D'APPOLONIA

VIA SAN NAZARO, 19 - 16145 GENOVA, ITALIA
TEL. +39 010 362 8148 FAX +39 010 362 1078 P. IVA 03476550102
e-mail dappolonia@dappolonia.it www.dappolonia.it

0	LUGLIO 2012	PROGETTO DEFINITIVO	ACN	AO	AED
REV	DATE	DESCRIZIONE/DESCRIPTION	ESEGUITO/BY	CONTR/CHKD BY	APPROV/APPROV BY

CLIENTE/CLIENT

Enel Green Power S.p.A.

PROGETTO/PROJECT

Impianto di Produzione di Energia da Fonte Eolica in Ambito Portuale - Porto di Genova

TITOLO/TITLE

Progetto Definitivo

Elaborati Generali

Relazione Idraulica

TIMBRO/STAMP

	FIRMA/SIGNATURE	DATA/DATE	No INT/INTERNAL No	SCALA/SCALE	TAV/PLATE No	REV
ESEGUITO/BY	ACN	LUGLIO 2012	12-412-H6	-	12-412_PD_A_005	0
CONTR/CHKD BY	AO	LUGLIO 2012				
APPROV/APPROV BY	AED	LUGLIO 2012				

INDICE

Pagina

ELENCO DELLE TABELLE **II**
ELENCO DELLE FIGURE **III**
1 PREMESSA **1**
2 RIFERIMENTI **3**
3 DESCRIZIONE DELLE OPERE **4**
4 IL FENOMENO DELLA TRACIMAZIONE **5**
5 STUDIO DELLA TRACIMAZIONE **6**
5.1 CONDIZIONI DI IMPATTO DELL'ONDA SULLA PARETE 6
5.2 DISCRIMINANTE DELLE CONDIZIONI DI IMPATTO 7
5.3 CALCOLO DELLA PORTATA TRACIMANTE 8
6 CALCOLO DELLE AZIONI INDOTTE SULLE OPERE A PROGETTO **11**
7 ANALISI DEI RISULTATI **14**
APPENDICE A: PORTATA TRACIMANTE – OUTPUT DI CALCOLO

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella No. **Pagina**

Tabella 5.1: Parametri del moto ondoso 10
Tabella 7.1: Portata tracimante 14
Tabella 7.2: Celerità dell'onda e altezza di caduta 14
Tabella 7.3: Azioni indotte dalla portata tracimante 15

ELENCO DELLE FIGURE

Figura No. **Pagina**

Figura 1.1: Planimetria di inquadramento – Zona Genova 1
Figura 1.2: Planimetria di inquadramento – Zona Voltri 2
Figura 3.1: Sezione tipo diga di Voltri 4
Figura 5.1: Onde in condizioni "non impulsive" 6
Figura 5.2: Onde in condizioni "impulsive" 6
Figura 5.3: Parametri di input per la determinazione della portata tracimante 8
Figura 6.1: Schema azioni (non in scala) 13

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE EOLICA IN AMBITO PORTUALE – PORTO DI GENOVA
PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONE IDRAULICA

1 PREMESSA

Il nuovo impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica si svilupperà nell'area portuale compresa tra la fiera di Genova e il porto di Genova Voltri (GE). L'impianto sarà costituito da un totale di 39 aerogeneratori, che saranno installati sulle dighe foranee esistenti e poste a protezione delle suddette aree.

La presente relazione ha lo scopo di valutare tramite assunzioni di massima la portata tracimante sulla diga foranea e le forze indotte dalla tracimazione sugli aerogeneratori e sulle cabine elettriche. Le valutazioni contenute nel presente rapporto sono da considerarsi stime di massima che dovranno essere affinate e verificate nella successiva fase di progetto.

Nelle seguenti figure viene riportata la planimetria di inquadramento della zona in oggetto.

