





# INDICE

<b>PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE GENERALE .....</b>	<b>2</b>
<b>GEOLOGIA DELL'AREA .....</b>	<b>2</b>
<b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....</b>	<b>3</b>
<b>ELABORATI GRAFICI ESEGUITI.....</b>	<b>3</b>
TAV.1 CARTA GEOLOGICA .....	3
TAV.2 CARTA GEOMORFOLOGICA.....	4
TAV.3 CARTA IDROGEOLOGICA.....	4
TAV.4 CARTA LITOTECNICA.....	4
TAV.5 CARTA DELLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE .....	4
TAV.6 CARTA DELLE ZONE A MAGGIORE PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE.....	5
TAV.7 CARTA BATIMETRICA .....	5
TAV.8 CARTA DEL SUBSTRATO .....	5
TAV.9 CARTA STORICA DEGLI INTERRAMENTI.....	5
<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE LUNGO IL TRACCIATO DEL SOTTOVIA SUBALVEO .....</b>	<b>6</b>
A) STRATIGRAFIA .....	6
B) PARAMETRI FISICO-MECCANICI DESUNTI DALLE PROVE DI LABORATORIO.....	7
<b>SEZIONI GEOLOGICHE .....</b>	<b>7</b>
<b>LINEA SISMICA AD ALTA RISOLUZIONE.....</b>	<b>8</b>
<b>CONCLUSIONI: REQUISITI E PRESCRIZIONI PER LE AREE IN AMPLIAMENTO E DI NUOVA     EDIFICAZIONE.....</b>	<b>9</b>



## PREMESSA

Su incarico conferito dall'Amministrazione Comunale di Ancona, in data 30/01/2001, sono stati eseguiti studi geologici, geomorfologici, litotecnici ed idrogeologici finalizzati alla redazione della Relazione Geologica per il Piano Particolareggiato del Porto (ai sensi dell'art. 13 L. n° 64/1974).

E' stato considerato come studio bibliografico di base la relazione e le cartografie tematiche eseguite nell'ambito della convenzione tra la Regione Marche e l'Università degli Studi di Ancona per le analisi geologiche e geomorfologiche finalizzate al Piano Regolatore Generale del Comune di Ancona del 1990.

E' stata analizzata nella completezza, nella qualità e nella risoluzione di tematiche affrontate in rispetto alla L.R. n° 34/'92, n° 142/'90, nonché delle circolari n° 14 e n° 15 del 28/08/'90 la documentazione pervenuta relativa alle caratteristiche geologico-geomorfologiche e idrogeologiche.

Lo scopo del lavoro è quello di verificare le reali potenzialità di sviluppo dell'area portuale.

Nello specifico il Piano Particolareggiato del Porto prevede come area di espansione areale o di grande incidenza nel territorio:

- la realizzazione del collegamento stradale (sottovia subalveo), di fronte alla Mole Vanvitelliana,
- la realizzazione del nuovo Porto Turistico,
- la realizzazione del Porto Pescherecci.

In particolare sono state previste le seguenti indagini di dettaglio:

- sono stati effettuati n° 3 sondaggi geognostici per lo studio del tracciato sottomarino.
- E' stata eseguita una linea sismica congiungente i tratti di terra e di mare nella zona interessata dalla frana di Ancona.

Durante tale studio sono stati prodotti diversi elaborati, relativi ai diversi aspetti geologici (Art. 13 L. n° 64/'74).

La documentazione è relativa ai seguenti elaborati:

- Relazione geologico tecnica generale
- Tav.1 Carta geologica
- Tav.2 Carta geomorfologica
- Tav.3 Carta idrogeologica
- Tav.4 Carta litotecnica
- Tav.5 Carta delle pericolosità geologiche
- Tav.6 Carta delle zone a maggiore pericolosità sismica locale
- Tav.7 Carta batimetrica
- Tav.8 Carta del substrato
- Tav.9 Carta storica degli interramenti
- Tav.10 Sezioni geologiche
- Tav.11 Carta di Assetto degli spazi portuali per il Piano di Sviluppo del Porto di Ancona
- Tav.12 Linea sismica ad alta risoluzione

Vengono di seguito descritte le caratteristiche generali geologiche e geomorfologiche dell'area e le note relative ad ogni singola cartografia prodotta.

## INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE GENERALE

L'area oggetto di indagine si inquadra lungo la fascia costiera ed è compresa lungo il "Litorale tra il Fiume Esino e il Fiume Musone, nello specifico nell'interno dell'attuale Porto di Ancona. Tale area è costituita da una serie di depositi marini che comprendono un arco temporale che va dal Miocene medio-sup. al Pliocene inf.. A seguito dei processi tettonici l'area ha subito fenomeni di sollevamento e piegamento andando a costituire l'attuale assetto morfologico strutturale caratterizzato da un rilievo che costituisce il fianco occidentale di una macroanticlinale con asse orientato NO-SE (Anticlinale del Monte Conero), interessata da una faglia inversa orientata NO-SE e da una sinclinale di stessa direzione (Tavernelle-Torrette). Faglie minori probabilmente dislocano le suddette strutture. Gli strati presentano giaciture immergenti verso SO e SSO di  $40^\circ \div 55^\circ$ .

Procedendo da NNE a SSO si osserva la seguente successione stratigrafica:

1. Formazione dello Schlier: marne siltose e argille siltose grigiastre con intercalazioni calcarenitiche. Lo spessore complessivo della Formazione è di  $300 \div 400$  m (Tortoniano-Langhiano p.p.);
2. Formazione Gessoso-solfifera: gessi, arenarie gessose, gessareniti, calcari solfiferi, argille bituminose e diatomiti (Messiniano p.p.);
3. Argille a colombacci: marne argillose, argille marnose e marne con intercalazioni di arenarie e di calcari micritici (Messiniano sup.). Al tetto della Formazione messiniana si trova l'Orizzonte del Trave; si tratta di una calcarenite arenacea che segna il passaggio tra Miocene e Pliocene;
4. Depositi pelitici: sequenza costituita da argille limose e/o sabbiose, argille marnose, marne argillose, limi argillosi e/o sabbiosi, sabbie.

Sono inoltre presenti depositi continentali del Quaternario, costituiti da coperture detritiche di origine colluviale derivanti dal disfacimento della roccia madre. Infine, depositi recenti e attuali (dal 1800 in poi) caratterizzati da materiale di riporto di origine antropica.

## GEOLOGIA DELL'AREA

L'area di Ancona è costituita, a partire dal Miocene, dai seguenti depositi in successione stratigrafica: Formazione dello Schlier, Formazione Gessoso-solfifera, Argille a colombacci e Depositi pelitici.

La Formazione dello Schlier è costituita da un membro marnoso calcareo basale in strati di 20-100 cm e in banchi di 200-500 cm di spessore (Langhiano basale) e da un soprastante membro marnoso costituito da marne siltose e argille siltose grigiastre in strati di 10-40 cm, talora di 100-200 cm, che si estende sino al Tortoniano. In essa si rinvengono intercalazioni calcarenitiche. Lo spessore della formazione è diverso da zona a zona. Al di sopra dello Schlier vi sono i depositi del Messiniano, rappresentato da: a) Formazione Gessoso-solfifera; b) Argille a colombacci che costituiscono la parte inferiore delle Marne dei Corvi, in cui oltre alle peliti si osservano intercalazioni arenacee in strati medi e sottili, arenacei in pacchi di 3-4 metri di spessore e un orizzonte dello spessore di 15 metri di calcarenite arenacea, a granulometria medio fine. Le Argille a colombacci in strati di 1-10 cm., dello spessore di 15-20 m, sono costituite da alternanze di argille scure bituminose, diatomiti, gessi, arenarie gessose, gessareniti laminate, calcari solfiferi e calcari listati. Tali litotipi si possono distinguere in un membro inferiore, intermedio e superiore (Messiniano p.p.). I membri inferiore e superiore sono formati in prevalenza da peliti euxiniche, mentre quello mediano è costituito da litofacies evaporitiche, depostesi in ambienti variabili, da subtidale all'intertidale e persino sopratidale. Dai depositi euxinico-evaporitici si passa verso l'alto alle Argille a colombacci, sedimenti prevalentemente argillosi o argilloso-siltosi, di colore grigio o nerastro, in strati sottili, in cui sono intercalati sottili livelli di calcari micritici biancastrati e livelli di marne nerastre (Messiniano sup.). L'ambiente di sedimentazione è di lago-mare.

L'Orizzonte del Trave, segna il passaggio tra Miocene e Pliocene.

