



# AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DELLO STRETTO

PORTI DI MESSINA, MILAZZO, TREMESTIERI, VILLA SAN GIOVANNI E REGGIO CALABRIA

## LAVORI DI AMPLIAMENTO DEL MOLO NORIMBERGA DEL PORTO DI MESSINA - INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DELLA RADICE OVEST E AMPLIAMENTO DEL MOLO NORIMBERGA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA



SCALA:

1 8

0 0 7

P R

0 0 6

- 1

I D R

ELAB./TAV.:

**R.06**

TITOLO:

Relazione idraulica

PROGETTAZIONE:

Capogruppo Mandataria:



MODIMAR Srl - Via Monte Zebio 40 - ROMA

Dott. Ing. Paolo Contini

Mandante:



Dott. Ing. Niccolò Saraca

Mandante:



Dott. Ing. Antonino Sutera

Mandante:



Dott. Ing. Alfredo Ingletti

REVISIONI	REV. n°	DATA	MOTIVAZIONE
	1	28/04/2023	INTEGRAZIONE PROGETTO DI AMPLIAMENTO DEL MOLO E AGGIORNAMENTO TITOLO PFTE
	0	27/01/2021	EMISSIONE

R.U.P.:

Ing. Massimiliano MACCARONE

VISTI/APPROVAZIONI:

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR

## **AUTORITA’ DI SISTEMA PORTUALE DELLO STRETTO**

*PORTI DI MESSINA, MILAZZO, TREMESTIERI, VILLA SAN GIOVANNI E REGGIO CALABRIA*

### **“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del Porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga**

### **Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica**

**Relazione Idraulica**

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR

## Indice

1	Premessa .....	1
2	Descrizione Molo Norimberga.....	2
3	Descrizione dell’intervento.....	5
3.1	Intervento di consolidamento della radice ovest del molo.....	5
3.2	Intervento di ampliamento del molo .....	7
4	Analisi idrologica.....	10
4.1	Il tempo di ritorno .....	10
4.2	Metodo TCEV – Regione Sicilia .....	11
4.3	Piogge di breve durata.....	15
5	Criteri progettuali .....	17
6	Analisi idraulica.....	17
6.1	Portata di progetto .....	17
6.2	Criteri di dimensionamento e verifica dei sistemi di drenaggio.....	18
7	Intervento di consolidamento della radice ovest del molo.....	19
8	Intervento di ampliamento del molo .....	20
8.1	Dimensionamento rete di drenaggio.....	20
8.2	Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia .....	21
8.2.1	Normativa di riferimento.....	21
8.2.2	Impianto di trattamento in continuo .....	22

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR

## 1 Premessa

Al fine di migliorare la ricettività del porto di Messina nei confronti delle navi da crociera e commerciali dell’ultima generazione, di eliminare alcune criticità sia ai fini della sicurezza che per il miglioramento della funzionalità dell’infrastruttura portuale rappresentate anche dagli operatori portuali, dalla Capitaneria di Porto e dalla Corporazione Piloti dello Stretto, è stato redatto un Adeguamento Tecnico Funzionale del PRP del porto di Messina avente per oggetto la modifica della configurazione dell’ampliamento del Molo Norimberga previsto nel nuovo PRP.

Il presente Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica è una revisione della precedente versione del PFTE 2021 che interessava i soli lavori di consolidamento della radice ovest del molo Norimberga; nella presente revisione del PFTE sono stati inseriti anche i lavori inerenti all’ampliamento del molo Norimberga. Sia i lavori di consolidamento della radice ovest che di ampliamento sono già previsti nell’ambito dell’ATF.

La presente relazione tratta nello specifico le tematiche idrologico/idrauliche annesse alla definizione del sistema smaltimento delle acque meteoriche.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR

## 2 Descrizione Molo Norimberga

Gli interventi individuati dall’ATF rappresentati graficamente nelle Figura 1 - **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, sono i seguenti:

1. Ampliamento del Molo mediante un prolungamento di 50 m della banchina ovest con 25 m min. di piazzali retrostanti;
2. Consolidamento della radice ovest del molo con messa a riposo della porzione retrostante e realizzazione di un solettone lievemente ruotato per ridurre l'angolo tra il molo Norimberga e la stessa radice ovest;
3. Nuovo scivolo sulla radice ad est del molo Norimberga.



Figura 1: Foto aerea del Porto di Messina – Ipotesi d’ampliamento del Molo esistente

