

AUTORITA' PORTUALE  
**SALERNO**

**PORTO COMMERCIALE DI SALERNO  
LAVORI DI PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO**

**PROGETTO DEFINITIVO**



ELABORATO :  
**Relazione di calcolo degli impianti**

Il R.U.P.  
Ing. Elena Valentino

I Progettisti  
2^ AREA - TECNICA

Arch. Corrado Olivieri      Ing. Gianluigi Lalicata

Geom. Pasquale Memoli      Geom. Luigi Monetti      Geom. Enrico Leone

data: GIUGNO 2013

Pratica **TE/59PC01**

Elaborato

**D2**

 Autorità Portuale di Salerno	AUTORITÀ PORTUALE DI SALERNO PORTO COMMERCIALE
	PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO

## 1. IMPIANTI TECNOLOGICI

L'intervento prevede la realizzazione di parte degli impianti tecnologici necessari alla fruizione della nuova infrastruttura.

In particolare sono previsti i seguenti impianti: impianto di trattamento delle acque di prima pioggia, impianto di illuminazione e impianto di protezione catodica.

I restanti impianti idrico e antincendio da realizzarsi nelle zone di ampliamento delle banchine, conformemente al progetto di adeguamento e potenziamento della rete idrica e antincendio portuale di cui l'Autorità Portuale si è già dotata verrà realizzato con separato intervento. Per una breve descrizione dell'estensione di questi ultimi impianti ai nuovi banchinamenti si rimanda al capitolo 1.6

### 1.1 IMPIANTO DI RACCOLTA E DI REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE DI RUSCELLAMENTO SUPERFICIALI E DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

#### 1.1.1 PREMESSA

L'intervento di prolungamento del molo Trapezio del Porto Commerciale fornisce l'opportunità di realizzare un idoneo sistema di drenaggio e smaltimento delle acque di prima pioggia atto a garantirne un adeguato trattamento preliminare prima del loro conferimento allo scarico.

I criteri progettuali vertono generalmente sulla valutazione tecnica degli interventi di sistemazione, adeguamento e completamento della rete fognaria portuale e della sua fattibilità, e sulla valutazione dell'impegno economico per la realizzazione delle opere e per gli oneri a carico dell'Amministrazione.

Nello svolgimento della presente attività ci si è basati sulla prassi progettuale usualmente adottata per la realizzazione di reti di collettamento fognario urbano, utilizzando la documentazione, gli schemi fognari e le informazioni disponibili dall'Ente, integrate da ispezioni e/o prospezioni nei punti di maggior interesse e/o complessità.

Si è ritenuto di privilegiare le reti di collettamento di tipo ~~separato~~ per garantire le migliori condizioni di manutenzione delle opere.

In particolare, per ciò che concerne la zona oggetto di intervento, non essendo presenti attività lavorative, è stato definito esclusivamente il sistema di collettamento per le acque di origine meteorica provenienti dal piazzale mediante la realizzazione a ciglio banchina, nel cordolo di coronamento, di un canale di raccolta delle acque di ruscellamento superficiali di idonee dimensioni interne, chiuso superiormente con una griglia con telaio modulare in ghisa sferoidale del tipo EN 124 F900.

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %* PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

Per il successivo trattamento delle acque succitate si è ritenuto di predisporre un sistema costituito da singoli pozzetti dove trovano alloggio n.2 cartucce filtranti dalla capacità ognuna di 2 l/s in grado di rimuovere il particolato e gli inquinanti disciolti, nel seguito dettagliato.

Un sistema di trattamento si è fatto, basato sulla filtrazione fisica in continuo, permette di raggiungere gli obiettivi progettuali di tutela ambientale, di seguito elencati, che l'Autorità Portuale intende raggiungere:

1. Trattare la quasi totalità delle acque di dilavamento al fine di ridurre il rischio di occasionali contaminazioni del corpo recettore;
2. Rimuovere gli inquinanti associati al dilavamento, andando oltre alle efficienze dei tradizionali sistemi basati esclusivamente sulla sedimentazione e disoleazione. Particolare attenzione, infatti, viene posta sugli inquinati disciolti e sui metalli pesanti (così come previsto dalla normativa vigente e, in particolare, in riferimento al Framework Acque - Direttiva 2000/60 CEE).
3. Realizzare una soluzione flessibile in grado di gestire acque meteoriche di dilavamento con caratteristiche diverse derivanti dal dilavamento dei piazzali.
4. Realizzare impianti semplici dal punto di vista costruttivo e funzionale riducendo ogni complessità a favore di una solida efficienza

### 1.1.2 DESCRIZIONE

Come già accennato, per le acque di origine meteorica di dilavamento del piazzale, si è ritenuto di introdurre un impianto di trattamento delle acque in continuo attraverso una filtrazione passiva delle portate in arrivo a mezzo di un sistema costituito da singoli pozzetti dove trovano alloggio delle cartucce filtranti in grado di rimuovere il particolato e gli inquinanti disciolti presenti nelle acque meteoriche.

Tale sistema è indicato dall'Agenzia per protezione Ambientale degli Stati Uniti EPA tra le BAT (Best Available Technology) in materia di trattamento di pioggia; in particolare è da sottolineare l'utilizzo di tale sistema, con risultati altamente positivi, nel trattare le acque di pioggia dei cantieri di costruzione navali caratterizzati da una grande concentrazione di inquinanti e metalli pesanti.

Tale sistema è inoltre stato utilizzato in Italia per trattare le acque di dilavamento di alcune grandi infrastrutture Portuali, Aeroportuali ed Autostradali ed è stato riconosciuto da conferenze di servizio e da organi statali, quali il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti . Magistrato alle Acque di Venezia, come tra i sistemi di trattamento delle acque meteoriche di dilavamento di piazzali portuali migliori da un punto di vista economica e di efficienza ambientale.

In particolar modo si ritiene importante il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- Capacità di trattamento qualitativamente elevata per un sistema passivo;

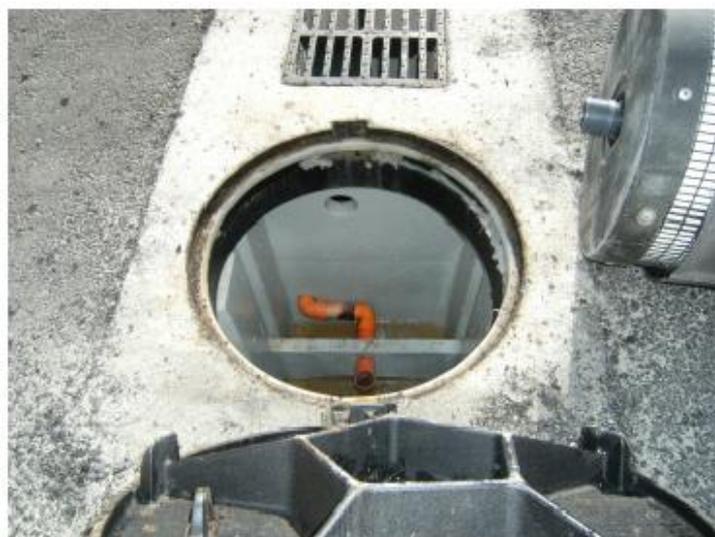
- Assenza della necessità di utilizzo di flocculanti e/o prodotti di consumo;
- Funzionamento integralmente a gravità;
- Dimensionamento per trattare il 95% della pioggia annua;
- Semplicità di manutenzione ordinaria e straordinaria;
- Investimenti equilibrati in funzione dell'obiettivo da raggiungere

Schematicamente il funzionamento dell'impianto è il seguente: le acque drenate dalle griglie verranno convogliate in un sistema di filtrazione passiva ottenuta attraverso cartucce a riempimento che consentono di trattare in linea l'intera portata afferente, senza la necessità di utilizzare sostanze reagenti e/o sistemi elettromeccanici di sollevamento. Si è ritenuto opportuno evitare volumi di accumulo eccessivi da ottenere con la realizzazione di vasche di prima pioggia per una serie di valutazioni di seguito sintetizzate:

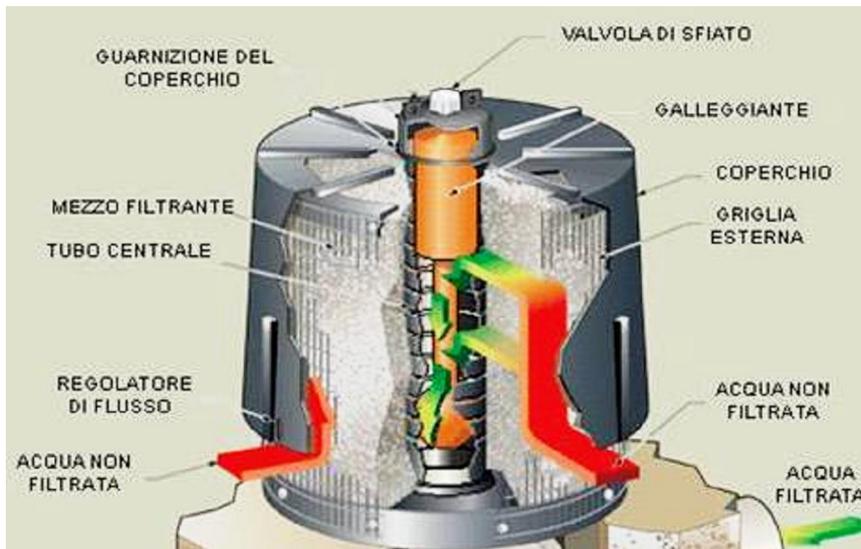
- uniformità e continuità del sistema in progetto con l'esistente sistema di trattamento delle acque dei piazzali del Porto Commerciale;
- facilità di manutenzione e gestione del sistema.

Pertanto, sono state previste installazioni %monoblocco+ prefabbricate composte ognuna da un manufatto in cui trovano recapito le canalizzazioni di drenaggio. All'interno dei manufatti trovano alloggio le cartucce filtranti e tutti i collegamenti tra i vari comparti e lo scarico. La tubazione di scarico trova recapito direttamente a mare.

Esempi dell'impianto tipo %monoblocco+ e dello schema di una cartuccia filtrante sono riportati nelle figure seguenti.



Impianto tipo monoblocco



Schema cartuccia tipo filtrante

Come già anticipato il sistema di trattamento è, basato sulla filtrazione fisica in continuo. Durante la filtrazione vengono rimossi i solidi più fini e le sostanze inquinanti disciolte e, successivamente, l'acqua viene scaricata dal filtro ed inviata allo scarico. Durante gli eventi di maggiore intensità (durante i quali è però garantito un cautelativo grado di diluizione del carico inquinante), l'acqua in eccesso viene scaricata direttamente attraverso il sistema di overflow che, essendo costituito da uno stramazzo, evita la sospensione dei sedimenti trattenuti in precedenza sul fondo della vasca.

In dettaglio, durante l'evento piovoso, l'acqua meteorica viene convogliata all'impianto in cui sono alloggiati le cartucce. Man mano che il livello dell'acqua aumenta nell'impianto, il flusso attraversa radialmente il mezzo filtrante inserito nella cartuccia, fino ad arrivare al tubo centrale. Durante questo passaggio vengono bloccate le particelle che sono sfuggite alla decantazione e le altre sostanze inquinanti vengono trattenute nei micropori del materiale filtrante. L'aria presente nella cartuccia viene espulsa attraverso una valvola appositamente collocata sulla parte superiore del rivestimento esterno della cartuccia stessa. Quando si raggiunge un'altezza di circa 45 cm di acqua nel tubo centrale, il galleggiante si solleva e permette all'acqua trattata di fluire e di venire scaricata nuovamente all'interno del pluviale. Una volta che l'acqua comincia a defluire, l'aria rientra nella cartuccia, la valvola si chiude e si crea un effetto sifone che dura fino a quando il livello dell'acqua diminuisce e raggiunge i regolatori di sfiato. Cessato l'effetto sifone, entra dell'aria nell'intercapedine che c'è tra la cartuccia e il suo rivestimento esterno, creando un moto turbolento interno che fa ricadere i sedimenti accumulati sul fondo dell'alloggiamento.

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO <b>PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO</b> RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

Questo fenomeno consente un'autopulizia al termine di ogni evento piovoso, permettendo di conservare una certa efficienza di filtrazione, di prolungare la durata e il rendimento del sistema.

### Cartuccia filtrante

Cartuccia filtrante tipo Stormfilter con pacco depurativo Mod. PZC, composto da un mix di perlite, zeolite e carbone attivo di particolare qualità e granulometria, in modo da sfruttare le diverse peculiarità ed efficienze di detti materiali:

- *Carbone Attivo Granulare* è indicato per la rimozione di oli e grassi, metalli complessi, contaminanti organici antropogenici. L'assorbimento di composti organici può avvenire grazie alla grande quantità di carbonio presente ed alla natura porosa che mette a disposizione una elevata superficie interna;
- *Zeolite* è un minerale naturale in grado di rimuovere metalli solubili ed ammoniaca. La zeolite ha una struttura cristallina con unità di base tetraedriche disposte nelle tre direzioni dello spazio. Le microcavità sono occupate da ioni e/o da molecole di acqua; grazie all'elevata superficie interna, i cristalli hanno quindi una grande *capacità di scambio* ionico e molecolare attraverso meccanismi di adsorbimento e di desorbimento. La zeolite utilizza reazioni di scambio cationico per rimuovere altri cationi come zinco, rame, piombo e ammoniaca dall'acqua. Durante tale reazione, i cationi metallici leggeri vengono sostituiti da quelli più pesanti;
- *Perlite* trattiene materiali sedimentabili, oli e grassi e nutrienti totali. Si tratta di una cenere naturale di origine vulcanica, che contiene dal 2 al 5% di acqua di combinazione ed ha la particolare proprietà di espandere il suo volume fino a 20 volte quello originario. È un materiale inerte con buone caratteristiche filtranti.

Il mezzo filtrante viene inserito nella cartuccia a strati cilindrici concentrici, allocando il materiale filtrante più pregiato, nel caso specifico il carbone attivo, nella parte più interna per evitare che si sporchino rapidamente. Generalmente, la durata della cartuccia è di circa un anno, dopo di che si rende necessario il suo svuotamento e quindi viene refittata con materiale nuovo.

La composizione del mezzo di riempimento e la quantità di unità filtranti è stata scelta attraverso uno studio accurato dei seguenti fattori:

- fenomeni pluviometrici;
- tipo di attività svolta nel sito in esame;
- caratteristiche qualitative delle acque;
- superficie (estensione, percentuale di permeabilità/impermeabilità);
- sistema di drenaggio.

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

Il sistema filtrante prevede una manutenzione programmata consistente nella rimozione del materiale che si accumula sul fondo della caditoia (con frequenza media di sei mesi) e, una volta ogni anno, nella sostituzione del materiale filtrante esausto. Entrambe le operazioni vengono effettuate con l'utilizzo di un camion da espurgo, che permette di aspirare i sedimenti e il materiale filtrante esausto.

Durante le operazioni di manutenzione si provvede inoltre a verificare l'integrità dell'impianto ed alla segnalazione di eventuali non-conformità, in modo poterle gestire e risolvere.

#### Dispositivo di regolazione della portata dei singoli filtri

Dispositivo di regolazione della portata (restrictor disc) in grado di garantire la portata costante di 2 l/s per ogni filtro da inserire nelle derivazioni di ciascun filtro.

### 1.1.3 DIMENSIONAMENTO

Il dimensionamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche richiede una preventiva stima, fondata su un approccio di natura probabilistica, dei valori massimi della variabile aleatoria altezza di pioggia ( $o$ , equivalentemente ai fini pratici, intensità di pioggia) corrispondenti ad assegnati valori della durata dell'evento  $d$  e del periodo di ritorno  $T$ . Occorre pertanto giungere ad una formulazione del tipo:

$$h_{d,T} = h_{d,T}(d, T) \quad (1)$$

denominata, come è ben noto, %curva di probabilità pluviometrica%. Un tale approccio presuppone innanzitutto la scelta di un adeguato modello probabilistico. La (1) può porsi nella forma:

$$h_{d,T} = \zeta_{hd} \cdot K_T \quad (2)$$

nella quale:

- $\zeta_{hd}$  eqil parametro centrale della distribuzione di probabilità del massimo annuale della altezza di pioggia in assegnata durata (per es. il valore modale o la media, ovvero parametri legati a momenti del primo ordine).
- $K_T$  eqil coefficiente di crescita col periodo di ritorno  $T$ , che dipende per una data regione omogenea rispetto ai massimi annuali delle altezze di pioggia, dal modello probabilistico adottato e dal parametro  $\zeta_{hd}$  preso a riferimento.

