricato. L'acqua calda ad uso sanitario viene prodotta mediante scaldabagni elettrici da 50 litri posti in prossimità dei sanitari.

#### Impianto di ventilazione forzata dei servizi igienici

Ogni corpo servizi è dotato di un impianto di aspirazione meccanica mediante tubazioni in PVC circolari e bocchette di aspirazione con scarico direttamente in copertura entro cavedio impiantistico ed aspiratori posti in sommità all'estremità del canale.

#### Impianto di climatizzazione e ventilazione.

L'impianto di climatizzazione è costituito da nove pompe di calore poste in opera in copertura, in un vano a cielo aperto realizzato con un soppalco ricavato nell'altezza del terzo piano dell'edificio, sopra il blocco servizi. in accoppiamento con 14 macchine termoventilanti installate nei controsoffitti ai vari piani dell'edificio e una serie di mobiletti a pavimento che garantiscono riscaldamento e raffrescamento dei singoli ambienti. Le macchine termoventilanti sono del tipo canalizzato tramite canali circolari in acciaio posti a soffitto con diffusori per la mandata e la ripresa dell'aria. Inoltre ogni macchina lavora a recupero di calore mediante



# CODICE OPERA 17132 - POLO MUSEALE DEL PORTO VECCHIO – NUOVO MUSEO DEL MARE

## progetto di fattibilità tecnico economica – progetto preliminare – relazione tecnica

presa aria esterna ed espulsione dell'aria viziata. Le pompe di calore effettuano anche il trattamento dell'aria che viene immessa negli ambienti tramite l'impianto di ventilazione.

Vista la natura degli ambienti in cui tale impianto è installato (solai a voltine di limitato spessore, muri in pietra, ecc.) l'impianto è realizzato in maniera da poter rimanere in vista, con adeguato grado di finitura, tranne le parti installate all'interno dei controsoffitti e dei cavedi impianti che organizzano la circolazione verticale dell'aria.



Ogni canale d'aria, nel tratto di attraversamento di compartimentazioni antincendio è dotato di opportuna serranda tagliafuoco di tipo automatico.

Il riscaldamento dei servizi igienici è garantito da radiatori ad alimentazione elettrica diretta.

La distribuzione del fluido riscaldante e di raffrescamento è realizzata mediante collettori di piano che alimentano i singoli mobiletti e le unità termoventilanti.

La distribuzione orizzontale del fluido è stata realizzata nel piano seminterrato (analogamente a quanto fatto per la rete idrica e di scarico) per poi risalire ai vari piani mediante colonne montanti.



### *Impianto elettrico di illuminazione normale e di sicurezza.*

L'impianto è stato realizzato in derivazione da una cabina di trasformazione MT/BT ed alimentato con una linea in bassa tensione dedicata. La cabina in oggetto è situata nel piano rialzato dell'edificio ed è

accessibile dal ballatoio esterno.

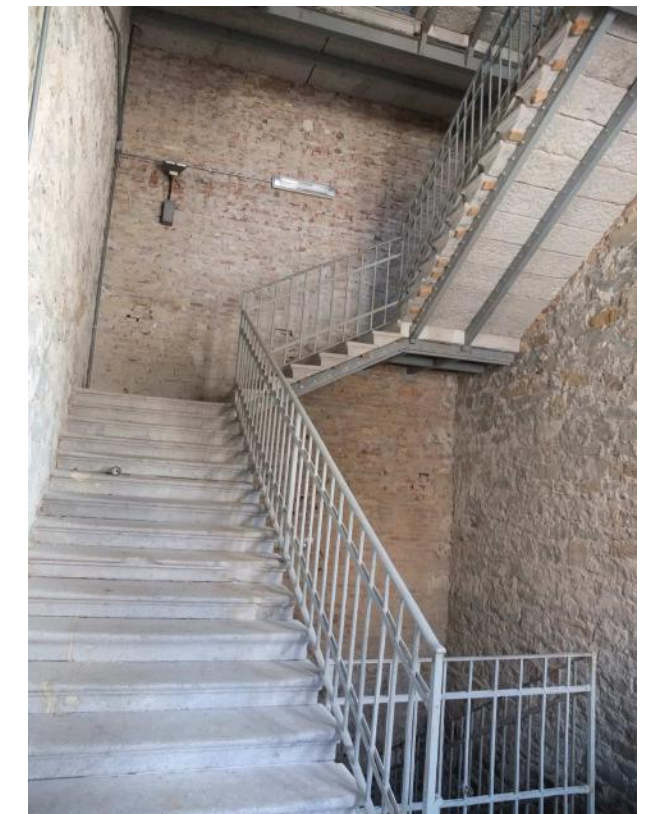
All'interno degli ambienti ristrutturati è stato realizzato un impianto di illuminazione normale e forza motrice ed un impianto di illuminazione di sicurezza con lampade di tipo autoalimentato. Le reti di distribuzione orizzontale sono realizzate tramite passerelle portacavi in grigliato metallico

E' risultato opportuno e necessario infatti, data la natura dell'edificio sia nelle strutture murarie verticali (murature in blocchi di pietra arenaria) sia in quelle orizzontali (strutture a voltine in cemento armato sopra orditura metallica di ridotto spessore) installare le dorsali impiantistiche facendo minor ricorso possibile a collegamenti in traccia, e senza poter fare affidamento su controsoffitti, se non in alcuni locali di servizio.

Anche i tratti verticali ed orizzontali relativi ai singoli punti luce è stato pertanto realizzato con tubazioni e scatole di derivazione esterne in acciaio tipo Mannesmann

Per quanto riguarda alcuni locali dei piani superiori ed i locali del piano interrato, è stato realizzato un impianto di illuminazione di servizio anche negli ambienti non ristrutturati; per quanto riguarda i due corpi scala storici, è stato realizzato già un impianto di illuminazione definitivo ma dovrà venir riposizionato certamente in sede di esecuzione dei lavori in quanto fissato sulle murature grezze.

E' stato installato infine nell'intero fabbricato l'impianto di dispersione di scariche atmosferiche.



FABBISOGNO ENERGIA ELETTRICA

Non è attualmente disponibile uno storico dei consumi della parte ristrutturata del Magazzino, tuttavia visto l'utilizzo disomogeneo che ne è stato fatto fino ad ora potrebbe di fatto rivelarsi un dato poco attendibile.