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR

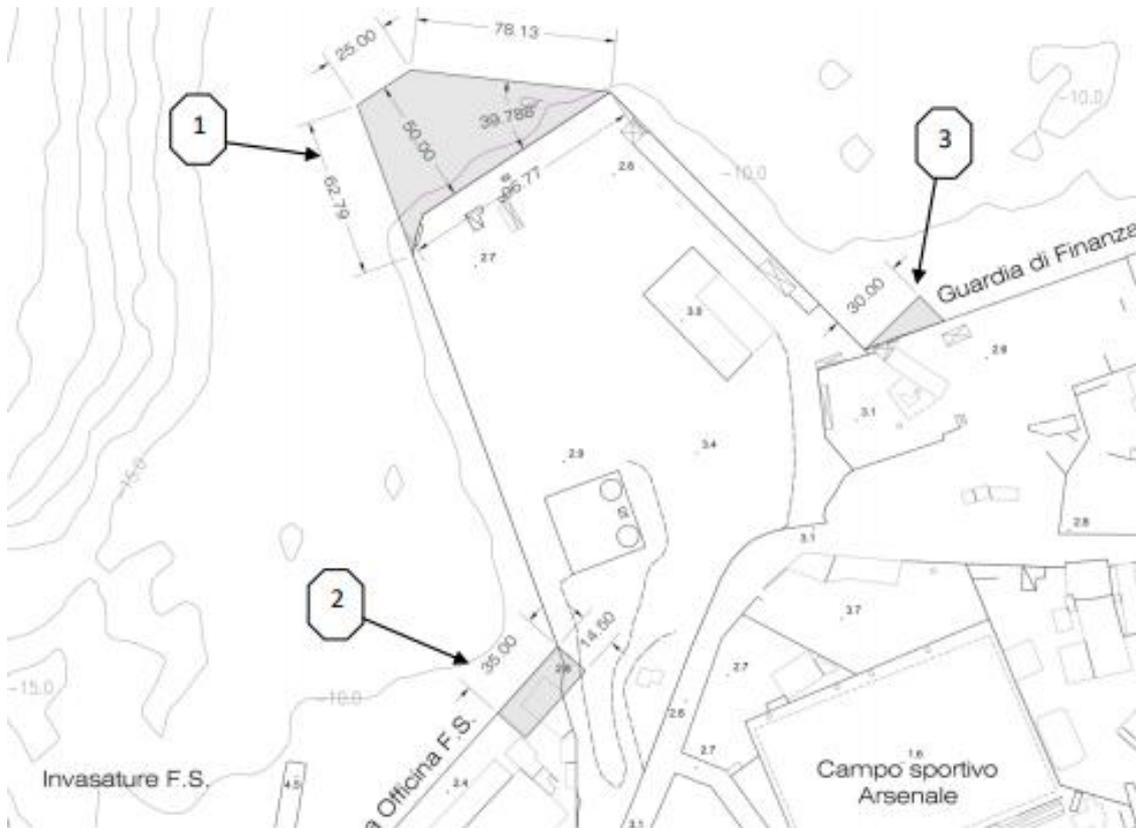


Figura 2: Planimetria degli interventi oggetto del PFTE

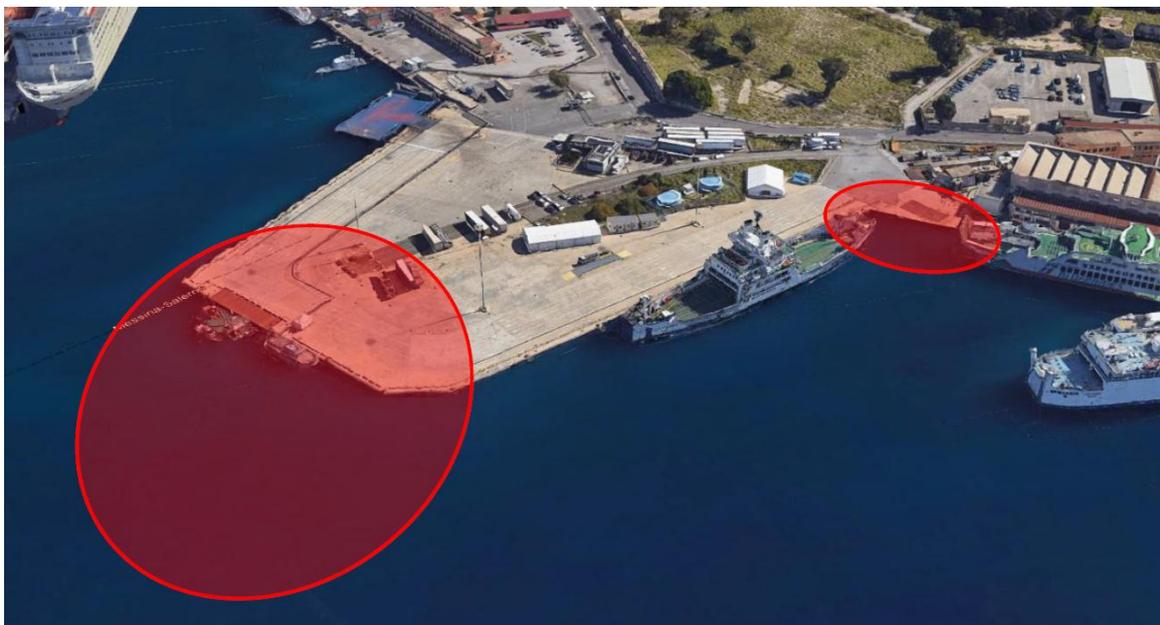


Figura 3: Vista aerea dell’area di intervento con indicazione della zona di consolidamento della radice ovest e di ampliamento

In particolare, lo studio delle soluzioni progettuali ha riguardato il **consolidamento della radice ovest del Molo** dove la banchina esistente è del tipo “a massi sovrapposti” realizzati in conglomerato cementizio, appoggiati su uno scanno in pietrame, a contenimento del materiale di riporto sottostante il piazzale di

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR

banchina (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Planimetricamente la banchina in oggetto, di lunghezza pari a 35 m, è radicata alla banchina ovest del molo Norimberga con un angolo di circa 120°. Il tratto di radice del molo a cui l'intervento in oggetto si dovrà raccordare è caratterizzato dalla medesima tipologia strutturale, consolidata e rifoderata sul fronte d'accosto nei primi anni 2000 secondo lo schema riportato in Figura 11.

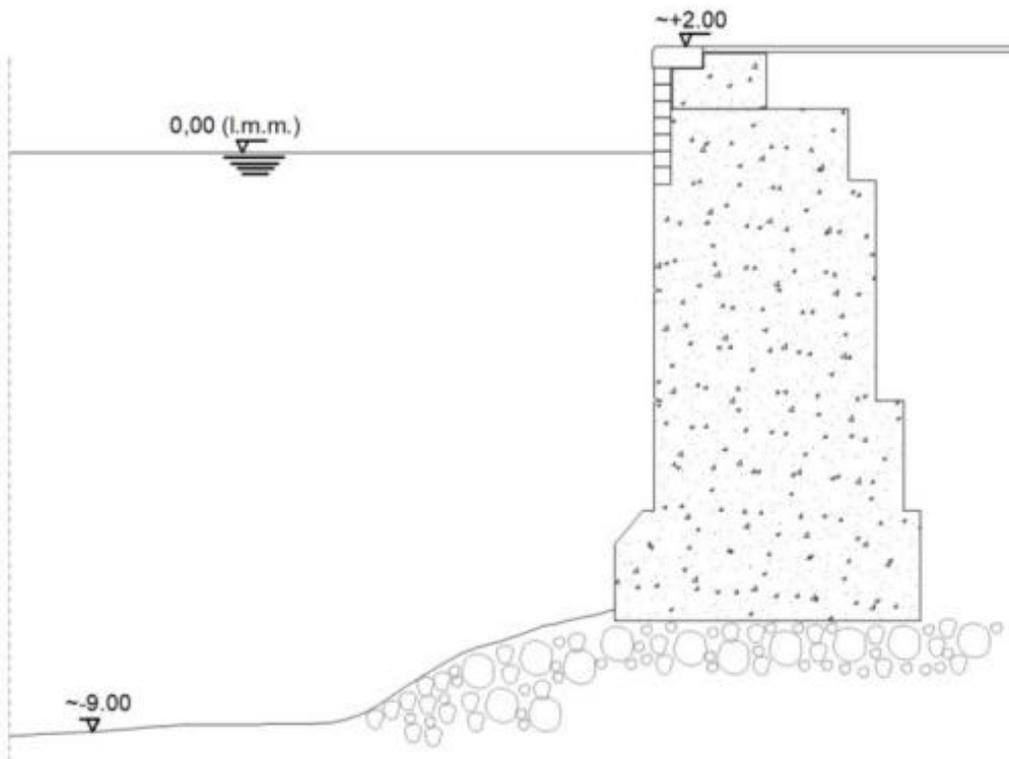


Figura 4: Banchina oggetto d'intervento - Sezione tipo attuale

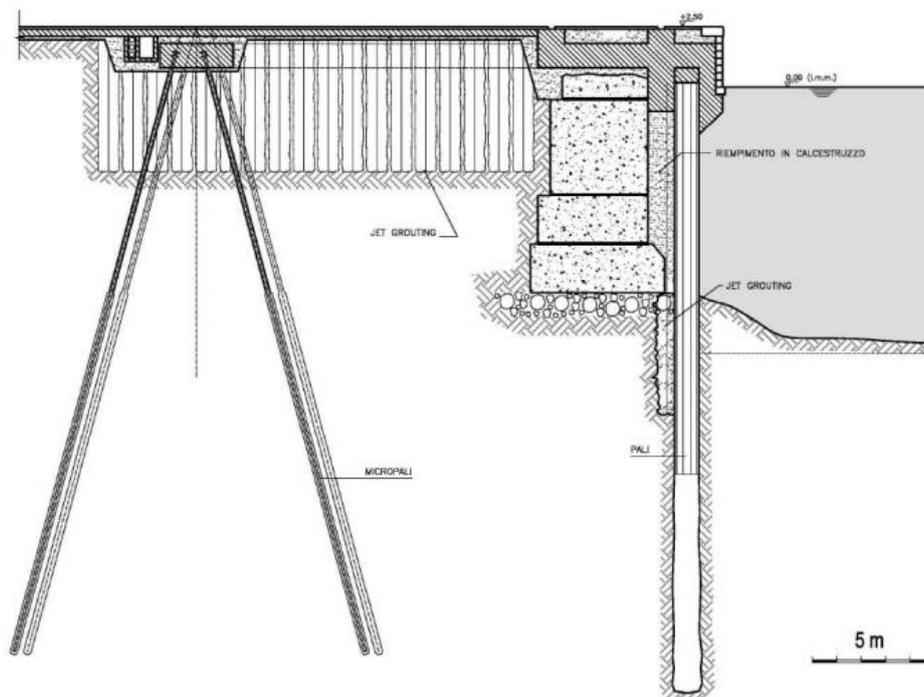


Figura 5: Molo Norimberga – Sezione tipo attuale

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR

Le caratteristiche tecniche dei muri di banchina esistenti interessati dagli interventi in oggetto e l’attuale condizione di stabilità ridotte dalla vetustà dell’opera di sostegno a massi sovrapposti interessata da particolari fenomeni di sgrottamento, hanno portato a scegliere una soluzione a basso impatto in termini di azioni indotte durante la fase realizzativa, preferendo la tecnologia del palo trivellato in calcestruzzo armato a palancolati vibro infissi o pali battuti.

### 3 Descrizione dell’intervento

#### 3.1 Intervento di consolidamento della radice ovest del molo

L’intervento in progetto prevede la resecazione dell’attuale banchina a massi sovrapposti che si attesta nella radice ovest del molo Norimberga (vedi **Errore. L’origine riferimento non è stata trovata.**) andando a realizzare un nuovo fronte di accosto per navi Ro-Ro e Ro-Pax che si raccorderà ortogonalmente al molo stesso e si estenderà, a partire dalla radice ovest, per circa 20 m.

Il nuovo fronte banchina verrà realizzato con pali in c.a. trivellati di grosso diametro (1000 mm) affiancati, allineati perpendicolarmente al fronte esistente della banchina ovest del molo Norimberga, ed intirantati ad un sistema d’ancoraggio realizzato o attraverso con un cavalletto di micropali o alternativamente attraverso una paratia di pali trivellati in c.a. di ancoraggio. L’interspazio tra i pali affiancati di banchina è previsto con un trattamento di jet-grouting di intasamento al fine di scongiurare la perdita del materiale di riempimento a tergo della banchina.