Il Pliocene è rappresentato dai depositi pelitici che poggiano con una netta discordanza angolare sia sulle Argille a colombacci che sull'orizzonte del Trave.

Il Pliocene dell'area anconetana è quindi caratterizzato dalle peliti grigio-azzurre, in strati di 2-30 cm., di ambiente batiale. Esse sono costituite da una sequenza di argille siltose, argille marnose, marne argillose che passano superiormente a depositi torbiditici costituiti da corpi sabbiosi (Pliocene inf.-Medio p.p.).

Per quanto riguarda le sequenze pleistoceniche, si identificano le argille bluastre ben stratificate trasgressive sulle argille del Pliocene medio p.p.. Superiormente si passa dapprima ad un orizzonte pelitico-arenaceo poi ad argille bluastre con livelli arenaceo pelitici e pelitico-arenacei in strati dello spessore fino 50-70 cm, con intercalazioni sabbiose in strati da 5-10 cm, fino a 20-10 cm.. Infine si passa alle argille ocracee e talora, alle argille e sabbie di ambiente lagunare dello spessore variabile dai 5 ai 20 mm.

## INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La zona oggetto di studio è ubicata nel Porto di Ancona, sia turistico che commerciale, le darsene ed i terminali per navi e traghetti e la zona industriale ZIPA. Si estende a fianco del nuovo porto turistico verso Torrette, alla base della grande frana di Ancona. In particolare l'area in esame è compresa in una zona ricavata dall'interramento di un'ampia fascia di mare antistante il naturale litorale costiero che si presenta pianeggiante; vi è inoltre un tratto a mare, a debolmente pendenza.

I terreni di riporto di origine antropica, utilizzati per l'interramento sono di natura variegata, dai massi ciclopici costituiti da blocchi di calcari ai limi sabbiosi ed argillosi di spessore variabile da luogo a luogo.

## ELABORATI GRAFICI ESEGUITI

### **Tav.1 Carta geologica**

La cartografia geologica deriva sia dalla bibliografia (P.R.G. del Comune di Ancona, 1990, con piccole modificazioni e, ricerche storiche) che da studi recenti eseguiti nell'area durante diverse campagne di indagine ed è stata riprodotta su base cartografica in scala 1:5.000.

Tale cartografia, ha come obiettivo (in riferimento alla circolare n° 14 del 28/8/'90), l'individuazione e la rappresentazione cartografica delle caratteristiche geologiche presenti nell'area in esame. In particolare, su questa carta, redatta su base litostratigrafica, devono essere riportati tutti i "litotipi affioranti, il loro andamento geometrico, la stratimetria e gli elementi strutturali".

Pertanto vengono distinte le unità del substrato dalle unità della copertura.

In tale area è presente la seguente successione litostratigrafica:

- Formazione di tetto e Argille a colombacci (Miocene);
- Orizzonte calcarenitico del Trave (Pliocene inf.-medio)
- Formazione dello Schlier (porzione inf., medio-sup.);
- Unità delle Argille e argille marnose del Pliocene (Successione inf.)

Le unità della copertura vengono distinte in:

- Depositi eluvio-colluviali: Limi argilloso-sabbiosi di spessore superiore ai 2 metri (Quaternario)
- Terreni di riporto costituiti da accumuli di materiale grossolano, messi in posa per la costruzione di scogliere e/o materiali fini derivanti da escavazioni e sbancamenti.
- Area con modesti fenomeni gravitativi;

Viene definita a parte l'Unità che comprende sia il substrato che i depositi eluvio-colluviali della Frana di Ancona:

- Unità del substrato ed eluvio-colluvioni: argille siltose e limi argilloso-sabbiosi.

## **Tav.2 Carta geomorfologica**

La cartografia geomorfologia, riprodotta su base cartografica in scala 1:5.000, deriva sia dalla bibliografia (P.R.G. del Comune di Ancona, 1990) sia da indagini di dettaglio eseguite nell'area.

Vengono distinti i terreni di riporto, i depositi di copertura, il substrato ed inoltre evidenziati i fenomeni gravitativi. In particolare, per quanto riguarda la frana di Ancona, il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dalla Regione Marche, la individua come: Frana Complessa attiva.

Va sottolineato che un paragrafo a parte è rivolto alla grande frana di Ancona (§ Linea sismica ad alta risoluzione).

La redazione del suddetto elaborato cartografico si basa su quanto suggerito nella circolare n° 14 del 28/08/'90, seppur con piccole modificazioni nella legenda.