I consumi di energia elettrica necessari al funzionamento del Museo sono stati stimati sulla base dei consumi di strutture simili (Museo Civico Storia Naturale e Museo De Henriquez) che sono ospitati in edifici simili (o peggiori in alcuni casi) dal punto di vista del rendimento energetico dell'involucro e che vedono una preminenza dell'alimentazione elettrica per la climatizzazione degli ambienti

Lo storico dei consumi degli ultimi dieci anni degli edifici esaminati risulta pari a:

- 24 kWh/anno/mc per riscaldamento/raffrescamento
- 8,5 kWh/anno/mc per illuminazione/FM

Pertanto il fabbisogno completo dell'edificio del Magazzino 26, compreso di tutte le sue parti, può essere stimato in:

fabbisogno completo edificio

134.640 mc x 32,5 kWh/anno/mc = GWh/anno 4,375

dato di cui si dovrà tener conto nei progetti di infrastrutturazione del complesso.

CONSIDERAZIONI SUGLI INTERVENTI POSSIBILI AI FINI DI MIGLIORARE LA PRESTAZIONE ENERGETICA DELL'INVOLUCRO DELL'EDIFICIO

Data la natura storica del fabbricato, ed i vincoli in termini di materiali che è possibile utilizzare, nonché dati gli interventi già realizzati, le soluzioni che è possibile mettere in campo per migliorare la prestazione energetica dell'involucro del fabbricato sono limitati.

Data l'ovvia impossibilità di procedere ad un isolamento sul lato esterno delle facciate, e la contemporanea difficoltà di agire sul lato interno dei muri perimetrali a causa della probabile linea progettuale, già adottata negli ambienti ristrutturati, di lasciare a vista lo zoccolo interno di altezza circa di un metro di pietra arenaria, come in origine era nel fabbricato, risulta impossibile l'applicazione di materiali isolanti alle murature perimetrali. Le soluzioni di mitigazione da applicare possono essere le seguenti:

Intonaco isolante

Possibile l'applicazione di un intonaco c.d. “isolante” nella parte superiore (al di sopra dello zoccolo in pietra arenaria a vista) del lato interno delle murature perimetrali.

Gli intonaci termoisolanti sono generalmente prodotti premiscelati appositamente creati per conferire determinate caratteristiche al prodotto: composti principalmente di leganti idraulici e fibre, sono utilizzabili con rapidità ed efficacia sia nell’ambito del recupero di edifici con problemi di coibentazione, che su edifici di nuova edificazione e sono in grado di garantire prestazioni particolarmente elevate.

Il basso valore di conducibilità termica certificato ( $\lambda = 0,07\text{-}0,09\text{ W/mK}$ ), favorisce l’isolamento termico, consentendo di raggiungere ottimi valori di trasmittanza termica.

Tali intonaci creano un vero e proprio strato isolante, garantendo, con spessori contenuti, il miglioramento delle prestazioni termiche delle murature. Inoltre consentono di risolvere con efficacia e semplicità i ponti termici creati dall’accostamento di materiali differenti e con conducibilità diverse.

Conferiscono all’intonaco finito una tipica struttura microporosa con buone caratteristiche oltre che termiche anche fonoassorbenti e di resistenza al fuoco, garantendo al contempo caratteristiche conformi alla salubrità delle murature quali:

- porosità
- igroscopicità
- traspirabilità

Si tratta generalmente di intonaci premiscelati in sacco con incorporati materiali (vetro espanso riciclato microsfere di EPS od altro a seconda dei vari prodotti commerciali), da scegliere nella versione legante calce idraulica naturale.

Intonaco termoisolante	
$\lambda$ - conducibilità termica	0,06 - 0,09 W/m•K
a - diffusività termica	-
$\mu$ - resistenza al vapore	< 9
resistenza alla compressione (28 gg)	> 0,4 N/mm²
modulo elastico	1500 N/mm²
classe di reazione al fuoco	A1
massa volumica	300 - 400 Kg/m³
spessore	da 3 a 6 cm

Pittura termica

Le pitture ad effetto termico sono prodotti che riescono a uniformare la temperatura sulle pareti, riducendo la possibilità di formazione di condensa sulle superfici interne degli ambienti più umidi. Di base sono prodotti all’acqua per interno costituiti da leganti organici, pigmenti, diluente acquoso e speciali cariche minerali (ossido di zinco, titanio, caolino, carbonato di calcio, silicato, acqua, etere di glicole, cellulosa, biossido di titanio, inerti selezionati, microsfere di vetro cave). Per le pitture termoriflettenti si usano microsfere cave di vetro oppure particelle ceramiche

Limitati naturalmente gli effetti di isolamento termico in senso stretto, soprattutto in inverno, maggiori in estate grazie all'effetto riflessione raggi infrarossi;



Pellicole da applicare su vetro

Data l'impossibilità di agire sui serramenti lignei esistenti e sulle vetrate, già oggetto di restauro conservativo con recupero dei materiali e delle soluzioni originarie, da valutare l'opportunità di applicare alle vetrate delle pellicole isolanti. Queste consentono un risparmio energetico complessivo senza alterare l'aspetto dei serramenti. Le pellicole isolanti sono efficaci sia in inverno, riducendo la dispersione di calore fino al 50% per una vetrata semplice (portandola a valori di trasmittanza pari a un vetro camera), che in estate, riducendo la sovratemperatura riflettendo buona parte dell'energia solare. Da tener conto l'uso di pellicole, infine, in funzione della necessità di schermare eventuali reperti esposti in prossimità delle finestre da danni derivati dall'esposizione alla luce ovvero dell'opportunità, anche parziale, di limitare il fattore luce diurna senza compromettere totalmente la visuale dell'esterno attraverso le finestre.

Isolamento termico intradosso copertura

Si tratta di un intervento di facile ed economica realizzazione, vista la natura e la conformazione dell'intradosso della copertura, che potrebbe comportare notevoli benefici dal punto di vista del rendimento energetico dell'involucro.

Apparecchi illuminanti a basso consumo

Anche in questo caso, come pure per l'utilizzo di apparecchiature tecnologiche ad altissimo rendimento, ci troviamo in un campo ormai entrato nelle comuni pratiche progettuali che possono garantire un consistente contenimento dei consumi di energia.

Pannelli solari termici e fotovoltaici

Visto l'elevato grado di utilizzo di energia elettrica che viene fatto anche nella climatizzazione dell'edificio, risulta auspicabile verificare in sede di progettazione definitiva ed esecutiva la possibilità di utilizzare pannelli solari fotovoltaici (o termici) sulla copertura del fabbricato. Questo in ragione degli ampi spazi disponibili, dell'ottima esposizione al sole e delle caratteristiche migliori degli attuali prodotti nel campo dei pannelli che minimizzano dimensioni, spessori e peso dei manufatti massimizzando al contempo i rendimenti anche con orientamenti non ottimali.