Nell’ambito dell’intervento è previsto il miglioramento delle caratteristiche geotecniche del terreno a tergo della banchina mediante l’esecuzione di colonne in jet-grouting.

Lo studio di due differenti sistemi di ancoraggio alternativi è stato svolto a seguito dell’individuazione dell’interferenza dettata dalla presenza di edifici nel piazzale retrostante al nuovo banchinamento e dell’attuale mancanza di informazioni geotecniche puntuali dell’area di intervento.

Per tali ragioni si rimanda la scelta della soluzione di ancoraggio ottimale alla successiva fase di progettazione definitiva in cui saranno chiarite ed approfondite tali tematiche. Le soluzioni proposte restano comunque simili e la scelta tra le due non incide sostanzialmente nella stima dei costi delle lavorazioni. In **Errore. L’origine riferimento non è stata trovata.** sono riportate le sezioni tipologiche delle due soluzioni progettuali alternative; per ulteriori approfondimenti sulle stesse si rimanda alla relazione tecnica del presente progetto.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR

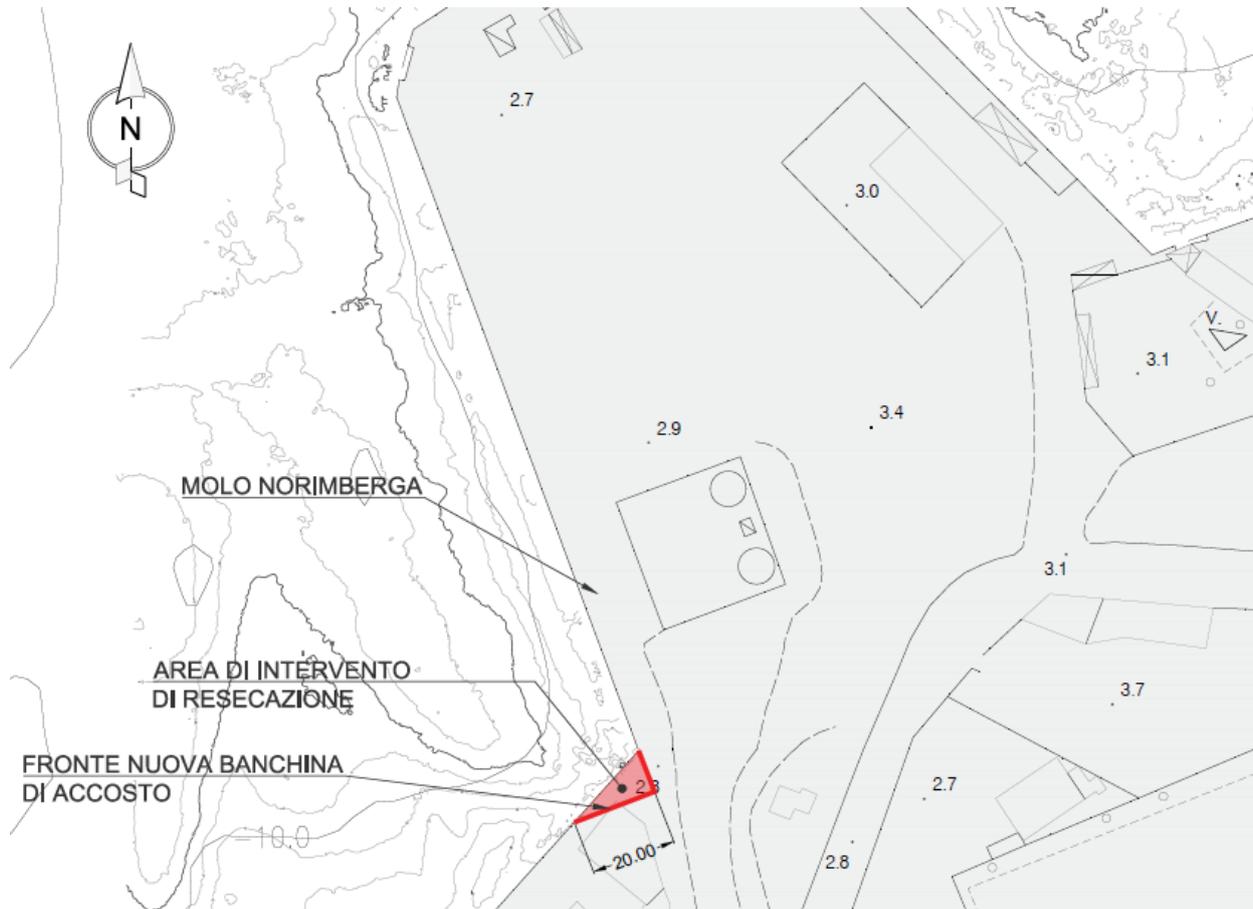


Figura 6: Area di intervento

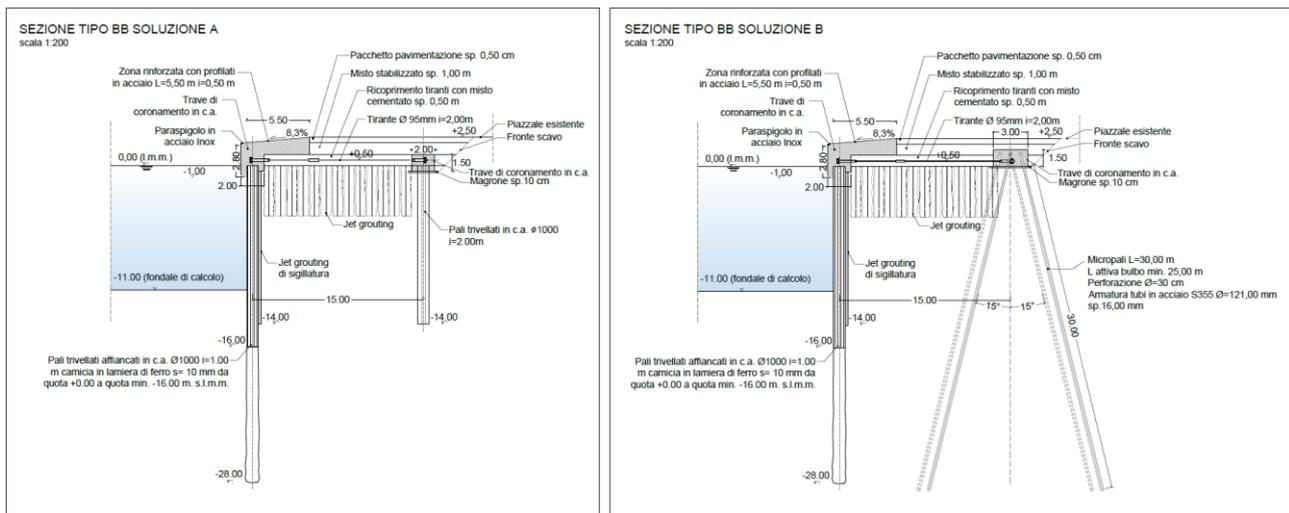


Figura 7: Soluzioni progettuali alternative

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR

### 3.2 Intervento di ampliamento del molo

L’intervento prevede la realizzazione di una nuova banchina a giorno su pali di grosso diametro (1200 mm) che interesserà lo specchio acqueo antistante l’attuale banchina di testata per un aggetto di 50 m dall’attuale filo banchina di testata del molo.

L’ampliamento del molo Norimberga vede un prolungamento di circa 63 m dell’attuale banchina ovest del molo seguendone l’attuale filo, per poi realizzare un fronte di testata di 25 m con allineamento parallelo all’attuale filo banchina di testata; il raccordo tra la nuova banchina di testata e l’attuale banchina est del molo è realizzato con un filo banchina di circa 78 m che incide di circa 40° il filo dell’attuale testata. L’intervento è completato dalla pavimentazione di tutta la superficie della nuova opera, dalla realizzazione della rete di raccolta delle acque meteoriche e dei cunicoli necessari per il passaggio dei servizi. I dispositivi di accosto ed ormeggio della nuova banchina sono stati posizionati con una disposizione in modo da assicurare sia per le bitte che per i parabordi un interasse di circa 20 m. Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** viene mostrata la planimetria di progetto dell’opera finita.

Ottimizzando la soluzione scelta durante l’analisi comparativa delle alternative, la struttura di fondazione è costituita da una serie di pali di calcestruzzo con camicia metallica di diametro pari a 1200 mm disposti secondo una maglia quadrilatera nella quale la dimensioni massima è di circa 8.45x6.05 m. Sulla sommità dei pali è prevista la realizzazione di pulvini a pianta quadrilatera di dimensioni 2.20x2.20x0.45 m sui quali poggeranno le travi prefabbricate tipo PREM, di dimensioni 1.00x1.00 m, che costituiscono la struttura portante dell’impalcato di c.a.