Nel presente lavoro si è assunto il parametro  $\zeta_{hd}$  corrispondente alla media dei massimi annuali delle altezze di pioggia di durata  $d$ , mentre come modello probabilistico atto a rappresentare la distribuzione dei valori massimi si è adottato il modello di Gumbel, molto diffuso in campo tecnico.

Il modello di Gumbel è caratterizzato dalla seguente funzione di distribuzione cumulata:

$$F(X) = e^{-e^{-\alpha(x-\varepsilon)}} \quad (3)$$

Detta  $p$  la probabilità elementare di successo (probabilità di non superamento di un assegnato valore), la probabilità elementare di insuccesso è ovviamente pari a:

$$q = 1 - p \quad (4)$$

Stante la definizione di periodo di ritorno, risulta:

$$p = \frac{T-1}{T} \quad (5)$$

Scelto il periodo di ritorno  $T$  o, equivalentemente, assegnata la desiderata probabilità di non superamento, è possibile ricavare il corrispondente valore dell'altezza di pioggia nella durata  $d$  con periodo di ritorno  $T$ ,  $h_{d,T}$ :

$$h_{d,T} = \mu_{h_d} \cdot (1 - 0.45CV) \cdot \left[ 1 - K' \cdot \log \left( \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right) \right] \quad (6)$$

in cui:

- $\mu_{h_d}$  è la media della variabile aleatoria altezza di pioggia in assegnata durata, stimata attraverso il metodo dei momenti ed adoperando come stimatore la media aritmetica;
- $CV$  è il coefficiente di variazione, pari al rapporto  $\sigma / \mu$  tra lo scarto quadratico medio e la media della variabile aleatoria;
- $K' = 1/0.4343 \cdot \varepsilon \cdot \alpha$  è un parametro che caratterizza una zona pluviometrica omogenea;
- $\varepsilon$  è il valore modale, ossia il valore della variabile casuale cui compete la maggiore probabilità di accadimento, nel modello di Gumbel risulta  $\varepsilon = \mu - 0.45 \cdot \sigma$
- $1/\alpha = (\sqrt{6}/\pi) \sigma$  è un parametro caratteristico del modello di Gumbel;

Al fine di ottenere la curva di probabilità pluviometrica seguendo la metodologia indicata, sono stati considerati 26 anni di osservazioni rilevate presso la stazione di misura (pluviografo) di Salerno (Genio Civile), sita praticamente nell'area di intervento

I dati relativi a tale stazione di misura, tratti dagli Annali Idrologici pubblicati dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, sono riportati nella tabella che segue:

Anno	Durata											
	5'	10'	15'	20'	30'	40'	50'	1h	3h	6h	12h	24h
1971		13			30			40	77	100.8	107	120
1972		10.6	13.6					27	37	49	50.8	56.2
1973					15.2			21.4	28.8	41.4	52.6	76
1974					23			23	23.6	41.4	41.4	66.4
1975		18.4						29.6	46.2	46.2	52.2	57.2
1976		13						44	62.4	71	87.6	92.2
1977		11						25	37	48	55	70.8
1978		11						23	41.6	43.8	52	92.6
1979					25			33	75.2	77.4	78	107
1980								28	39	72	96.2	126
1981		9						64	105	127	141	147
1982		12.6						67	79	80.4	83.8	120
1983		12						16	28.6	31.6	31.6	53.8
1984					33			35	36	46	46	72
1985		20						60	120	160	210	236.6
1986					38			38.6	45.6	46.4	53	81
1987												
1988								80.8	97	102.2	123.8	153.6
1989		15.2	18.4									
1990		13.8			23			37.4	59.6	60.4	79.6	89.4
1991												
1992		18	20		48							
1993		10	14		18.6			18.6	27.8	46	50.2	74.8
1994												
1995		11	16		20.2			30.2	41.6	42.6	52.2	71
1996		14	15.6		35.4			44	79.8	84.8	108.8	134.4
1997		15.4	16.4		22.4			24.4	29.8	40	58.8	76.6
1998					11.2			21.4	21.4	35	35	52.2
1999		10.2	15.2		28.4			32.6	42	58	64.2	64.2

Si riportano invece, per ciascuna durata, i parametri significativi ai fini delle successive elaborazioni probabilistico-stocastiche, sia per le piogge di massima intensità (durate da 1h a 24h) che per le precipitazioni di breve durata e notevole intensità (durate minori di 1h)

	Durata									
	10'	15'	30'	1h	3h	6h	12h	24h		
Media	13.2	16.2	26.5	36.0	53.4	64.6	75.5	95.5		
S.q.m.	3.13	2.15	9.76	16.74	27.52	31.72	40.55	42.41		
C.V.	0.24	0.13	0.37	0.46	0.52	0.49	0.54	0.44		
$\varepsilon$	11.8	15.2	22.1	28.5	41.0	50.4	57.2	76.4		
$\alpha$	0.410	0.597	0.131	0.077	0.047	0.040	0.032	0.030		
k'	0.475	0.254	0.792	1.056	1.205	1.131	1.273	0.997		

Valutati i valori medi dei massimi annuali osservati delle altezze di pioggia, si è qui fatto riferimento ad un legame di regressione nella forma:

$$\mu_{h_d} = a \cdot d^n \quad (7)$$

Ponendo:

$$\log \mu_{h_d} = Y \quad (8)$$

$$\log d = X \quad (9)$$

$$\log a = A \quad (10)$$

La (7) può porsi nella forma

$$Y = A + nX \quad (11)$$

e le costanti  $A$  ed  $n$  possono ricavarsi mediante un'operazione di regressione lineare nel piano ( $\log d, \log h_d$ ).

Come è ben noto, l'adozione del legame di regressione nella forma biparametrica conduce ad ottenere due rette distinte, una per le durate minori dell'ora, l'altra per le durate maggiori (Fig.1)

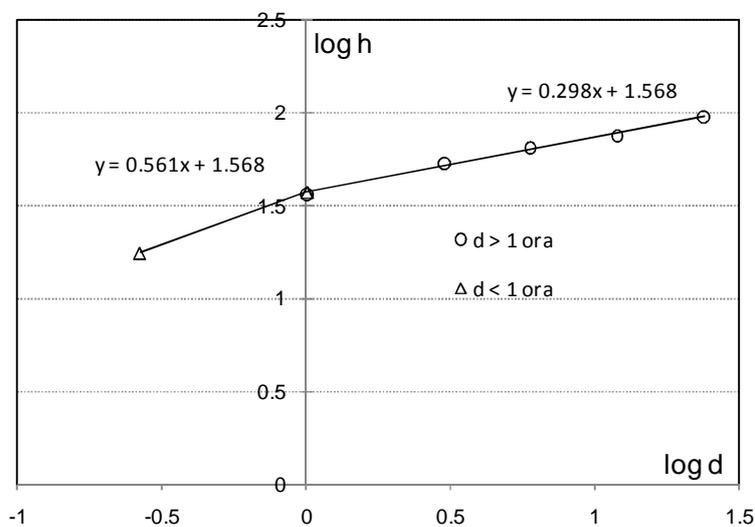


Fig. 1 - Curva dei valori medi delle massime altezze di pioggia

I due rami della curva dei valori medi delle massime altezze di pioggia sono caratterizzati dalle seguenti equazioni:

Per  $d < 1$  ora:

$$\mu_{h_d} = 36 \cdot d^{0.56} \quad (12)$$

Per  $d > 1$  ora:

$$\mu_{h_d} = 36 \cdot d^{0.30} \quad (13)$$

La elaborazione dei dati condotta con riferimento al modello di Gumbel ha consentito inoltre di ricavare i valori del fattore di crescita riportati nella tabella seguente:



Tali valutazioni consentono di determinare il valore degli idrogrammi di progetto per il dimensionamento del sistema di drenaggio.

#### 1.1.4 LAY-OUT DEL SISTEMA DI TRATTAMENTO

La valutazione delle portate al colmo effettuata nel precedente paragrafo ha consentito la stima del numero delle cartucce filtranti da ubicare all'interno dei singoli pozzetti al fine di ripartire adeguatamente il carico idraulico tra i vari manufatti.

Ogni cartuccia ha una capacità di trattamento tramite filtrazione in continuo pari a 120 litri al minuto.

Prendendo come riferimento la pioggia media che cade in 1 ora pari a 36 mm, si ricavano le portate che mediamente fluiscono all'impianto:

Portata in entrata all'impianto:

$$Q = I * S * c / 3600$$

Dove

$S$  = superficie media da drenare [m<sup>2</sup>]

$I$  = intensità di pioggia [mm/h]

$c$  = coefficiente di afflusso

Nel caso in esame con:

$S = 700 \text{ m}^2$

$I = 36 \text{ mm/h}$

$c = 1$

Si ottiene:

$$Q = 36 * 700 * 1 / 3600 = 7,00 \text{ l/s}$$

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO $\%C$ : PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

Eventi di durata superiore all'ora si caratterizzano per una intensità minore, che si traduce in una portata minore che fluisce alla sezione di chiusura e quindi all'impianto di trattamento.

### Volume di prima pioggia ( $V_{pp}$ )

Per il calcolo di  $V_{pp}$  ci si è riferiti alle prescrizioni della Legge Regionale 62 del 1985 della Regione Lombardia, che definisce  $\%C$  acque di prima pioggia+ quelle prodotte dalla prima pioggia, corrispondente ad una precipitazione di 5 millimetri per ogni evento meteorico, uniformemente distribuito sull'intera superficie scolante, servita dalla rete di drenaggio.

Al fine del calcolo, si stabilisce che la precipitazione utile si verifichi in 15 minuti. Il coefficiente di afflusso, ai fini del calcolo delle portate, è stato considerato unitario per tutta la superficie  $S$  drenata.

$$V_{pp} = S * h_{pp}$$

Nel caso in esame con:

$$S = 700 \text{ m}^2$$

$$h_{pp} = 5 \text{ mm} = 0.005 \text{ m}$$

$$c = 1$$

Si ottiene:

$$V_{pp} = 700 * 0,005 * 1 = 3,5 \text{ m}^3$$

### Dimensionamento delle vasche del sistema di trattamento

Il singolo sistema di trattamento, basato sulla filtrazione fisica in continuo, è costituito da un  $\%C$  monoblocco+ prefabbricato composto da un unico manufatto in cui trovano alloggio n.2 cartucce filtranti dalla capacità ognuna di 2 l/s per un totale di portata filtrata  $Q_f = 4 \text{ l/s}$ . Poiché la portata in entrata all'impianto, come calcolata in precedenza e pari a  $Q = 7,00 \text{ l/s}$ , è maggiore della portata filtrata, ne risulta che per smaltire adeguatamente la portata in eccesso bisogna sfruttare la capacità di invaso del manufatto.

Pertanto nei primi 15 minuti il volume affluente al manufatto risulta pari a:

$$V = Q * t$$

Dove:

$$Q_f = 7,00 \text{ l/s} = 0,007 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$t = 15 \text{ min} = 900 \text{ s}$$

Sostituendo si ottiene:

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

$$V = 0,007 * 900 = 6,30 \text{ m}^3$$

considerando poi che il sistema di trattamento lavora in continuo, risulta che nei primi 15 minuti il volume filtrato  $V_f$  è stato pari a:

$$V_f = Q_f * t$$

Dove:

$$Q_f = 4 \text{ l/s} = 0,004 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$t = 15 \text{ min} = 900 \text{ s}$$

Sostituendo si ottiene:

$$V_f = 0,004 * 900 = 3,6 \text{ m}^3$$

Il volume eccedente quello già trattato nei primi 15 minuti, risulta:

$$\Delta V = V - V_f = 6,30 - 3,6 = 2,7 \text{ m}^3$$

Mentre il volume di prima pioggia da trattare, eccedente il volume già trattato nei primi 15 minuti, risulta:

$$\Delta V = V_{pp} - V_f = 3,5 - 3,6 = 0,1 \text{ m}^3$$

La conformazione dell'impianto di trattamento in singoli manufatti, permette di accumulare all'interno degli stessi un volume utile prima dello scarico pari a:

$$V_{manufatto} = 1,70 * 1,70 * 1 = 2,89 \text{ m}^3$$

Pertanto risulta, che nei primi 15 minuti, il sistema è in grado di accumulare  $V_{manufatto} = 2,89 \text{ m}^3$  di acque meteoriche di dilavamento e di trattarne  $V_f = 3,6 \text{ m}^3$  gestendo complessivamente  $V_{totale} = 6,49 \text{ m}^3$ .

Il sistema pertanto è in grado di trattare adeguatamente le portate in arrivo.

#### Pozzetto per il prelievo dei campioni

Il manufatto è predisposto internamente per il prelievo dei campioni. Infatti, in corrispondenza dell'overflow è presente in copertura un chiusino di ispezione mentre il fondo del pozzetto risulta ribassato in modo da essere sempre pieno di acqua come da normativa vigente.

Per il prelievo dei campioni sarà pertanto sufficiente, una volta aperto il chiusino, inserire il contenitore per il campionamento.

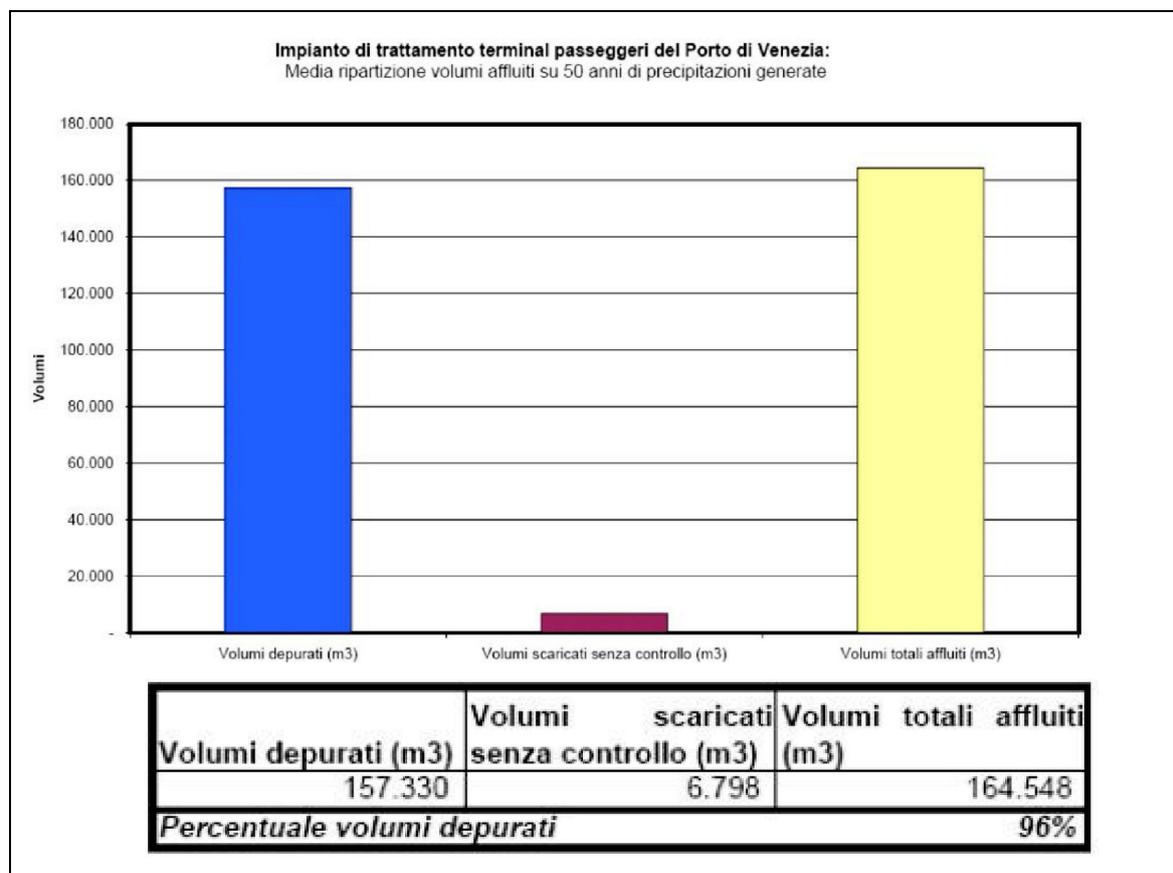
Di seguito si riportano i grafici delle vasche, per una maggiore comprensione degli stessi si rimanda al corrispondente elaborato grafico.