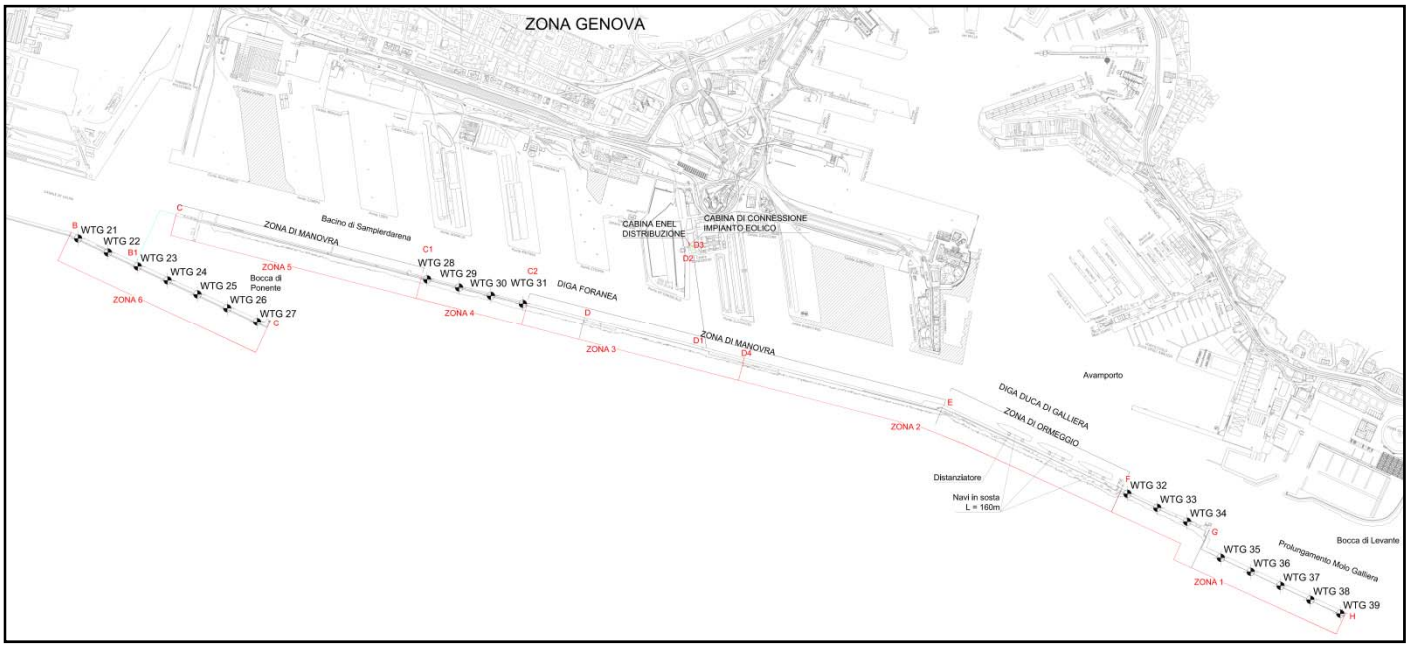


Figura 1.1: Planimetria di inquadramento – Zona Genova

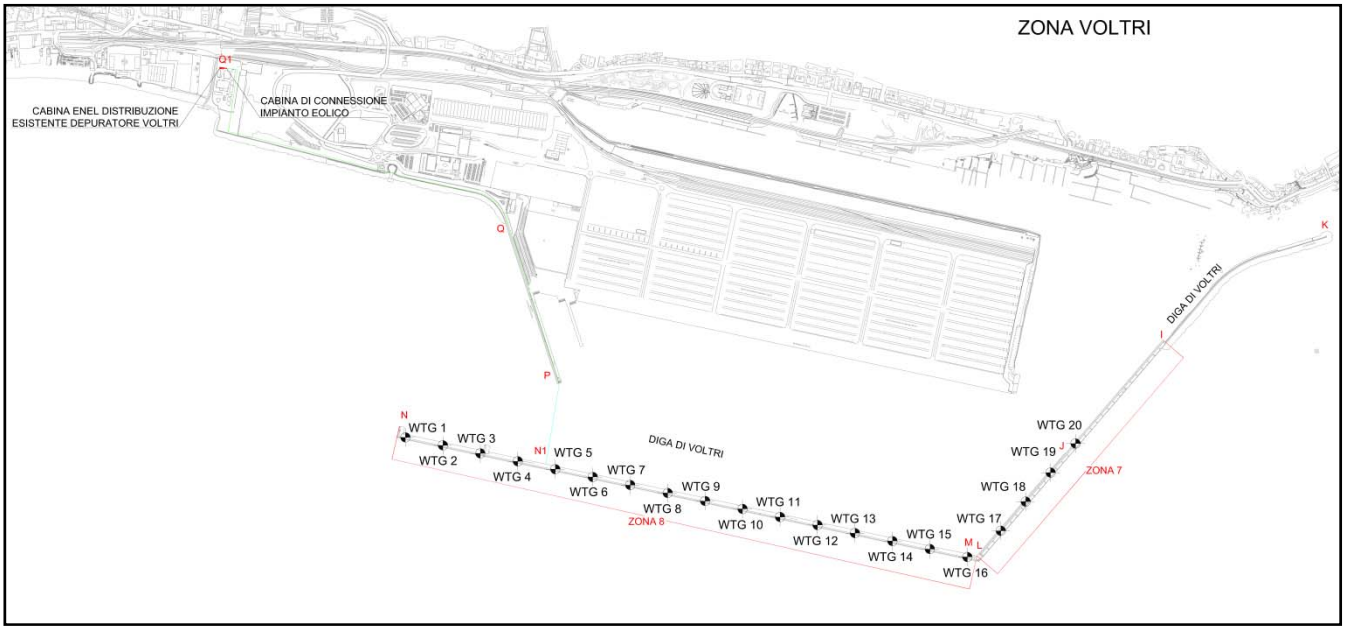


Figura 1.2: Planimetria di inquadramento – Zona Voltri

2 RIFERIMENTI

- "Analisi probabilistica degli stati di mare presso la diga foranea del porto di Genova. Azione del moto ondoso su un cassone di diga; raffronto con l'azione trasmessa da una turbina eolica." – Università degli studi di Genova – Istituto di idraulica – S. Stura e R. Gentile - Marzo 1998;
- "Wave overtopping of sea defences and related structures: assessment manual" – Eurotop manual – 2007;
- "Coastal Engineering Manual" - U.S. Army Corps of Engineers – 2002.

