

# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

### EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)  
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)  
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)  
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)  
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)  
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

<p>IL PROGETTISTA</p>  <p>Ing. E.M. Veje          Dott. Ing. E. Pagani          Ordine Ingegneri Milano          n° 15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Project Manager          (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA</p> <p>Direttore Generale e          RUP Validazione          (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA</p> <p>Amministratore Delegato          (Dott. P. Ciucci)</p>
--	---	--	---

<p><i>Unità Funzionale</i></p> <p><i>Tipo di sistema</i></p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i></p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i></p> <p><i>Titolo del documento</i></p>	<p>OPERA DI ATTRAVERSAMENTO</p> <p>SISTEMI SECONDARI</p> <p>STRUTTURE SECONDARIE</p> <p>Generale</p> <p>Sistema di deumidificazione - Relazione di progetto</p>	<p><b>PI0172_F0_ITA</b></p>
---	---	-----------------------------

CODICE	<table border="1"> <tr> <td>C</td><td>G</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>P</td><td>C</td><td>L</td><td>D</td><td>P</td><td>S</td><td>S</td><td>R</td><td>4</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>2</td><td>F0</td> </tr> </table>	C	G	1	0	0	0	P	C	L	D	P	S	S	R	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	F0
C	G	1	0	0	0	P	C	L	D	P	S	S	R	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	F0		

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	EIS	MLB	JEJE/SOLA



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Sistema di deumidificazione - Relazione di progetto		<i>Codice documento</i> PI0172_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

INDICE .....	3
1 Introduzione .....	5
1.1 Panoramica del rapporto .....	5
2 Riferimenti di progetto .....	5
2.1 Specifiche di progetto .....	5
2.2 Codici di progetto e specifiche dei materiali .....	6
2.3 Disegni .....	8
3 Requisiti del sistema di deumidificazione .....	8
3.1 Generalità .....	8
3.2 Concetto della deumidificazione .....	10
3.3 Condizioni di progetto .....	11
3.4 Requisiti generali di progetto .....	11
3.5 Infiltrazione di aria ambiente .....	12
3.6 Capacità del sistema .....	12
3.6.1 Condizioni di progetto .....	12
3.6.2 Cavi principali .....	12
3.6.2.1 Risultato .....	13
3.7 Impalcato sospeso .....	13
3.7.1 Corrente stradale e ferroviario, sezioni 4 e 5 .....	13
3.7.1.1 Risultato 1 .....	13
3.7.1.2 Risultato 2 .....	14
3.7.2 Corrente stradale e ferroviario, sezioni 3 e 6 .....	15
3.7.2.1 Risultato .....	15
3.7.3 Corrente stradale e ferroviario, sezioni 1 e 8 .....	15
3.7.3.1 Risultato .....	15
3.7.4 Corrente stradale e ferroviario, sezioni 2 e 7 .....	15
3.7.4.1 Risultato .....	16
3.8 Strutture terminali .....	16
3.8.1 Sicilia .....	16
3.8.1.1 Risultato .....	16
3.8.2 Calabria .....	16

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Sistema di deumidificazione - Relazione di progetto	<i>Codice documento</i> PI0172_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

3.8.2.1	Risultato .....	17
3.9	Torri, selle incluse .....	17
3.9.1.1	Risultato .....	17
3.10	Camere del blocco di ancoraggio.....	18
3.10.1.1	Camere del blocco di ancoraggio.....	18
3.10.1.2	Cavi principali .....	18
3.10.1.3	Risultato .....	18
3.11	Consumo di energia.....	18
4	Appendice.....	20
4.1	Calcoli del sistema di deumidificazione .....	20
4.2	Condotte e aperture 1 .....	21
4.3	Condotte e aperture 2.....	22

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Sistema di deumidificazione - Relazione di progetto		<i>Codice documento</i> PI0172_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 1 Introduzione

Il presente rapporto riassume i calcoli preliminari eseguiti per la progettazione della deumidificazione per:

- I cavi principali
- L'impalcato sospeso, le travate stradale e ferroviaria e traversi.
- Le strutture terminali
- Le selle della torre
- Le torri
- Le camere del blocco di ancoraggio

### 1.1 Panoramica del rapporto

Il presente rapporto è organizzato nei capitoli seguenti:

- Capitolo 1: comprende la presente introduzione
- Capitolo 2: fornisce un elenco delle specifiche di progetto, dei codici di progetto, le specifiche materiali e i disegni di riferimento.
- Capitolo 3: fornisce le prescrizioni per il sistema di deumidificazione
- Appendice: fornisce le verifiche

## 2 Riferimenti di progetto

### 2.1 Specifiche di progetto

- 1 CG.10.00-P-RG-D-P-GE-00-00-00-00-02-A - "Principi Base, Strutturale, Allegato," COWI 2010," COWI 2010

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Sistema di deumidificazione - Relazione di progetto		<i>Codice documento</i> PI0172_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2 GCG.F.05.03 “Sviluppo del progetto – Prescrizioni e linee guida,” Stretto di Messina, 22 Ottobre 2004.