### 1.1.5 ULTERIORI CONSIDERAZIONI PER LA SCELTA DEL SISTEMA DI TRATTAMENTO A CARTUCCE FILTRANTI

#### Esperienze analoghe

Il sistema di trattamento con cartucce filtranti è stato installato presso il molo di Ponente della Banchina Passeggeri dell'Autorità Portuale di Venezia.

Con riferimento all'impianto installato nel Porto di Venezia lo studio idrologico condotto per la verifica idraulica del sistema di trattamento (studio che ha preso in considerazione 50 anni di piogge riferendosi ai dati relativi alle precipitazioni annue registrate alla stazione di Cà Pasquali - media di 714 mm/anno) con lo scopo di valutare quali sono i totali dei volumi generati dagli eventi meteorici che fluiscono allo scarico, quantificando poi la porzione che sarebbe stata scaricata attraverso il by-pass ha evidenziato quanto segue:



Efficienza dell'impianto del Porto di Salerno

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	<i>INTERVENTO %C+ PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO</i> RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

Per determinare l'efficienza di rimozione degli inquinanti dell'impianto previsto nel porto di Salerno si è provveduto a caratterizzare qualitativamente le acque meteoriche di dilavamento dei piazzali definendo quale sia il carico inquinante trasportato confrontando tale capacità con le efficienze tipiche degli impianti tradizionali di sedimentazione/diisolazione.

#### Caratterizzazione delle acque meteoriche di dilavamento dei piazzali

Per la caratterizzazione delle acque meteoriche di dilavamento dei piazzali si è fatto riferimento ai dati del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti . Magistrato alle Acque di Venezia - Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della Laguna di Venezia , ricavati nell'ambito della campagna di monitoraggio eseguita nel 2008 per %a approfondimento conoscitivo della problematica delle acque meteoriche di dilavamento ai sensi della Legge 192/04+.

Tale analisi, condotta direttamente da un organo Statale, rappresenta una ricerca attuale e approfondita su campioni di acque meteoriche di dilavamento esitanti da tipologie diverse di superficie per uso di suolo.

L'attività di monitoraggio si è svolta in un'area portuale attraverso il prelievo di campioni in 30 siti diversi per un totale di 30.240 parametri esaminati.

Si è valutato che le attività che si svolgeranno nei piazzali possano essere ricondotte a quelle tipiche di un'area industriale dove non avvengono processi produttivi ma attività di magazzinaggio, carico e scarico e viabilità.

La famiglia di inquinanti più significativa nelle acque meteoriche di dilavamento di tali superfici industriali è sicuramente quella dei metalli pesanti, presenti sia in fase sedimentabile che in fase disciolta.

Tali sostanze sono le più delicate ed oggetto di attenzione dalle normative nazionali e comunitarie tanto da essere, per taluni metalli, oggetto di divieto di scarico e di specifici limiti comunitari per la loro bioaccumulabilità.

AREE INDUSTRIALI		
PARAMETRO	Unità di misura	Valore medio
Solidi sospesi totali	mg/l	140
Azoto ammoniacale	mgN-NH4/l	0,56
Azoto nitroso	mgN-NO2/l	0,14
Nitrati	mgN-NO3/l	1,39
Azoto totale	mgN/l	2,8
Fosforo totale	mgP/l	0,18
C.O.D.	mgO2/l	56
B.O.D. 5	mgO2/l	10,7
Cloruri	mg/l	208,29
Solfati	mg/l	75,5
Idrocarburi totali	mg/l	0,4
Arsenico	µg/l	6,6
Mercurio	µg/l	0,45
Cadmio	µg/l	10
Antimonio	µg/l	10,8
Piombo	µg/l	36,2
Nichel	µg/l	17,6
Manganese	µg/l	126
Vanadio	µg/l	25,5
Cromo totale	µg/l	7,2
Rame	µg/l	78,3
Ferro	µg/l	2402
Zinco	µg/l	318,5
Solventi organici aromatici	µg/l	9,5
PCDD/PCDF	pg/L	11
IPA	ng/L	1877
PCB	(pg/l)	808
HCB ( g/l)	( g/l)	0,0025

Il lavoro del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha verificato un sostanziale coincidenza qualitativa tra le acque cosiddette di prima pioggia e le acque di seconda pioggia ne consegue che si può individuare un valore mediano di tali acque da considerarsi al solo fine di determinare le capacità tipiche di rimozione degli impianti del Porto di Salerno.

I principali inquinanti associati agli scarichi di origine meteorica derivanti dal dilavamento di aree industriali sono costituiti da un miscuglio eterogeneo di sostanze inquinanti che si possono raggruppare in quattro categorie principali:

1. Materiale solido;
2. Composti organici ed inorganici;
3. Olii e grassi;
4. Metalli pesanti.

### Efficienza ambientale dell'impianto del Porto di Salerno

Gli effluenti derivanti dal sistema di trattamento proposto presentano caratteristiche qualitative significativamente migliori rispetto all'acqua in ingresso tuttavia le concentrazioni degli inquinanti residui sono dipendenti da molteplici fattori.

Il fattore maggiormente determinante è la quantità degli inquinanti nelle acque di ingresso mentre altri aspetti come flusso entrante, tipo di inquinante, fase in cui esso si trova (solida o in soluzione) e meccanismi di trasporto dello stesso, possono essere altrettanto influenti nel definire le performance depurative dell'impianto.

Nonostante tale variabilità nell'efficacia del trattamento, è possibile definire un range di capacità depurativa.

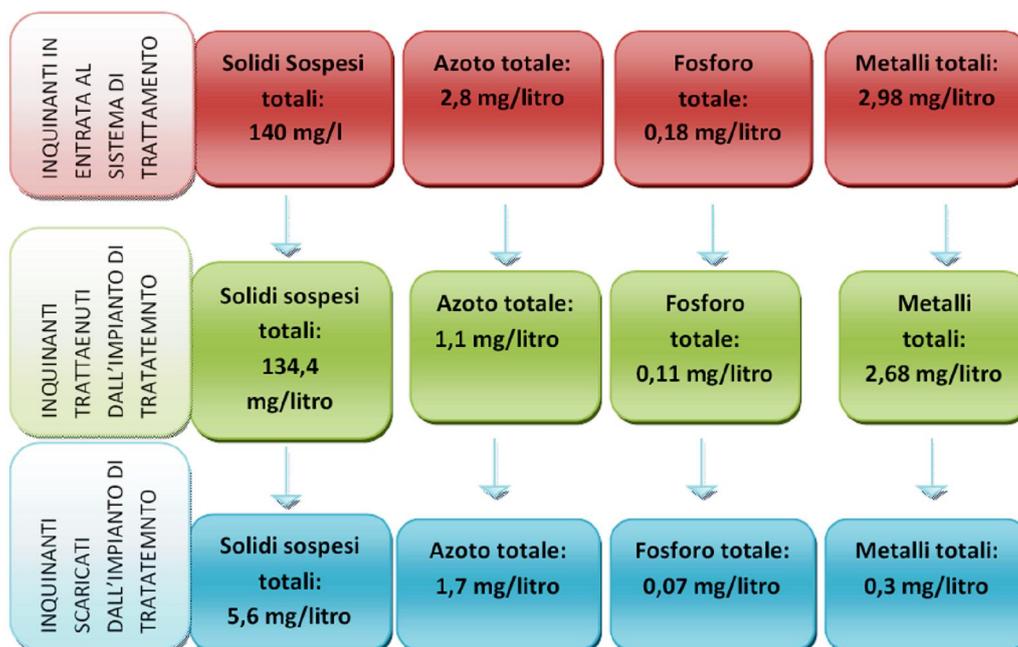
In tabella si riportano i range di efficienza di rimozione dell'impianto previsto per le diverse classi di inquinanti.

<i>Parametro</i>	<i>Tendenza attesa</i>
pH	Viene tamponato quindi tende a raggiungere la neutralità
COD	La riduzione è variabile e strettamente dipendente dalla frazione solubile
Fosforo	Complessiva riduzione del Ptot: significativa riduzione del fosforo in fase solida
Azoto	Riduzione fino al 40% del Ntot (Keldahl) e modesta riduzione di nitriti e nitrati
Solidi sospesi	Fino all'96% di rimozione ma dipende molto dalla concentrazione e granulometria del particolato
Oli e grassi	Riduzione ad una concentrazione in genere minore di 5 mg/l; per affluenti molto inquinati (>25 mg/l) si rende necessario un impianto di pretrattamento
Metalli	Rimozione tra il 40% e l'90% in funzione del metallo e delle caratteristiche dell'affluente.

 <b>Autorità Portuale di Salerno</b>	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	<i>INTERVENTO %* PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO</i> <b>RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI</b>

PARAMETRO	Carico inquinante (mg/l) [Dati del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – campagna di monitoraggio anno 2007-2008]	Percentuale tipica di rimozione dell’impianto proposto per singolo inquinante (%)	mg/l di inquinanti che si può ipotizzare vengano scaricati dopo trattamento proposto
Solidi sospesi totali	<b>140</b>	<b>96</b>	<b>5,6</b>
Azoto totale	<b>2,8</b>	<b>40</b>	<b>1,7</b>
Fosforo totale	<b>0,18</b>	<b>60</b>	<b>0,07</b>
C.O.D.	<b>56</b>	<b>60</b>	<b>22,4</b>
Idrocarburi totali	<b>0,4</b>	<b>80</b>	<b>0,08</b>
Arsenico	<b>0,006</b>	<b>90</b>	<b>0,0006</b>
Mercurio	<b>0,0004</b>	<b>70</b>	<b>0,0001</b>
Cadmio	<b>0,01</b>	<b>70</b>	<b>0,003</b>
Piombo	<b>0,036</b>	<b>90</b>	<b>0,003</b>
Nichel	<b>0,017</b>	<b>50</b>	<b>0,008</b>
Manganese	<b>0,126</b>	<b>70</b>	<b>0,03</b>
Cromo totale	<b>0,007</b>	<b>70</b>	<b>0,002</b>
Rame	<b>0,078</b>	<b>70</b>	<b>0,023</b>
Ferro	<b>2,4</b>	<b>90</b>	<b>0,24</b>
Zinco	<b>0,3</b>	<b>80</b>	<b>0,06</b>

## Bilancio ambientale



## Confronto tra le efficienze di rimozione del sistema proposto e i tradizionali impianti di sedimentazione/disoleazione

Le acque, trattate dall'impianto proposto, sono caratterizzate da un carico inquinante di ordini di grandezza inferiori rispetto alle acque in entrata, risultando essere molto più performanti in termini di riduzione del carico inquinante trasportato dalle acque meteoriche di dilavamento rispetto ai sistemi di trattamento tradizionali quali sedimentatori e disoleatori.

Dall'analisi dei dati disponibili in letteratura si evince, infatti, come il treno di trattamento sedimentatore disoleatore risulta meno efficace nella rimozione di tutti i parametri considerati.

Di seguito si riportano le capacità tipiche di rimozione, degli inquinanti trasportati dalle acque meteoriche di dilavamento, relative ai sistemi di sedimentazione e disoleazione, messi a confronto con le performance depurative degli impianti con cartucce filtranti tipo Stormfilter+.

PARAMETRI	Carico inquinante (mg/l) [Dati del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – campagna di monitoraggio anno 2007-2008]	EFFICIENZA TIPICA DI UN SEDIMENTATORE (%)	EFFICIENZA TIPICA DI UN DISOLEATORE (%)	mg/l di inquinanti scaricati dopo trattamento di sedimentazione/disoleazione	mg/l di inquinanti che si può ipotizzare vengano scaricati dopo trattamento proposto	Miglior efficienza dell'impianto o proposto rispetto ai tradizionali sistemi di sedimentazione/disoleazione (%)
Solidi sospesi	140	60	n.d.	56	5,6	+ 90
azoto tot	2,8	n.d.	15	2,38	1,7	+ 28
fosforo totale	0,18	9,3	15	0,13	0,07	+ 46
COD	56	n.d.	n.d.	56	22,4	+ 60
idrocarburi tot	0,4	n.d.	50	0,2	0,08	+ 60
Arsenico	0,006	n.d.	n.d.	0,006	0,0006	+ 90
Mercurio	0,0004	n.d.	n.d.	0,0004	0,0001	+ 70
Cadmio	0,01	10	n.d.	0,009	0,003	+ 66
Piombo	0,036	n.d.	n.d.	0,036	0,003	+ 90
Nichel	0,017	15	n.d.	0,014	0,008	+ 43
Manganese	0,126	n.d.	n.d.	0,126	0,03	+ 70
Cromo	0,007	10	n.d.	0,006	0,002	+ 66
Rame	0,078	n.d.	n.d.	0,078	0,023	+ 70
Ferro	2,4	15	n.d.	2,04	0,24	+ 89
Zinco	0,3	n.d.	n.d.	0,3	0,06	+ 80

Manutenzione rapida ed accurata e la sostituzione dei filtri è molto onerosa

La soluzione impiantistica di cui l'Autorità Portuale di Salerno intende dotarsi, è stata progettata al fine di realizzare un sistema di trattamento delle acque meteoriche con un'elevata capacità di trattamento e una semplicità nella manutenzione ordinaria e straordinaria.

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %* PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

Le operazioni di manutenzione dell'impianto di trattamento in caditoia prevedono la realizzazione delle seguenti attività:

1. Tenuta del quaderno di manutenzione e gestione
2. Programma di manutenzione Semestrale - pulizia pozzetto
3. Programma di manutenzione Annuale - rigenerazione delle cartucce filtranti %tipo Stormfilter+.

Tali attività non richiedono l'utilizzo di know-how e di tecnologie specifiche ma vengono normalmente eseguite da operatori di auto espurgo e il materiale per la rigenerazione del media filtrante è facilmente reperibile sul mercato.

I costi di manutenzione ipotizzabili per ciascuna caditoia filtrante incidono per circa " 100/anno comprensivi dei costi di:

- smaltimento dei fanghi generati dalla pulizia del pozzetto
- smaltimento di quelli derivanti dal materiale filtrante esausto
- nuovo media filtrante
- ore uomo e auto spurgo

Essi sono generalmente più bassi rispetto a quelli dei tradizionali sistemi di sedimentazione e disoleazione, dal momento che non vi sono volumi di acqua da smaltire, data la particolare il particolare design del sistema.

## 1.2 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

Per garantire sull'area di ampliamento del Molo Trapezio lo stesso livello di illuminamento notturno delle restanti aree, il presente progetto prevede l'installazione di n.2 torri faro alte 35 m, dello stesso tipo di quelle inserite nel separato progetto di adeguamento e potenziamento dell'impianto di illuminazione del Porto Commerciale che ha seguito l'approccio di una progettazione illuminotecnica sostenibile.

Tale progetto ha previsto il rinnovo delle torri faro a servizio dell'area portuale. Il nuovo impianto, è stato progettato in ossequio della normativa UNI 10819, prevedendo l'installazione di lampade capaci di illuminare con un cono d'apertura inferiore ai 180°, in modo da ridurre l'inquinamento luminoso. I lavori sono stati ultimati nel dicembre 2009.

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %* PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI



Torre faro con cono d'apertura inferiore ai 180°

Le scelte progettuali relative alle torri faro da installare sul previsto prolungamento del Molo Trapezio sono dettate dalle determinazioni già adottate dall'Autorità Portuale nell'intervento di adeguamento e potenziamento dell'impianto di illuminazione del Porto Commerciale; ciò per quanto riguarda il posizionamento le dimensioni e la tipologia dei sostegni, gli apparecchi di illuminazione, il sistema di telecontrollo, le protezioni, i materiali da impiegare.

Il presente progetto prevede quindi l'installazione di n.2 torri faro f.t. 35,00 m, a corona mobile. I sostegni previsti saranno in lamiera di acciaio zincato a caldo, normativa EN 40-x, a sezione poligonale con altezza fuori terra 35 m. Sono previste corone mobili interamente realizzate in acciaio INOX AISI 316L compreso tutta la bulloneria di tipo A4 per l'alloggiamento dei centri luminosi protetti da un cover unico posto in cima al sostegno.