Nell’angolo nord-ovest dell’attuale testata è prevista la realizzazione di un cofferdam realizzato con pali trivellati affiancati  $\Phi$ 1000 mm di lunghezza pari a 46 m e rivestiti con una camicia metallica di spessore 12 mm, collegati in testa da una soletta/tirante resa solidale con le travi di coronamento in c.a. in testa ai pali e con le strutture di ampliamento del molo sopradescritte. Il cofferdam ha la funzione di realizzare un “terrapieno” per contenere l’impianto di trattamento delle acque di raccolta di piazzale; tale scelta è stata adottata come alternativa alla demolizione di un tratto di banchina esistente per consentire l’installazione dell’impianto. Per limitare le sollecitazioni agenti sulle strutture del cofferdam è previsto che il riempimento all’interno del cofferdam sia fatto con calcestruzzo.

Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** viene riportata la pianta di progetto a quota +1.00 m dove si osserva il grigliato formato dalle travi prefabbricate PREM della struttura portante dell’impalcato e delle travi prefabbricate di irrigidimento della soletta in direzione ortogonale alle PREM.

Superiormente le travi saranno collegate da una soletta di c.a. gettata in opera che costituirà il piano di calpestio della nuova opera.

La struttura portante dell’impalcato è divisa trasversalmente in due parti strutturalmente indipendenti collegate da un giunto, parallelo al filo di banchina ovest, che si estende fino alla banchina di testata esistente.

Lungo i bordi che segnano il contatto con le banchine esistenti è prevista la realizzazione di un ulteriore giunto di dimensioni tali da evitare, sia in condizioni sismiche che nelle fasi di esercizio (ad es. urto della nave), il martellamento tra le due strutture.

La realizzazione della nuova opera, quindi, non altererà l’operatività funzionale delle banchine esistenti che risulteranno strutturalmente disconnesse dal nuovo intervento.

Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** vengono riportate le sezioni di progetto.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR

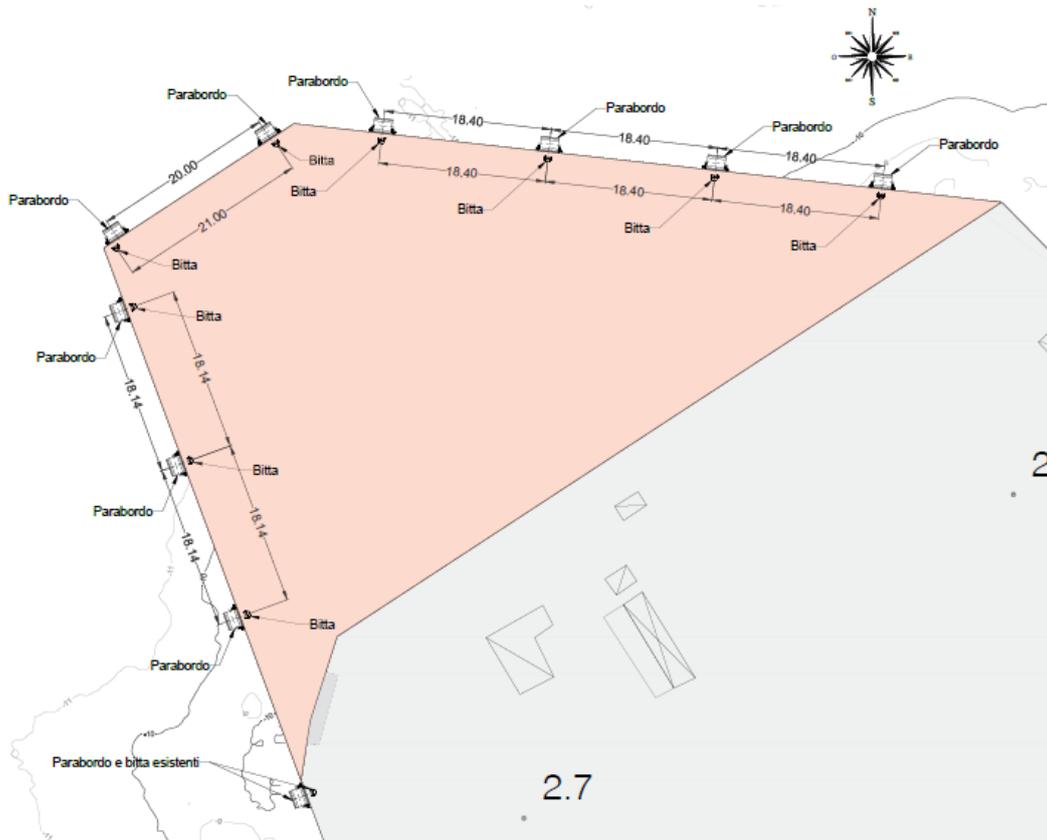


Figura 8: Planimetria di progetto dell’opera finita

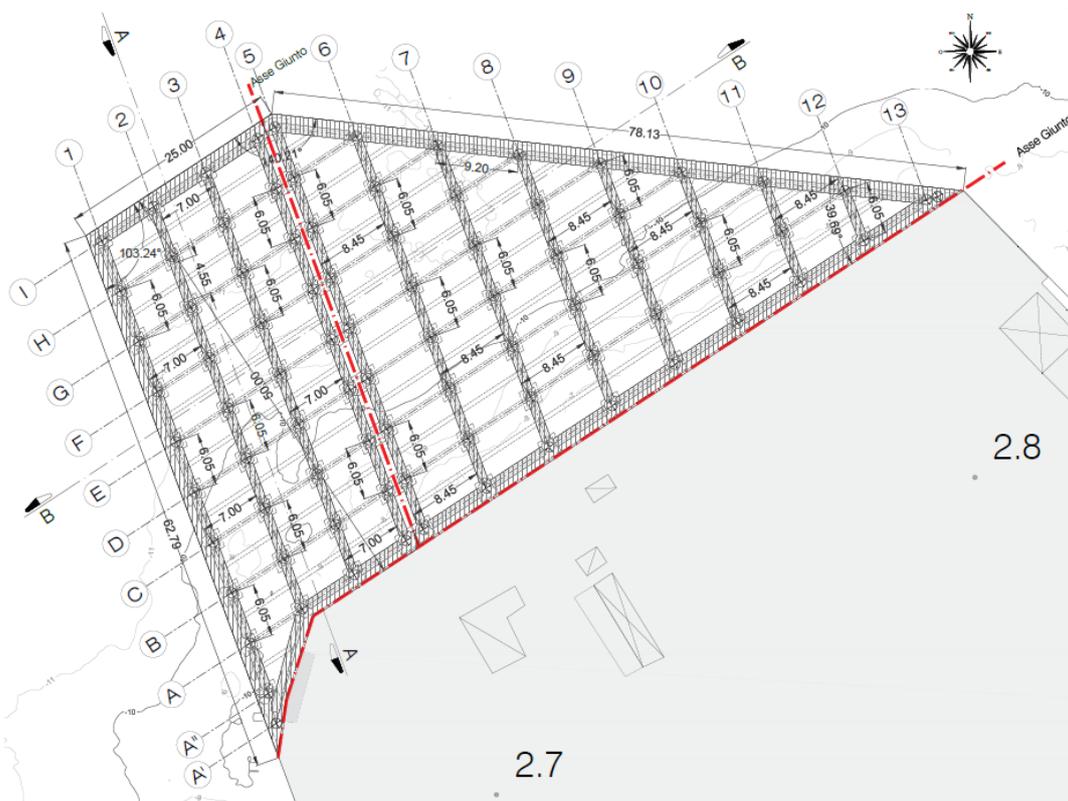


Figura 9: Pianta di progetto a quota +1.00 m con struttura portante dell’impalcato



Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR

## 4 Analisi idrologica

### 4.1 Il tempo di ritorno

La scelta del tempo di ritorno di progetto viene fatta su considerazioni di carattere tecnico-economico e con riferimento al rischio d’insufficienza, ovvero che occasionalmente si possono verificare eventi estremi più intensi di quelli compatibili con le caratteristiche idrauliche della rete.