La verifica va condotta nel campo del confronto con la Soprintendenza in merito ai vincoli storico-architettonici che gravano sull'edificio, anche in relazione al ridotto impatto che una limitata copertura a pannelli comporterebbe data l'altezza del fabbricato in rapporto agli edifici circostanti, la conformazione della copertura e delle facciate dell'edificio.

Geotermia ed idrotermia

Nel 2014 è stato pubblicato un documento di studio realizzato dall'Università degli Studi di Trieste - Dipartimento di Ingegneria ed Architettura, Comune di Trieste - Assessorato all'Ambiente, Energia, Riqualficazione ambientale, Agricoltura e Pesca e dalla Fondazione Internazionale di Trieste per il Progresso e la Libertà delle Scienze

dal titolo  
“Geotermia ed energia termica dal mare per la città di Trieste: proposta per un utilizzo sostenibile”

Si riporta in questa sede in quanto attinente alcuni dei contenuti di tale documento, dovrà essere attentamente valutata la possibilità di introdurre nel progetto impiantistico una componente di tale tipo, sebbene limitata alle necessità del complesso museale e qualora i costi di realizzazione potessero risultare compatibili.

Dall'opera citata:

Fonti energetiche rinnovabili

Per fonti rinnovabili di energia (FER) si intendono quelle forme di energia disponibili in natura, che per loro caratteristica intrinseca si rigenerano almeno alla stessa velocità con cui vengono consumate, o non sono esauribili alla scala temporale delle attività umane; un utilizzo sostenibile di queste risorse non pregiudica pertanto la loro disponibilità per le generazioni future.  
Le FER possono sostituire le fonti fossili convenzionali, non-rinnovabili, per la generazione elettrica, il riscaldamento e raffrescamento, la produzione di bio-carburanti e la fornitura di servizi energetici in aree isolate dalla rete elettrica nazionale. Le FER presentano inoltre la peculiarità di essere anche energie pulite, ovvero di produrre limitatissimi impatti sull’ambiente, come ad esempio le minime o nulle immissioni in atmosfera di sostanze nocive e/o clima-alteranti (anidride carbonica - CO2).  
La Direttiva europea 2009/28/CE (conosciuta anche come direttiva RES – Renewable Energy Sources) riconosce le seguenti FER:

- Energia eolica;
- Solare;
- Aerotermica;
- Geotermica;
- Idrotermica;
- Oceanica;
- Idraulica;
- Biomassa;
- Gas di discarica;
- Gas residuati dai processi di depurazione;
- Biogas.

Il presente documento si occupa principalmente dell’energia geotermica e di quella idrotermica disponibili, rispettivamente, nel sottosuolo e sulla superficie della Terra. L’energia geotermica è l’energia immagazzinata in forma di calore all’interno del pianeta. È una risorsa praticamente inesauribile, disponibile ovunque e con continuità (24 ore al giorno per tutto l’anno); essa è responsabile della dinamica

# CODICE OPERA 17132 - POLO MUSEALE DEL PORTO VECCHIO – NUOVO MUSEO DEL MARE

## progetto di fattibilità tecnico economica – progetto preliminare – relazione tecnica

---

della Terra, inclusa l'attività vulcanica e sismica.

L'energia idrotermica rappresenta, invece, il calore presente nelle acque superficiali e negli acquiferi poco profondi (nello specifico laghi, fiumi e falde acquifere), nei quali si accumula principalmente energia solare. In quest'ultima definizione normativa si possono comprendere anche i bacini marini di limitata estensione ed i golfi, intesi come bacini idrici superficiali. La FER "oceanica" è una definizione più ampia, che comprende anche l'energia meccanica fornita dal moto ondoso, dalle maree, dalle correnti e dai gradienti di temperatura e salinità.

È opportuno prestare attenzione alla differenza fra energia idrotermica, energia idraulica e energia idroelettrica. Nel primo caso, infatti, lo scopo è lo sfruttamento del calore a bassa temperatura delle acque superficiali per la climatizzazione degli ambienti, mentre negli altri due casi l'acqua è utilizzata quale forza motrice gratuita, per la produzione di energia meccanica e/o elettrica. Per queste ultime due applicazioni sono necessarie portate d'acqua, salti idraulici e tipologie impiantistiche ben diverse rispetto agli usi idrotermici.

### L'energia geotermica

Il pianeta Terra genera calore per decadimento degli isotopi radioattivi dell'Uranio, del Torio e del Potassio; questi sono presenti in diversa concentrazione nella Crosta, nel Mantello e nel Nucleo. La quantità di calore geotermico generato è di gran lunga più elevata di quella che gli strati più esterni e rigidi del pianeta (litosfera) sono in grado di dissipare per conduzione termica. Per questo motivo il calore in eccesso costituisce il motore principale per molti fenomeni geologici e geodinamici a scala planetaria, come ad esempio la deriva dei continenti, i terremoti e i vulcani. Il calore generato in continuazione è enorme ed è disponibile in qualsiasi punto del globo terrestre, anche a profondità tecnicamente ed economicamente raggiungibili (alcuni chilometri).

Il calore fluisce verso l'esterno sia per conduzione termica attraverso i solidi, che per risalita di fluidi e di magmi. Per questo motivo e per il raffreddamento nel tempo delle rocce più giovani, la temperatura aumenta con la profondità in modo non omogeneo: nelle aree vulcaniche attive essa può aumentare anche di oltre 100 °C nel primo chilometro (gradiente superiore o uguale a 100 °C/km), mentre nelle aree stabili e vecchie o di rilevante accumulo di sedimenti recenti, l'aumento nel primo chilometro si può limitare anche a soli 10 °C. Un valore medio di gradiente di temperatura è stimato in 30 °C/km.

Il concetto di energia geotermica è generalmente associato a quella parte del calore terrestre che può, o potrebbe essere, estratto dal sottosuolo per essere utilizzato per generazione elettrica, o generazione combinata di corrente e di calore, nelle aree dove sono disponibili risorse di almeno 120-150 °C a profondità non superiori a qualche chilometro, oppure per soli usi diretti del calore (riscaldamento e raffrescamento di singoli edifici, teleriscaldamento di comprensori e città, utilizzi in agricoltura e nell'industria, balneoterapia, ...) in tutte le altre aree. Nel 1904, a Larderello, è stata accesa la prima lampadina utilizzando energia elettrica generata dal vapore geotermico; da allora l'Italia è leader in Europa per la produzione geoelettrica (seguita da Islanda, Turchia, Portogallo, Germania e Francia), mentre negli usi diretti del calore la Turchia e l'Islanda ci precedono. L'Islanda produce con la geotermia più del 50% del suo fabbisogno elettrico, mentre l'Italia produce circa l'1% del fabbisogno nazionale.