Il cover di protezione, realizzato polimero rinforzato in fibra di vetro, ha un diametro di 3.60 m. La torre faro sarà equipaggiata con n. 12 proiettori per lampada da 1000 W a vapori di sodio ad alta pressione. Gli apparecchi di illuminazione saranno con corpo in alluminio pressofuso verniciato nero, protetti dalla corrosione con processo di fosfatazione e strati successivi di vernici a polveri epossidiche. Ottica di tipo cut-off asimmetrica. Lampade a scarica con potenze 1000W di tipo Sodio Alta Pressione, attacco E40 e box di alimentazione separato

Eq previsto un segnalatore SOV (segnalamento ostacoli in volo) notturno a doppia lanterna, mentre per quello diurno è prevista una pigmentazione zebra bianca-rossa del cover e dell'ultima sezione del fusto.

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

Le torri faro saranno fissate mediante tirafondi in acciaio ad un basamento in c.a già predisposto. Le torri saranno protette alla base da una barriera prefabbricata in c.a. tipo new jersey, alta circa 1,4 m di forma circolare in pianta, realizzata in quattro elementi da assemblare in opera.

Le torri faro saranno alimentate dal quadro elettrico generale di distribuzione della cabina di trasformazione esistente, individuata con la sigla TR3. Nel quadro sono previsti degli interruttori di riserva precablati a cui saranno installate le linee di alimentazione elettrica delle torri-faro mentre l'alimentazione del SOV sarà derivata dalla TF29. I circuiti di alimentazione delle torri faro saranno attestati ai preesistenti interruttori di riserva già predisposti nella cabina TR3 e saranno divisi, per ognuna delle torri-faro, su circuiti distinti ordinari e privilegiati sotto UPS;

Le linee di alimentazione saranno realizzate con cavi quadripolari tipo FG7OR posati sulle passerelle metalliche che corrono nel cunicolo per i sottoservizi, in parte esistente ed in parte da realizzare nell'ambito del progetto generale di prolungamento del Molo Trapezio. Alla base di ciascuna torre-faro verrà installato un quadro, realizzato in carpenteria di acciaio INOX AISI 316L dove si attesteranno i circuiti di alimentazione dei proiettori e del SOV nonché i dispositivi SPD

L'alimentazione elettrica in emergenza è prevista per sei delle dodici lampade installate sulle torri faro, mediante il collegamento di una linea con il gruppo elettrogeno e UPS.

Le successive fasi di progettazione comprenderanno i calcoli di stabilità del complesso basamento - torre faro ed i calcoli di verifica illuminotecnica, i particolari costruttivi e gli schemi elettrici.

I singoli proiettori installati sulla torre faro saranno inseriti nel sistema di telegestione e telecontrollo centralizzato dell'intero impianto, già previsto nel progetto di potenziamento dell'impianto di illuminazione; impiego di sistema di telecontrollo di tipo punto-punto con possibilità di parzializzazione del singolo centro luminoso;

il sistema consentirà di controllare automaticamente gli orari di accensione e spegnimento delle singole lampade in dipendenza delle diverse condizioni stagionali e di avere la segnalazione e la memorizzazione di tutte le condizioni anomale di funzionamento dell'impianto.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.

#### Impianto di illuminazione:

I criteri di scelta e dimensionamento dell'impianto sono stati determinati in base ai seguenti requisiti:

Aspetti normativi sui criteri di illuminazione:

- Illuminazione dei luoghi di lavoro in esterno Norma UNI EN 12464-2;
- Safety and health in ports. ILO code of practice;

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	<i>INTERVENTO %* PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO</i> RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

- Disposizioni in materia di security- direttive IMO e direttive europee ss.mm.ii.- PSP (Port Security Plan)
- Norma UNI 11248 Illuminazione stradale-selezione delle categorie illuminotecniche
- UNI EN 13201-1-2-3-4/2004: Road Lighting
- Norma UNI 10819/1999: Inquinamento luminoso
- Legge Regione Campania del 25/7/2002 (contenimento dell'inquinamento luminoso e del consumo energetico da illuminazione esterna)
- Pubbl. CIE 154/2003: The maintenance of outdoor lighting systems
- Norma CEI 64-8, sezione 714: Impianti elettrici di pubblica illuminazione.

Aspetti funzionali degli elementi illuminotecnici tenendo conto degli aspetti di conflitto dei vari elementi:

- carichi sospesi;
- grosse macchine operatrici in movimento con presenza di persone a terra;
- maneggio di merci e prodotti siderurgici;
- traffico veicolare motorizzato;
- elevate densità di persone con invasione delle corsie veicolari;
- identificazione della segnaletica verticale ed orizzontale;
- criticità delle condizioni abbagliamento;
- contenimento dell'inquinamento luminoso e risparmio energetico;
- area sottoposta a videosorveglianza con necessità di avere definizione e discriminazione delle immagini in real-time e in post-elaborazione;

Requisiti dei valori illuminotecnici:

- illuminamento medio mantenuto Emed > 60 lux in regime operativo e 10 lux in regime di emergenza
- resa cromatica > 60%
- uniformità Emin/Emed > 0,3
- fattore di manutenzione ≤ 0,8

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C+ PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

### 1.3 CALCOLO PER LA REALIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

#### Tipo di alimentazione e quadri elettrici

Alimentazione fornitura con punto di allaccio da quadro bt cabina MT/bt %R3 . molo Trapezio+. Il quadro, pertanto sarà modificato, per collegare la linea di alimentazione del quadro sarà attestata ad un interruttore scatolato di nuova installazione In 80 A munito di sganciatore elettronico e display di misura elettrica.

Un quadro denominato %quadro di distribuzione generale+ sarà ubicato a monte delle dorsali dei principali circuiti previsti per la funzionalizzazione della banchina in argomento.

Una struttura in c.a. munita di portella in acciaio INOX AISI 316L, conterrà una carpenteria in poliestere rinforzata con fibre di vetro, grado di protezione IP65. Nella carpenteria saranno cablati tutti i dispositivi di comando e protezione dei vari circuiti.

I quadri saranno conformi alle normative EN 60439-x. Al di sotto del suddetto vano verrà prevista una vasca di raccolta olii di eventuali perdite degli alimentatori della protezione catodica

#### Utenze e impianti speciali

Le utenze previste sono:

- N. 3 alimentatori del sistema di protezione catodica;
- N. 1 circuito prese di servizio;
- N.2 circuiti di riserva;
- N.1 circuiti alimentazione ausiliari, telecontrollo e interconnessione con il sistema SCADA, questo circuito sarà derivato dalla dorsale dedicata per questi servizi;
- Il quadro sarà corredato di un micro PLC e le apparecchiature previste per il sistema di telecontrollo punto-punto dell'impianto d'illuminazione

#### Calcolo delle correnti di impiego

Il calcolo delle correnti d'impiego viene eseguito in base alla classica espressione:

$$I_b = \frac{P_d}{k_{ca} \cdot V_n \cdot \cos\varphi}$$

nella quale:

- $k_{ca} = 1$  sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;
- $k_{ca} = 1.73$  sistema trifase, tre conduttori attivi.

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza  $\cos\varphi$  è pari a 1.

La potenza di dimensionamento  $P_d$  è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot coeff$$

nella quale  $coeff$  è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.

La potenza  $P_n$ , invece, è la potenza nominale del carico per utenze terminali, ovvero, la somma delle  $P_d$  delle utenze a valle ( $P_d$  a valle) per utenze di distribuzione (somma vettoriale).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

$$Q_n = P_n \cdot \tan\varphi$$

per le utenze terminali, mentre per le utenze di distribuzione viene calcolata come somma vettoriale delle potenze reattive nominali a valle ( $Q_d$  a valle).

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

$$\cos\varphi = \cos\left(\arctan\left(\frac{Q_n}{P_n}\right)\right)$$

### Dimensionamento dei cavi

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

$$a) \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$b) \quad I_f \leq 1.45 \cdot I_z$$

Per la condizione  $a)$  è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente  $I_b$ , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

- condutture senza protezione derivate da una conduttura principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

- conduttura che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata  $I_{\Sigma}$  della conduttura principale.

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi. Le sette tabelle utilizzate sono:

- IEC 448;
- IEC 364-5-523 (1983);
- IEC 60364-5-52 (PVC/EPR);
- IEC 60364-5-52 (Mineral);
- CEI-UNEL 35024/1;
- CEI-UNEL 35024/2;
- CEI-UNEL 35026.

mentre per la media tensione si utilizza la tabella CEI 17-11.

Esse oltre a riportare la corrente ammissibile  $I_{\Sigma}$  in funzione del tipo di isolamento del cavo, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi, riportano anche la metodologia di valutazione dei coefficienti di declassamento.

La portata minima del cavo viene calcolata come:

$$I_{z\min} = \frac{I_n}{k}$$

dove il coefficiente  $k$  ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;
- eventuale declassamento deciso dall'utente.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente  $k$ ) sia superiore alla  $I_{\Sigma\min}$ . Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione *b)* non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento  $I_f$  e corrente nominale  $I_n$  minore di 1.45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125 A. Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che

tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1.45.

Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione *b)* sarà sempre verificata. Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

### Integrale di Joule

Dalla sezione dei conduttori del cavo deriva il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la:

$$I^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$

La costante *K* viene data dalla norma 64-8/4 (par. 434.3), per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante. Per i cavi ad isolamento minerale le norme attualmente sono allo studio, i paragrafi sopraccitati riportano però nella parte commento dei valori prudenziali.

I valori di *K* riportati dalla norma sono per i conduttori di fase (par. 434.3):

I cavi previsti di alimentazione dei vari circuiti saranno di tipo FG7(o)R

Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7: *K* = 143

I valori di *K* per i conduttori di protezione unipolari (par. 543.1) tab. 54B:

Cavo in rame e isolato in PVC: *K* = 143

Cavo in rame serie L nudo: *K* = 228

I valori di *K* per i conduttori di protezione in cavi multipolari (par. 543.1) tab. 54C:

Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7: *K* = 143

### Dimensionamento dei conduttori di neutro

La norma CEI 64-8 par. 524.2 e par. 524.3, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mmq;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16 mmq se il conduttore è in rame e a 25 mmq se il conduttore è in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm<sup>2</sup> se conduttore in rame e 25 mm<sup>2</sup> se conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase. In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione tramite rapporto tra le portate dei conduttori;
- determinazione in relazione alla portata del neutro.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore in questione secondo i seguenti vincoli dati dalla norma:

$$\begin{aligned}
 S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f \\
 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_n = 16\text{mm}^2 \\
 S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f / 2
 \end{aligned}$$

Il secondo criterio consiste nell'impostare il rapporto tra le portate del conduttore di fase e il conduttore di neutro, e il programma determinerà la sezione in base alla portata.

Il terzo criterio consiste nel dimensionare il conduttore tenendo conto della corrente di impiego circolante nel neutro come per un conduttore di fase.

Le sezioni dei neutri possono comunque assumere valori differenti rispetto ai metodi appena citati, comunque sempre calcolati a regola d'arte.

#### Dimensionamento dei conduttori di protezione

Le norme CEI 64.8 par. 543.1 prevedono due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione mediante calcolo.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore di protezione seguendo vincoli analoghi a quelli introdotti per il conduttore di neutro:

$$\begin{aligned}
 S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f \\
 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = 16\text{mm}^2 \\
 S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f / 2
 \end{aligned}$$

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C* PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

Il secondo criterio determina tale valore con l'integrale di Joule, ovvero la sezione del conduttore di protezione non deve essere inferiore al valore determinato con la seguente formula:

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

dove:

- $S_p$  è la sezione del conduttore di protezione (mm<sup>2</sup>);
- $I$  è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- $t$  è il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- $K$  è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti.

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, viene presa una unificata immediatamente superiore.

In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3.

Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della condotta di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

- 2,5 mm<sup>2</sup> se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm<sup>2</sup> se non è prevista una protezione meccanica.

E' possibile, altresì, determinare la sezione mediante il rapporto tra le portate del conduttore di fase e del conduttore di protezione.

#### Calcolo della temperatura dei cavi

La valutazione della temperatura dei cavi si esegue in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale tramite le seguenti espressioni:

$$T_{cavo}(I_b) = T_{ambiente} + \left( \alpha_{cavo} \cdot \frac{I_b^2}{I_z^2} \right)$$

$$T_{cavo}(I_n) = T_{ambiente} + \left( \alpha_{cavo} \cdot \frac{I_n^2}{I_z^2} \right)$$

espresse in °C.

Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata.

Il coefficiente  $\alpha_{cavo}$  è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

### Cadute di tensione

La caduta di tensione massima ammessa nei circuiti sarà <5%

Le cadute di tensione sono calcolate vettorialmente. Per ogni utenza si calcola la caduta di tensione vettoriale lungo ogni fase e lungo il conduttore di neutro (se distribuito). Tra le fasi si considera la caduta di tensione maggiore che viene riportata in percentuale rispetto alla tensione nominale.

Il calcolo fornisce, quindi, il valore esatto della formula approssimata:

$$cdt(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot (R_{cavo} \cdot \cos\varphi + X_{cavo} \cdot \sin\varphi) \cdot \frac{100}{V_n}$$

con:

- $k_{cdt}=2$  per sistemi monofase;
- $k_{cdt}=1.73$  per sistemi trifase.

I parametri  $R_{cavo}$  e  $X_{cavo}$  sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 80°C, mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in  $\Omega/\text{km}$ . La  $cdt(I_b)$  è la caduta di tensione alla corrente  $I_b$  e calcolata analogamente alla  $cdt(I_b)$ .

Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

$$X'_{cavo} = \frac{f}{50} \cdot X_{cavo}$$

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriale, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

Sono adeguatamente calcolate le cadute di tensione totali nel caso siano presenti trasformatori lungo la linea (per esempio trasformatori MT/BT o BT/BT). In tale circostanza, infatti, il calcolo della caduta di tensione totale tiene conto sia della caduta

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

interna nei trasformatori, sia della presenza di spine di regolazione del rapporto spire dei trasformatori stessi.

Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64-8 par. 525). Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.

### Rifasamento

Il rifasamento è quell'operazione che tende a portare il valore del fattore di potenza il più possibile sopra il valore di 0,9 e ad un massimo di 1.

In generale il rifasamento si esegue con dei condensatori che compensano la potenza reattiva che di solito è di tipo induttiva. Se un carico assorbe la potenza attiva  $P_n$  e la potenza reattiva  $Q$ , per diminuire e quindi aumentare  $\cos$  senza variare  $P_n$  (cioè per passare a  $\Theta <$ ) si deve mettere in gioco una potenza  $Q_{rif}$  di segno opposto a quello di  $Q$  tale che:

$$Q_{rif} = P_n \cdot (\tan\varphi - \tan\Theta)$$

nella quale  $\Theta$  è l'angolo corrispondente al fattore di potenza a cui si vuole rifasare. Tale valore oscilla tra 0.8 e 0.9 a seconda del tipo di contratto di fornitura.

Il rifasamento può essere eseguito in due modalità:

- distribuito;
- centralizzato.

Tale scelta va valutata al fine di ottimizzare i costi ed i risultati finali, quindi le batterie di condensatori potranno essere inseriti localmente in parallelo ad un carico terminale, oppure centralizzato per rifasare un determinato nodo della rete.

Se la rete dispone di trasformatori, possono essere inserite anche batterie di rifasamento a valle degli stessi per compensare l'energia reattiva assorbita a vuoto dalla macchina.

La corrente nominale della batteria di condensatori viene calcolata tramite la:

$$I_{nc} = \frac{Q_{rif}}{k_{ca} \cdot V_n}$$

nella quale  $Q_{rif}$  viene espressa in kVAR.

Le correnti nominali e di taratura delle protezioni devono tenere conto (CEI 33-5) che ogni batteria di condensatori può sopportare costantemente un sovraccarico del 30% dovuto alle armoniche; inoltre deve essere ammessa una tolleranza del +15% sul valore reale

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

della capacità dei condensatori. Pertanto la corrente nominale dell'interruttore deve essere almeno di  $I_{Iarib} = 1.53 I_{nc}$

Infine la taratura della protezione magnetica non dovrà essere inferiore a  $I_{Iarmag} = 10 I_{nc}$

### Fornitura della rete

La conoscenza della fornitura della rete è necessaria per l'inizializzazione della stessa al fine di eseguire il calcolo dei guasti.

Le tipologie di fornitura possono essere:

- in media tensione (dal quadro bt della cabina TR3 di bassa tensione)
- in alta tensione
- ad impedenza nota
- in corrente continua

I parametri trovati in questa fase servono per inizializzare il calcolo dei guasti, ossia andranno sommati ai corrispondenti parametri di guasto della utenza a valle. Noti i parametri alle sequenze nel punto di fornitura, è possibile inizializzare la rete e calcolare le correnti di cortocircuito secondo le norme CEI 11-25.