L’espressione che lega il rischio d’insufficienza in N anni, definito come il rischio che durante l’arco della vita utile dell’opera di N anni, si verifichi almeno un evento che produca l’insufficienza dell’opera, vale:

$$RN = 1 - (1-1/T)^N$$

dove:

- RN è il rischio d’insufficienza;
- N è l’intervallo di rischio, che può assumere il valore della durata di vita utile dell’opera;
- T (anni) è il tempo di ritorno della precipitazione.

T (anni)	Durata N (anni)					
	10	20	30	50	100	200
2	99,90	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
5	89,26	98,85	99,88	100,00	100,00	100,00
10	65,13	87,84	95,76	99,48	100,00	100,00
20	40,13	64,15	78,54	92,30	99,41	100,00
30	28,75	49,24	63,83	81,64	96,63	99,89
50	18,29	33,24	45,45	63,58	86,74	98,24
100	9,56	18,21	26,03	39,42	63,40	86,60

Tab. 4-1: Valori di RN (espressi in %) in funzione della durata N e del tempo di ritorno T

La relazione mostra come il rischio d’insufficienza cresca rapidamente, a parità di tempo di ritorno T, all’aumentare di N; e per evitare ciò occorrerebbe incrementare il tempo di ritorno e quindi la dimensione e il valore dei capitali investiti in opere che sempre più raramente risulteranno sfruttate appieno.

Per il calcolo delle fognature, in linea generale, non è possibile considerare le piogge più intense, con frequenza minima, poiché i condotti avrebbero dimensioni tecnicamente ed economicamente inaccettabili; si ammettono quindi insufficienze periodiche, in limiti tollerabili. La scelta viene fatta con criteri empirici, basati sulle caratteristiche della zona considerata e sui possibili danni delle esondazioni.

<b>Strade all’esterno di zone edificate</b>	$T_r = 1$ anno
<b>Zone edificate in genere</b>	$T_r = 1-2$ anni
<b>Centri urbani, zone commerciali ed industriali</b>	$T_r = 2-5$ anni
<b>Zone molto ripide</b>	$T_r = 10$ anni
<b>Sottopassi stradali, metropolitane</b>	$T_r = 5-20$ anni

Tab. 4-2: Valori consigliati dalla letteratura tecnica (Fonte: Manuale dell’Ingegnere Colombo Hoepli)

Il tempo di ritorno assunto per il dimensionamento della rete di drenaggio è pari a **T = 20 anni**.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR

## 4.2 Metodo TCEV – Regione Sicilia

Il modello TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) permette di determinare le altezze di pioggia  $h$  e le relative intensità  $i$ , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto dal progetto VAPI<sup>1</sup>.

La regionalizzazione delle piogge mira a superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica (spesso costituita da singole serie di durata limitata e poco attendibili per le elaborazioni statistiche), utilizzando in modo coerente tutta l’informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni.

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel. La prima, denominata componente base, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (componente straordinaria) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti (appartenenti ad una differente fenomenologia meteorologica).

La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all’interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto.

Per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica si farà pertanto riferimento alla procedura descritta nel progetto VAPI Sicilia (Ferro e Cannarozzo, 1993) utilizzando la modellazione introdotta da Conti et al., 2007.

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni parametri statistici.

Nel primo livello di regionalizzazione si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico  $Gt$  delle serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata  $t$  sia costante per la regione Sicilia. La Sicilia si può pertanto ritenere una zona pluviometrica omogenea ed i valori dei parametri  $\Theta^*=2.24$  e  $\Lambda^*=0.71$  sono costanti ed indipendenti dalla durata  $t$ .

Il secondo livello di regionalizzazione riguarda l’individuazione di sottozone omogenee, interne a quella individuata al primo livello, nelle quali risulti costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è suddivisa in cinque sottozone pluviometriche omogenee: Z0 –Z5, Z1, Z2, Z3, Z4 (**Errore. L’origine riferimento non è stata trovata.**).

A ciascuna di esse è stato attribuito un valore costante del parametro  $\lambda_1$  (parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di eventi della componente base) indicato con il simbolo  $\Lambda_1$  (Tab. 4-), che risulta indipendente dalla durata.

In ogni sottozona la variabile adimensionale  $h_{t,T}'=h_t/\mu$  (valore dell’altezza di pioggia di fissata durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$  rapportata alla media  $\mu$  della legge TCEV) assume la seguente espressione:

$$h'_{t,T} = K_T = a \cdot \ln(T) + b$$

<sup>1</sup> Il Progetto VAPI (VALutazione Piene) sulla Valutazione delle Piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, ha come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull’intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali e delle piogge intense secondo criteri omogenei.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
		Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	006	1	IDR

In tale relazione i coefficienti  $a$  e  $b$  sono stati tarati in funzione della particolare sottozona (Tab. 4-).

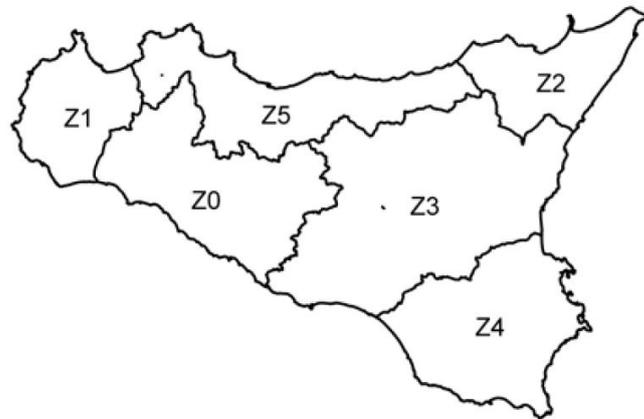


Figura 11 : Suddivisione del territorio in 6 sottozone omogenee nel secondo livello di regionalizzazione (Lo Conti et al, 2007)

$K_T$  è definito fattore di crescita e misura la variabilità relativa degli eventi estremi alle diverse frequenze. Esso è dunque indipendente dalla durata della precipitazione e funzione della collocazione geografica del sito per il quale si vogliono calcolare le altezze di pioggia (a mezzo dei coefficienti  $a$  e  $b$ ) e del tempo di ritorno  $T$  dell’evento meteorico.

<i>Sottozona</i> <i>Parametro</i>	$Z_0$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$
$\Lambda_1$	24,429	19,58	17,669	14,517	15,397	24,402

Tab. 4-3: Valore del parametro  $\Lambda_1$  per ogni sottozona in cui è stata suddivisa la regione Sicilia

<i>Sottozona</i> <i>Parametro</i>	$Z_0 - Z_5$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
$a$	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
$b$	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

Tab. 4-4: Valori, per la regione Sicilia, dei coefficienti  $a$  e  $b$  per la definizione del fattore di crescita

Il terzo livello di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità  $\mu$  e le grandezze - prevalentemente geografiche (altitudine, distanza dal mare, superficie del bacino idrografico) - relative al sito di misura.

Pertanto, l’espressione della curva di probabilità pluviometrica sarà:

$$h_{t,T} = K_T \cdot \mu(t)$$

in cui  $h_{t,T}$  è l’altezza di pioggia di assegnata durata  $t$  e fissato tempo di ritorno  $T$ .

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR

Per le stazioni pluviografiche siciliane la media teorica  $\mu$  risulta coincidente con quella campionaria; per ciascuna delle 172 stazioni siciliane che vantano almeno 10 anni di funzionamento è stato riconosciuto il seguente legame di tipo potenza tra la media campionaria e la durata  $t$ :

$$\mu(t) = a \cdot t^n$$

Per ogni stazione pluviografica i valori dei coefficienti  $a$  ed  $n$  sono tabellati. Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti  $a$  ed  $n$  possono essere stimati sulla base della carta delle *iso-a* e delle *iso-n* (Cannarozzo et al, 1995). Nelle **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è possibile vedere la variazione dei coefficienti  $a$  ed  $n$  per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