Gli utilizzi di calore in Italia e in Europa rappresentano poco meno del 50% del consumo complessivo di energia. Quasi metà del fabbisogno di calore è a sua volta utilizzato per il riscaldamento e raffrescamento di edifici. Il Dlg. 28/2011, in applicazione della Direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, stabilisce che, entro il 2017, il 50% dei fabbisogni di calore e acqua calda degli edifici di nuova costruzione e di quelli soggetti a ristrutturazione rilevante dovrà provenire da FER.

La realizzazione di impianti idro- e geotermici richiede diversi anni, necessari per l'ottenimento del permesso di ricerca, per la valutazione di impatto ambientale, la valutazione della risorsa disponibile, l'ottenimento della concessione per l'utilizzo della risorsa, la perforazione dei pozzi e la realizzazione delle

reti e degli impianti.

Fra i principali vantaggi nell'utilizzo della geotermia e dell'idrotermia si richiamano:

- Costanza e continuità nella disponibilità della risorsa naturale,
- Scambio di calore senza combustione di alcun tipo ed unico impianto sia per riscaldamento che per raffrescamento,
- Sicurezza, modularità ed espandibilità degli impianti,
- Salvaguardia della risorsa geotermica o superficiale, derivata e restituita senza sprechi né contaminazioni,
- Benefici economici: costa meno trasferire il calore da sorgenti naturali che produrlo da fonti fossili.

Il principale svantaggio nella scelta di questi impianti è costituito dagli elevati investimenti per le reti di distribuzione del calore (teleriscaldamento) e per le eventuali indagini e perforazioni, nel caso di risorse geotermiche profonde. In questo secondo caso, infatti, è importante ridurre il rischio legato al rinvenimento e alle caratteristiche dei fluidi geotermici, mediante opportune indagini geofisiche e simulazioni numeriche. Infatti, la temperatura, le caratteristiche chimiche e la portata delle acque geotermiche devono essere sufficienti ed adeguate a sostenere gli impianti di progetto.

Se gli impianti vengono correttamente progettati e realizzati, il calore geotermico può venire utilizzato per tempi molto lunghi, in modo tale che il calore che si estrae non ecceda quello che naturalmente viene restituito al sistema profondo, nel medesimo periodo di tempo. Per gli impianti geotermici che scambiano calore a piccola profondità (fino a 100-150 m), è importante anche la temperatura media in superficie (influenzata dalla latitudine, quota, variazioni diurne e stagionali) e la presenza e circolazione dell'acqua nella falda superficiale.

Qualsiasi livello termico del sottosuolo può essere tecnologicamente utilizzato per applicazioni geotermiche, sia per riscaldamento che per raffrescamento, utilizzando sistemi di scambio termico con il sottosuolo a circuito aperto, oppure a circuito chiuso (come descritto più avanti), nella maggioranza dei casi con il supporto di una pompa di calore.

Fra le FER, la geotermia è quella che ha le migliori caratteristiche per queste applicazioni, in quanto essa permette un utilizzo diretto di calore naturale, senza alcuna trasformazione, ed inoltre è una sorgente non-intermittente (come l'eolico ed il solare), che può costituire il contributo principale per il carico di base degli impianti. Molti impianti di riscaldamento e teleriscaldamento geotermico sono già stati realizzati nel Mondo ed in Europa, inclusa l'Italia. L'impianto di teleriscaldamento di Ferrara è il più esteso impianto d'Europa; esso integra diverse fonti energetiche tra cui la geotermia, che, con circa 400 m3/ora a 100 °C da due pozzi profondi, contribuisce al 45 % dell'energia termica prodotta. Nel 2011 esso ha prodotto complessivamente quasi 200GWh di energia termica.

### L'energia idrotermica

L'energia idrotermica può essere definita come il calore presente nell'acqua del mare, lago, fiume e falda acquifera superficiale. La temperatura di questi corpi idrici è principalmente modulata dall'irraggiamento solare e, per gli acquiferi sotterranei, in parte anche dal calore geotermico. La risorsa disponibile in un determinato luogo dipenderà pertanto da diversi fattori, quali ad esempio la piovosità, la latitudine, la quota, la tipologia ed estensione dei bacini di ricarica e la presenza, o meno, del mare nelle vicinanze. Ai fini di un utilizzo diretto di questa energia primaria è auspicabile che la quantità di risorsa disponibile ed



# CODICE OPERA 17132 - POLO MUSEALE DEL PORTO VECCHIO – NUOVO MUSEO DEL MARE

## progetto di fattibilità tecnico economica – progetto preliminare – relazione tecnica

utilizzabile e la sua temperatura media si mantengano su valori pressoché costanti per tutto l'anno. L'energia della risorsa acqua può essere trasferita tramite pozzi di derivazione, e/o reti di adduzione, agli scambiatori di una opportuna pompa di calore, che fornisce calore alle utenze per le specifiche esigenze di riscaldamento e raffrescamento.

L'andamento della temperatura media stagionale a circa 2 m di profondità nel Golfo di Trieste (Figura 2) mostra la variabilità dei valori durante le stagioni, su un periodo di oltre 60 anni. Sia i valori medi, ma soprattutto la loro variabilità stagionale, si riducono significativamente spostandosi a maggiori profondità.

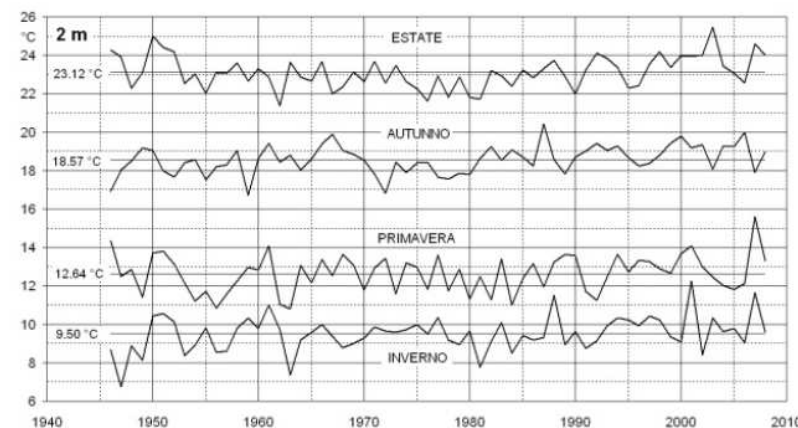


Figura 2: Andamento della temperatura stagionale del mare a 2 m di profondità e corrispondenti valori medi a Trieste nel periodo 1946-2008 (fonte: Piano di gestione della pesca in mare Friuli Venezia Giulia, Dicembre 2012).