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Le dighe foranee esistenti a protezione dell'area portuale compresa tra la fiera di Genova e il porto di Genova Voltri sono opere a paramento verticale; queste strutture sono costituite da un imbasamento di materiale sciolto su cui poggia il tronco della diga formato da un'infrastruttura a sezione rettangolare che fuoriesce dal livello del mare e da una sovrastruttura a forma di L con muro paraonde. Nella seguente figura viene riportata una sezione tipo della diga foranea.

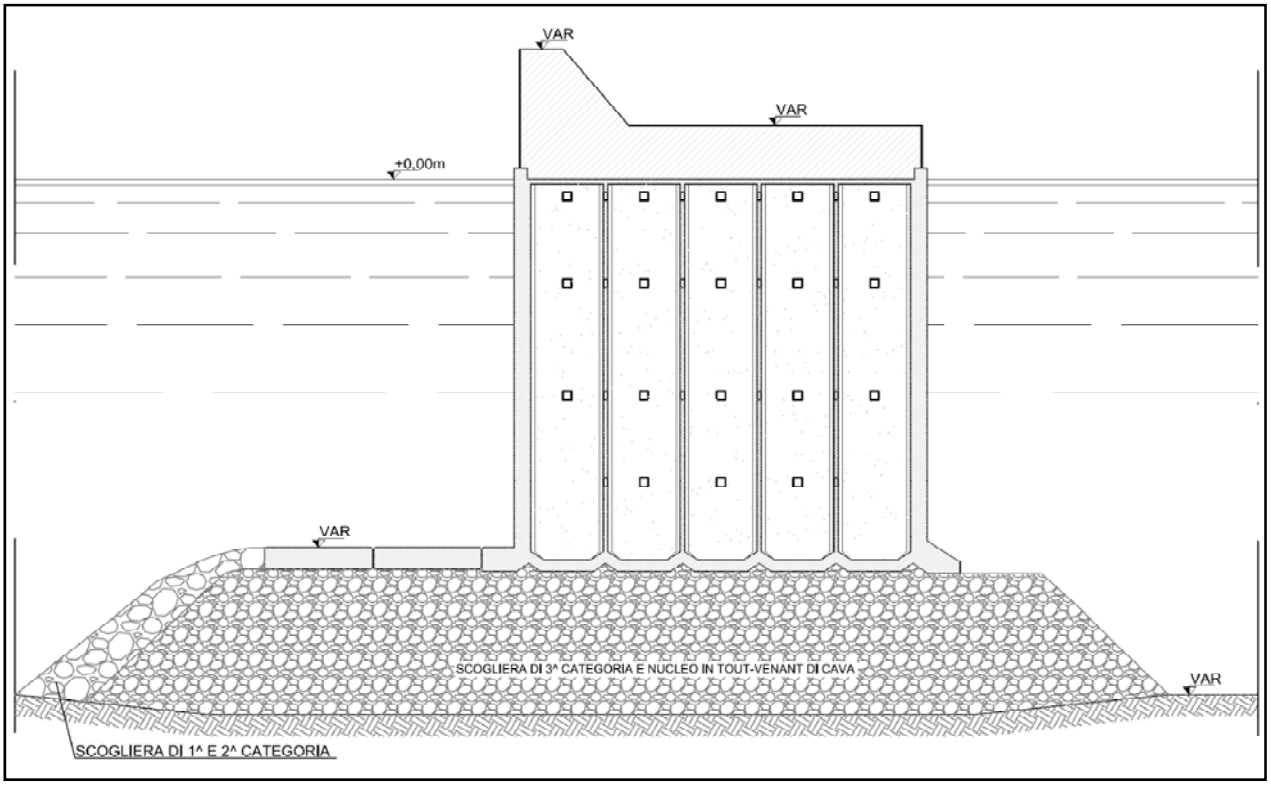


Figura 3.1: Sezione tipo diga di Voltri

Le principali grandezze geometriche della diga sono:

- la profondità in corrispondenza della berma al piede, che varia tra -19 m s.l.m. e -8 m s.l.m.;
- la profondità in corrispondenza del piede della struttura, che varia tra -30 m s.l.m. e -17 m s.l.m.;
- l'altezza della cresta del muro paraonde, che varia tra 7.35 m s.l.m. e 9.30 m s.l.m..

Gli aerogeneratori sono costituiti da un fusto di diametro 1.85 m e altezza variabile da 20 m a 27 m. Le pale raggiungono un altezza variabile tra 44.50 m e 46.50 m e distano circa 1 m dal piede interno del muro paraonde.

4 IL FENOMENO DELLA TRACIMAZIONE

Quando il livello raggiunto da un'onda supera quello della cresta della diga, una quantità d'acqua si riversa per un certo tempo oltre il ciglio. Per portata tracimante (overtopping) si intende il volume tracimato per unità di lunghezza del ciglio in uno stato di mare di N onde diviso per il tempo per il quale tale stato di mare è persistito.

Tale valore medio q è molto minore del valore istantaneo che oltrepassa la diga per l'onda più alta nel breve lasso di tempo in cui l'opera supera il ciglio. Il valore di q, misurato come descritto sopra, deve pertanto considerarsi un indice per formulare un'idea dell'intensità del fenomeno.