3 GCG.G.03.02 “Carpenteria metallica strutturale e 5 rivestimenti protettivi,” Stretto di Messina, 30 Luglio 2004.

## 2.2 Codici di progetto e specifiche dei materiali

La progettazione e la costruzione dei sistemi di deumidificazione deve essere conforme agli standard, ai codici o alle pratiche europei applicabili.

Occorrerà prestare una particolare attenzione a standard, codici o pratiche per le seguenti zone:

- Ventilazione, sicurezza, materiali, vibrazione, acustica
- Direttiva Macchine 2006/42/EF
- Direttiva apparecchiature a basso voltaggio 2006/95/EC
- Compatibilità Elettromagnetica (EMC) 89/336/EEC.
- Marchio CE
- EN 779 Filtri d'aria per particelle per ventilazione generale – Determinazione della prestazione di filtraggio.
- EN 1506 Condotte metalliche ed accessori a sezione circolare- Dimensioni
- EN 1507 Condotte metalliche a sezione rettangolare- requisiti per la robustezza e le perdite.
- EN 1751 Ventilazione degli edifici- Dispositivi per la distribuzione dell'aria- Prove aerodinamiche delle serrande e delle valvole
- EN 1822-1 Filtri aria a particelle per alta ed altissima efficienza (HEPA e ULPA) – Parte 1 Classificazione, prove di prestazione e marcatura
- EN 1822-2 Filtri aria a particelle per alta ed altissima efficienza (HEPA e ULPA) – Parte 2 Produzione di aerosol, apparecchiature di misura, conteggio statistico delle particelle
- EN 1886 Ventilazione degli edifici- unità di trattamento dell'aria – Prestazione meccanica.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Sistema di deumidificazione - Relazione di progetto	<i>Codice documento</i> PI0172_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- EN 12097 Ventilazione degli edifici- Rete delle condotte- requisiti relativi ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte.
- EN 12220 Ventilazione degli edifici- rete delle condotte- Dimensione delle flange circolari per ventilazione generale
- EN 12236 Ganci e supporti per le reti delle condotte – Requisiti di resistenza.
- EN 12237 Ventilazione degli edifici- reti delle condotte- Resistenza e tenuta delle condotte circolari di lamiera metallica.
- EN 12599 Procedure di prova e metodi di misurazione per la presa in consegna di impianti installati di ventilazione e di condizionamento dell'aria.
- EN 12792 Simboli, terminologia e simboli grafici.
- EN ISO 5801 Ventilatori industriali – Prove prestazionali su circuito normalizzato.
- EN ISO 11204 Acustica – Rumore emesso dalle macchine e dalle apparecchiature – Misurazione dei livelli di pressione sonora al posto di lavoro e in altre specifiche posizioni. Metodo richiedente correzioni ambientali.
- EN ISO 14122-3 Sicurezza delle macchine – Mezzi di accessi permanenti al macchinario - Parte 3: Scale, scale a castello e parapetti
- EN ISO 16032 Misurazione del livello di pressione sonora di impianti – Metodo tecnico progettuale.
- ISO 281 Cuscinetti volventi – Coefficienti di carico dinamici e durata di base.
- ISO 1460 Rivestimenti metallici – Zincatura a caldo su materiali ferrosi – Determinazione gravimetrica della massa per unità di area.
- ISO 1940/1 Vibrazioni meccaniche ed urti -Gradi di equilibratura dei rotanti rigidi. - Parte 1: Determinazione dello squilibrio residuo ammissibile
- ISO 8501 Preparazione di substrati di acciaio prima dell'applicazione di pitture e prodotti correlati – Valutazione visiva del grado di pulitura della superficie - Parte 1: Gradi di arrugginimento e gradi di preparazione di superfici di acciaio non rivestite e di superfici di acciaio dopo completa rimozione dei rivestimenti precedenti.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Sistema di deumidificazione - Relazione di progetto	Codice documento <i>PI0172_F0_ITA.doc</i>	Rev F0	Data 20/06/2011	

- ISO 10816 Vibrazioni meccaniche – Valutazione di vibrazioni di macchine mediante misurazione sulle parti non rotanti - Parte 1: Linee guida generali.

## 2.3 Disegni

I disegni relativi al presente rapporto sono elencati in **Tabella 1: Disegni riguardanti i sistemi di deumidificazione**

Titolo del disegno	Numero del disegno
Deumidificazione, Schema di riferimento (Key Plan) dell'impianto	CG1000-P-1L-D-P-SS-R4-00-00-00-00-01-B
Deumidificazione, camere dei blocchi di ancoraggio	CG1000-P-1A-D-P-SS-R4-00-00-00-00-01-B
Deumidificazione, cavi principali	CG1000-P-1A-D-P-SS-R4-00-00-00-00-02-B
Deumidificazione, Ponte sospeso, correnti stradale e ferroviario	CG1000-P-1A-D-P-SS-R4-00-00-00-00-03-B
Deumidificazione, Torri	CG1000-P-1A-D-P-SS-R4-00-00-00-00-04-B
Deumidificazione, strutture terminali	CG1000-P-1A-D-P-SS-R4-00-00-00-00-05-B