L'energia termica fornita dal Sole si accumula in questo bacino inerziale che costituisce una sorgente di calore a bassa temperatura e che ha il potenziale per alimentare impianti di riscaldamento e/o raffrescamento, opportunamente progettati e sostenuti da pompe di calore.

Oltre alla valutazione delle caratteristiche intrinseche del corpo idrico superficiale, è necessario anche operare nel pieno rispetto della normativa e dei vincoli legislativi. Infatti, oltre al rispetto della normativa nazionale (Testo Unico in materia ambientale, D.L. 152/2006), molto spesso ci sono ulteriori norme regionali, o provinciali, che regolamentano le derivazioni, gli scarichi e le temperature dei fluidi re-immessi dopo l'utilizzo. Gli impianti di utilizzo dell'energia idrotermica e geotermica richiedono il trasferimento della risorsa rinnovabile dalla zona di derivazione alle centrali termiche poste al servizio di edifici nuovi o esistenti. Per questi ultimi, i nuovi impianti geo/idrotermici possono contribuire a risolvere criticità tipiche legate all'utilizzo di fonti rinnovabili all'interno di centri storici. In queste zone, infatti, la scarsità di spazi comuni e l'eventuale presenza di vincoli di tutela storico/paesaggistica, impediscono l'installazione dei terminali per impianti di solare termico o fotovoltaico.

Per le aree geografiche distanti dal mare l'energia idrotermica e geotermica possono rappresentare un modo semplice, veloce ed ecosostenibile, per riqualificare energeticamente gli impianti di edifici pubblici o privati, esistenti o da ristrutturare, utilizzando fonti energetiche rinnovabili. Esse possono essere una valida risposta alle esigenze di quei quartieri del centro storico, interessati all'efficientamento energetico del territorio. La possibilità di riqualificare le centrali termiche esistenti con l'utilizzo di pompe di calore a bassa, media o alta temperatura, può evitare il completo rifacimento degli impianti interni di riscaldamento e raffrescamento.

Sistemi ad anello aperto o chiuso

Le tipologie impiantistiche per l'utilizzo dell'energia idrotermica e geotermica nei primi 400 m di profondità sono essenzialmente di due tipi: impianti ad anello con circuito aperto e impianti ad anello con circuito

chiuso.

### Anello a circuito aperto (open loop)

Nel caso dell'anello a circuito aperto, l'impianto è composto da:

- Circuito di climatizzazione;
- Circuito della pompa di calore;
- Eventuale circuito secondario in cui scorre un fluido termovettore;
- Eventuale scambiatore di calore interposto tra circuito secondario e condotta di emungimento;
- Circuito primario di derivazione e restituzione della risorsa naturale.

Il circuito secondario utilizza una miscela di acqua e fluido glicolato (glicole propilenico, glicole etilenico, alcol denaturato, metanolo o cloruro di calcio). Le condotte del circuito secondario sono solitamente in polietilene ad alta densità, non coibentate. Se lo scambiatore di calore del circuito secondario fosse immerso direttamente nel bacino naturale, o nel sottosuolo, allora il circuito aperto di derivazione e restituzione non sarebbe necessario e avremmo un impianto a circuito chiuso. Lo scambiatore di calore separa idraulicamente i circuiti e non permette la contaminazione delle acque superficiali o di falda utilizzate per lo scambio termico.

In alcuni casi l'acqua prelevata dal sottosuolo può essere scaricata in un corpo idrico superficiale, oppure reimpressa nello stesso acquifero da cui è stata derivata. I due pozzi, di prelievo e di reimmissione, devono essere realizzati a una distanza tale da evitare la cortocircuitazione termica, che si verifica quando l'acqua termicamente alterata dall'impianto fluisce dal pozzo di re-immissione a quello di prelievo senza riacquistare la temperatura iniziale.

Il vantaggio di questi impianti, rispetto a quelli a circuito chiuso, sono:

- Maggiore disponibilità e portata della risorsa e quindi maggior rendimento della pompa di calore;
- Minore costo di installazione e minori spazi occupati (soprattutto per gli impianti di una certa dimensione).

L'eventuale svantaggio è il rischio di formazione di cricche e incrostazioni, che accorciano la vita utile dell'impianto e l'intasamento dei filtri nelle opere di derivazione che riduce la portata e manda in blocco la pompa di calore.

Essi richiedono inoltre una più accurata progettazione e un monitoraggio della gestione degli impianti e degli impatti sulla risorsa e sull'ambiente. Infine essi richiedono un iter autorizzativo talvolta più lungo ed oneroso.

### Anello a circuito chiuso o closed loop

Nell'anello a circuito chiuso, lo scambio termico può avvenire in bacini idrici superficiali, nei primi metri di sottosuolo (scambiatori orizzontali), o mediante sonde geotermiche verticali fino anche a 400 m di profondità. Questa tipologia di impianti è principalmente utilizzata nelle applicazioni geotermiche.

### Pompa di calore

La pompa di calore acqua-acqua è l'elemento principale dell'impianto di climatizzazione degli edifici. Essa utilizza il calore scambiato con il sottosuolo, con i corpi idrici o gli acquiferi. Poiché il calore contenuto

# CODICE OPERA 17132 - POLO MUSEALE DEL PORTO VECCHIO – NUOVO MUSEO DEL MARE

## progetto di fattibilità tecnico economica – progetto preliminare – relazione tecnica

*nell'acqua proviene, in gran parte, dall'energia del sole ed in misura minore dalla geotermia, l'idrotermia a bassa temperatura è classificata come fonte di energia rinnovabile, nonostante la pompa di calore consumi di per sé energia elettrica, solitamente prodotta da fonti di energia non rinnovabili.*

*In un impianto di riscaldamento la pompa di calore permette di trasferire calore tra una “sorgente” a temperatura inferiore (pozzo freddo), rispetto ai terminali di riscaldamento dell'edificio, dove si distribuisce il calore, che rappresentano la “pozzo caldo”. Viceversa, in un impianto di condizionamento, l'edificio è la “sorgente fredda” dalla quale viene estratto il calore. Il vantaggio economico ed energetico di un impianto a pompa di calore è dato dal rapporto tra il calore immesso o estratto dall'edificio e il consumo complessivo di energia (solitamente elettrica, oppure calore in una pompa di calore ad assorbimento), espresso tramite opportuni coefficienti di prestazione (COP ed EER).*