La tracimazione può essere tollerata solo se non causa onde dannose a tergo della struttura, questo dipende dalle caratteristiche dell'onda e della struttura. Il valore della portata massima tracimabile ammissibile risulta fortemente legato all'utilizzo della parte retrostante la diga.

Principalmente esistono tre dinamiche che descrivono il fenomeno della tracimazione:

1. Il passaggio vero e proprio di ondate d'acqua sottoforma di una lamina continua sopra la cresta della struttura (fenomeno detto "green water");
2. L'impatto violento dell'onda sulla parete con la produzione di notevoli volumi di schizzi che oltrepassano la protezione (fenomeno detto "white water");
3. La nascita di spray generati dall'azione del vento sulla cresta dell'onda.

In generale la portata media tracimante per unità di lunghezza della struttura viene indicata con q ed è funzione dei seguenti parametri:

$$q = f(h_s, d, R_c, H_{m0}, T_s)$$

con:

h_s = profondità in corrispondenza del piede della struttura [m];

d = profondità in corrispondenza della berma al piede [m];

R_c = altezza della cresta [m];

H_{mo} = altezza d'onda spettrale [m];

T_s = periodo d'onda significativo [s].

5 STUDIO DELLA TRACIMAZIONE

Di seguito vengono riportate le metodologie di calcolo adottate per la determinazione della portata tracimante.

5.1 CONDIZIONI DI IMPATTO DELL'ONDA SULLA PARETE

Prima della valutazione della portata tracimante è necessario determinare il tipo di interazione fra l'onda e la struttura. Si distinguono due principali condizioni di impatto:

- Condizioni "non impulsive": le onde sono relativamente piccole in relazione alla profondità locale del fondale e hanno una bassa ripidità d'onda. Queste onde non sono influenzate dal piede della struttura e creano una lamina tracimante sopra la cresta dell'opera;

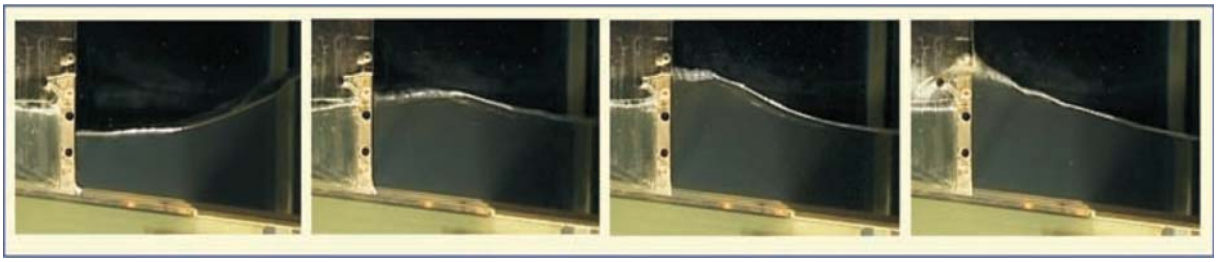


Figura 5.1: Onde in condizioni "non impulsive"

- Condizioni "impulsive": le onde sono relativamente grandi in relazione alla profondità locale del fondale; certe onde impattano violentemente contro la struttura e producono notevoli volumi di schizzi.



Figura 5.2: Onde in condizioni "impulsive"

5.2 DISCRIMINANTE DELLE CONDIZIONI DI IMPATTO

Per stabilire le condizioni di impatto è necessario calcolare il parametro di impulsività d^*, definito dalla seguente relazione:

$$d^* = 1.35 \frac{d}{H_{m0}} \frac{2\pi h_s}{g T_{m-1,0}^2}$$

con:

d = profondità in corrispondenza della berma al piede [m];
h_s = profondità in corrispondenza del piede della struttura [m];
H_{mo} = altezza d'onda spettrale [m];
$T_{m-1,0}$ = periodo d'onda spettrale [s];
g = accelerazione di gravità [m/s^2].

Il periodo d'onda spettrale $T_{m-1,0}$ è ottenuto tramite la seguente relazione:

$$T_{m-1,0} = \frac{T_s}{1.1}$$

con:

T_s = periodo d'onda significativo [s].

Si hanno condizioni non impulsive quando $d^*>0.3$, e condizioni impulsive quando $d^*<0.2$.

5.3 CALCOLO DELLA PORTATA TRACIMANTE

Le grandezze necessarie per la determinazione della portata tracimante sono indicate nella seguente figura:

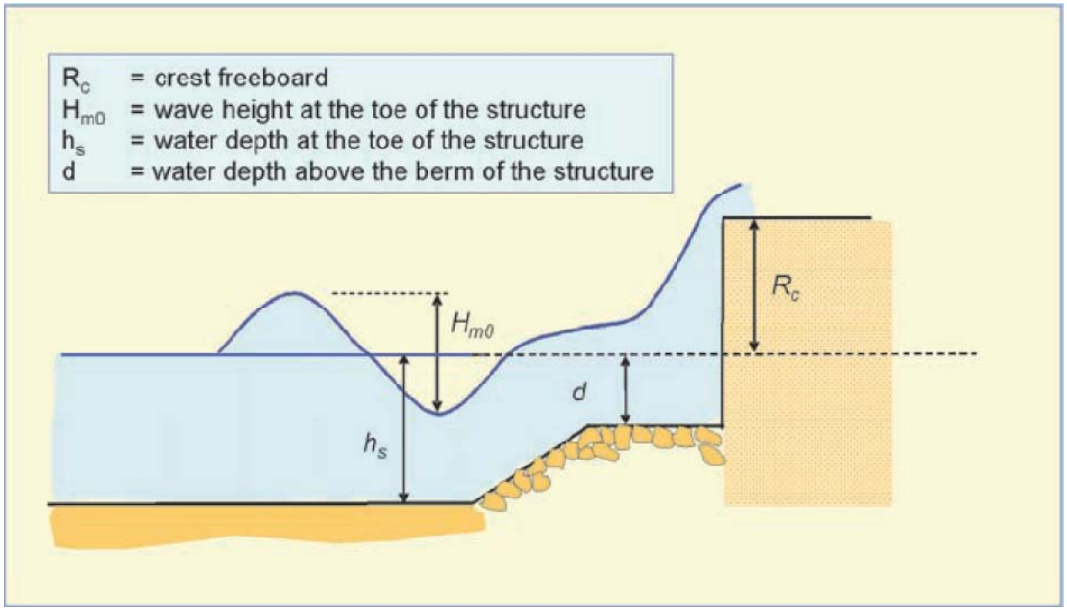


Figura 5.3: Parametri di input per la determinazione della portata tracimante

In condizioni non impulsive, la portata tracimante q viene valutata attraverso la seguente equazione:

$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = 0.04 \exp\left(-2.6 \frac{R_c}{H_{m0}}\right) \qquad \text{valida per } 0.1 < R_c / H_{m0} < 3.5$$

con:

q = portata media tracimante per unità di lunghezza della struttura [$m^3/s/m$];
H_{mo} = altezza d'onda spettrale [m];
R_c = altezza della cresta [m];
g = accelerazione di gravità [m/s^2].

In condizioni impulsive, la portata tracimante q viene valutata attraverso la seguente equazione:

$$\frac{q}{d^{*2}\sqrt{gd^3}} = 4.1\text{x}10^{-4}\left(d^*\frac{R_c}{H_{m0}}\right)^{-2.9} \qquad \text{valida per } 0.05 < d^* R_c / H_{m0} < 1.0$$

con:

q = portata media tracimante per unità di lunghezza della struttura [$m^3/s/m$];
d = profondità in corrispondenza della berma al piede [m];
d^* = parametro di impulsività;
H_{mo} = altezza d'onda spettrale [m];
R_c = altezza della cresta [m];
g = accelerazione di gravità [m/s^2].

Per valutare la portata tracimante è stato considerato un approccio probabilistico.

Per la determinazione della portata tracimante è stata utilizzata l'altezza dell'onda più alta dello stato di mare (H_{picco}), che può essere valutata tramite la seguente relazione:

$$H_{picco} = 1.8\,H_{m0}$$

Le caratteristiche dello stato di mare sono state riprese dal documento "Analisi probabilistica degli stati di mare presso la diga foranea del porto di Genova. Azione del moto ondoso su un cassone di diga; raffronto con l'azione trasmessa da una turbina eolica." – Università degli studi di Genova – Istituto di idraulica – S. Stura e R. Gentile.

Le grandezze geometriche della diga considerate sono le seguenti:

- d = profondità in corrispondenza della berma al piede;
- h_s = profondità in corrispondenza del piede della struttura;
- R_c = altezza della cresta.

Tali grandezze variano in base al tratto di diga considerato.

I parametri dello stato di mare considerati sono l'altezza d'onda spettrale H_{mo} e il periodo d'onda significativo T_s. Nella seguente tabella sono riportati tali parametri al variare del tempo di ritorno.

Tabella 5.1: Parametri del moto ondoso

Tempo di ritorno	Altezza d'onda spettrale	Periodo d'onda significativo
T_r	H_{mo}	T_s
[anni]	[m]	[m]
1	4.04	9.00
2	4.36	9.63
4	4.77	10.20
10	5.27	10.89
20	5.62	11.38
40	5.95	11.84
100	**6.36**	**12.42**
195	6.65	12.83
300	6.82	13.06
400	6.94	13.22

Per il calcolo della portata tracimante si utilizzano i valori di altezza e periodo d'onda relativi ad un tempo di ritorno pari a 100 anni, come indicato nel documento "Wave overtopping of sea defences and related structures: assessment manual" – Eurotop manual.

6 CALCOLO DELLE AZIONI INDOTTE SULLE OPERE A PROGETTO

La portata tracimante esercita delle azioni sugli aerogeneratori e sulle cabine elettriche ubicate alla loro base. L'azione orizzontale indotta dall'onda tracimante è determinata cautelativamente valutando la spinta dinamica contro una parete piana normale al getto.

La spinta orizzontale F_o agente sugli aerogeneratori e sulle cabine elettriche viene calcolata mediante la seguente equazione:

$$F_o = \rho Q c$$

con:

ρ = densità dell'acqua di mare pari a 1030 kg/m^3;

Q = portata tracimante [m^3/s];

c = celerità dell'onda [m/s].