**Tabella 1: Disegni riguardanti i sistemi di deumidificazione**

## 3 Requisiti del sistema di deumidificazione

### 3.1 Generalità

I sistemi di deumidificazione del ponte servono a deumidificare l'aria all'interno delle strutture del ponte e, di conseguenza, a proteggere dalla corrosione le superfici interne della struttura. A tale scopo il ponte sarà dotato di impianti di deumidificazione con ventilatori per la circolazione dell'aria deumidificata, con un valore medio annuo di umidità relativa pari, come massimo, a circa il 40% e con un valore estremo di umidità relativa in 1 ora al giorno pari al 50%. Questo servirà ad impedire la corrosione delle superfici interne in acciaio.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Sistema di deumidificazione - Relazione di progetto		<i>Codice documento</i> PI0172_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il valore limite preimpostato per l'umidità relativa dell'aria non deve superare il 40% e l'umidità relativa dell'aria non deve superare 50% per più di un'ora al giorno. Questi valori sono determinati per il funzionamento dei sistemi e sono verificati mediante dati provenienti dal funzionamento e dalla manutenzione dei sistemi di deumidificazione in grandi strutture di ponti esistenti.

Gli impianti di deumidificazione deumidificano l'aria nelle strutture del ponte ed anche l'aria ambiente introdotta per compensare la pressione nelle strutture, cosa che si verifica a causa delle condizioni climatiche.

Il sistema consisterà in un numero minimo di impianti di deumidificazione con bassi consumi elettrici; tutti gli impianti saranno facilmente accessibili.

I sistemi richiederanno alcune reti di condotte, ma l'uso di reti di condotte sarà limitato grazie all'utilizzo degli elementi strutturali come se fossero condotte.

Le strutture dovranno essere quanto più possibile stagne all'aria onde limitare l'infiltrazione di aria ambiente.

I sistemi di deumidificazione saranno progettati per un funzionamento non presidiato e senza operatori, 24 ore al giorno, 7 giorni su 7. Saranno durevoli e richiederanno una manutenzione minima.

I ventilatori per la circolazione dell'aria e l'alimentazione dell'aria secca ai cavi principali funzioneranno in continuo. Le unità di deumidificazione non funzioneranno continuamente, ma si avvieranno automaticamente saranno in funzione in caso di necessità per la deumidificazione dell'aria all'interno delle strutture del ponte e si arresteranno quando l'umidità relativa sarà stata abbassata al limite accettabile.

Sarà richiesta una manutenzione generale una volta l'anno; questa dovrà essere eseguita durante la primavera o l'autunno, ovvero lontano dal periodo estivo. Un'eventuale manutenzione seria imprevista durante l'estate dovrà essere eseguita di notte o la mattina presto. Durante le ispezioni e le manutenzioni, le strutture dovranno, per quanto possibile, essere mantenute chiuse.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Sistema di deumidificazione - Relazione di progetto	<i>Codice documento</i> PI0172_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### 3.3 Condizioni di progetto

I calcoli preliminari per i sistemi di deumidificazione si basano sul seguente set di dati di progetto:

Condizioni ambientali

- Massima temperatura dell'aria +40 °C
- Temperatura minima dell'aria 3 °C
- Temperatura media dell'aria +18.1 °C
- Umidità massima dell'aria 0.0187 kg di vapor d'acqua/kg di aria
- Pressione atmosferica dell'aria 101.3 kPa.
- Massima temperatura dell'aria +60°C.

Le condizioni ambientali debbono essere presunte come variabili, su un periodo di 12 ore, come segue:

- Temperatura  $\pm 15$  °C
- Pressione atmosferica dell'aria  $\pm 2.5$  kPa.

### 3.4 Requisiti generali di progetto

- Infiltrazione di aria ambiente 2% del volume della struttura/ora.
- Umidità relativa dell'aria all'interno delle strutture 40% media annua e valore limite preimpostato per il funzionamento non superiore a 40%.
- L'umidità relativa dell'aria all'interno delle strutture non deve superare 50% per più di un'ora al giorno
- Consumo max potenza di deumidificazione 1.45 kW/kg d'acqua all'ora a 20 °C e 60% di umidità relativa.
- Perdita per attrito delle condotte max: 1 Pa/m.
- Velocità massima dell'aria nelle condotte: 6 m/s.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Sistema di deumidificazione - Relazione di progetto	<i>Codice documento</i> PI0172_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- Velocità massima dell'aria nell'ammissione della stessa: 2,5 m/s.
- Rapporto massimo di carico di esercizio / range di funzionamento dei componenti: 75%.

### 3.5 Infiltrazione di aria ambiente

Calcolo di controllo per l'infiltrazione dell'aria ambiente nei volumi delle strutture deumidificate, considerazione conservativa. Infiltrazione dovuta ad un abbassamento estremo della temperatura per il corrente: massimo 30 °c in 12 ore-

- inizio:  $T_1 = 40 \text{ °C}$  at 40% RH air density  $\rho_1 = 1.127 \text{ kg/m}^3$
- fine:  $T_2 = 10 \text{ °C}$  40% RH air density  $\rho_2 = 1.247 \text{ kg/m}^3$

Variazione di densità  $(1-1.127/1.247)/12h \cdot 100 = 9.6\%/12h = 0.8\%/h$ , ovverossia meno del 2% utilizzato come requisito di progetto per la capacità del sistema.