### **Applicazioni con acqua di mare**

*Il ricorso alla soluzione progettuale di sfruttamento dell'energia idrotermica da fonte marina in una città di mare come Trieste, nasce dalla disponibilità di risorsa immediatamente adiacente alla zona urbana e dalla opportunità di implementare l'utilizzo di fonti rinnovabili in edifici pubblici e/o privati del centro storico sul fronte mare.*

*Questa soluzione progettuale, peraltro non nuova e già utilizzata in diversi contesti in diverse parti del mondo, inclusa Trieste, è aderente alle linee-guida della politica energetica nazionale e comunitaria, che mira a razionalizzare il sistema energetico, puntando sul comparto termico e riducendone drasticamente i consumi e le emissioni, nei settori del riscaldamento e raffrescamento degli edifici.*

*L'analisi progettuale si fonda sull'obiettivo di suggerire la tipologia di riqualificazione tecnologica ed energetica di impianti per la produzione di calore, in funzione delle risorse energetiche disponibili sul territorio; essa è la base su cui si fonda l'utilizzo dell'energia geotermica e idrotermica e la loro integrazione con altre fonti rinnovabili.*

*Il centro storico di Trieste è caratterizzato dalla vicinanza al mare, bacino qui caratterizzato da una profondità dell'ordine di una decina di metri e da una temperatura con limitate variazioni durante l'arco dell'anno: 14-16 °C d'estate e 9-11 °C d'inverno.*

*Più nello specifico, la soluzione proposta consiste nel realizzare un anello aperto (open-loop) nel quale viene fatta circolare l'acqua di mare, derivata ad una opportuna profondità e restituita in un punto distante, avente il compito di servire lungo il tracciato uno o più scambiatori di calore che permettono lo scambio termico fra l'acqua di mare e il fluido glicolato contenuto nel circuito chiuso a monte degli stessi.*

*Per gli edifici esistenti è possibile intervenire sull'ottimizzazione della centrale termica, in occasione della sostituzione per usura della caldaia esistente; il ricorso all'energia idrotermica in abbinamento ad una pompa di calore a media o alta temperatura, rappresenta una valida soluzione capace di garantire, nel contempo, un notevole risparmio di energia primaria con il contestuale utilizzo di una fonte energetica rinnovabile.*

*Un impianto idrotermico è stato recentemente realizzato a Porto Piccolo, nel comprensorio della baia di Sistiana; l'intervento edilizio ha destinazione turistica e rappresenta un riutilizzo e una riqualificazione di una cava dismessa. Il progetto è articolato in una zona residenziale, una darsena, un litorale attrezzato ed altri servizi connessi all'attività turistica, quali attività commerciali, ristorazione e un centro benessere.*

*Già in fase progettuale, gli impianti di riscaldamento e di raffrescamento sono stati concepiti come alimentati, in parte anche da fonti rinnovabili, come l'idrotermia (acqua di mare e acqua di falda) ed il solare termico. L'impianto utilizza un circuito aperto (open loop) ad acqua di mare che viene prelevata alla profondità di alcuni metri nella piccola baia antistante e viene pompata alla centrale dove sono ubicati gli scambiatori di calore. L'acqua di mare cede la propria energia termica ad un circuito chiuso secondario, dove scorre un'acqua tecnica. Il circuito chiuso rifornisce di energia calorifica 17 sottostazioni di produzione, in ognuna delle quali è presente una o più pompe di calore, ciascuna a servizio di un gruppo di*

*edifici. È anche disponibile un pozzo che deriva acqua di falda a temperatura costante. Le pompe di calore garantiscono tutto il fabbisogno energetico per riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua sanitaria. Tutte le unità immobiliari sono fornite di impianto di distribuzione radiante a pavimento per il riscaldamento e di ventilconvettori per il raffrescamento e raggiungono elevati valori di efficienza energetica.*

### **Proposta operativa per un progetto preliminare**

*A seguito delle proposte presentate e discusse nell'ambito della Conferenza Internazionale tenutasi a Lussino dal 25 al 27 Agosto 2014, sullo stato e prospettive di sviluppo della geotermia nell'area Adriatico-Ionica (conferenza organizzata da ECSAC, FIT e Università di Trieste) e di concerto con l'Amministrazione Comunale di Trieste, si propone di valutare la realizzazione di impianti di sfruttamento e distribuzione dell'energia idrotermica derivata dal Golfo di Trieste, su uno o più edifici del centro storico della città, in particolare nella zona delle “Rive”.*

*Questa soluzione si realizza tramite un'infrastruttura concettualmente semplice (mini-rete primaria di teleriscaldamento), dotata di tubazioni in PE posizionate ad adeguata profondità in sezione stradale, senza coibentazione, per permettere a ciascun edificio di allacciarsi alla mandata e al ritorno dell'acqua di mare (in circuito aperto), oppure di allacciarsi ad una rete di acqua tecnica intermedia (in circuito chiuso), la quale rete richiede uno scambiatore comune con la risorsa mare (Figura 5). Nel caso di una soluzione con circuito aperto ad acqua di mare, la seconda sezione dell'impianto è costituita da uno scambiatore di calore allacciato all'anello a circuito aperto e collegato, sull'altro lato, ad un anello a circuito chiuso, nel quale scorre un fluido glicolato, che trasferisce il calore alla pompa di calore a servizio degli edifici allacciati alla rete.*

*Le pompe di calore a singolo, o doppio stadio (ubicate negli edifici), trasferiscono il calore fornito dalla fonte idrotermica, agli impianti di distribuzione e ai terminali di riscaldamento e raffrescamento. L'uso di pompe di calore a doppio stadio di compressione, consente di produrre anche l'acqua calda sanitaria necessaria a soddisfare il fabbisogno degli utenti, garantendo sempre la migliore efficienza energetica.*

*Il percorso dell'acqua, utilizzata come anello di congiunzione fra le utenze e la fonte idrotermica del mare, è così sviluppato:*