Tali correnti saranno utilizzate in fase di scelta delle protezioni per la verifica dei poteri di interruzione delle apparecchiature.

### Bassa tensione

Questa può essere utilizzata quando il circuito è alimentato alla rete di distribuzione in bassa tensione, oppure quando il circuito da dimensionare è collegato in sottoquadro ad una rete preesistente di cui si conosca la corrente di cortocircuito sul punto di consegna.

I dati richiesti sono:

- tensione concatenata di alimentazione espressa in V;
- corrente di cortocircuito trifase della rete di fornitura espressa in kA (usualmente nel caso di fornitura ENEL 4.5-6 kA).
- corrente di cortocircuito monofase della rete di fornitura espressa in kA (usualmente nel caso di fornitura ENEL 4.5-6 kA).

Dai primi due valori si determina l'impedenza diretta corrispondente alla corrente di cortocircuito  $I_{cctrif}$  in mΩ:

$$Z_{cctrif} = \frac{V_2}{\sqrt{3} \cdot I_{cctrif}}$$

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

In base alla tabella fornita dalla norma CEI 17-5 che fornisce il  $\cos\phi_{cc}$  di cortocircuito in relazione alla corrente di cortocircuito in kA, si ha:

$50 < I_{cctrif}$	$\cos\phi_{cc} = 0.2$
$20 < I_{cctrif} \leq 50$	$\cos\phi_{cc} = 0.25$
$10 < I_{cctrif} \leq 20$	$\cos\phi_{cc} = 0.3$
$6 < I_{cctrif} \leq 10$	$\cos\phi_{cc} = 0.5$
$4.5 < I_{cctrif} \leq 6$	$\cos\phi_{cc} = 0.7$
$3 < I_{cctrif} \leq 4.5$	$\cos\phi_{cc} = 0.8$
$1.5 < I_{cctrif} \leq 3$	$\cos\phi_{cc} = 0.9$
$I_{cctrif} \leq 1.5$	$\cos\phi_{cc} = 0.95$

da questi dati si ricava la resistenza alla sequenza diretta, in  $m\Omega$ :

$$R_d = Z_{cctrif} \cdot \cos\phi_{cc}$$

ed infine la relativa reattanza alla sequenza diretta, in  $m\Omega$ :

$$X_d = \sqrt{Z_{cctrif}^2 - R_d^2}$$

Dalla conoscenza della corrente di guasto monofase  $I_{k1}$ , è possibile ricavare i valori dell'impedenza omopolare.

Invertendo la formula:

$$I_{k1} = \frac{\sqrt{3} \cdot V_2}{\sqrt{(2 \cdot R_d + R_0)^2 + (2 \cdot X_d + X_0)^2}}$$

con le ipotesi

$$\frac{R_0}{X_0} = \frac{Z_0}{X_0} \cdot \cos\phi_{cc}$$

cioè l'angolo delle componenti omopolari uguale a quello delle componenti dirette, si ottiene:

$$R_0 = \frac{\sqrt{3} \cdot V}{I_{k1}} \cdot \cos\phi_{cc} - 2 \cdot R_d$$

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

$$X_0 = R_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos\varphi_{cc})^2} - 1}$$

### Media e Alta tensione

Nel caso in cui la fornitura sia in media o alta tensione si considerano i seguenti dati di partenza

- Tensione di fornitura  $V_{mt}$  (in kV);
- Corrente di corto circuito trifase massima,  $I_{kmax}$  (in kA);
- Corrente di corto circuito monofase a terra massima,  $I_{k1ftmax}$  (in kA);

Se si conoscono si possono aggiungere anche le correnti:

- Corrente di corto circuito trifase minima,  $I_{kmin}$  (in kA);
- Corrente di corto circuito monofase a terra minima,  $I_{k1ftmin}$  (in kA);

Dai dati si ricavano le impedenze equivalenti della rete di fornitura per determinare il generatore equivalente di tensione.

$$Z_{ccmt} = \frac{1,1 \cdot V_{mt}}{\sqrt{3} \cdot I_{kmax}} \cdot 1000$$

da cui si ricavano le componenti dirette:

$$\cos\varphi_{ccmt} = \sqrt{1 - (0,995)^2}$$

$$X_{dl} = 0,995 \cdot Z_{ccmt}$$

$$R_{dl} = \cos\varphi_{ccmt} \cdot Z_{ccmt}$$

e le componenti omopolari:

$$R_0 = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,1 \cdot V_{mt}}{I_{k1ftmax}} \cdot 1000 \cdot \cos\varphi_{ccmt} - (2 \cdot R_{dl})$$

$$X_0 = R_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos\varphi_{ccmt})^2} - 1}$$

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

### Impedenza nota

Tale opzione viene usata se si conoscono i parametri alle sequenze nel punto di consegna. Essa può essere utilizzata nel caso si dimensionino circuiti che partono in sottoquadro da una rete preesistente con parametri noti o misurati.

È quindi necessario conoscere:

- Resistenza diretta  $R_d$  (in  $m\Omega$ );
- Reattanza diretta  $X_d$  (in  $m\Omega$ );
- Resistenza omopolare  $R_o$  (in  $m\Omega$ );
- Reattanza omopolare  $X_o$  (in  $m\Omega$ );
- Tensione concatenata di fornitura  $V_n$  (in V).

Da questi dati si possono calcolare le correnti di cortocircuito trifase, (in kA) e di cortocircuito fase terra (in kA).

$$R_d = R_M$$

$$X_d = X_M$$

### Scelta delle protezioni

La scelta delle protezioni viene effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali delle condutture ed i valori di guasto; in particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- corrente nominale, secondo cui si è dimensionata la conduttura;
- numero poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale della utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dalla utenza  $I_{km\ max}$ ;
- taratura della corrente di intervento magnetico, il cui valore massimo per garantire la protezione contro i contatti indiretti (in assenza di differenziale) deve essere minore della minima corrente di guasto alla fine della linea ( $I_{mag\ max}$ ).

### Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

Secondo la norma 64-8 par.434.3 "Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti.", le caratteristiche delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare a due condizioni:

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);
- la caratteristica di intervento deve essere tale da impedire che la temperatura del cavo non oltrepassi, in condizioni di guasto in un punto qualsiasi, la massima consentita.

La prima condizione viene considerata in fase di scelta delle protezioni. La seconda invece può essere tradotta nella relazione:

$$I^2 \cdot t \leq K^2 S^2$$

ossia in caso di guasto l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI al par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve. Le condizioni sono pertanto:

a) Le intersezioni sono due:

- $I_{ccmin} \geq I_{inters min}$  (quest'ultima riportata nella norma come  $I_a$ );
- $I_{ccmax} \leq I_{inters max}$  (quest'ultima riportata nella norma come  $I_b$ ).

b) L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:

- $I_{ccmin} \geq I_{inters min}$ .

c) L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:

- $I_{cc max} \leq I_{inters max}$ .

Sono pertanto verificate le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo. Nel caso in cui le correnti di guasto escano dai limiti di esistenza della curva della protezione il controllo non viene eseguito.

NOTE:

- La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti e la  $I_{\infty}$  dello stesso.
- La verifica della protezione a cortocircuito eseguita dal programma consiste in una verifica qualitativa, in quanto le curve vengono inserite riprendendo i dati dai grafici di catalogo e non direttamente da dati di prova; la precisione con cui vengono rappresentate è relativa.

### Protezione contro i contatti indiretti

#### SISTEMI TN

Per realizzare una corretta protezione contro i contatti indiretti in un sistema TN tramite la disconnessione automatica del circuito in accordo alla norma CEI 64-8/4, è necessario rispettare la seguente relazione:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

dove:

- $Z_s$  è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto e il conduttore di protezione tra il guasto e la sorgente (in ohm);
- $I_a$  è la corrente d'intervento in ampere del dispositivo di protezione entro il tempo definito nella tabella seguente (in funzione della tensione nominale  $U_0$ ) per i circuiti terminali con correnti non superiori a 32A oppure entro 5 secondi per i circuiti di distribuzione e per i circuiti terminali con correnti superiori a 32A, se si usa un interruttore differenziale  $I_a$  è la corrente differenziale nominale d'intervento.
- $U_0$  è la tensione nominale verso terra in c.a. o in c.c.

130V < $U_0$ ≤ 230V		230V < $U_0$ ≤ 400V		$U_0$ > 400V	
s		s		s	
ca	cc	ca	cc	ca	cc
0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1

### Protezione contro i contatti diretti

La protezione contro i contatti diretti, ovvero contro il contatto delle persone con parti dell'impianto normalmente in tensione, sarà garantita mediante l'utilizzo di cassette o involucri (apribili solo mediante attrezzo) tali da proteggere le parti attive dei circuiti quali morsetti di collegamento, giunzioni, derivazioni, etc.. con grado di protezione IP 4X.

### Verifica di selettività

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	<i>INTERVENTO %C* PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO</i> RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

E' verificata la selettività tra protezioni mediante la sovrapposizione delle curve di intervento. I dati forniti dalla sovrapposizione, oltre al grafico sono:

- Corrente la di intervento in corrispondenza ai massimi tempi di interruzione previsti dalla CEI 64-8: pertanto viene sempre data la corrente ai 5s (valido per le utenze di distribuzione o terminali fisse) e la corrente ad un tempo determinato tramite la tabella 41A della CEI 64.8 par 413.1.3. Fornendo una fascia di intervento delimitata da una caratteristica limite superiore e una caratteristica limite inferiore, il tempo di intervento viene dato in corrispondenza alla caratteristica limite inferiore. Tali dati sono forniti per la protezione a monte e per quella a valle;
- Tempo di intervento in corrispondenza della minima corrente di guasto alla fine dell'utenza a valle: minimo per la protezione a monte (determinato sulla caratteristica limite inferiore) e massimo per la protezione a valle (determinato sulla caratteristica limite superiore);
- Rapporto tra le correnti di intervento magnetico: delle protezioni;
- Corrente al limite di selettività: ossia il valore della corrente in corrispondenza all'intersezione tra la caratteristica limite superiore della protezione a valle e la caratteristica limite inferiore della protezione a monte (CEI 23.3 par 2.5.14).
- Selettività: viene indicato se la caratteristica della protezione a monte si colloca sopra alla caratteristica della protezione a valle (totale) o solo parzialmente (parziale a sovraccarico se l'intersezione tra le curve si ha nel tratto termico).
- Selettività cronometrica: con essa viene indicata la differenza tra i tempi di intervento delle protezioni in corrispondenza delle correnti di cortocircuito in cui è verificata.

Nelle valutazioni si deve tenere conto delle tolleranze sulle caratteristiche date dai costruttori.

Quando possibile, alla selettività grafica viene affiancata la selettività tabellare tramite i valori forniti dalle case costruttrici. I valori forniti corrispondono ai limiti di selettività in A relativi ad una coppia di protezioni poste una a monte dell'altra. La corrente di guasto minima a valle deve risultare inferiore a tale parametro per garantire la selettività.

## 1.4 IMPIANTO DI PROTEZIONE CATODICA

### 1.4.1 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %* PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

Le opere strutturali di consolidamento e di ampliamento verranno realizzate mediante l'esecuzione di paratie di sostegno verticale in elementi metallici infissi.

Una trave di coronamento in conglomerato cementizio armato svolgerà sia la funzione di collegamento tra i diversi elementi strutturali che di protezione contro l'attacco corrosivo dell'acqua di mare verso la paratia metallica fino a quota -1 m, nella zona di maggior attacco corrosivo.

Per proteggere le restanti superfici esposte delle paratie è stato inserito, nel presente progetto, un apposito impianto di protezione catodica del tipo a corrente impressa.

Con il metodo a corrente impressa, la struttura viene posta in un circuito elettrico in cui la corrente di protezione è fornita da generatori esterni di corrente continua (alimentatori catodici). Il polo positivo viene collegato ad un sistema comunemente chiamato "dispersore anodico"; il polo negativo viene collegato alla struttura da proteggere. Il circuito elettrico si richiude attraverso l'elettrolita e la corrente, fluendo dal dispersore anodico alla struttura, porta la stessa in condizione di protezione.

L'impianto di protezione catodica delle paratie metalliche, progettato e realizzato in conformità delle norme UNI 9782, 9783 e 10835, dovrà garantire costantemente in ogni punto della superficie metallica esposta una differenza di potenziale in grado di preservare le paratie stesse dagli effetti della corrosione elettrolitica, per una durata di esercizio non inferiore a 30 anni.

In base ai calcoli per il dimensionamento l'impianto sarà costituito da n. 3 generatori esterni di corrente continua (alimentatori catodici da 500 A) raffreddato ad olio, da n.48 dispersori anodici e n. 6 elettrodi di riferimento in Zinco ad elevata purezza (99,90%).

In generale i dispersori anodici possono essere composti da anodi in materiali diversi (grafite, ferro/silicio/cromo, titanio platinato, niobio platinato, tantalio platinato, titanio attivato).

Questi materiali vengono utilizzati nella costituzione di sistemi anodici operanti sia in terreni sia in acqua e, essendo caratterizzati da un basso livello di consumo, risultano correttamente operativi per periodi lunghi.

Nell'impianto di protezione catodica delle paratie metalliche del Porto Commerciale di Salerno verranno impiegati anodi in titanio attivato (LIDA S.W.T 2.5/100) installati in pozzo del diametro di 200 mm, avente profondità di circa 80 m.

#### **1.4.2 MONITORAGGIO DELLO STATO ELETTRICO**

Un accurato monitoraggio dello stato elettrico delle strutture protette permette di mantenere sempre efficiente l'impianto di protezione catodica limitando, inoltre, eccessivi sprechi energetici.

A tal proposito si prevede di installare elettrodi di riferimento in Zinco ad elevata purezza (99,90%) posti anch'essi ad una distanza dal fondale marino di circa 1 m.

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

Gli elettrodi saranno sostenuti, analogamente agli anodi, da un cavo in acciaio inox AISI 316L agganciato con un anello di sostegno in acciaio inox AISI 316L sotto la trave di coronamento in c.a.; il conduttore elettrico sarà fissato al cavo di sostegno con fascette 1 ogni 50 cm resistenti alla corrosione in ambiente marino.

Al fine di evitare cortocircuiti tra elettrodi e battente delle palancole (catodo), è necessario dotare ciascun elettrodo di supporti di fissaggio in materiale isolante.

Per consentire i rilievi dei potenziali di struttura, gli elettrodi saranno collegati, mediante appositi cavi elettrici, ai voltmetri ubicati all'interno degli alimentatori catodici.

### 1.4.3 SISTEMA DI TELECONTROLLO

L'alimentatore sarà inoltre dotato di un sistema di comunicazione per il collegamento ad un impianto centralizzato per la gestione delle diverse stazioni di protezione catodica, consentendo le attività di monitoraggio previste dalle norme (UNI 10950: telecontrollo, telemisura, telesegnalazione, telesorveglianza).

Ciascun alimentatore sarà quindi dotato di un sistema di telecontrollo tramite dispositivi GSM/GPRS/ETHERNET integrato con il realizzato sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition, cioè controllo di supervisione e acquisizione dati) dell'Autorità Portuale di Salerno.

Ai fini dell'affidabilità del sistema di trasmissione dei segnali si predilige l'adozione di un collegamento diretto in fibra ottica al centro stella situato nella cabina TR3 - molo Trapezio. Detto collegamento, nelle more di realizzazione di un collegamento diretto in fibra ottica, oggetto di altri appalti, potrà essere realizzato con soluzioni di tipo wire-less.

In ogni caso i suddetti collegamenti in fibra ottica dovranno essere resi per il collegamento delle singole apparecchiature facendo ricorso a switch di campo con caratteristiche industriali, adottando soluzioni ridondanti con chiusura ad anello tra le singole.

La comunicazione da e verso ogni stazione di protezione catodica è gestita tramite dispositivi che consentiranno di acquisire in locale tutte le variabili di sistema, che saranno rese al sistema di supervisione al fine di adempiere alle attività di manutenzione e la conformità e/o norme direttive vigenti. A tal fine ogni dispositivo dedicato al singolo alimentatore potrà essere accessibile prediligendo tecnologie WEB-BASED.