Le variazioni della temperatura all'interno delle camere dei blocchi di ancoraggio saranno molto lente, e quindi non faranno parte del calcolo di cui sopra.

### 3.6 Capacità del sistema

#### 3.6.1 Condizioni di progetto

Le seguenti condizioni di progetto costituiscono la base per I calcoli. Questi ultimi compensano sia la temperatura più alta che quella più bassa all'interno delle strutture del ponte La capacità dei deumidificatori ad assorbimento è sufficiente per le variazioni di temperatura nel ponte:

- Ambiente 40 °C a 40% di umidità relativa
- Strutture interne in acciaio 25 °C a 40% di umidità relativa
- Interno dei cavi principali 20 °C a 40% di umidità relativa
- Strutture interne in acciaio 15 °C a 25% di umidità relativa

#### 3.6.2 Cavi principali

- Volumi interni incluso il 25% di tasso di perdita da deumidificare, approssimativamente: 3 x 1450 m<sup>3</sup>
- Min 24 volte il volume netto della struttura viene introdotto nei cavi come aria secca per 24 ore.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Sistema di deumidificazione - Relazione di progetto</b>		<i>Codice documento</i> PI0172_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Impianti supplementari di deumidificazione per i cavi principali: Capacità minima 2.5 g (acqua)/ora per m<sup>3</sup> di volume della struttura deumidificata.
- Distanza fra i punti di introduzione max 400m corrispondente a cavi stagni all'aria.
- Pressione dell'aria sui punti di introduzione max 2 kPa.

Generalmente l'aria non è riciclata. L'aria viene evacuata in collettori di scappamento.

### 3.6.2.1 Risultato

- Tre unità di deumidificazione con capacità di deumidificazione di  $(x_2-x_1)*\rho_{12}*V_{12}/1000 = 4.9$  kg (acqua)/ora alla condizione di 40% di umidità relativa e 20 °C. Verifica:  $4.9 > 2.5*1450/1000$ .
- Tre ventilatori di circolazione, carico di esercizio/capacità di funzionamento: 2000 m<sup>3</sup>/h a  $\Delta P = 450$  Pa (filtro, condotta ecc., ventilatore, in ingresso e in uscita).
- Tre ventilatori di immissione, carico di esercizio/capacità di funzionamento: 1500 m<sup>3</sup>/h a  $\Delta P = 2500$  Pa (filtro, condotta ecc., cavo principale, ventilatore, in ingresso e in uscita).
- Quattro ventilatori di immissione nelle camere dei blocchi di ancoraggio: vedi capitolo 3.10.

## 3.7 Impalcato sospeso

### 3.7.1 Corrente stradale e ferroviario, sezioni 4 e 5

- Volumi interni da deumidificare, approssimativamente: 2 x 63000 m<sup>3</sup>
- Min 2 volte di circolazione d'aria del volume della struttura per 24 ore
- Gli impianti di deumidificazione inclusa l'aria pura di rifornimento per i cavi principali: Capacità minima 0,55 g (acqua)/ora per m<sup>3</sup> di volume della struttura deumidificata.

#### 3.7.1.1 Risultato 1

- Due unità di deumidificazione con capacità di deumidificazione di  $(x_2-x_1)*\rho_{12}*V_{12}/1000 = 35 = 35$  kg (acqua)/ora alla condizione di 40% di umidità relativa e 25 °C. Verifica:  $35 > 0.55*63000/1000$ .
- Due ventilatori di circolazione, carico di esercizio/capacità di funzionamento: 7000 m<sup>3</sup>/h a  $\Delta P = 650$  Pa (filtro, condotta ecc., ventilatore, in ingresso e in uscita).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Sistema di deumidificazione - Relazione di progetto		<i>Codice documento</i> PI0172_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3.7.1.2 Risultato 2

Calcolo conservativo e verifica della perdita di pressione nei correnti stradale e ferroviario:

Perdita di pressione nel corrente ferroviario  $0.5 * \rho_{12} * v^2 * n * \xi = 0.5 * 1.2 * 1.024^2 * 53 * 2.8 = 75$   
Pa

Dove;

Densità dell'aria:  $\rho_{12} = 1.2 \text{ kg/m}^3$

velocità dell'aria attraverso le aperture:  $v = (V - V_1/2)/A = (5250 - 2700/2)/3600/1.18 = 1.024$   
m/s

Portata dell'aria di circolazione:  $V = 63000 * (2/24) = 5250 \text{ m}^3/\text{h}$

Portata dell'aria ai traversi:  $V_1 = n_1 * 100 \text{ m}^3/\text{h} = 27 * 100 = 2700 \text{ m}^3/\text{h}$

Area delle aperture, circa:  $A = 0.6 * 1.3 + 0.4 = 1.18 \text{ m}^2$

Numero di diaframmi/ aperture di accesso:  $n = 53$

Numero di traversi:  $n_1 = 27$

Fattore di resistenza:  $\xi = 2.8$

- Perdita di pressione nei correnti stradali  $0.5 * \rho_{12} * v^2 * (n+1) * \xi = 0.5 * 1.2 * 0.515^2 * 54 * 2.8 = 24 \text{ Pa}$

Dove;