La celerità dell'onda c viene ricavata mediante la seguente equazione:

$$c = L/T_s$$

con:

T_s = periodo d'onda significativo [s];

L = lunghezza d'onda [m] ottenuta iterativamente tramite l'equazione:

$$L = \frac{gT_s^2}{2\pi} \tanh\left(2\pi \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{L}}\right)$$

con:

g = accelerazione di gravità [m/s^2];

d = profondità in corrispondenza della berma al piede [m].

Per determinare il punto di applicazione della spinta orizzontale F_o si è utilizzata l'equazione di conservazione dell'energia, espressa dalla relazione:

$$\frac{1}{2} mc^2 = mgh_{pot}$$

Dall'equazione si ricava l'altezza potenziale h_{pot} che sommata all'altezza della cresta dell'onda fornisce la quota di applicazione della spinta orizzontale F_o agente sull'aerogeneratore (braccio B).

La spinta orizzontale F_o agente sulla cabina elettrica cautelativamente si considera applicata in sommità della cabina stessa.

La spinta verticale F_v agente sulle cabine elettriche viene calcolata mediante la seguente relazione:

$$F_v = \rho\, Q \sqrt{gh}$$

con:

ρ = densità dell'acqua di mare pari a 1030 kg/m^3;

Q = portata tracimante [m^3/s];

g = accelerazione di gravità [m/s^2];

h = altezza di caduta [m].

L'altezza di caduta h è la distanza tra la retta di applicazione della spinta orizzontale F_o e la sommità della cabina elettrica.

Nella seguente figura si riporta uno schema con l'indicazione delle grandezze geometriche citate:

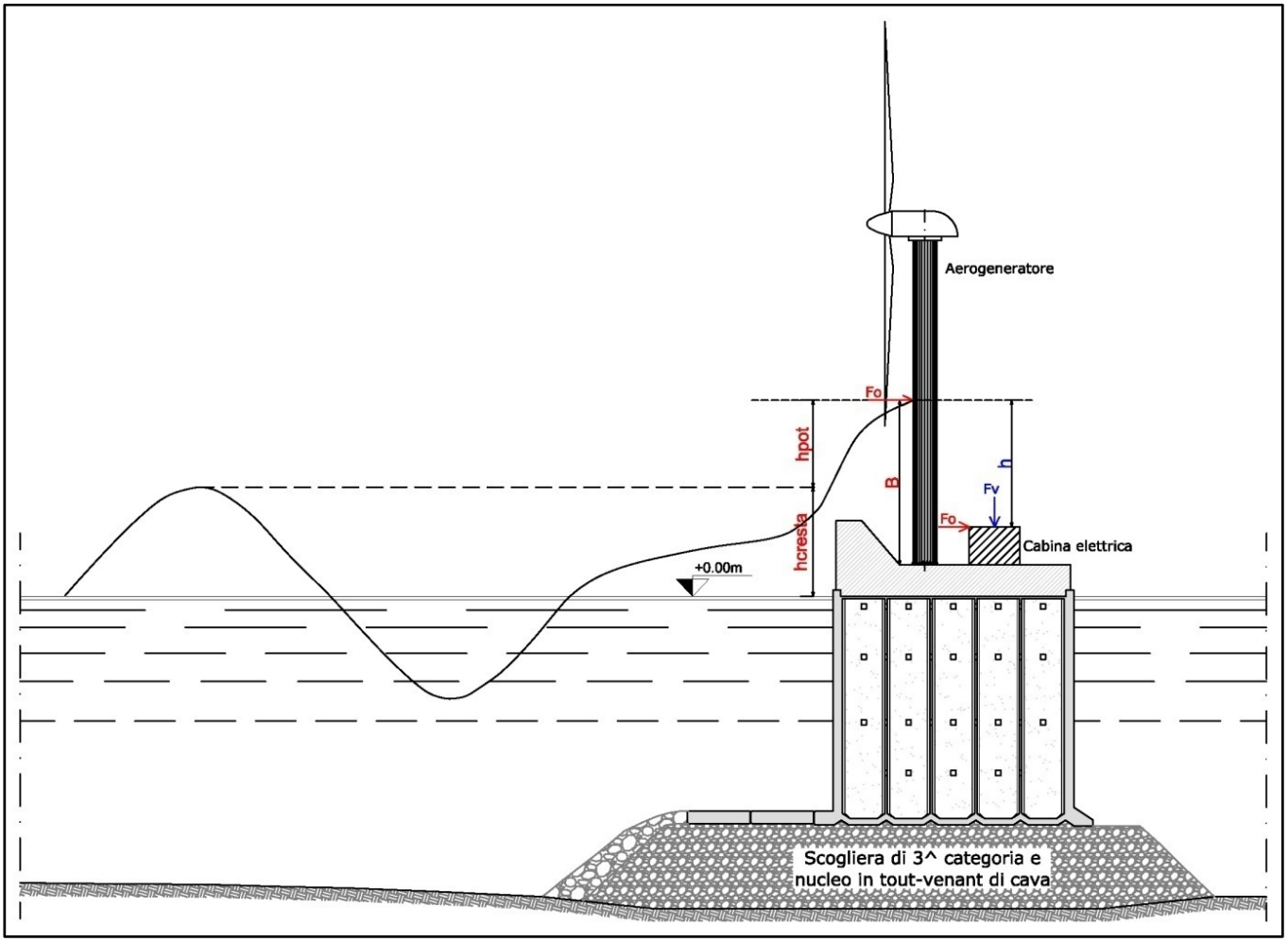


Figura 6.1: Schema azioni (non in scala)

7 ANALISI DEI RISULTATI

Nella seguente tabella riassuntiva si riportano i valori della portata tracimante a metro lineare q ottenuti nei diversi tratti di diga considerati:

Tabella 7.1: Portata tracimante

Tratto	q
	[m^3/s/m]
N-M	0.704
L-J	0.871
J-I	0.769
B-C	**1.242**
C-D	1.124
F-G	0.665
G-H	0.789

La massima portata tracimante risulta pari a 1.242 m^3/s/m e si ha in corrispondenza del tratto B-C della diga.