In particolare il suddetto sistema SCADA dovrà contenere una serie di sinottici integrativi tenendo conto degli aspetti funzionali: georeferenziazione con indicazione dell'ubicazione delle apparecchiature, monitoraggio delle variabili delle alimentazioni elettriche di ciascun alimentatore (tensione, corrente, potenza attiva- reattiva - apparente, fattore di potenza, energia assorbita, frequenze ecc.) e delle variabili di campo: corrente e tensione degli anodi, lettura delle tensioni di riferimento, temperatura ambiente, temperatura e livello dell'olio interno all'alimentatore, switch per monitoraggio apertura quadri e portelle manufatti di contenimento. Il sistema dovrà garantire la generazione di report delle variabili monitorate con innesco delle soglie degli eventi di warning-alarm ed inoltre degli

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

sms ed e-mail, creazione di pagine dedicate del monitoraggio dei trend delle variabili osservate. Inoltre il sistema dovrà essere interfacciato con gli alimentatori in modo da poter gestire da remoto la corrente erogata all'uscita dei generatori tramite variazione delle stesse.

#### 1.4.4 LINEE DI ALIMENTAZIONE

Tipo: FG7R/0.6-1KV

- Ubicazione: collegamenti principali alimentatore protezione catodica linea anodica e linea catodica, collegamenti di derivazione alimentatore protezione catodica linea anodica e linea catodica, alimentazione elettrica, alimentazione da sezione privilegiata.
- Conduttore: corda unipolare flessibile in rame ricotto stagnato (CEI 20-29)
- Isolamento: G7 MINICHLOR isolati con gomma HEPR etilenpropilenica ad alto modulo per bassa tensione (CEI 20-22) (CEI 20-13)
- Guaina esterna: polivinilcloruro (PVC) qualità Rz (CEI 20-11)

Tipo: H07RN8-F/0.45-0.75KV

- Sezioni: per elettrodi immersi, per anodi immersi.
- Conduttore: corda unipolare flessibile in rame ricotto stagnato (CEI 20-29)
- Isolamento: Gomma EI4, che conferisce al cavo elevate caratteristiche elettriche, meccaniche e termiche
- Guaina esterna: Gomma EI2 speciale, caratteristiche costruttive a norma (CEI 20-19)

Tipo: N07V-K/0.45-0.75KV

- Sezioni: per collegamenti di terra colore G/V
- Conduttore: corda unipolare flessibile in rame rosso ricotto (CEI 20-20)
- Isolamento: in PVC di qualità R2

Tipo: Corda di rame nudo

- Sezioni: per collegamenti di terra

Collegamento con adeguati conduttori equipotenziali (barre metalliche saldate al palancolato) degli alimentatori catodici con le paratie.

#### 1.4.5 CAVIDOTTI

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

Saranno inoltre predisposti i cavidotti necessari per i diversi collegamenti ai gruppi di alimentazione:

- realizzazione delle dorsali dei collegamenti principali: dorsali in PEAD corrugati a doppia parete interrati, rinalzati con sabbia e sabbietta, apposizione di nastro monitor e disposizione di substrato in cls per la protezione meccanica;
- realizzazione dei collegamenti tra i dispersori anodici e l'alimentatore catodico: dorsali in PEAD corrugati a doppia parete interrati, rinalzati con sabbia e sabbietta, apposizione di nastro monitor e disposizione di substrato in cls per la protezione meccanica fino al pozzetto di derivazione ubicato sulla trave di correa;
- realizzazione dei collegamenti tra i box di derivazione delle linee anodiche e gli anodi:
- collegamenti in PVC/PEAD /PP in tubazioni lisce inglobate nel getto della trave di correa, per la sola parte di derivazione all'anodo immerso in PEAD corrugati a doppia parete;
- Inoltre saranno previsti corrugati in PEAD a doppia parete interrati, rinalzati con sabbia e sabbietta, apposizione di nastro monitor e disposizione di substrato in cls per la protezione meccanica, adibiti alle connessioni equipotenziali delle strutture metalliche da proteggere ubicate all'interno della banchina e l'impianto di terra.

Tutti i cavi confluiranno nel previsto cunicolo tecnico da realizzare lungo il ciglio delle banchine

#### **1.4.6 POZZETTI**

Pozzetti di ispezione e derivazione in calcestruzzo vibrato idonei all'utilizzo in strade di 1a categoria (calcestruzzo con resistenza caratteristica Rck 30 ed impiego di cemento UNI ENV 197/1 tipo 42.5). Il pozzetto prefabbricato sarà di tipo monolitico con pareti in cls armato non inferiori a 15 cm di spessore ben allettato e rinalzato con cls.

I pozzetti saranno predisposti di idonei diaframmi sfondabili, in numero 4 per lato, per tubi con diametro esterno fino a 160, un ulteriore foro di diametro da 100 mm sarà previsto sul fondo e consentirà il drenaggio dello stesso, previa apposizione di substrato di allettamento realizzato con materiale drenante.

Soletta di copertura realizzata in blocco monolitico in calcestruzzo vibrato idonei all'utilizzo in strade di 1a categoria (calcestruzzo con resistenza caratteristica Rck 30 ed impiego di cemento UNI ENV 197/1 tipo 42.5) predisposta per l'appoggio del chiusino avente spessore non inferiore a 20 cm.

#### **1.4.6 CHIUSINI**

Chiusini dedicati ai circuiti di energia ed alimentazione elettrica

Fornitura in opera dei chiusini per pozzetti prefabbricati in ghisa sferoidale. Chiusino di fabbricazione CEE, in ghisa sferoidale 500-7 a norma ISO 1083 (1987) conforme alla classe F 900 della norma UNI-EN 124 (1995) ed al regolamento di certificazione qualità prodotto NF-110, con carico di rottura > 900 kN, rivestito di vernice protettiva idrosolubile

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %* PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

di colore nero conforme alla norma BS 3416, peso complessivo non inferiore a Kg 110 circa, composto da:

- coperchio circolare con superficie a rilievi antisdrucchiolo articolato al telaio con sistema che ne garantisce il centraggio automatico in fase di chiusura, dotato di bloccaggio antichiusura accidentale e sfilabile dal telaio, in posizione aperto a 90°, senza smontaggio di particolari della articolazione;
- guarnizione circolare continua, antirumore ed antibasculamento, in policloroprene ad alta densità con larga base piana di appoggio e profilo speciale per essere posizionata in una apposita gola, circolare, ricavata per fusione nella parte inferiore del coperchio;
- telaio a base quadrata munito di alveoli per ottimizzarne la presa nella malta cementizia e 4 fori Ø 25 mm., per l'utilizzo di eventuali zanche di fissaggio sul pozzetto.
- Tutti i componenti del dispositivo devono riportare le seguenti marcature realizzate per fusione, posizionate in modo da rimanere possibilmente visibili dopo l'installazione:
  - Nome o logo del fabbricante
  - Nome e logo dell'Autorità Portuale di Salerno
  - Luogo di fabbricazione (può essere in codice)
  - Data e/o lotto di produzione
  - Norma di riferimento (UNI-EN 124 o EN 124)
  - Classe di resistenza: F 900
  - Marchio qualità prodotto, rilasciato da organismo di certificazione indipendente, a garanzia delle caratteristiche dichiarate dal produttore e della conformità al regolamento NF-110.

#### Chiusini dedicati alla distribuzione in bassissima tensione del sistema di protezione catodica

Fornitura in opera dei chiusini per pozzetti realizzati su trave di correa di fabbricazione CEE, in ghisa sferoidale 500-7 a norma ISO 1083 (1987) conforme alla classe F900 della norma UNI-EN 124 (1995) con carico di rottura > 900 kN.

- Composto da telaio realizzato monoblocco per fusione e due semicoperchi triangolari, incernierati al telaio, ad appoggio tripode con sistema di chiusura per accavallamento successivo e chiavistello di bloccaggio sul primo semicoperchio.
- Il chiusino deve inoltre rispettare le seguenti caratteristiche funzionali:
- Peso complessivo non inferiore a 216 Kg.
- Articolazioni realizzate ghisa su ghisa esterne alla luce del telaio.
- Apertura massima dei semicoperchi 110° circa.

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C* PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

- Blocco di sicurezza contro la chiusura accidentale dei semicoperchi in posizione aperti a 90°.
- Semicoperchi sfilabili dal telaio in posizione aperti a 90° senza necessità di smontare particolari delle articolazioni.
- Manovre di apertura e chiusura dei semicoperchi con sforzo dell'operatore < a 62.5 Kg.
- A semicoperchi aperti due lati adiacenti del telaio devono risultare sgombri da ostacoli per consentire l'ispezione senza la necessità di sfilare dalla propria sede i semicoperchi stessi.
- La chiave di sicurezza atta all'azionamento del chiavistello deve consentire anche la manovra del secondo semicoperchio.
- In rivestimento protettivo del chiusino deve essere realizzato con vernice idrosolubile senza solventi non tossica e non inquinante.
- Su tutti gli elementi del chiusino devono essere riportate di fusione ed in modo leggibile le seguenti marcature:
  - UNI-EN 124 o EN 124 (Ad indicazione della norma applicata)
  - Classe F900
  - Nome e logo dell'Autorità Portuale di Salerno
  - Nome o logo produttore e luogo di fabbricazione che può essere in codice purché sia registrato presso un organismo di certificazione prodotto abilitato allo scopo).
  - Marchio di qualità prodotto di un organismo che risulti abilitato e riconosciuto alla certificazione qualità di prodotti appartenenti al medesimo settore merceologico.

#### **1.4.7 MANUFATTI IN C.A. PER ALLOGGIO CONTATORI**

Una struttura in c.a. munita di portella in acciaio INOX AISI 316L, con spessore non inferiore a 15/10, conterrà una carpenteria in poliestere rinforzata con fibre di vetro, grado di protezione IP65. Nella carpenteria saranno cablati tutti i dispositivi di comando e protezione dei vari circuiti

### **1.5 CALCOLO IMPIANTO DI PROTEZIONE CATODICA**

#### **1.5.1 PREMESSA**

##### Norme applicabili

Per la progettazione sono seguite le raccomandazioni contenute nelle norme che seguono.

- DNV RP B401 %Cathodic Protection Design+(1993)
- UNI EN 13174 %Protezione catodica per installazioni portuali+(2001)
- UNI EN 12954 %Protezione catodica di strutture metalliche interrate o immerse . Principi generali e applicazione per condotte+(2002)

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

- UNI CEI 8 %Dispositivi di protezione catodica . Alimentatore di protezione catodica+(1997)
- UNI 10835 %Protezione catodica di strutture metalliche interratoe . Anodi e dispersori per impianti a corrente impressa . Criteri di progettazione ed installazione+(1999)
- UNI EN 12473 %Principi generali di protezione catodica in acqua di mare+(2002)

### Natura della corrosione e principi di protezione

A temperatura atmosferica, la corrosione dei metalli è definita da un processo elettrochimico agente sulla superficie metallica che si trova a contatto con un elettrolita.

L'elettrolita può essere costituito da un sottile velo di acqua in cui si possono trovare disciolti dei sali (corrosione in atmosfera) oppure può essere costituito completamente dall'ambiente circostante (es.: metallo immerso in mare).

Sulla superficie del metallo a contatto con un elettrolita, in fase di corrosione, si vengono a creare celle elettrochimiche attive e si viene ad instaurare un flusso di corrente tra aree anodiche e catodiche.

La distribuzione delle aree anodiche e catodiche dipende dalle superfici metalliche (inclusioni di impurità, strati ossidati come scorie di laminazione, variazione dello stato fisico, ecc.) e dalla natura dell'ambiente che le circonda.

A causa della differenza di potenziale tra le aree anodiche e catodiche, gli ioni metallici caricati positivamente lasciano la superficie metallica in corrispondenza delle aree anodiche mentre gli elettroni lasciano la superficie in corrispondenza delle aree catodiche. In questo modo la corrosione si trasferisce sulle parti anodiche dove gli ioni metallici reagiscono con l'elettrolita formando i tipici risultati della corrosione. Sulle aree catodiche la dissoluzione dei metalli non ha luogo in quanto le reazioni avvengono nell'elettrolita.

I potenziali anodici e catodici sono normalmente riferiti ad elettrodi Rame/Rame Solfato (Cu/CuSO<sub>4</sub>), ad elettrodi Argento/Argento Cloruro (Ag/AgCl) o ad elettrodi in zinco ad elevata purezza. Il primo viene utilizzato nei terreni, il secondo in acqua di mare, il terzo in acqua ed in terreni ad elevata conducibilità.

I potenziali naturali del ferro e dell'acciaio in contatto con terreno o acqua sono negativi quando sono riferiti agli elettrodi Cu/CuSO<sub>4</sub> o Ag/AgCl, e positivi quando riferiti all'elettrodo di zinco; tuttavia aree diverse della stessa parte di superficie metallica può avere potenziali diversi.

### Cause della corrosione

#### Condizioni delle superfici metalliche:

Nel caso in cui una superficie in acciaio sia ricoperta parzialmente di ruggine o scorie di laminazione, essa risulta catodica rispetto alla parte circostante dell'acciaio nudo in

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

quanto quest'ultimo presenta un potenziale relativo più basso. La corrosione diviene particolarmente grave quando il rapporto tra le parti ricoperte di ruggine o scorie di laminazione e le parti costituite da acciaio nudo risulta elevato.

Quando una superficie in acciaio presenta delle inclusioni costituite da impurità di un metallo nobile (es.: rame), si innesca un processo di corrosione sull'acciaio che circonda le impurità.

Nel caso di accoppiamenti tra metalli diversi e circondati dallo stesso elettrolita, il metallo meno nobile tende a corrodersi più gravemente e quello più nobile meno gravemente di quanto accadrebbe in assenza di tale accoppiamento. Un esempio di ciò consiste nel deterioramento del rivestimento in zinco che avviene quando si accoppia un tubo in acciaio zincato con un tubo in acciaio.

#### Ambiente:

Se un metallo è circondato da due diversi elettroliti, la superficie metallica circondata dall'elettrolita più conduttivo diventa anodica rispetto alla superficie metallica adiacente che si trova in un elettrolita meno conduttivo. Una tale situazione si verifica quando una tubazione attraversa due zone di terreno diverse.

Un'altra importante fonte di corrosione è la condizione riconducibile alla "teoria della aerazione differenziale". Quando un metallo è circondato da un unico elettrolita ed in alcune zone questo presenta una maggiore ossigenazione, le aree del metallo a contatto con l'elettrolita più ricco di ossigeno risulteranno catodiche mentre le aree a contatto con l'elettrolita più lentamente rifornito di ossigeno risulteranno anodiche e pertanto si corroderanno.

Da non trascurare è la corrosione batterica dovuta a batteri solfato-riduttori che risultano particolarmente attivi in ambienti anaerobici: questi micro-organismi possono infatti esistere in forma attiva solo in assenza di ossigeno libero.

La corrosione batterica del ferro e dell'acciaio, in condizioni anaerobiche di umidità, è spesso rapida ed estremamente grave.

#### Protezione catodica

Il principio della protezione catodica consiste nel rendere il potenziale di tutte le superfici della struttura in acciaio sufficientemente negativa rispetto al potenziale medio dell'ambiente circostante in modo da assicurare che non si instauri un flusso di corrente dal metallo verso l'ambiente. Ciò avviene forzando una circolazione di corrente elettrica dall'elettrolita verso la superficie del metallo da proteggere, eliminando quindi le zone anodiche.

La circolazione di corrente può essere ottenuta da qualunque fonte esterna, quale una batteria, un raddrizzatore di corrente alternata, un generatore di corrente continua oppure per azione galvanica.

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %* PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

I metodi sono essenzialmente di due tipi: ad anodi sacrificali e a corrente impressa. Con il metodo ad anodi sacrificali, così denominati in quanto la protezione della struttura comporta un conseguente consumo di essi per corrosione elettrochimica, si sfrutta l'azione galvanica per ottenere la corrente di protezione.

La superficie della struttura diventa catodica tramite la connessione elettrica ad una massa, interrata o immersa nello stesso elettrolita circostante il metallo da proteggere, costituita da un metallo meno nobile; il metallo meno nobile viene pertanto a costituire il sistema anodico del sistema.

Leghe in Magnesio, Alluminio e Zinco sono normalmente utilizzate per questo scopo.

Con il metodo a corrente impressa, la struttura viene posta in un circuito elettrico in cui la corrente di protezione è fornita da un generatore esterno di corrente continua. Il polo positivo viene collegato ad un sistema anodico comunemente chiamato "dispersore anodico", mentre il polo negativo viene collegato alla struttura da proteggere; il circuito elettrico si richiude attraverso l'elettrolita e la corrente fluendo dal dispersore anodico alla struttura la porta in protezione.