- 1. Emungimento dal mare mediante una condotta di prelievo;*
- 2. Trasferimento dell'energia da circuito open-loop a quello ad anello chiuso, tramite uno scambiatore centralizzato di calore;*
- 3. Distribuzione alle varie utenze dell'energia tramite anello chiuso, dove scorre un fluido glicolato (acqua tecnica);*
- 4. Ogni utenza preleva la quantità di calore strettamente necessaria per far funzionare una pompa di calore centralizzata per l'edificio;*
- 5. Una volta scambiata l'energia termica necessaria, il fluido glicolato a temperatura più bassa, raffredda, tramite lo scambiatore di calore, l'acqua di mare presente nel ritorno dell'open loop;*
- 6. L'acqua di mare a temperatura più fredda viene restituita alla sorgente, a debita distanza dal prelievo, in modo da non creare un “cortocircuito idrotermico”.*

*Una volta che l'acqua ha svolto il suo compito, questa viene restituita al mare mantenendo inalterate le caratteristiche chimico-fisiche rispetto a quando era stata emunta, ma ad una temperatura inferiore (di 2-3 °C), come conseguenza dell'avvenuto scambio termico.*

*Nel caso il circuito aperto non abbia la rete secondaria di acqua tecnica, allora nella rete primaria circola*



acqua di mare e ciascuna utenza deve dotarsi di un proprio scambiatore che da un lato ha acqua di mare e dall'altro il fluido di lavoro della pompa di calore.

Impianto di riscaldamento e raffrescamento

La pompa di calore elettrica (a singolo o a doppio stadio) è in grado di trasferire l'energia termica contenuta nell'acqua del mare agli impianti interni degli edifici serviti, con diffusori a bassa, o alta temperatura, rispettivamente.

Per nuovi edifici o comunque in caso di impianti interni a bassa temperatura (impianti radianti a pavimento), le pompe di calore tradizionali possono sostituire la caldaia a condensazione, quale generatore termico dell'utenza da servire.

Per gli edifici esistenti i cui impianti interni sono costituiti tipicamente da termosifoni, operanti a temperature prossime ai 70 °C, si possono utilizzare le pompe di calore ad alta temperatura, in grado di raggiungere oltre 80 °C grazie ad un doppio stadio di compressione. In entrambi i casi, il compito assegnato all'impianto è di fornire il calore ai circuiti impiantistici interni (vecchi o nuovi), sia che si tratti dei tradizionali termosifoni o di moderni impianti radianti a pavimento.

All'impianto di sfruttamento dell'energia geotermica e idrotermica è possibile attribuire oggettivi vantaggi, principalmente dal punto di vista energetico e ambientale, ma anche da un punto di vista gestionale ed economico. Questa soluzione permette infatti di:

1. Concentrare in un solo impianto la produzione di riscaldamento e raffrescamento, con vantaggi gestionali e ottimizzazione dei rendimenti e dei consumi;
2. Conservare l'autonomia gestionale degli edifici serviti e la produzione individuale di riscaldamento, acqua calda sanitaria e condizionamento ambiente;
3. Ridurre le emissioni di CO2 per il riscaldamento urbano con l'eventuale azzeramento delle stesse, mediante l'inserimento di un sistema fotovoltaico o altre fonti di energia rinnovabile abbinato all'edificio servito dalle pompe di calore;
4. Ridurre gli impatti nel caso di riqualificazione di impianti esistenti, in totale compatibilità con gli spazi precedentemente destinati alla centrale termica tradizionale;
5. Ridurre i costi di manutenzione e migliorare la sicurezza, anche in considerazione del fatto che non ci sono gas infiammabili e fiamme libere in centrale termica.

Sul fronte economico e gestionale sarà necessario sviluppare precisi piani di fattibilità, per uno o più casi specifici, per definire in dettaglio i piani economici e finanziari fondamentali per la valutazione di interventi di questo tipo.

Smart Grid

Gli impianti geotermici e idrotermici rappresentano un caso pratico di applicazione delle “smart grid” (reti intelligenti) nell'ambito del riscaldamento urbano, in quanto la rete di distribuzione aperta al servizio dell'utenza pubblica e privata, è ampliabile e/o replicabile sul territorio.

Inoltre l'impianto può essere integrato, da impianti di generazione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili oltre che da sistemi di controllo dei consumi e previsione del fabbisogno, così da ottimizzarne la resa.

CONSIDERAZIONI RIGUARDANTI LA QUALITA' DEGLI AMBIENTI INTERNI

Conservazione dei reperti

Come già indicato in precedenza, per quanto riguarda la conservazione degli oggetti di interesse storico ed artistico del museo, si farà riferimento alla normativa UNI in materia, per quanto specificatamente attiene a questo progetto di ristrutturazione.

Gli aspetti della normativa che attengono a fasi successive quali l'allestimento delle esposizioni, degli arredi ed attrezzature e la gestione del museo stesso dovranno venire invece tenuti in considerazione in seguito ovvero in sede di esercizio dell'attività museale.

Le norme sono la UNI 10829 “Beni di interesse storico ed artistico – Condizioni ambientali di conservazione” e la UNI 10586 “Condizioni climatiche per ambienti di conservazione di documenti grafici e caratteristiche degli alloggiamenti”.

La norma UNI 10829 detta innanzi tutto criteri di monitoraggio della qualità ambientale. Dalla stessa si estrapolano sinteticamente i valori che dovranno essere rispettati nei vari ambienti destinati alla conservazione dei beni: (appendice A della norma)

Manufatti artistici di carta e simili:

Temperatura:	da 18° a 22° C con escursione massima giornaliera 1,5° C
Umidità relativa	da 40% a 55% con escursione massima giornaliera 6%
Illuminamento	< 50 lx massimo
Radiazione ultravioletta	< 75 µW/lm
Dose di luce annuale	max 0.2 Mlx-h/anno

Tessuti e simili:

Temperatura:	da 19° a 24° C con escursione massima giornaliera 1,5° C
Umidità relativa	da 30% a 50% con escursione massima giornaliera 6%
Illuminamento	< 50 lx massimo
Radiazione ultravioletta	< 75 µW/lm
Dose di luce annuale	max 0.2 Mlx-h/anno

Disegni su supporto cartaceo:

Temperatura:	da 19° a 24° C con escursione massima giornaliera 1,5° C
Umidità relativa	da 45% a 60% con escursione massima giornaliera 2%
Illuminamento	< 50 lx massimo
Radiazione ultravioletta	< 75 µW/lm
Dose di luce annuale	max 0.2 Mlx-h/anno

Collezioni etnografiche, oggetti in cuoio:

Temperatura:	da 19° a 24° C con escursione massima giornaliera 1,5° C
Umidità relativa	da 45% a 60% con escursione massima giornaliera 6%
Illuminamento	< 50 lx massimo
Radiazione ultravioletta	< 75 µW/lm
Dose di luce annuale	max 0.2 Mlx-h/anno