Densità dell'aria:  $\rho_{12} = 1.2 \text{ kg/m}^3$

velocità dell'aria attraverso le aperture:  $v = ((V_2 + (V_3/2))/A_1) = (2625 + 1350/2)/3600/1.78 = 0.515 \text{ m/s}$

Portata dell'aria di circolazione:  $V_2 = V/2 = 5250/2 = 2625 \text{ m}^3/\text{h}$

Portata dell'aria da ai traversi:  $V_3 = n_1 * 100/2 = 27 * 50 = 1350 \text{ m}^3/\text{h}$

Area delle aperture, circa:  $A_1 = 0.6 * 1.3 + 1 = 1.78 \text{ m}^2$

Numero di diaframmi/ aperture di accesso:  $n + 1 = 54$

Fattore di resistenza:  $\xi = 2.8$

- Perdita totale di pressione nei correnti scatalari =  $75 + 24 = 99 \text{ Pa}$

La presente pressione è in accordo con le esperienze di progettazione della deumidificazione, funzionamento e manutenzioni di ponti sospesi meno recenti.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Sistema di deumidificazione - Relazione di progetto		<i>Codice documento</i> PI0172_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3.7.2 Corrente stradale e ferroviario, sezioni 3 e 6

- Volumi interni da deumidificare, approssimativamente: 2 x 63000 m<sup>3</sup>
- Min 2 volte la circolazione d'aria del volume della struttura per 24 ore
- Impianti di deumidificazione: Capacità minima 0,25 g (acqua)/ora per m<sup>3</sup> di volume della struttura deumidificato.

#### 3.7.2.1 Risultato

- Due unità di deumidificazione con capacità di deumidificazione di  $0.25 \cdot (x_2 - x_1) \cdot p_{12} \cdot V_{12} / 1000 = 16$  kg (acqua)/ora alla condizione di 40% di umidità relativa e 25 °C. Verifica: 16 > 0.25\*63000/1000.
- Due ventilatori di circolazione, carico di esercizio/capacità di funzionamento: 5500 m<sup>3</sup>/h a  $\Delta P = 650$  Pa (filtro, condotta ecc., ventilatore, in ingresso e in uscita).

### 3.7.3 Corrente stradale e ferroviario, sezioni 1 e 8

- Volumi interni da deumidificare, approssimativamente: 2 x 13500 m<sup>3</sup>
- Min 2 volte la circolazione d'aria del volume della struttura per 24 ore
- Impianti di deumidificazione: Capacità minima 0,25 g (acqua)/ora per m<sup>3</sup> di volume della struttura deumidificato.

#### 3.7.3.1 Risultato

- Due unità di deumidificazione con capacità di deumidificazione di  $(x_2 - x_1) \cdot p_{12} \cdot V_{12} / 1000 = 4,9$  kg (acqua)/ora alla condizione di 40% di umidità relativa e 25 °C. Verifica: 4.9 > 0.25\*13500/1000.
- Due ventilatori di circolazione, carico di esercizio/capacità di funzionamento: 1500 m<sup>3</sup>/h a  $\Delta P = 650$  Pa (filtro, condotta ecc., ventilatore, in ingresso e in uscita).

### 3.7.4 Corrente stradale e ferroviario, sezioni 2 e 7

- Volumi interni da deumidificare, approssimativamente: 4 x 3.000 m<sup>3</sup>
- Min 2 volte la circolazione d'aria del volume della struttura per 24 ore

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Sistema di deumidificazione - Relazione di progetto		<i>Codice documento</i> PI0172_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Impianti di deumidificazione: Capacità minima 0,25 g (acqua)/ora per m<sup>3</sup> di volume della struttura deumidificato.

#### 3.7.4.1 Risultato

- Quattro unità di deumidificazione con capacità di deumidificazione di  $((x_2-x_1)*\rho_{12}*V_{12}/1000 = 1.8$  kg (acqua)/ora alla condizione di 40% di umidità relativa e 25 °C. Verifica:  $1.8 > 0.25*3000/1000$
- Quattro ventilatori di circolazione, carico di esercizio/capacità di funzionamento: 250 m<sup>3</sup>/h a  $\Delta P = 450$  Pa (filtro, condotta ecc., ventilatore, in ingresso e in uscita).

### 3.8 Strutture terminali

#### 3.8.1 Sicilia

- Volumi interni da deumidificare, approssimativamente: 1 x 45000 m<sup>3</sup>
- Min 2 volte la circolazione d'aria del volume della struttura per 24 ore
- Impianti di deumidificazione: Capacità minima 0,25 g (acqua)/ora per m<sup>3</sup> di volume della struttura deumidificato.

##### 3.8.1.1 Risultato

- Una unità di deumidificazione con capacità di deumidificazione di  $((x_2-x_1)*\rho_{12}*V_{12}/1000 = 12.3$  kg (acqua)/ora alla condizione di 40% di umidità relativa e 25 °C. Verifica:  $12.3 > 0.25*45000/1000$
- Un ventilatore di circolazione, carico di esercizio/capacità di funzionamento: 4000 m<sup>3</sup>/h a  $\Delta P = 800$  Pa (filtro, condotta ecc., ventilatore, in ingresso e in uscita).