Il dispersore può essere composto da anodi in grafite, in ferro/silicio/cromo, in titanio platinato, in niobio platinato, in tantalio platinato, in titanio attivato (anodo DSA).

Questi materiali vengono utilizzati nella costituzione di sistemi anodici operanti sia in terreni sia in acqua e, essendo caratterizzati da un basso livello di consumo, risultano correttamente operativi per periodi lunghi.

### 1.5.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE DA PROTEGGERE

Le opere strutturali di consolidamento verranno realizzate mediante la prosecuzione di paratie di sostegno verticali in elementi metallici infissi, costituiti da tubi di grande diametro ed elementi con profilo a %\* vincolati in sommità con tiranti di ancoraggio in barre d'acciaio.

Il riempimento all'interno dei tubi sarà costituito da cls Rck 30 mentre il riempimento all'interno delle paratie sarà costituito da materiale arido di cava.

Una trave di coronamento in conglomerato cementizio armato svolgerà la funzione di collegamento tra i diversi elementi strutturali.

Nel progettare il sistema di protezione catodica si terrà conto della presenza di tale rivestimento cementizio di parte delle paratie metalliche come sistema di protezione passiva contro l'attacco corrosivo dell'acqua di mare (fino a quota -1,00 m, nella zona di maggior attacco corrosivo).

Le superfici metalliche esposte da proteggere dalla corrosione consistono in paratie metalliche realizzate con pali di grande diametro intervallati da palancole con profilo a %\* aventi le seguenti caratteristiche:

Dimensioni degli elementi:

- Pali: diametro esterno 1,80m, spessore 25 mm;
- Palancole: larghezza 1,32 m;
- Interasse tra i tubi: 3,12 m.

Tutti i tubi e le palancole in acciaio sono lunghi 33,00 m, di cui (relativamente al battente finale di progetto):

- 17,50 m infissi nel fondale;
- 2,20 m annegati nel calcestruzzo della trave di coronamento;
- 13,30 m esposti all'acqua di mare.

La superfici delle paratie da proteggere dalla corrosione si sviluppano linearmente per una lunghezza all'incirca di 310 m.

### 1.5.3 DATI PROGETTUALI

#### Vita di progetto

Il sistema di protezione catodica è progettato per garantire condizioni di protezione per una durata > di 30 (trenta) anni.

#### Potenziali di protezione

In accordo con quanto suggerito dalle norme applicabili si assumono i seguenti valori di potenziale di protezione (potenziali riferiti all'elettrodo in Zinco):

- potenziale di protezione per le superfici in acqua = +0,25 V
- potenziale di protezione per le superfici in terreno = +0,15 V

MATERIALE	MINIMO POTENZIALE	
	Elettrodo Ag/AgCl	Elettrodo Zn
Ferro e acciaio ambiente Aerobico	-0.80 V	+0.25 V
Ferro e acciaio ambiente Anaerobico	-0.90 V	+0.15 V
Acciaio inox (PREN ≥ 40)	-0.30 V	+0.75 V
Acciaio inox (PREN < 40)	-0.60 V	+0.45 V
Duplex	-0.60 V	+0.45 V

Tabella dei potenziali rispetto all'elettrodo di riferimento Argento/Cloruro Argento e Zinco in acqua di mare raccomandato per la protezione catodica di vari metalli in acqua di mare.

### Resistività del terreno

Con riferimento ai risultati di misure eseguite sul terreno, si è constatato che la resistività del terreno ( $\rho$ ) è pari a 0,49  $\Omega \cdot m$ , mentre per l'acqua di mare verrà considerato un valore di resistività ( $\rho$ ) di 0,25  $\Omega \cdot m$ .

### Superfici delle strutture da proteggere

Ai fini del calcolo, le aree da proteggere sono state raggruppate nelle due seguenti categorie in relazione ai differenti ambienti che le circondano:

- superfici esposte all'acqua di mare;
- superfici esposte a fango, argilla, sabbia marina.

In accordo con quanto sopra esposto, le superfici da proteggere, in  $m^2$ , sono date dal calcolo seguente.

### Calcolo delle superfici esposte: paratie con tubi e palancole

Sviluppo lineare della sezione trasversale di un elemento (tubo + palanca) esposto all'acqua marina:

- $C(\text{tubo}) = 2,826 \text{ m}$ ;
- $L(\text{palanca}) = 2 \times 0,205 + 2 \times 0,473 + 0,400 = 1,756 \text{ m}$ ;
- $L_{\text{tot}} = 4,582 \text{ m}$ .

Sviluppo lineare delle paratie = 310 m

- n. elementi =  $310/3,12 = 99$ ;
- superficie lineare esposta =  $99 \times 4,582 = 453,62 \text{ m}$ ;
- H palancole = 33 m.

	Battente iniziale	Battente finale
H palancole in acqua	11,50	15,50
H palancole in fango	21,50	17,50
Superf. tot. in acqua $m^2$	5.216,61	7.031,79
Superf. tot. in fango $m^2$	9.752,79	7.938,32

## 1.5.4 DIMENSIONAMENTO PROTEZIONE CATODICA

### Densità delle correnti di protezione

Considerando la zona (acqua di mare) in cui la paratia metallica viene realizzata e le prescrizioni nella norma Europea UNI EN 13174, nei calcoli verranno assunti i seguenti valori di densità di corrente di protezione (in mA/m<sup>2</sup>):

AREE DA PROTEGGERE	Densità di corrente di polarizzazione iniziale ( $\delta_P$ )	Densità di corrente di mantenimento ( $\delta_M$ )
Superfici in acqua	120	65
Superfici in fango	25	20

### Caratteristiche anodiche

In riferimento agli standard di mercato disponibili, i dispersori anodici saranno costituiti da anodi in titanio attivato LIDA® S.W.T 2.5/100 aventi le seguenti caratteristiche:

- consumo del rivestimento attivo anodico = 0,006 g / A anno
- densità di corrente a regime permanente = 600 A / m<sup>2</sup>
- densità di corrente a regime temporaneo = 637 A / m<sup>2</sup>
- corrente a regime permanente = 47 A
- corrente a regime temporaneo = 50 A
- diametro esterno = 25 mm
- Lunghezza = 1.000 mm
- superficie di erogazione = 0,07854 m<sup>2</sup>

### Correnti richieste

Le palancole, come già detto, sono esposte a due battenti, iniziale e finale.

Le correnti di protezione vengono calcolate considerando la necessità di ottenere inizialmente una corretta polarizzazione catodica delle strutture e, durante la vita operativa, un idoneo stato di protezione.

Nella presente relazione di calcolo, a titolo conservativo, verranno considerate le correnti di protezione per i palancole con battente finale in quanto con tali valori verranno dimensionati gli alimentatori catodici.

Considerando la densità di corrente di protezione e le superfici da proteggere, le correnti di protezione vengono calcolate applicando la seguente formula:

$$I_{Pn} = \frac{S_{Wn} \times \delta_{Wn} + S_{Fn} \times \delta_{Fn}}{1000}$$

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

dove:

$I_{pn}$  = corrente di protezione alle varie condizioni, in A;

$S_{Wn}$  = superfici in acqua alle varie condizioni (battente iniziale e finale), in  $m^2$ ;

$S_{Fn}$  = superfici in fango alle varie condizioni (iniziale e finale), in  $m^2$ ;

$\delta_{Wn}$  = densità di corrente di protezione per le superfici in acqua in  $mA/m^2$  alle varie condizioni (polarizzazione e mantenimento);

$\delta_{Fn}$  = densità di corrente di protezione per le superfici in fango in  $mA/m^2$  alle varie condizioni (polarizzazione e mantenimento).

Quindi adottando le condizioni limite di polarizzazione iniziale al battente finale si hanno seguenti valori di corrente  $I_{pn}$

	Battente iniziale	Battente finale
H palancole in acqua	11,50	15,50
H palancole in fango	21,50	17,50
Superf. tot. in acqua $m^2$	5.216,61	7.031,79
Superf. tot. in fango $m^2$	9.752,79	7.938,32
$I_{p1}$ (mantenimento)	534,14 A	615,79 A
$I_{p2}$ (polarizzazione)	869,81 A	1042,19 A

### 1.5.5 DIMENSIONAMENTO ANODI

#### Numero minimo dei dispersori anodici da impiegare

In base alle caratteristiche anodiche ed alla corrente ( $I_{p2}$ ) di polarizzazione catodica definite in precedenza, il minimo numero di anodi totali richiesti è desumibile dalla relazione:

$$N_{AT(min)} = \frac{I_{p2}}{S_A \times \delta_{AT}} = 21$$

dove:

$N_{AT(min)}$  = numero minimo di anodi da impiegare

$I_{p2}$  = corrente di polarizzazione = 1042,19 A;

$S_A$  = superficie di erogazione dell'anodo = 0,07854  $m^2$

$\delta_{AT}$  = densità di corrente anodica a regime temporaneo = 637  $A/m^2$

#### Peso attivazione in Titanio su ciascun anodo LIDA

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

Poiché al sistema di protezione catodica è richiesta una durata maggiore di 30 anni, ciascun anodo dovrà presentare il supporto di titanio attivato superficialmente da un rivestimento avente un peso non inferiore a:

$$W_{RIV(anodo)} > \frac{I_{P1} \times D \times c_A}{N_{ANODI(tot)}} = 2,77 \text{ g}$$

dove:

$W_{RIV(anodo)}$  = peso del rivestimento di attivazione di ogni anodo;

$I_{P1}$  = corrente di mantenimento = 615,79 A;

$D$  = durata richiesta = 30 anni;

$c_A$  = consumo del rivestimento attivo anodico = 0,006 g / A anno;

$N_{ANODI(tot)}$  = numero totale di anodi previsti = 48.

### 1.5.6 DIMENSIONAMENTO ALIMENTATORI CATODICI

Fondamentali parametri per identificare gli alimentatori catodici sono:

- la corrente nominale in uscita
- la tensione nominale in uscita

#### Correnti nominali

In questo caso specifico, il parametro *corrente nominale* viene stabilito dal numero di anodi da impiegare.

La scelta del numero e capacità degli alimentatori si effettua in relazione alla corrente massima erogabile da ciascun anodo (25 A) ed alla corrente di protezione richiesta.

Per una maggiore distribuzione di corrente gli anodi saranno collegati in modo tale da realizzare gruppi distinti di più anodi ciascuno, collegati ad un alimentatore catodico.

#### Tensioni nominali

Per quanto riguarda invece la tensione minima nominale, essa è desumibile applicando la relazione di Ohm:

$$V_n = R_T \times I_n$$

dove:

$V_n$  = tensione nominale minima, in V

$R_T$  = resistenza totale del circuito allacciato a ciascun alimentatore, in  $\Omega$

$I_n$  = corrente nominale dell'alimentatore

Al fine di determinare gli effettivi valori delle resistenze totali  $R_T$ , va considerato che i dispersori anodici, oltre che presentare una resistenza di contatto  $R_a$ , presentano una resistenza ohmica  $R_C$  in quanto vengono collegati al corrispondente alimentatore mediante cavo elettrico la cui lunghezza varia in funzione della distanza dispersore-alimentatore.

### 1.5.7 DESCRIZIONE DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO

Corrente richiesta  $I_{P2} = 1042,19 \text{ A}$ ;

Numero minimo di dispersori anodici  $N = 21$

Numero previsto di dispersori anodici  $N = 48$

Dimensionamento alimentatori considerando gli standard produttivi si prevede l'installazione di n. 3 alimentatori aventi corrente nominale di 500 A collegati a n. 48 anodi.

#### Alimentatori catodici (alimentatori da 500 A)

- |                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Funzionamento:         | tensione e/o corrente costante                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Alimentazione in c.a.: | trifase - 380 V - 50 Hz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Uscita in c.c.:        | 20 V . 500 A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Regolazione:           | continua da 0 a 100% della tensione e/o corrente nominale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Grado di protezione:   | IP55                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Raffreddamento:        | in olio a circolazione naturale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Fissaggio:             | su basamento mediante tirafondi MA12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Dimensioni:            | 1730x910x930mm (altezza x larghezza x profondità)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Carpenteria            | in acciaio INOX 316                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Componenti:            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- interruttore trifase magnetotermico <math>I_n = 32 \text{ A}</math></li> <li>- trasformatore trifase Y/y : 13 kVA 400V/20V</li> <li>- alimentazione scheda di controllo</li> <li>- ponte raddrizzatore trifase semi controllato con diodi e tiristori al silicio</li> <li>- voltmetro digitale . classe 0.5 per tensione in uscita</li> <li>- voltmetro digitale - classe 0.5 per potenziale</li> <li>- amperometro digitale . classe 0.5 per corrente erogata</li> <li>- shunt: 600A - 60 mV e 150 A - 60 mV</li> </ul> |
|                        | - lampade di segnalazione presenza alimentazione in c.a.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                        | - scheda elettronica per controllo in retrazione, prelievo e condizionamento segnali per interconnessione con PLC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                        | - morsettiera                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Protezioni elettriche: | <ul style="list-style-type: none"> <li>- fusibili in ingresso da 25A</li> <li>- fusibili in uscita da 125 A tipo gG</li> <li>- varistori in ingresso da 300 Vrms</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %*: <i>PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO</i> RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

- varistori in uscita da 75 Vrms

#### Anodi

Q.tà anodi : ..... N° 48

Tipo anodo:..... titanio attivato (LIDA® S.W.T 2.5/100)

Dimensioni anodo: ..... - diametro = 25 mm

- lunghezza = 1000 mm

*Peso (min.) attivazione per anodo:.....2,77 g*

Assemblaggio anodi:..... su cavo H07RN8-F/0.45-0.75KV 1x50 mm<sup>2</sup>

Corrente max erogabile per anodo:..... - 50 A per anodo a regime temporaneo

- 47 A a regime permanente

#### Elettrodi di riferimento

Q.tà anodi : ..... N° 6

Tipo:..... zinco iperpuro (Zn = 99,90%)

Dimensioni: ..... 40x40x900 mm

Cavo di collegamento:..... 1x16 mm<sup>2</sup> tipo H07RN8-F/0.45-0.75KV

#### NOTE:

Al fine di evitare cortocircuiti tra anodi e battente delle palancole (catodo), è necessario dotare ciascun anodo di supporti di fissaggio in materiale isolante.

Inoltre, per evitare dei potenziali negativi troppo elevati, è necessario provvedere ad isolare la superficie metalliche sottostante ciascun anodo mediante vernice o resinatura (delle dimensioni di circa 1400x500 mm).

## **1.6 IMPIANTO IDRICO ED ANTINCENDIO**

### **1.6.1 PREMESSE**

Gli impianti previsti in questo capitolo saranno realizzati con il realizzando impianto idrico e antincendio di adeguamento e potenziamento di tutto il porto.

Nel caso specifico viene affrontato l'intervento di adeguamento e potenziamento della rete idrica e antincendio portuale nelle zone di ampliamento tenendo conto che il progetto a servizio delle opere esistenti ha già tenuto conto dell'incremento delle utenze da servire a seguito della già programmata realizzazione dei nuovi banchinamenti.

L'estensione delle reti e la loro localizzazione avrà caratteristiche prestazionali analoghe al succitato progetto di adeguamento e potenziamento della rete idrica e antincendio portuale che è stato realizzato con condotte separate per la rete idropotabile e per l'antincendio, al fine di perseguire un ottimizzazione di funzionamento degli impianti

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C+ PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

nonché per la scelta di utilizzare fonti di alimentazione distinte ed in particolare l'utilizzo di una risorsa idrica virtualmente inesauribile costituita dallo specchio d'acqua del mare per la rete antincendio.

In definitiva, le nuove reti idropotabile e antincendio costituiranno un prolungamento di quelle già progettate per le banchine esistenti.