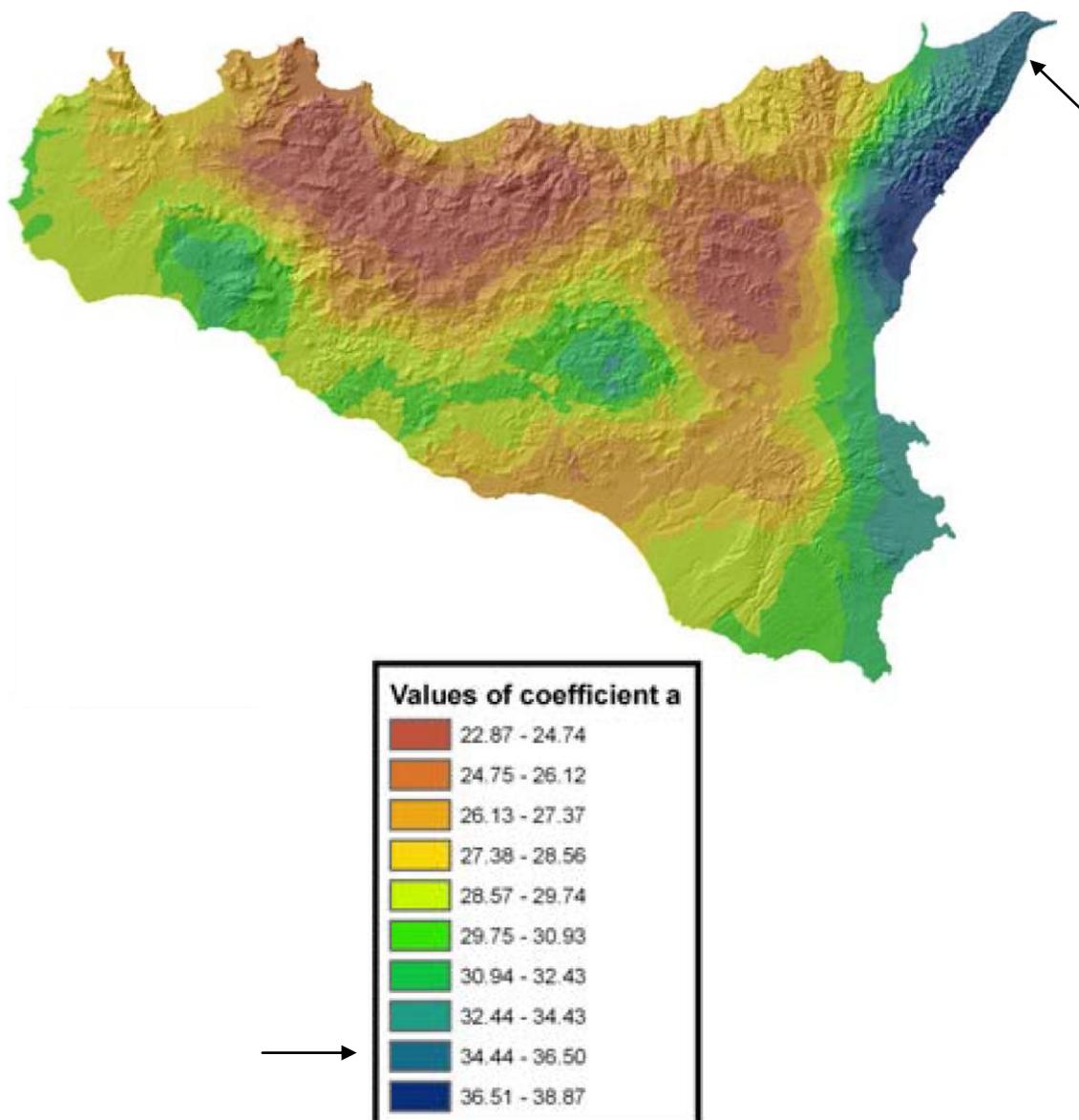


Figura 12: Valori dei coefficienti  $a$  per il territorio siciliano

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
		Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	006	1	IDR

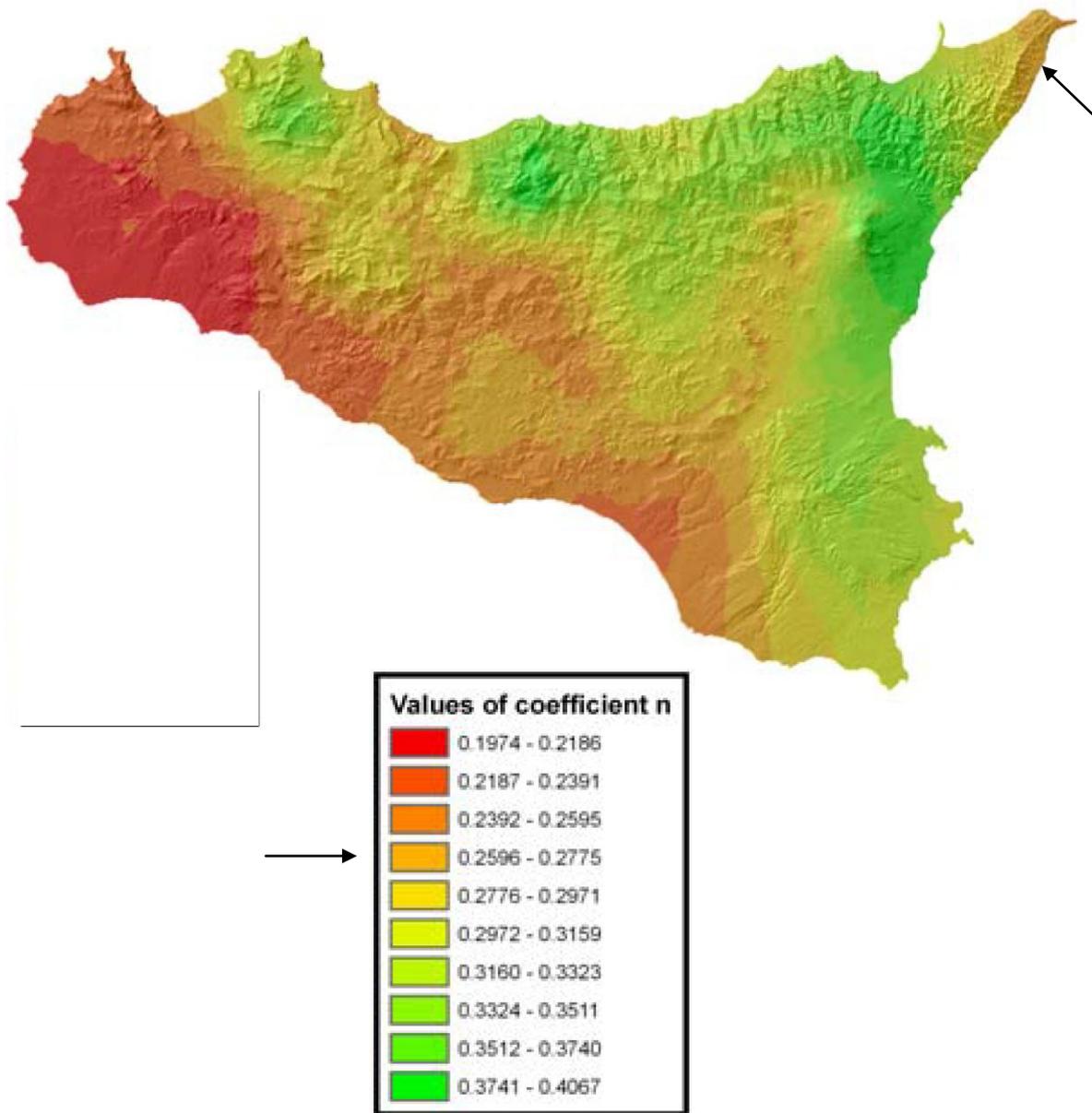


Figura 13: Valori dei coefficienti  $n$  per il territorio siciliano

Nel caso in esame, prendendo cautelativamente in considerazione i valori coincidenti con i limiti superiori degli intervalli di riferimento corrispondenti al sito di Messina, ( $a=36.5$ ;  $n=0.2775$ ), sono quindi stati calcolati, per il tempo di ritorno di interesse  $T = 20$  anni e  $T = 2$  anni i valori delle altezze di pioggia massima di assegnata durata  $h_{t,T}$  e la legge di probabilità pluviometrica.

$$T = 20 \text{ anni} \quad h(t) = 69,901 t^{0,2775}$$

$$T = 2 \text{ anni} \quad h(t) = 29,578 t^{0,2775}$$

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR

### 4.3 Piogge di breve durata

Considerato che il metodo di regionalizzazione è basato sull’analisi dei dati delle stazioni distribuite sull’intero territorio regionale le quali nella massima parte forniscono misure pluviometriche relative alle durate convenzionali di 1, 3, 6, 12, 24 ore, ne consegue che, per eventi di pioggia caratterizzati da durate inferiori all’ora, i valori risultanti dall’applicazione delle formule del metodo di regionalizzazione possono risultare non corretti e sovrastimati.

È stato però dimostrato che il rapporto tra l’altezza di pioggia  $h_{t,T}$  con  $t$  minore di 60 minuti, e l’altezza di pioggia  $h_{60,T}$  di durata pari a 60 minuti e pari tempo di ritorno  $T$  è scarsamente dipendente dalla località.