## **Tav.3 Carta idrogeologica**

L'elaborato cartografico viene riprodotto su base cartografica in scala 1:10.000.

Vengono distinte le seguenti classi di permeabilità:

- Classe di permeabilità bassa:  $k = 10^{-4} \div 10^{-8}$
- Classe di permeabilità medio-bassa:  $k = 10^{-3} \div 10^{-7}$
- Classe di permeabilità media:  $k = 10^{-2} \div 10^{-4}$
- Classe di permeabilità medio-alta:  $k = 1 \div 10^{-4}$

Il differente grado di permeabilità dei diversi litotipi varia sia per la permeabilità primaria (porosità) che secondaria (per fessurazione).

Nell'elaborazione di tale schema non è stata eseguita una carta freaticometrica dell'area. E' stata indicata la permeabilità dei diversi litotipi.

La redazione di questo elaborato si basa su quanto suggerito nella circolare n° 14 del 28/08/'90.

## **Tav.4 Carta litotecnica**

L'elaborato cartografico, riprodotto su base cartografica in scala 1:5.000 e aggiornato rispetto al P.R.G. del Comune di Ancona, secondo quanto definito dalla circolare n° 14 del 28/8/'90, fornisce indicazioni sul comportamento meccanico dei differenti litotipi. La redazione di questo elaborato si basa su quanto suggerito nella circolare n° 14 del 28/08/'90.

## **Tav.5 Carta delle pericolosità geologiche**

L'elaborato cartografico, riprodotto su base cartografica in scala 1: 5.000, mostra i le aree che sono interessate da pericolosità geologiche, in particolare i fenomeni franosi. La legenda mostra la tipologia dei diversi fenomeni franosi.

La redazione di questo elaborato si basa su quanto suggerito nella circolare n° 14 del 28/08/90.

Vi è da sottolineare che il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI), individua l'area oggetto di indagine all'interno della Tav. RI 22, nel tratto di "Litorale tra il Fiume Esino e il Fiume Musone di rilievo regionale (Cod.: F13-0154), con il seguente quadro di pericolosità del fenomeno gravitativo: Frana Complessa attiva identificata con pericolosità  $P_n = P_3$  e grado di rischio  $R_n = R_4$ .

Il paragrafo relativo alla "Linea sismica ad alta risoluzione", rivolto alla grande frana di Ancona, sottolinea un nuovo quadro conoscitivo a valle della Frana di Ancona.



## **Tav.6 Carta delle zone a maggiore pericolosità sismica locale**

L'elaborato cartografico, riprodotto su base cartografica in scala 1:5.000 e aggiornato rispetto al P.R.G. del Comune di Ancona, secondo quanto definito dalla circolare n° 14 del 28/08/'90, fornisce indicazioni circa la tipologia delle situazioni, i possibili effetti, attendibili in caso di terremoto ed i livelli base in cui tali effetti possono risultare significativi (rischio sismico elevato, medio, basso). La redazione di questo elaborato si basa su quanto suggerito nella circolare n° 14 del 28/08/'90.

## **Tav.7 Carta batimetrica**

L'elaborato cartografico, riprodotto su base cartografica in scala 1:10.000, mostra le curve batimetriche derivanti da due differenti studi. I dati batimetrici vengono riferiti al livello medio del mare (l.m.m.)

- Studio Geologico Beer & S.G.I., 1983; leggermente modificato.
- Studio effettuato dal CNR di Ancona & Geomarine S.a.s., 2002; leggermente modificato.

L'equidistanza tra le curve è di 0,25 ÷ 1,0 m .

## **Tav.8 Carta del substrato**

L'elaborato cartografico, riprodotto su base cartografica in scala 1:10.000, mostra le curve delle isocore (equidistanza tra le curve è di 1,0 m) derivanti dai sondaggi meccanici reperiti grazie alle indagini geognostiche eseguite nell'area durante le diverse campagne di indagini:

- Sondaggi eseguiti per il Piano Regolatore del Comune di Ancona (P.R.G., 1973) e sue varianti (Beer, 1984)
- Sondaggi eseguiti per le varianti al Piano Regolatore del Comune di Ancona (Beer, 1984)
- Studi eseguiti dal Prof. Cotecchia, 1994-2000;
- Studi eseguiti da diversi professionisti per conto dell'Autorità Portuale del Comune di Ancona.