## 1.6.2 DESCRIZIONE DELLE RETI

Le opere di adduzione della risorsa idrica e antincendio prevederanno il prolungamento sui nuovi banchinamenti delle infrastrutture già progettate per i moli esistenti i cui criteri principali adottati vengono qui di seguito riassunti:

A. per la rete idrica:

- il prelevamento della risorsa idrica dall'adduttrice acquedottistica cittadina gestita dalla SALERNO SISTEMI S.p.A. con una condotta DN 250 in acciaio ubicata sulla via Ligea;
- ulteriore punto di consegna (da utilizzarsi quale riserva) posizionato sulla via Molo Manfredi con una condotta DN100;
- la distribuzione della risorsa idrica alle utenze sia a terra che a mare tramite una rete, realizzata impiegando tubazioni in PE a.d. di classe PE 100 a norma UNI 10910;

B. per la rete antincendio:

- la costruzione di un'opera di presa da una risorsa virtualmente inesauribile costituita da due vasche completamente interrata che alimenta un opportuno impianto di pompaggio;
- le necessarie opere di impiantistica idraulica atte a consentire il funzionamento del sistema costituito dalle vasche interrate nella massima affidabilità ed elasticità di gestione;
- la distribuzione della risorsa antincendio alle utenze sia a terra che a mare tramite una rete, realizzata impiegando tubazioni in PE ad di classe PE 100 a norma UNI 10910 per i tratti interrati e con tubazioni in ghisa sferoidale a norma UNI EN 545 per la posa in cunicolo, al fine di garantire materiali di classe zero nel rispetto delle Norme UNI 9490 e 10779;

C. per entrambe le reti:

- le opere di parte a servizio delle reti sono essenzialmente costituite dai pozzetti di scarico, di sfiato, di interconnessione, di allacciamento per le utenze nonché dai necessari blocchi di ancoraggio della tubazione, idranti sottosuolo.

## TUBAZIONI

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %* PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

materiale Polietilene ad alta densità PE 100 secondo UNI 10910;

materiale Ghisa sferoidale secondo UNI EN 545;

pressioni nominali PN 16.

### **APPARECCHIATURE E PEZZI SPECIALI**

materiale Ghisa sferoidale secondo UNI EN 545;

pressioni nominali PN 16.

### **1.6.3 IMPIANTO ANTINCENDIO**

Gli impianti con idranti devono essere progettati e costruiti garantendo il massimo grado di affidabilità, durata, facilità d'uso.

La rete antincendio adotta uno schema idraulico con una configurazione ad anelli chiusi che interessa sia la banchina a protezione delle utenze a mare che le aree dei concessionari, con un differente interasse degli idranti sottosuolo, ed in particolare 60 m per gli idranti sulla banchina e 40 m per gli idranti perimetrali alle aree in concessione.

Le norme cui ci si è riferiti per la progettazione della rete antincendio sono la UNI 9490 del 30/04/98 e la UNI 10779 del 30/09/98, inoltre ci si è basati sulle disposizioni dettate dal Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco ed sulla buona tecnica ingegneristica derivante dall'esperienza maturata dallo scrivente RTI nell'ambito delle opere idrauliche.

Allo scopo di minimizzare l'impatto delle opere ed i relativi costi di costruzione e gestione per l'alimentazione della rete antincendio si è adottata una riserva virtualmente inesauribile (quali specchi o corsi d'acqua, naturali o artificiali, a regime permanente così come previsto al punto 4.1 della UNI 9490).

#### TUBAZIONI

L'ampliamento della rete consisterà in una condotta disposta lungo il perimetro di ampliamento delle banchine, collegata a quella già prevista nel progetto principale e tale da costituire uno *schema ad anello ramificato*.

Gli idranti adoperati saranno quelli del tipo sottosuolo, questa scelta deriva dalla esigenza di preservarli dalle macchine di movimentazione dei containers che generalmente divelgono tutto ciò che è sopraelevato rispetto al piano della banchina ed è un ostacolo fisso, come la segnaletica verticale presente nell'Area Portuale, ed è proprio sulla base di tali considerazioni che si è convenuto sull'utilizzo di tale tipologia di idranti, superando anche l'eventuale problema della loro copertura prevedendo una maglia di idranti infittita sui lati delle maglie per le aree a terra e sulla banchina per le utenze a mare.

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %* PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

In particolare l'alimentazione avverrà tramite le già previste due vasche di presa, dalle quali si dipartono le condotte di adescamento che giungono alla camera di manovra, nella quale trovano alloggio i gruppi di pressurizzazione soprabattente oggetto dell'intervento principale.

#### **1.6.4 RETE DI DISTRIBUZIONE IDROPOTABILE: DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE IDRAULICHE**

La rete idropotabile adotta uno schema idraulico con una configurazione ad anelli chiusi che impegna sia la banchina per servire le utenze a mare che le aree dei concessionari per le differenti attività dislocate in esso, caratterizzato da un differente interasse dei pozzetti di fornitura sul molo pesca (1 pozzetto/20 m) e sul molo commerciale (1 pozzetto/50 m).

Nella progettazione si è tenuto conto delle previsioni del Piano Regolatore Portuale in riferimento ai nuovi banchinamenti previsti, ed in particolare al prolungamento della banchina di Ponente e del Molo Manfredi, nonché della infrastrutturazione da realizzarsi con alcuni interventi quali l'edificio di servizi dell'Autorità Portuale e la nuova Stazione Marittima.

Il dimensionamento idraulico, e le opportune verifiche idrauliche, della rete idropotabile è stato affrontato, in sede di progettazione dell'intervento di adeguamento e potenziamento della rete idrica e antincendio portuale.

#### **1.6.5 IMPIANTI PORTUALI IDRICO E ANTINCENDIO**

##### **Tubazioni e modalità di posa in opera**

Le tubazioni saranno posate nel cunicolo di sottoservizi, altrimenti saranno posate in trincea.

Le condotte poste in opera all'interno del cunicolo avranno una profondità di 1.00 m e di 1.50 m e saranno opportunamente ancorate a mezzo di appoggi in materiale metallico alle pareti del cunicolo stesso, le piastre di ancoraggio saranno tre e disposte su uno stesso lato del cunicolo a quote differenti, su quella disposta superiormente saranno ancorati i due cavidotti in PVC corrugato per il passaggio dei cavi elettrici e dei telesegnali, su ciascuna delle altre due saranno disposte le condotte in PE a.d. dell'idrica e dell'antincendio, appoggi che saranno posti ad un passo di circa 2 m.

In trincea avremo le condotte poste sempre ad una profondità pari a 1.00 m ed 1.50 m misurate a partire dalla base del tubo sino al piano campagna, le cui dimensioni sono:

base maggiore:                    2.56 m;

base minore:                        1.00 m;

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

altezza: 1.85 m;

ed allettate in sabbia silicea per uno spessore pari a 20 cm. Sarà inoltre garantito un eguale ricoprimento ed un rinfiacco pari a 20 cm.

Una tale profondità è sia sufficiente a preservare la condotta dagli effetti ovalizzanti indotti dai carichi stradali, grazie anche alla realizzazione di una soletta di copertura in calcestruzzo debolmente armato che assorba e distribuisca in maniera uniforme i carichi dinamici su di essa agenti, ed inoltre tutela sia la risorsa idropotabile sia la tubazione dalle escursioni termiche; che a garantire le lavorazioni all'asciutto evitando le problematiche dovute al ritrovamento di acqua di mare nelle sezioni di scavo.

Sfruttando il medesimo scavo per la posa delle tubazioni in PE a.d., si provvederà anche alla posa in di idonee tubazioni in PVC corrugato per il passaggio dei cavi elettrici e dei telesegnali, in sede esecutiva si verificherà l'eventuale esigenza per la realizzazione di pozzetti rompitratta.

Saranno inoltre posti in opera due nastri segnalatori durante il rinterro, sulla verticale della tubazione da proteggere al di sopra della generatrice superiore delle tubazioni di almeno 30 cm (norma UNI CEI 70030), per indicare la presenza delle condotte idropotabile ed antincendio, chiaramente laddove le condotte vengono poste in opera in trincea.

Tale nastro di localizzazione avrà una larghezza di 100 mm e sarà costituito da un doppio film in polietilene marchiato ogni metro sul lato interno del film trasparente con la scritta indelebile "*attenzione tubo acqua*", esso consente all'operatore dell'escavatore all'inizio dello scavo di rilevare l'ubicazione esatta di tali sottoservizi.

Si ritiene opportuno segnalare che, atteso l'elevato valore del coefficiente di dilatazione termica del PE a.d., l'interramento sarà effettuato, per i primi 50 cm di profondità, per l'intero tratto di condotta posato evitando, tassativamente, l'esposizione ai raggi solari. La connessione dei vari tratti di condotta sarà effettuata dopo un tempo sufficientemente lungo a garantirne l'assestamento dovuto alle variazioni di lunghezza indotte dal rinterro.

### **Apparecchiature e pezzi speciali.**

Le apparecchiature in dotazione alla rete sono le saracinesche, necessarie ad effettuare le opportune manovre, le cui caratteristiche sono:

- SARACINESCHE :

materiale: *ghisa sferoidale GS 400 secondo UNI ISO 1083;*

rivestimento: *polvere epossidica;*

pressione nominale: *PN 16;*

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO <del>di</del> <b>PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO</b> RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

scartamento: *ridotto;*  
 corpo: *piatto;*  
 giunzione: *flangiata.*

I rivestimenti delle apparecchiature saranno conformi alla Circolare del Ministero della Sanità n. 102 del 02.12.1978.

I vari tronchi di tubazione saranno mutuamente interconnessi in modo da creare la rete. La connessione avverrà in appositi pozzetti mediante opportuni ~~pezzi speciali~~ ~~pezzi speciali~~.

I pezzi speciali previsti sono: pezzi a T, curve normali le cui caratteristiche sono:

materiale: *ghisa sferoidale secondo UNI EN 545;*  
 tipo di giunzione: *flangiata;*  
 rivestimento interno: *pittura bituminosa;*  
 rivestimento esterno: *pittura bituminosa;*  
 pressione nominale: *PN 16.*

### **Opere d'arte**

#### **Opere d'arte - Generalità.**

Quando le reti in progetto vengono poste in opera in trincea, nelle sezioni definite tipo 3, le opere d'arte a loro servizio sono: i pozzetti di scarico, di interconnessione fra i vari rami della rete, inoltre per quella antincendio ci sono anche i pozzetti per idranti sottosuolo nonché di interconnessione dalla vasca di presa.

Differente è il caso in cui ci troviamo nel cunicolo dove in corrispondenza delle interconnessioni e gli scarichi saranno realizzati i passi d'uomo per garantirne l'ispezionabilità e la manutenibilità delle apparecchiature.

#### **Opere d'arte - Pozzetti di scarico.**

I pozzetti di scarico sono opere atte a contenere le apparecchiature deputate allo scarico dei tratti di condotta che ad esso fanno capo

Dal punto di vista costruttivo sono costituiti da pareti in elevazione, soletta di copertura e platea di fondazione in conglomerato cementizio armato con barre di acciaio ad aderenza migliorata tipo B450C

Il chiusino sarà in ghisa sferoidale di classe F900 secondo la norma UNI EN 124.

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

All'interno della cameretta saranno sistemate le apparecchiature facenti capo ai tratti di condotta da scaricare. Le tubazioni saranno allocate su appositi baggioli realizzati in muratura di mattoni pieni aventi dimensioni 0.25 x 0.25 x 0.50 m e ciò al fine di permettere l'esecuzione delle manovre, nonché l'eventuale smontaggio delle apparecchiature, in condizioni di sicurezza. L'acqua proveniente dalla condotta sarà scaricata in apposito pozzettino ricavato sagomando opportunamente la platea di fondazione. Da esso diparte la tubazione in PVC DN200 secondo UNI 303/1 SN4 SDR41 destinata a convogliare le acque verso il recapito finale costituito dal sistema di collettamento esistente.

#### **Opere d'Arte - Pozzetti di nodo.**

Sono pozzetti ubicati in corrispondenza dei principali nodi delle reti idrica e antincendio al fine permettere l'interconnessione dei rami che la compongono ed alloggiare, altresì, le apparecchiature per le opportune manovre.

Dal punto di vista costruttivo sono costituiti da pareti in elevazione, soletta di copertura e platea di fondazione in conglomerato cementizio armato con barre di acciaio ad aderenza migliorata tipo B450C

Le dimensioni sono 1.50 x 1.50 m, in pianta, e l'altezza è pari a 1.75 m. L'accesso alla cameretta di manovra è consentito da un passo d'uomo a forma quadrata di lato pari a 0.70 m provvisto di chiusino del diametro pari a 0.70 m.

Il chiusino sarà in ghisa sferoidale di classe, F900 secondo la norma UNI EN 124.

Le tubazioni saranno allocate su appositi baggioli realizzati in muratura di mattoni pieni aventi dimensioni 0.25 x 0.25 x 0.50 m e ciò al fine di permettere l'esecuzione delle manovre, nonché l'eventuale smontaggio delle apparecchiature, in condizioni di sicurezza.

#### **Opere d'Arte - Blocco di ancoraggio.**

I blocchi di ancoraggio sono generalmente dei blocchi realizzati in cls non armato oppure debolmente armato, i quali verranno utilizzati laddove la condotta sia sottoposta a spinte particolarmente gravose, che possono comportare lo sfilamento dei giunti.

Questi manufatti saranno calcolati in corrispondenza di ciascuna delle deviazioni planimetriche di particolare rilievo delle reti idropotabile ed antincendio nelle sezioni in trincea, poiché nel cunicolo le condotte saranno adeguatamente ancorate alle piastre di appoggio che svolgono anche la funzione di contrastare la spinta idrodinamica nelle condotte.

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

Infatti quando ci sono dei pezzi speciali, per esempio le curve, le variazioni di diametro tra una condotta e l'altra, ecc., si determinano delle concentrazioni di pressioni e quindi la possibilità di danneggiamento della condotta. Dunque queste spinte devono essere contrastate da questo blocco di ancoraggio.

### **Impianto di telecontrollo**

L'impianto idrico portuale prevede le seguenti apparecchiature/macchine da sottoporre a telecontrollo:

- misuratore di portata del tipo elettromagnetico in ingresso, posto in un pozzetto situato a  $\cong$  130 metri a valle della condotta di adduzione della risorsa idropotabile dalla rete acquedottistica cittadina in acciaio gestita dalla Salerno Sistemi S.p.A.;
- misuratori di portata del tipo contatori ad impulsi in uscita dalla rete, ubicati nei pozzetti situati nei punti di consegna sulla banchina e sul perimetro delle aree in concessione, cioè nei punti di fornitura alle singole utenze;
- valvole motorizzate e telecontrollate per l'erogazione del servizio alle utenze.

#### *Misuratore di portata del tipo elettromagnetico*

Misuratore di portata ad induzione elettromagnetica, corpo e flange in acciaio al carbonio, tubo sensore in acciaio Inox, pressione di esercizio 16 bar (1,6 MPa), rivestimento interno in Teflon o ebanite alimentare, elettrodi in acciaio inox, centralina di conversione a microprocessore, menù guidato in lingua italiana con display a 16 cifre su due linee, grado di protezione IP 66, alimentazione 220 V, segnale in uscita 4-20 mA, flangiato e forato a norme UNI EN 1092-1

#### *Misuratore di portata del tipo contatori ad impulsi*

Il misuratore, con alimentazione elettrica a 220 V, è costituito da una sonda lancia impulsi posta sul quadrante di un normale contatore che, collegata con cavo bipolare dedicato, è in grado di trasferire a grande distanza il segnale rilevato.

A ogni nuovo ciclo di controllo, il misuratore inizia a conteggiare i litri erogati; quando questi raggiungono la quantità stabilita in anticipo rispetto al termine di tempo impostato, viene attivato l'allarme. Ulteriore segnale di allarme acustico può essere impostato anche sui tempi di erogazione. Al termine del periodo di controllo senza che sia intervenuto l'allarme, il misuratore azzerà i dati fino ad allora elaborati e automaticamente inizia un nuovo ciclo.

Il misuratore è in grado altresì di proseguire il conteggio dei litri fino al termine del periodo di controllo anche in presenza di intervenuto allarme.

 Autorità Portuale di Salerno	<b>PORTO COMMERCIALE DI SALERNO</b> OPERE DI CONSOLIDAMENTO POTENZIAMENTO STATICO E AMPLIAMENTO DELLE BANCHINE
	<i>INTERVENTO %C*: PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO</i> RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

L'architettura hardware del sistema di telecontrollo prevede l'installazione di un PLC Master presso l'edificio sala quadri dell'impianto idrico portuale dal quale si dirama una rete dedicata in cavidotti telesegnali che raggiunge alcuni PLC Slave posizionati in prossimità delle apparecchiature in cui vengono raggruppati i segnali provenienti dai sensori installati sulla rete idrica:

Pertanto, è sempre possibile gestire l'impianto idropotabile portuale dal PLC Master dell'edificio servizi.

L'impianto di telecontrollo sarà altresì in grado di gestire gli allarmi dell'impianto antincendio, con particolare riferimento al gruppo di pressurizzazione.

Tutto quanto previsto per le opere principali verrà ovviamente esteso anche per l'ampliamento delle banchine con separato intervento.