#### 3.8.2 Calabria

- Volumi interni da deumidificare, approssimativamente: 1 x 32000 m<sup>3</sup>
- Min 2 volte la circolazione d'aria del volume della struttura per 24 ore
- Impianti di deumidificazione: Capacità minima 0,25 g (acqua)/ora per m<sup>3</sup> di volume della struttura deumidificato.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Sistema di deumidificazione - Relazione di progetto		<i>Codice documento</i> PI0172_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3.8.2.1 Risultato

- Una unità di deumidificazione con capacità di deumidificazione di  $(x_2-x_1)*\rho_{12}*V_{12}/1000 = 9.2$  kg (acqua)/ora alla condizione di 40% di umidità relativa e 25 °C. Verifica:  $9.2 > 0.25*32000/1000$
- Un ventilatore di circolazione, carico di esercizio/capacità di funzionamento: 3000 m<sup>3</sup>/h a  $\Delta P = 800$  Pa (filtro, condotta ecc., ventilatore, in ingresso e in uscita).

## 3.9 Torri, selle incluse

- Volumi interni da deumidificare, approssimativamente: 4 x 63000 m<sup>3</sup>
- Min 4 volte la circolazione d'aria del volume della struttura per 24 ore
- Gli impianti di deumidificazione inclusa l'aria pura di rifornimento per i cavi principali: Capacità minima 0,55 g (acqua)/ora per m<sup>3</sup> di volume della struttura deumidificato.

### 3.9.1.1 Risultato

- Quattro unità di deumidificazione con capacità di deumidificazione di  $(x_2-x_1)*\rho_{12}*V_{12}/1000 = 35$  kg (acqua)/ora alla condizione di 40% di umidità relativa e 25 °C. Verifica:  $35 > 0.55*63000/1000$
- Quattro ventilatori di circolazione, carico di esercizio/capacità di funzionamento: 12000 m<sup>3</sup>/h a  $\Delta P = 650$  Pa (filtro, condotta ecc., ventilatore, in ingresso e in uscita).
- Quattro ventilatori di circolazione, sommità della torre/selle, carico di esercizio/capacità di funzionamento: 1000 m<sup>3</sup>/h a  $\Delta P = 650$  Pa (filtro, condotta ecc., ventilatore, in ingresso e in uscita).
- Quattro ventilatori di circolazione, bulloni di fondazione, carico di esercizio/capacità di funzionamento: 100 m<sup>3</sup>/h a  $\Delta P = 300$  Pa (condotta ecc., ventilatore, in ingresso e in uscita).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Sistema di deumidificazione - Relazione di progetto		<i>Codice documento</i> PI0172_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3.10 Camere del blocco di ancoraggio

#### 3.10.1.1 Camere del blocco di ancoraggio

- Volumi interni nelle camere dei blocchi di ancoraggio da deumidificare, approssimativamente: 4 x 6500 m<sup>3</sup>
- Min 2 volte la circolazione d'aria del volume della struttura per 24 ore
- Gli impianti di deumidificazione inclusa l'aria pura di rifornimento per i cavi principali: Capacità minima 0,45 g (acqua)/ora per m<sup>3</sup> di volume della struttura deumidificato.

#### 3.10.1.2 Cavi principali

- Volumi interni nei cavi principali incluso il 25% di tasso di perdita da deumidificare, approssimativamente: 4 x 200 m<sup>3</sup>
- Min 24 volte il volume netto della struttura viene introdotto nei cavi come aria secca per 24 ore.

#### 3.10.1.3 Risultato

- Quattro unità di deumidificazione con capacità di deumidificazione di  $(x_2 - x_1) \cdot \rho_{12} \cdot V_{12} / 1000 = 3$  kg (acqua)/ora alla condizione di 25% di umidità relativa e 15 °C. Verifica: 3 > 0.45\*6500/1000
- Quattro ventilatori di circolazione, carico di esercizio/capacità di funzionamento: 550 m<sup>3</sup>/h a  $\Delta P = 650$  Pa (filtro, condotta, ventilatore, in ingresso e in uscita).
- Quattro ventilatori di circolazione, cavi principali, carico di esercizio/capacità di funzionamento: 200 m<sup>3</sup>/h a  $\Delta P = 2000$  Pa (filtro, condotta, cavo principale, ventilatore, in ingresso e in uscita).

### 3.11 Consumo di energia

Considerate le suddette condizioni di progetto per l'aria ambiente, i requisiti per l'infiltrazione dell'aria ambiente, l'umidità relativa dell'aria all'interno delle strutture deumidificate, l'alimentazione continua di aria ai cavi principali, incluso il tasso di perdita e la continua circolazione dell'aria nelle

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Sistema di deumidificazione - Relazione di progetto		<i>Codice documento</i> PI0172_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

strutture deumidificate, il consumo totale di energia per tutti i sistemi di deumidificazione si presume sia:

658000 kWh/anno / 646000 m<sup>3</sup> corrispondente a circa 1 kWh/m<sup>3</sup> di volume della struttura all'anno

Dove;

Il consumo di energia per i deumidificatori, circa  $10\% * 500 * 8760 = 438000$  kWh/anno