Tale cartografia è stata elaborata al fine di indicare genericamente l'andamento del substrato competente per permettere sin da subito scelte dimensionate sulle fondazioni da adottare nel futuro.

## **Tav.9 Carta storica degli interramenti**

L'elaborato cartografico, riprodotto su base cartografica in scala 1:10.000, ottenuta da dati storici (biblioteca dell'Ufficio frana) mostra le diverse fasi di interrimento del litorale a partire dalla data antecedente al 1873 fino all'attuale.

Tale carta è stata inserita per identificare i contatti litologici differenti tra i materiali di scogliera ed il riempimento più plastico e competente.

## INDAGINI GEOGNOSTICHE LUNGO IL TRACCIATO DEL SOTTOVIA SUBALVEO

Nei giorni 29 Novembre e 2 Dicembre 2002 è stata eseguita un'indagine geognostica in mare, in corrispondenza del tracciato relativo al sottovia subalveo, di fronte alla Mole Vanvitelliana, al fine di definire la stratigrafia, le caratteristiche fisico-meccaniche e la profondità del substrato integro.

L'indagine si è svolta come segue:

- ✓ Sono stati eseguiti n° 3 sondaggi meccanici a “carotaggio continuo”, utilizzando carotieri semplici di diametro 101 mm e rivestimenti di 127 mm, spinti a profondità variabili da 16,0 a 19,0 m per una lunghezza complessiva di 52,0 m.
- ✓ Prelievo di n° 6 campioni indisturbati mediante l'infissione in situ di campionatori (fustelle di acciaio) a “parete sottile” di tipo aperto (Campionatore Shelby), di cui n° 1 nei sondaggi S.1 ed S.3, n° 2 nel sondaggio S.2, e n° 2 campioni rimaneggiati: uno nel sondaggio S.1 ed uno nel sondaggio S.3.

I campioni di terreno prelevati sono stati riposti in apposite cassette catalogatrici a scomparti, delle quali è stato eseguito un rapporto fotografico

### a) STRATIGRAFIA

I sondaggi meccanici hanno raggiunto le seguenti profondità dal piano di campagna (p.c. attuale):

$$S1 = 19,0 \text{ m} ; S2 = 17,0 \text{ m} ; S3 = 16,0 \text{ m}$$

Alla profondità di 10,0 m e di 18,50 m dal p.c. in S1 sono stati prelevati n° 2 campioni di terreno di cui il primo indisturbato ed il secondo rimaneggiato; alla profondità di 7,40 m e di 16,50 m dal p.c. in S2 sono stati prelevati n° 2 campioni di terreno indisturbato; alla profondità di 8,0 m e di 15,20 m dal p.c. in S3 sono stati prelevati n° 2 campioni di terreno di cui il primo indisturbato ed il secondo rimaneggiato.

I campioni sono stati successivamente analizzati da un laboratorio specializzato nel settore.

Le successioni stratigrafiche rilevate nell'area interessata, desunte dalle prove geotecniche, a partire dal p.c., sono così riassumibili:

da 0,0 m a 0,2 m dal p.c. in S1

da 0,0 m a 0,5 m dal p.c. in S3

è stato intercettato un complesso di *depositi marini recenti* caratterizzati da limo argilloso di colore grigio poco consistente.

da 0,20 m a fondo foro dal p.c. in S1

da 0,00 m a fondo foro dal p.c. in S2

da 0,50 m a fondo foro dal p.c. in S3

sono stati rilevati terreni argillo-siltosi, localmente marnosi da molto consistenti a compatti, di colore grigio che passa a grigio plumbeo, con presenza di livelli millimetrici di sabbia fine. I tratti marnosi si presentano con frattura concoide

Tali depositi sono ascrivibili alla **formazione di base** rispettivamente **alterata** ed **integra** delle Argille Plioceniche.

#### *Formazione di base alterata.*

g	=	2,0	T/mc	(peso di volume)
Cu	>	15 - 20	T/mq	(coesione non drenata)

#### *Formazione di base integra.*

g	=	2,1	T/mc	(peso di volume)
---	---	-----	------	------------------

Cu	>	30	T/mq (coesione non drenata)
----	---	----	-----------------------------

## b) PARAMETRI FISICO-MECCANICI DESUNTI DALLE PROVE DI LABORATORIO

Al fine di ottenere i parametri fisico-meccanici dei terreni di fondazione necessari per il calcolo geotecnico il campione indisturbato è stato sottoposto a prove di laboratorio.