# CODICE OPERA 17132 - POLO MUSEALE DEL PORTO VECCHIO – NUOVO MUSEO DEL MARE

## progetto di fattibilità tecnico economica – progetto preliminare – relazione tecnica

### Dipinti su tela:

Temperatura:	da 19° a 24° C con escursione massima giornaliera 1,5° C
Umidità relativa	da 40% a 55% con escursione massima giornaliera 6%
Illuminamento	< 150 lx massimo
Radiazione ultravioletta	< 75 µW/lm
Dose di luce annuale	max 0.2 Mlx-h/anno

### Legature di libri con pelle e pergamena

Temperatura:	da 19° a 24° C con escursione massima giornaliera 1,5° C
Umidità relativa	da 45% a 55% con escursione massima giornaliera 6%
Illuminamento	< 50 lx massimo
Radiazione ultravioletta	< 75 µW/lm
Dose di luce annuale	max 0.2 Mlx-h/anno

### Mobili decorati, sculture di legno dipinte

Temperatura:	da 19° a 24° C con escursione massima giornaliera 1,5° C
Umidità relativa	da 50% a 60% con escursione massima giornaliera 4%
Illuminamento	< 50 lx massimo
Radiazione ultravioletta	< 75 µW/lm
Dose di luce annuale	max 0.2 Mlx-h/anno

### Sculture di legno

Temperatura:	da 19° a 24° C con escursione massima giornaliera 1,5° C
Umidità relativa	da 45% a 60% con escursione massima giornaliera 4%
Illuminamento	< 150 lx massimo
Radiazione ultravioletta	< 75 µW/lm
Dose di luce annuale	max 0.2 Mlx-h/anno

### Porcellane, ceramiche, terracotta

Temperatura:	Non rilevante
Umidità relativa	Non rilevante, escursione massima giornaliera 10%
Illuminamento	Non rilevante

### Metalli

Temperatura:	Non rilevante
Umidità relativa	<50%
Illuminamento	Non rilevante

### Pietre, rocce, minerali

Temperatura:	da 19° a 24° C
Umidità relativa	da 40% a 60% con escursione massima giornaliera 6%
Illuminamento	Non rilevante

### Mosaici, fossili

Temperatura:	da 15° a 25° C
Umidità relativa	da 20% a 60% con escursione massima giornaliera 10%
Illuminamento	Non rilevante

### Film, fotografie

Temperatura:	da 0° a 15° C
Umidità relativa	da 30% a 45%
Illuminamento	< 50 lx massimo
Dose di luce annuale	max 0.2 Mlx-h/anno

### Materie plastiche

Temperatura:	da 19° a 24° C
Umidità relativa	da 30% a 50%
Illuminamento	< 300 lx massimo
Radiazione ultravioletta	< 75 µW/lm

Per quanto riguarda la seconda norma (UNI 10586), per i documenti cartacei le prescrizioni da rispettare sono le seguenti:

### Archivi:

Temperatura:	da 14° a 20° C con tolleranza 2° C
Umidità relativa	da 50% a 60% con tolleranza 5%
Ricambio aria	5/7 ricambi/h del 10/20% del volume
Illuminazione	Esclusione luce solare diretta, uso di lampade a fluorescenza con lunghezze d’onda tra 400 e 760 nm
Illuminamento	< 75 lx media diurna, < 150 lx periodi di accesso ai locali

### Consultazione:

Temperatura:	da 18° a 23° C con tolleranza 4° C
Umidità relativa	da 50% a 65% con tolleranza 5%
Illuminazione	Esclusione luce solare diretta, uso di lampade a fluorescenza con lunghezze d’onda tra 400 e 760 nm
Illuminamento	< 150 lx per lettura, < 50 lx per esposizione



# Elenco firmatari

ATTO SOTTOSCRITTO DIGITALMENTE AI SENSI DEL D.P.R. 445/2000 E DEL D.LGS. 82/2005 E SUCCESSIVE MODIFICHE E INTEGRAZIONI

Questo documento è stato firmato da:

NOME: CONTE ENRICO  
CODICE FISCALE: CNTNRC58T03E506Z  
DATA FIRMA: 29/10/2018 16:11:00  
IMPRONTA: CAACF769D45D300EBD2B0148967598AC8FC4FF75582E519947669E59476ABC378FC4FF75582E519947669E59476ABC37779B67E814B891A8E71D23F21E4286F1779B67E814B891A8E71D23F21E4286F1589F2C3E0670AED5BDEB74C29C3DB69B589F2C3E0670AED5BDEB74C29C3DB69B5D1707E6111EF70805FC914D5806650E

NOME: IAMMARINO LUCIA  
CODICE FISCALE: MMRLCU61L49L113I  
DATA FIRMA: 29/10/2018 17:18:36  
IMPRONTA: 7449E28EC30E7EA44E6C7C0A252B37AAE5FEEA698B4BF91E303F68743A2C183FE5FEEA698B4BF91E303F68743A2C183F12F22E84689ABC96C26CADCB5395019612F22E84689ABC96C26CADCB5395019646E6AD54A1D77F3A2DE8FE716F10826046E6AD54A1D77F3A2DE8FE716F108260A9E0DB07B5EDF1B0F87161EC431E7A4D

NOME: TERRANOVA SANTI  
CODICE FISCALE: TRRSNT56A17C351S  
DATA FIRMA: 06/11/2018 10:57:40  
IMPRONTA: 9631A083F96E9F748AA0B01A62CF4AF30C9A586E6F9847703A7A1BBDC1E7D66F0C9A586E6F9847703A7A1BBDC1E7D66FCB2FBFE11970EA27E24599D24DB440FACB2FBFE11970EA27E24599D24DB440FAB11637CE90F823A7CEE7C861210E732AB11637CE90F823A7CEE7C861210E732AB33C2E84569007CB98B1F6E1A295AF29

NOME: DIPIAZZA ROBERTO  
CODICE FISCALE: DPZRRT53B01A103I  
DATA FIRMA: 06/11/2018 12:16:36  
IMPRONTA: 7780CFFEB36EA49A104A8171BF848D3BF053BB56E8C7E33C45B46BA644613083F053BB56E8C7E33C45B46BA644613083F7261D1AA19810EA28590F0EB8F24394F7261D1AA19810EA28590F0EB8F24394B0F23AD76F1FC1E6F1251C0FF3505287B0F23AD76F1FC1E6F1251C0FF3505287458B001C391B5BD4C98EB2121D93FB12