Il consumo di energia per i ventilatori circa  $25 * 8760 = 220000$  kWh/anno

Il consumo totale di energia è circa  $= 438000 + 220000 = 658000$  kWh/anno

Il volume totale dell'aria nelle strutture deumidificate circa 646000 m<sup>3</sup>

## 4 Appendice

### 4.1 Calcoli del sistema di deumidificazione

	Units	Volume	Total volume	Circulating / supply air flow	Total Circulating / supply air flow	Make-up air	Total make-up air	Infiltration of air	Total infiltration of air	Water to be removed	System capacity requirement (structure volume)	Total water to be removed	Unit specific capacity	Total specific capacity	Reactivation heater	Pressure loss	Total installed power	Grand total installed power
	nos.	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	kg/h	g/(hm <sup>3</sup> )	kg/h	kg/h	kg/h	kW	Pa	kW	kW
<b>Anchor block chambers including supply to main cables</b>																		
DH	4	6500	26000	690		110	441	46	185	2,9	0,44	11,5	3	12	5		8	32,00
Circulation fan	4			542	2167											650	0,13	0,52
Air supply fan, main cables	4			184	735											2000	0,14	0,54
Local panel, monitoring etc.	4																0,5	2,00
<b>Tower, centre cross beam including make-up air for main cables</b>																		
DH	2	63000	126000	5000		1411	2822	1260	2520	34,0	0,54	68,0	35	70	59		60	120,00
Circulation fan	2			11225	22450											650	2,70	5,40
Circulation fan, tower tops	4			1000	4000											650	0,24	0,96
Local panel, monitoring etc.	2																0,5	1,00
<b>Tower, low cross beam including make-up air for main cables</b>																		
DH	2	61000	122000	5000		1411	2822	1220	2440	33,5	0,55	67,0	35	70	59		60	120,00
Circulation fan	2			10892	21783											650	2,62	5,24
Local panel, monitoring etc.	2																0,5	1,00
<b>Tower, top cross beam, dry air supply to main cables</b>																		
DH	2	1450	2900	690		1450	2900	0	0	3,6	2,47	7,2	4,9	9,8	6		8	16,00
Circulation fan	1			1104												450	0,18	0,18
Air supply fan, main cables	2			1450	2900											2500	1,34	2,69
Local panel, monitoring etc.	2																0,5	1,00
<b>Girder section 4 and 5 including make-up air for main cables</b>																		
DH	2	63000	126000	5000		1375	2751	1260	2520	33,5	0,53	67,1	35	70	59		60	120,00
Circulation fan	2			5975	11950											650	1,44	2,88
Local panel, monitoring etc.	2																0,5	1,00
<b>Girder section 4/5, dry air supply to main cables</b>																		
DH	1	1450	1450	690		1450	1450	0	0	3,6	2,47	3,6	4,9	4,9	6		8	8,00
Circulation fan	1			1104												450	0,18	0,18
Air supply fan, main cables	1			1450	1450											2500	1,34	1,34
Local panel, monitoring etc.	1																0,5	0,50
<b>Girder section 3 and 6</b>																		
DH	2	63000	126000	2300		0	0	1260	2520	16,1	0,25	32,1	16	32	28		30	60,00
Circulation fan	2			5250	10500											650	1,26	2,53
Local panel, monitoring etc.	2																0,5	1,00
<b>Girder section 1 and 8</b>																		
DH	2	13500	27000	690		0	0	270	540	3,4	0,25	6,9	4,9	9,8	6		8	16,00
Circulation fan	2			1125	2250											650	0,27	0,54
Local panel, monitoring etc.	2																0,5	1,00
<b>Girder section 2 and 7</b>																		
DH	4	3000	12000	270		0	0	60	240	0,8	0,25	3,1	1,8	7,2	1		3	12,00
Circulation fan	4			250	1000											450	0,04	0,17
Local panel, monitoring etc.	4																0,5	2,00
<b>Terminal structure, Sicilia</b>																		
DH	1	45000	45000	1700		0	0	900	900	11,5	0,25	11,5	12,3	12,3	20		21	21,00
Circulation fan	1			3750	3750											800	1,11	1,11
Local panel, monitoring etc.	1																0,5	0,50
<b>Terminal structure, Calabria</b>																		
DH	1	31500	31500	1350		0	0	630	630	8,0	0,25	8,0	9,2	9,2	14		16	16,00
Circulation fan	1			2625	2625											800	0,78	0,78
Local panel, monitoring etc.	1																0,5	0,50
<b>Total</b>			645850			7208	13186	6906	12495	151	8	286		307	264			577