In **Appendice A** sono riportati i fogli di calcolo per la determinazione della portata tracimante q per le diverse sezioni della diga considerate.

Nella seguente tabella vengono riportati i valori della celerità dell'onda e dell'altezza di caduta h per i diversi tratti di diga.

Tabella 7.2: Celerità dell'onda e altezza di caduta

Tratto	Celerità dell'onda	Altezza di caduta
	c	**h**
	[m/s]	[m]
N-M	12.52	7.71
L-J	11.65	9.65
J-I	10.65	6.71
B-C	11.96	7.01
C-D	9.56	3.58
F-G	8.55	5.55
G-H	11.65	6.15

Nel calcolo è stata fatta l'assunzione di considerare le azioni agenti su 1 m lineare di struttura.

Le spinte e le pressioni a metro lineare di struttura, indotte dalla portata tracimante, sono riportate nella seguente tabella:

Tabella 7.3: Azioni indotte dalla portata tracimante

Tratto	Spinta orizzontale	Altezza area influenza getto	Pressione orizzontale	Braccio spinta orizzontale	Spinta verticale	Pressione verticale
	F_O	**S**	**P_O**	**B**	**F_V**	**P_V**
	[kN]	[m]	[kN/m]	[m]	[kN]	[kN/m]
N-M	9.08	0.056	161.44	10.71	6.31	112.17
L-J	10.45	0.075	139.86	4.15	8.72	116.75
J-I	8.43	0.072	116.87	3.01	6.42	89.00
B-C	**15.30**	0.104	147.21	10.01	**10.61**	102.10
C-D	11.06	0.118	94.09	3.03	6.86	58.34
F-G	5.85	0.078	75.29	7.35	5.05	64.98
G-H	9.47	0.068	139.86	9.15	6.31	93.19

I valori delle azioni ottenuti vengono assunti per il dimensionamento degli ancoraggi degli aerogeneratori e per le verifiche strutturali delle relative cabine elettriche. Le spinte orizzontali e verticali massime si hanno in corrispondenza del tratto B-C.

Le valutazioni contenute nel presente rapporto sono da considerarsi stime di massima da verificare nella successiva fase progettuale.

APPENDICE A

PORTATA TRACIMANTE – OUTPUT DI CALCOLO

MEAN OVERTOPPING DISCHARGES FOR COMPOSITE VERTICAL WALLS - RETURN PERIOD 100 YEARS

(Rif. Doc. "Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual")

TRATTO N-M

Overtopping regime discrimination - Composite vertical walls

Input:				
T_r		100	years	return period
h_s		30	m	water depth at the toe of the structures
H_{picco}		11.45	m	wave height at the toe of the structure
d		19	m	water depth above the berm of the structure
R_c		8.5	m	crest freebord
$T_s=T_p$		12.42	s	significant wave period
$T_{m-1,0}$		11.29	s	average wave period defined by m_{-1}/m_0
g		9.81	m/s^2	gravitational acceleration
d*		0.34		impulsiveness parameter
d*	>0.3		--------->	non-impulsive conditions
d*	<0.2		--------->	impulsive conditions

Non-impulsive conditions

Probabilistic design

valid for 0.1< R_c/H_{mo} <3.5

R_c/H_{mo}	0.74		
q	**0.704**	$m^3/s/m$	mean overtopping discharge

MEAN OVERTOPPING DISCHARGES FOR COMPOSITE VERTICAL WALLS - RETURN PERIOD 100 YEARS

(Rif. Doc. "Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual")

TRATTO L-J

Overtopping regime discrimination - Composite vertical walls

Input:			
T_r	100	years	return period
h_s	20	m	water depth at the toe of the structures
H_{picco}	11.45	m	wave height at the toe of the structure
d	16	m	water depth above the berm of the structure
R_c	8.5	m	crest freebord
$T_s=T_p$	12.42	s	significant wave period
$T_{m-1,0}$	11.29	s	average wave period defined by m_{-1}/m_0
g	9.81	m/s^2	gravitational acceleration
d*	0.19		impulsiveness parameter
d*	>0.3	--------->	non-impulsive conditions
d*	<0.2	--------->	impulsive conditions

Impulsive conditions

Probabilistic design

valid for 0.05< d* R_c/H_{mo} <1.0

d* R_c/H_{mo}	0.14		
q	**0.871**	$m^3/s/m$	mean overtopping discharge

MEAN OVERTOPPING DISCHARGES FOR COMPOSITE VERTICAL WALLS - RETURN PERIOD 100 YEARS

(Rif. Doc. "Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual")