I parametri relativi alle analisi del campione vengono di seguito riassunti:

\* CAMPIONE C1 (prelevato nel sondaggio S1 alla profondità di 10,0 m dal p.c.).

- densità	$\gamma$	=	2,01	g/cmc
- coesione	c	=	0,24	T/mq
- angolo di attrito interno	$\phi$	=	27,25°	

\* CAMPIONE C2R (prelevato nel sondaggio S1 alla profondità di 18,50 m dal p.c.).

- densità	$\gamma$	=	2,05	g/cmc
- coesione	c	=	0,33	kg/cm <sup>2</sup>
- angolo di attrito interno	$\phi$	=	29,68°	

\* CAMPIONE C3 (prelevato nel sondaggio S2 alla profondità di 7,40 m dal p.c.).

- densità	$\gamma$	=	1,96	g/cmc
- coesione	c	=	0,32	kg/cm <sup>2</sup>
- angolo di attrito interno	$\phi$	=	27,25°	

\* CAMPIONE C4 (prelevato nel sondaggio S2 alla profondità di 16,50 m dal p.c.).

- densità	$\gamma$	=	2,03	g/cmc
- coesione	c	=	0,09	kg/cm <sup>2</sup>
- angolo di attrito interno	$\phi$	=	28,37°	

\* CAMPIONE C5 (prelevato nel sondaggio S3 alla profondità di 8,0 m dal p.c.).

- densità	$\gamma$	=	1,93	g/cmc
- coesione	c	=	0,04	kg/cm <sup>2</sup>
- angolo di attrito interno	$\phi$	=	31,59°	

\* CAMPIONE C6R (prelevato nel sondaggio S3 alla profondità di 15,20 m dal p.c.).

- densità	$\gamma$	=	2,01	g/cmc
- coesione	c	=	0,29	kg/cm <sup>2</sup>
- angolo di attrito interno	$\phi$	=	28,92°	

La documentazione delle prove di laboratorio viene tenuta agli atti dal Comune di Ancona ed è visionabile presso l'Ufficio geologico.

## SEZIONI GEOLOGICHE

Sono state eseguite n° 4 sezioni geologiche (Sez. A-A', B-B', C-C', D-D') lungo direttrici tracciate ortogonalmente alla linea di costa: da N-S a NO-SE.

Nelle sezioni geologiche sono esemplificate le aree di affioramento dei litotipi presenti nell'intorno dell'area di intervento e mostrano gli spessori dei depositi eluvio-colluviali ed i loro rapporti con il substrato.

## LINEA SISMICA AD ALTA RISOLUZIONE

A seguito del grande fenomeno franoso che interessò l'area di Posatora nel Dicembre del 1982, che distrusse il Quartiere Borghetto, sono stati commissionati in passato dal Comune di Ancona, diversi studi geologico-tecnici dell'area.

Ultimo fra questi è quello del Prof. Vincenzo Cotecchia che, a conclusione delle sue analisi, fra tutte le indicazioni tecniche fornite, nell'area oggetto di studio non esclude la presenza di una superficie di scorrimento profonda che, come prosecuzione dell'area in frana, si estende in mare fino a circa 200-300 m dall'attuale linea di costa.

Di recente, su proposta del Prof. Alfredo Mazzotti del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano, è stata eseguita una linea sismica a riflessione ad alta risoluzione, interessante la grande frana di Ancona estesa dal Montagnolo a 200 metri oltre la linea di costa in mare.

Tale studio è stato eseguito anche al fine di indagare un'area sotto costa che non era stata in passato studiata da analisi geofisiche, correlando le vecchie linee sismiche dell'AGIP con gli studi eseguiti in terraferma e nel contempo di identificare l'eventuale presenza della superficie di scorrimento ipotizzata dal Prof. Vincenzo Cotecchia a conclusione dei suoi studi. Non da ultimo di verificare le reali potenzialità di sviluppo dell'area portuale in quella zona marina.

La linea sismica ha seguito un tracciato ortogonale alle principali zone di distacco della frana, lungo una direttrice N-S. Si è operato con due metodologie differenti, in mare ed in terra.

In mare si è energizzato con "airgun" e si è registrato con idrofoni posizionati su cavo da fondo interposti ogni 5 metri.