## 4.2 Condotte e aperture 1

Anchor block chambers including supply to main cables								Openings in structures			
								<b>Reactivation air in / out</b>			
Reactivation air in / out	Ø 125	mm	duct	256	m3/h	5,8	m/s	Ø 200	mm	2,3	m/s
Process air in / out	Ø 200	mm	duct	690	m3/h	6,1	m/s				
								<b>Make-up air</b>			
Circulation air, main 1	Ø 200	mm	duct choose					Ø 160	mm	2,5	m/s
Max velocity	6	m/s									
d, duct	Ø 179	mm									
Tower, centre cross beam including make-up air for main cables								Openings in structures			
								<b>Reactivation air in / out</b>			
Reactivation air in / out	Ø 350	mm	duct	1667	m3/h	4,8	m/s	Ø 400	mm	3,7	m/s
Process air in / out	Ø 560	mm	duct	5000	m3/h	5,6	m/s				
								<b>Make-up air</b>			
Circulation air, main 1	Ø 900	mm	duct choose					Ø 400	mm	3,1	m/s
Max velocity	6	m/s									
d, duct	Ø 813	mm									
								<b>Pressure relife</b>			
								Ø 400 mm			
								<b>Circulation air for tower top</b>			
								Ø 300 mm 3 nos. 3,9 m/s			
								<b>Air supply to cables</b>			
								Ø 300 mm 3 nos.			
Tower, low cross beam including make-up air for main cables								Openings in structures			
								<b>Reactivation air in / out</b>			
Reactivation air in / out	Ø 315	mm	duct	1667	m3/h	5,9	m/s	Ø 400	mm	3,7	m/s
Process air in / out	Ø 560	mm	duct	5000	m3/h	5,6	m/s				
								<b>Make-up air</b>			
Circulation air, main 1	Ø 800	mm	duct choose					Ø 400	mm	3,1	m/s
Max velocity	6	m/s									
d, duct	Ø 801	mm									
								<b>Pressure relife</b>			
								Ø 400 mm			
Tower, top cross beam, dry air supply to main cables								Openings in structures			
								<b>Reactivation air in / out</b>			
Reactivation air in / out	Ø 125	mm	duct	230	m3/h	5,2	m/s	Ø 200	mm	2,0	m/s
Process air in / out	Ø 200	mm	duct	690	m3/h	6,1	m/s				
Air supply	Ø 315	mm	duct choose								
Max velocity	6	m/s									
d, duct	Ø 292	mm									
Girder section 4 and 5 including make-up air for main cables								Openings in structures			
								<b>Reactivation air in / out</b>			
Reactivation air in / out	Ø 315	mm	duct	1667	m3/h	5,9	m/s	Ø 400	mm	3,7	m/s
Process air in / out	Ø 560	mm	duct	5000	m3/h	5,6	m/s				
								<b>Make-up air</b>			
Circulation air, main 1	Ø 600	mm	duct choose					Ø 400	mm	3,0	m/s
Max velocity	6	m/s									
d, duct	Ø 593	mm									
								<b>Pressure relife</b>			
								Ø 400 mm			
								<b>Circulation air at end of section</b>			
								Ø 900 mm 1,3 m/s			

### 4.3 Condotte e aperture 2

Girder section 4/5, dry air supply to main cables								Reactivation air in / out			
Reactivation air in / out	Ø 125	mm	duct	230	m3/h	5,2	m/s	Ø 200	mm	2,0	m/s
Process air in / out	Ø 200	mm	duct	690	m3/h	6,1	m/s				
Air supply	Ø 315	mm	duct	choise							
Max velocity	6	m/s									
d, duct	Ø 292	mm									
Girder section 3 and 6								Reactivation air in / out			
Reactivation air in / out	Ø 250	mm	duct	852	m3/h	4,8	m/s	Ø 300	mm	3,3	m/s
Process air in / out	Ø 400	mm	duct	2300	m3/h	5,1	m/s				
Circulation air, main 1	Ø 600	mm	duct	choise				Ø 400	mm		
Max velocity	6	m/s									
d, duct	Ø 556	mm									
Girder section 1 and 8								Reactivation air in / out			
Reactivation air in / out	Ø 125	mm	duct	256	m3/h	5,8	m/s	Ø 200	mm	2,3	m/s
Process air in / out	Ø 200	mm	duct	690	m3/h	6,1	m/s				
Circulation air, main 1	Ø 315	mm	duct	choise				Ø 200	mm		
Max velocity	6	m/s									
d, duct	Ø 258	mm									
								Circulation air at end of section			
								Ø 400	mm	1,2	m/s
Girder section 2 and 7								Reactivation air in / out			
Reactivation air in / out	Ø 100	mm	duct	100	m3/h	3,5	m/s	Ø 150	mm	1,6	m/s
Process air in / out	Ø 160	mm	duct	270	m3/h	3,7	m/s				
Circulation air, main 1	Ø 160	mm	duct	choise							
Max velocity	6	m/s									
d, duct	Ø 121	mm									
Terminal structure, Sicilia								Reactivation air in / out			
Reactivation air in / out	Ø 200	mm	duct	630	m3/h	5,6	m/s	Ø 300	mm	2,5	m/s
Process air in / out	Ø 315	mm	duct	1700	m3/h	6,1	m/s				
Circulation air, main 1	Ø 500	mm	duct	choise				Ø 400	mm		
Max velocity	6	m/s									
d, duct	Ø 470	mm									
Terminal structure, Calabria								Reactivation air in / out			
Reactivation air in / out	Ø 200	mm	duct	500	m3/h	4,4	m/s	Ø 300	mm	2,0	m/s
Process air in / out	Ø 315	mm	duct	1350	m3/h	4,8	m/s				
Circulation air, main 1	Ø 400	mm	duct	choise				Ø 400	mm		
Max velocity	6	m/s									
d, duct	Ø 393	mm									