TRATTO J-I

Overtopping regime discrimination - Composite vertical walls

Input:			
T_r	100	years	return period
h_s	20	m	water depth at the toe of the structures
H_{picco}	11.45	m	wave height at the toe of the structure
d	13	m	water depth above the berm of the structure
R_c	8.5	m	crest freebord
$T_s=T_p$	12.42	s	significant wave period
$T_{m-1,0}$	11.29	s	average wave period defined by m_{-1}/m_0
g	9.81	m/s^2	gravitational acceleration
d*	0.15		impulsiveness parameter
d*	>0.3	--------->	non-impulsive conditions
d*	<0.2	--------->	impulsive conditions

Impulsive conditions

Probabilistic design

valid for $0.05 < d^* R_c/H_{mo} < 1.0$

$d^* R_c/H_{mo}$	0.11		
q	**0.769**	$m^3/s/m$	mean overtopping discharge

MEAN OVERTOPPING DISCHARGES FOR COMPOSITE VERTICAL WALLS - RETURN PERIOD 100 YEARS

(Rif. Doc. "Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual")

TRATTO B-C

Overtopping regime discrimination - Composite vertical walls

Input:

T_r	100	years	return period
h_s	23.5	m	water depth at the toe of the structures
H_{picco}	11.45	m	wave height at the toe of the structure
d	17	m	water depth above the berm of the structure
R_c	6	m	crest freebord
$T_s=T_p$	12.42	s	significant wave period
$T_{m-1,0}$	11.29	s	average wave period defined by m_{-1}/m_0
g	9.81	m/s^2	gravitational acceleration
d*	0.24		impulsiveness parameter

d*	>0.3	--------->	non-impulsive conditions
d*	<0.2	--------->	impulsive conditions

Non-impulsive conditions

Probabilistic design

valid for 0.1< R_c/H_{mo} <3.5

R_c/H_{mo}	0.52		
q	**1.242**	$m^3/s/m$	mean overtopping discharge

MEAN OVERTOPPING DISCHARGES FOR COMPOSITE VERTICAL WALLS - RETURN PERIOD 100 YEARS

(Rif. Doc. "Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual")

TRATTO C-D

Overtopping regime discrimination - Composite vertical walls

Input:

T_r		100	years	return period
h_s		17.82	m	water depth at the toe of the structures
H_{picco}		11.45	m	wave height at the toe of the structure
d		10.2	m	water depth above the berm of the structure
R_c		7.35	m	crest freebord
$T_s=T_p$		12.42	s	significant wave period
$T_{m-1,0}$		11.29	s	average wave period defined by m_{-1}/m_0
g		9.81	m/s^2	gravitational acceleration
d*		0.11		impulsiveness parameter
d*	>0.3		--------->	non-impulsive conditions
d*	<0.2		--------->	impulsive conditions

Impulsive conditions

Probabilistic design

valid for 0.05< d* R_c/H_{mo} <1.0

d* R_c/H_{mo} 0.07

q	**1.124**	$m^3/s/m$	mean overtopping discharge

MEAN OVERTOPPING DISCHARGES FOR COMPOSITE VERTICAL WALLS - RETURN PERIOD 100 YEARS

(Rif. Doc. "Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual")

TRATTO F-G

Overtopping regime discrimination - Composite vertical walls

Input:

T_r		100	years	return period
h_s		17	m	water depth at the toe of the structures
H_{picco}		11.45	m	wave height at the toe of the structure
d		8	m	water depth above the berm of the structure
R_c		8.5	m	crest freebord
$T_s=T_p$		12.42	s	significant wave period
$T_{m-1,0}$		11.29	s	average wave period defined by m_{-1}/m_0
g		9.81	m/s^2	gravitational acceleration
d*		0.08		impulsiveness parameter
d*	>0.3		--------->	non-impulsive conditions
d*	<0.2		--------->	impulsive conditions

Impulsive conditions

Probabilistic design

valid for 0.05< d* R_c/H_{mo} <1.0

d* R_c/H_{mo} 0.06

q	**0.665**	$m^3/s/m$	mean overtopping discharge

MEAN OVERTOPPING DISCHARGES FOR COMPOSITE VERTICAL WALLS - RETURN PERIOD 100 YEARS

(Rif. Doc. "Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual")

TRATTO G-H

Overtopping regime discrimination - Composite vertical walls

Input:

T_r		100	years	return period
h_s		24.8	m	water depth at the toe of the structures
H_{picco}		11.45	m	wave height at the toe of the structure
d		16	m	water depth above the berm of the structure
R_c		8	m	crest freebord
$T_s=T_p$		12.42	s	significant wave period
$T_{m-1,0}$		11.29	s	average wave period defined by m_{-1}/m_0
g		9.81	m/s^2	gravitational acceleration
d*		0.24		impulsiveness parameter
d*	>0.3		--------->	non-impulsive conditions
d*	<0.2		--------->	impulsive conditions

Non-impulsive conditions

Probabilistic design

valid for		0.1<	R_c/H_{mo}	<3.5
R_c/H_{mo}		0.70		
q		**0.789**	$m^3/s/m$	mean overtopping discharge