In particolare, per la stima dell’altezza di pioggia associata ad eventi di durata inferiore ad 1 ora, è disponibile la seguente formulazione proposta da Bell:

$$h_{t,T}/h_{60,T} = 0,54 * t^{0,25} - 0,50$$

che consente di calcolare l’altezza di pioggia di durata inferiore ai 60 minuti e tempo di ritorno  $T$  a partire dal valore  $h_{60,T}$  ottenuto dalla curva di possibilità climatica relativa allo stesso tempo di ritorno  $T$ .

h(t) = a t <sup>n</sup>			
a =		69,901	
n =		0,2775	
h <sub>t,T</sub> /h <sub>60,T</sub> = 0,54 * t <sup>0,25</sup> - 0,50			
t		h <sub>t</sub>	i <sub>t</sub>
[min]	[ore]	[mm]	[mm/ora]
5	0,083	21,49	257,92
10	0,167	32,17	193,04
15	0,250	39,33	157,34
20	0,333	44,87	134,62
25	0,417	49,45	118,69
30	0,500	53,39	106,78
35	0,583	56,86	97,47
40	0,667	59,98	89,97
45	0,750	62,81	83,75
50	0,833	65,42	78,51
55	0,917	67,84	74,01
<b>60</b>	<b>1,000</b>	<b>69,90</b>	<b>69,90</b>

Tab. 4-5 : Altezze di pioggia e relativi valori di intensità media di precipitazione per durate sub-orarie per T=20 anni

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR

$h(t) = a t^n$			
		a =	29,5738
		n =	0,2775
$h_{t,T}/h_{60,T} = 0,54 * t^{0,25} - 0,50$			
<b>t</b>		<b>h<sub>t</sub></b>	<b>i<sub>t</sub></b>
[min]	[ore]	[mm]	[mm/ora]
5	0,083	9,09	109,12
10	0,167	13,61	81,67
15	0,250	16,64	66,57
20	0,333	18,99	56,96
25	0,417	20,92	50,21
30	0,500	22,59	45,18
35	0,583	24,06	41,24
40	0,667	25,38	38,06
45	0,750	26,58	35,43
50	0,833	27,68	33,22
55	0,917	28,70	31,31
<b>60</b>	<b>1,000</b>	<b>29,57</b>	<b>29,57</b>

Tab. 4-6: Altezze di pioggia e relativi valori di intensità media di precipitazione per durate sub-orarie per T=2 anni

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
		Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	006	1	IDR

## 5 Criteri progettuali

I sistemi di drenaggio delle banchine portuali sono generalmente caratterizzati da soluzioni in grado di smaltire correttamente le acque meteoriche, limitando al contempo il più possibile le perdite di quota necessarie per il deflusso delle portate, a causa della prossimità della falda marina.

Questa circostanza comporta di conseguenza l’impostazione dei seguenti criteri progettuali:

- la ricerca di sistemi di drenaggio più superficiali possibile;
- l’adozione di valori minimi per le pendenze dei collettori di raccolta;
- il frazionamento della rete in più porzioni indipendenti.

La soluzione strutturale di impalcato a giorno su pali induce una notevole limitazione delle quote altimetriche disponibili per il passaggio dei collettori affinché non interferiscano con le travi dell’impalcato.

Per tali motivi, le soluzioni progettuali adottate per il drenaggio delle acque di dilavamento superficiale, si caratterizzano principalmente da **sistemi di canalette grigliate continue, con pendenza di fondo interna**.

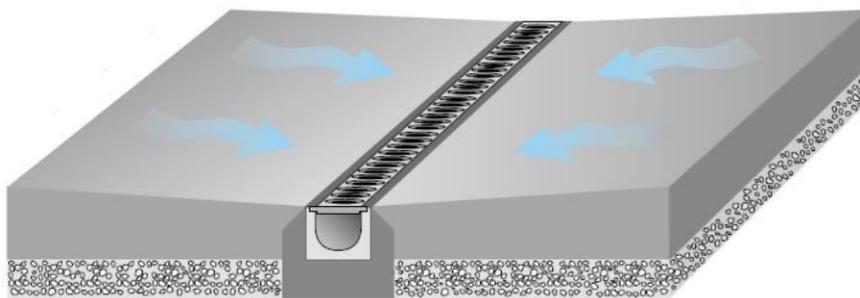


Figura 14: Schema rappresentativo del sistema di drenaggio superficiale con canalette grigliate

Di seguito sono descritte le soluzioni progettuali assunte per il drenaggio e il trattamento delle acque di dilavamento superficiale, per gli interventi previsti nel presente progetto di fattibilità tecnica ed economica.

**Nella presente fase progettuale è stata verificata la fattibilità generale dello schema proposto, rimandando alle fasi progettuali successive la definizione di dettaglio dei particolari costruttivi occorrenti alla perfetta integrazione strutturale delle predisposizioni impiantistiche necessarie.**

## 6 Analisi idraulica

### 6.1 Portata di progetto

La portata di progetto per il dimensionamento delle opere di smaltimento delle acque meteoriche di dilavamento è eseguita utilizzando il metodo cinematico, secondo la formula:

$$Q = \phi i (tc) A$$

dove:

- $\phi$  è il coefficiente di afflusso, definito come il rapporto tra il volume defluito ai collettori e il volume precipitato sul terreno, assunto pari a **0,9 per le aree impermeabili**;
- A è la superficie drenata;

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR

- $i$  ( $t_c$ ) è l’intensità di precipitazione relativa al tempo di corrivazione caratteristico dell’area, ricavata mediante le curve di possibilità pluviometrica, in riferimento ad un **tempo di ritorno di progetto di 20 anni** per il dimensionamento della rete di drenaggio.

Il tempo di corrivazione rappresenta il tempo di percorrenza delle gocce di pioggia per raggiungere, dal punto di caduta, la canalizzazione, è espresso secondo la formula:

$$t_c = t_a + t_r$$

dove:

- $t_a$  rappresenta il tempo di ruscellamento (o tempo di accesso alla rete) pari al tempo massimo impiegato dalle particelle di pioggia a raggiungere la condotta a partire dal punto di caduta, che varia tra 300 ai 900 secondi. **Nel caso in esame è stato assunto un tempo di ruscellamento di 8 min.**
- $t_r$  rappresenta il tempo di vettoriamento o tempo di percorrenza entro le canalizzazioni, definito come il rapporto tra la lunghezza della condotta e la velocità media della corrente nei collettori.

## 6.2 Criteri di dimensionamento e verifica dei sistemi di drenaggio

Il dimensionamento e la verifica del sistema di drenaggio sono stati svolti in riferimento alle condizioni di moto uniforme, attraverso la relazione di Chezy:

$$V = k_s R^{2/3} i^{1/2}$$

dove:

- $V$  = velocità media del flusso (m/s);
- $K_s$  = coefficiente di scabrezza di Gaucker - Strickler (m<sup>1/3</sup>/s);
- $R_i$  = raggio idraulico (m), rapporto tra sezione idraulica  $A$ (m<sup>2</sup>) e contorno bagnato  $C$ (m);
- $i$  = pendenza longitudinale (m/m).

associata all’equazione di continuità:

$$Q_p = V A \phi$$

dove:

- $Q_p$  = portata (m<sup>3</sup>/s);
- $A$  = area bagnata (m<sup>2</sup>);
- $\phi$  = coefficiente di deflusso medio, ovvero media pesata del coefficiente di deflusso;
- $V$  = velocità media del flusso (m/s).

I coefficienti di scabrezza assunti sono:

- $K_s=80$  m<sup>1/3</sup>/s per gli elementi in materiale plastico PEAD;
- $K_s=70$  m<sup>1/3</sup>/s per gli elementi in calcestruzzo.

La verifica consiste nell’esaminare il funzionamento della rete nei riguardi del grado di riempimento e della velocità.

Il grado di riempimento in genere non dovrebbe superare il valore di 70% - 80%, a cui corrisponde il massimo valore della velocità nella sezione considerata. **Nel caso in esame, il dimensionamento dei**

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
		Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	006	1	IDR

**sistemi di drenaggio, sono stati dimensionati in modo da garantire un grado di riempimento massimo del 80%.**

Il valore della velocità minima necessaria nelle tubazioni per evitare i fenomeni di sedimentazione è pari a **0,50 m/s**; mentre per la velocità massima è consigliabile non superare i **2,40 m/s**, per evitare l’innesco e lo sviluppo di fenomeni erosivi di materiali costituenti le canalizzazioni.