In terra si è energizzato con cariche di esplosivo a circa 3 metri da p.c. del peso di 1-3 etti e si è registrato con geofoni (pattern da 5 in linea ortogonali alla linea) interposti ogni 5 metri.

Sono state acquisite onde "P" ed ha operato in campagna l'O.G.S. di Trieste.

Sono stati acquisiti 1550 m di profilo sismico in superficie di cui 1320 m a terra e 235 m a mare.

Dall'interpretazione dei dati risulta che la frana di Ancona non presenta superfici di scorrimento profonde che interessano la formazione argillosa costituente il fondale marino antistante l'area in frana, ma soltanto superfici di scorrimento più superficiali che fra l'altro si estendono poco al di là della scogliera per alcune decine di metri. (vedi sezione geofisica allegata).

Quindi i dati, pur non consentendo di ricostruire totalmente la sezione geologica dalla linea sismica a causa del "disturbo prodotto lungo la sede stradale dal traffico", ci inducono a considerare una fascia di sicurezza che si estende verso mare da circa 50 metri dalla linea di costa.

## CONCLUSIONI: REQUISITI E PRESCRIZIONI PER LE AREE IN AMPLIAMENTO E DI NUOVA EDIFICAZIONE

E' stata eseguita una carta con la suddivisione dell'area portuale secondo l'Assetto degli Spazi Portuali di futuro sviluppo. Tale distinzione è stata effettuata riassumendo in zone distinte per le diverse destinazioni d'uso del Porto di Ancona.

La distinzione in zone è la seguente:

- A) Zona **Mezzi di Servizio (VVFF; Marina Militare; Autorità Portuale; Guardia di Finanza; Polizia Piloti; Ormeggiatori; Rimorchiatori)**, in cui è prevista l'edificazione del 10 % della superficie areale, corrispondente a  $S = 2.700$  mq..
- B) Zona **Terminale Crocieristico (navi, traghetti, aliscafi) e "Piazza sul Mare"**, in cui è prevista un'edificazione di una superficie areale pari a  $S = 3.800$  mq e per un'altezza pari ad  $h = 6,5$  m..
- C) Zona **Collegamento Stradale Sottomarino**, in cui è previsto il collegamento sottomarino un'edificazione di una superficie areale pari a  $S = 35.000$  mq e per un'altezza pari ad  $h = 15,0$  m..
- D) Zona **Terminale Container, General Cargo e Granaglie**, in cui è prevista un'edificazione di una superficie areale pari a  $S = 32.000$  mq, compreso un deposito di carbone; sono inoltre previsti silos per un'altezza pari ad  $h = 6,50$  m..
- E) Zona **Ambito di Riqualficazione Funzionale (Ampliamento Nuovo Porto Commerciale sub-aree A e B)**, in cui è prevista un'edificazione per un volume pari a quello esistente e per un'altezza pari ad  $h = 15,0$  m..
- F) Zona **Cantieristica Navale Minore**, in cui è prevista un'edificazione di una superficie areale pari a  $S = 96.000$  mq e per un'altezza pari ad  $h = 22,0$  m..
- G) Zona **Produzione di Beni e Servizi**, in cui è prevista un'edificazione di una superficie areale pari a  $S = 75.000$  mq e per un'altezza pari ad  $h = 15,0$  m..
- H) Zona **Darsena Specializzata "Porto Turistico e Porto Peschereccio"**, Porto Turistico e Pescherecci in cui è previsto la realizzazione del Porto turistico e del porto peschereccio
- I) Zona **Scalo ferroviario**, in cui è prevista un'edificazione di una superficie areale pari a  $S = 222.000$  mq e per un'altezza pari ad  $h = 15,0$  m..
- J) Zona **Polo di Servizi culturali, Amministrativi e Ricreativi: Mole Vanvitelliana, Centro Commerciale e Parcheggio, Fiera, Recupero Mercato Ittico**, in cui è prevista un'edificazione di una superficie areale pari a  $S = 35.000$  mq e per un'altezza pari ad  $h = 15,0$  m..

Si analizzerà inoltre, le diverse zone, distinte a seconda delle scelte di sviluppo e per zone omogenee dal punto di vista geologico-tecnico, sulla base degli elaborati cartografici allegati alle diverse scale (scala 1:10.000 e 1:5.000) e della "presente Relazione".