## **7 Intervento di consolidamento della radice ovest del molo**

In considerazione delle caratteristiche degli interventi strutturali di progetto, che prevedono sostanzialmente una riduzione della superficie pavimentata rispetto allo stato attuale, per quanto riguarda la rete di smaltimento delle acque meteoriche si prevede di mantenere l’attuale sistema di drenaggio opportunamente restaurato (cfr. Fig. 7-1 e Fig. 7-2).

Le sistemazioni di progetto comprenderanno infatti anche un adeguato raccordo della nuova pavimentazione con le pendenze attuali, al fine di assicurare il corretto drenaggio superficiale.



Fig. 7-1 : Sistema di drenaggio esistente.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR



Fig. 7-2 : Canali grigliati esistenti da restaurare

## 8 Intervento di ampliamento del molo

### 8.1 Dimensionamento rete di drenaggio

Sulla base dei criteri progettuali precedentemente descritti, il sistema di drenaggio per lo smaltimento delle acque meteoriche sarà realizzato mediante **canalette grigliate continue** e da una **tubazione circolare di tipo sospeso** al di sotto dell’impalcato in corrispondenza del giunto strutturale.



Figura 15: Tipologico canaletta grigliata in cemento polimerico

La rete di drenaggio risulta frazionata in un numero di sei linee di raccolta mediante canalette grigliate, che convogliano le acque di dilavamento superficiali raccolte in corrispondenza del giunto strutturale dell’impalcato.

Le acque provenienti dal dilavamento dell’ampliamento del nuovo molo vengono allontanate tramite un collettore circolare in PVC sospeso in corrispondenza del giunto strutturale, fino al raggiungimento

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	"Lavori d'ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina" Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica		Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		Data: 28 aprile 2023					
			18	007	PR	006	1	IDR

dell'impianto di trattamento ubicato in corrispondenza di una nuova area di riempimento a mare, realizzata mediante una paratia in pali accostati in adiacenza dello spigolo nord occidentale della banchina esistente.

Lo schema di drenaggio drena una superficie totale di circa 3100 m<sup>2</sup>. Assimilando la sezione della canaletta grigliata ad una sezione rettangolare di altezza di 17,9 cm e larghezza 20 cm, si riporta in seguito la verifica delle canalette di drenaggio e della tubazione sospesa in riferimento al tratto idraulicamente più gravoso.

	L tratto [m]	L asta [m]	T <sub>c</sub> [s]	A drenata [m <sub>2</sub> ]	φ	H (m)	B (m)	p [%]	D (m)	ks [m <sup>1/3</sup> /s]	i [mm/h]	Q [l/s]	GR [%]	v [m/s]
<b>C1-C2</b>	19,00	19,00	0,15	418,40	0,90	0,20	0,179	0,5	-	70	199,82	0,021	63%	0,747
<b>C2-C3</b>	17,20	36,20	0,17	622,35	0,90	-	-	0,4	0,40	80	185,65	0,029	33%	0,831
<b>C3-C4</b>	16,70	52,90	0,19	1642,95	0,90	-	-	0,4	0,45	80	173,09	0,071	44%	1,045
<b>C4-C5</b>	27,00	79,90	0,22	3091,95	0,90	-	-	0,4	0,50	80	160,98	0,124	52%	1,204

Tab. 8-2: Dimensionamento e verifica tubazione circolare sospesa

## 8.2 Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia

### 8.2.1 Normativa di riferimento

La gestione delle acque di prima pioggia è uno degli obiettivi primari ai fini della tutela dei corpi idrici ricettori. Tali acque, infatti, presentano un significativo carico inquinante, costituito da un miscuglio eterogeneo di sostanze disciolte, colloidali e sospese, comprendente metalli, composti organici ed inorganici, che viene scaricato nei corpi idrici ricettori. Le acque di prima pioggia necessitano pertanto di opportuni trattamenti al fine di assicurare la salvaguardia degli ecosistemi acquatici, conformemente agli obiettivi di qualità fissati dalle Direttive Europee 2000/60/CEE (direttiva quadro nel settore delle risorse idriche) e 91/271/CEE (Concernente il trattamento delle acque reflue urbane).

**Il Decreto Legislativo 03 Aprile 2006 n° 152** disciplina a livello nazionale gli scarichi di acque meteoriche e di dilavamento provenienti da reti fognarie separate.

L'Art.113 "Acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia" del D.L. 152/06 stabilisce che:

Ai fini della prevenzione di rischi idraulici ed ambientali, le regioni disciplinano:

- le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate;
- i casi in cui può essere richiesto che le immissioni delle acque meteoriche di dilavamento, effettuate tramite altre condotte separate, siano sottoposte a particolari prescrizioni, ivi compresa l'eventuale autorizzazione.

Le acque meteoriche non disciplinate ai sensi del comma precedente non sono soggette a vincoli o prescrizioni derivanti dal presente decreto.

Le regioni disciplinano altresì i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari ipotesi nelle quali, in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento dalle superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose o di sostanze che creano pregiudizio per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici.

E' comunque vietato lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della parte radicale ovest del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Idraulica					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 28 aprile 2023					
		18	007	PR	006	1	IDR

Alle Regioni spetta, quindi, il compito di disciplinare i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio di aree esterne siano canalizzate ed opportunamente trattate e la definizione tessa dei parametri tecnici per la valutazione e quantificazione delle acque di prima pioggia.

**Si prevede di dotare l'intera infrastruttura di un sistema di raccolta, trattamento e smaltimento delle acque di prima pioggia.**

### 8.2.2 Impianto di trattamento in continuo

Il trattamento delle acque di dilavamento superficiale previsto per l'ampliamento del nuovo molo, si compone di un sistema di trattamento in continuo, caratterizzato da una vasca monoblocco in c.a., composta da due comparti distinti:

- Dissabbiatore per la sedimentazione delle particelle solide;
- Disoleatore con filtro a coalescenza.

L'impianto sarà ubicato in corrispondenza della nuova area di riempimento a mare, realizzata mediante una paratia in pali accostati in adiacenza dello spigolo nordoccidentale della banchina esistente.

Le acque di dilavamento superficiali raggiungono il suddetto impianto mediante la tubazione sospesa in corrispondenza del giunto strutturale (Φ400, Φ450, Φ500) precedentemente descritta.

Il valore medio della massima precipitazione in 15 minuti per T=2 anni è pari a 16,6 mm; pertanto, l'intensità delle precipitazioni piovose è pari a 184 l/s ha.

La portata di pioggia risulta pari a circa **57 l/s**.

Si individua, pertanto, una vasca monoblocco prefabbricata facilmente reperibile in commercio, avente le seguenti caratteristiche dimensionali: Larghezza=3,20 m, Lunghezza= 3,46 m, Altezza = 2,50 m, certificata per una portata nominale di trattamento in continuo equivalente a quella di progetto sopra indicata.

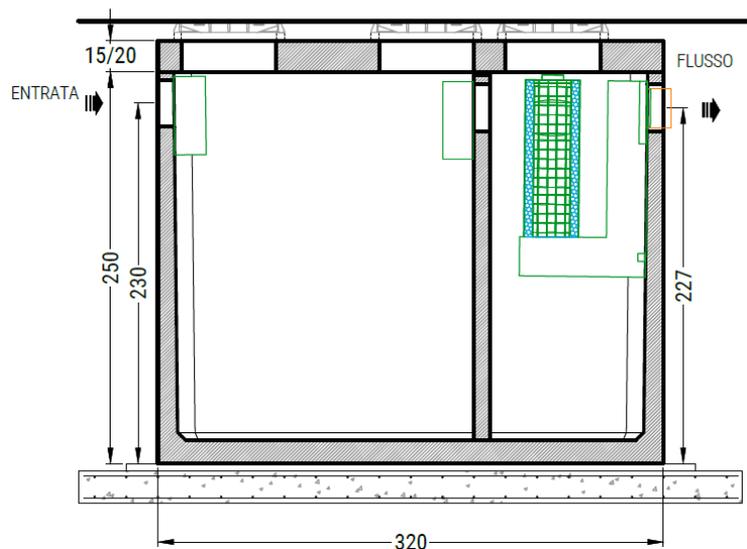


Figura 16: Tipologico impianto trattamento acque di prima pioggia in continuo

Le portate in eccesso sono convogliate verso il recettore finale per mezzo di un pozzetto scolmatore, munito di by-pass, posizionato a monte dell'impianto di trattamento.

Si prevede inoltre un pozzetto di ispezione/prelievo campioni a valle dell'impianto in continuo.