Per le suddette aree è stata redatta una carta di zonizzazione, in relazione alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e stratigrafiche dei terreni delle aree in esame, e per tali aree sono previste le seguenti, rispettive prescrizioni:

Per la zona A:

- a) Si ritiene necessario in sede progettuale di far redigere, specifiche relazioni geologico-tecniche con indagini dirette su terreno, (prove in situ e di laboratorio) per la parametrizzazione geotecnica dei terreni finalizzati alla scelta delle fondazioni più adatte. Considerando la differenza litologica fra le scogliere rilevate e il materiale di riempimento e, la loro differente risposta all'amplificazione sismica, si ritengono necessari delle indagini specifiche finalizzate alla caratterizzazione dei parametri elastici dei terreni.
- b) Esecuzione di perforazioni fino all'identificazione del substrato.
- c) Edificazione su fondazioni profonde tipo pali.

- d) Non eseguire piani interrati, perché al di sotto dell'attuale livello del mare.

Per la zona B:

- a) Necessarie, specifiche relazioni geologico-tecniche con indagini dirette su terreno, (prove in situ e di laboratorio) per la parametrizzazione geotecnica dei terreni finalizzati alla scelta delle fondazioni più adatte. Considerando la differenza litologica fra le scogliere rilevate e il materiale di riempimento e, la loro differente risposta all'amplificazione sismica, si ritengono necessari delle indagini specifiche finalizzate alla caratterizzazione dei parametri elastici dei terreni.
- a) Esecuzione di perforazioni fino all'identificazione del substrato.
- b) Edificazione su fondazioni profonde tipo pali.
- c) Non eseguire piani interrati, perché al di sotto dell'attuale livello del mare.

Per la zona C:

- a) Necessarie, specifiche relazioni geologico-tecniche con indagini dirette su terreno, (prove in situ e di laboratorio) per la parametrizzazione geotecnica dei terreni finalizzati alla scelta delle fondazioni più adatte. Considerando la differenza litologica fra le scogliere rilevate e il materiale di riempimento e, la loro differente risposta all'amplificazione sismica, si ritengono necessari delle indagini specifiche finalizzate alla caratterizzazione dei parametri elastici dei terreni
- b) Esecuzione di perforazioni fino all'identificazione del substrato.
- c) Edificazione su fondazioni profonde tipo pali.
- d) Realizzare una rete di monitoraggio.
- e) Realizzare impermeabilizzazioni.
- f) Realizzare negli imbocchi sbancamenti contenuti e protetti.
- g) Realizzare opere di contenimento con interventi in c.a., attraverso paratie tirantate: è necessario evitare di lasciare aperti eventuali sbancamenti e/o tagli del terreno.

Per la zona D:

- a) Necessarie, specifiche relazioni geologico-tecniche con indagini dirette su terreno, (prove in situ e di laboratorio) per la parametrizzazione geotecnica dei terreni finalizzati alla scelta delle fondazioni più adatte. Considerando la differenza litologica fra le scogliere rilevate e il materiale di riempimento e, la loro differente risposta all'amplificazione sismica, si ritengono necessari delle indagini specifiche finalizzate alla caratterizzazione dei parametri elastici dei terreni.
- b) Esecuzione di perforazioni fino all'identificazione del substrato.
- c) Edificazione su fondazioni profonde tipo pali.
- d) Non eseguire piani interrati, perché al di sotto dell'attuale livello del mare.
- e) Evitare la realizzazione di serbatoi interrati, per ridurre i rischi da eventuale inquinamento.

Per la zona E:

- a) Necessarie, specifiche relazioni geologico-tecniche con indagini dirette su terreno, (prove in situ e di laboratorio) per la parametrizzazione geotecnica dei terreni finalizzati alla scelta delle fondazioni più adatte. Considerando la differenza litologica fra le scogliere rilevate e il materiale di riempimento e, la loro differente risposta all'amplificazione sismica, si ritengono necessari delle indagini specifiche finalizzate alla caratterizzazione dei parametri elastici dei terreni.
- b) Esecuzione di perforazioni fino all'identificazione del substrato.
- c) Edificazione su fondazioni profonde tipo pali.
- d) Non eseguire piani interrati, perché al di sotto dell'attuale livello del mare.
- e) Evitare la realizzazione di serbatoi interrati, per ridurre i rischi da eventuale inquinamento.

Per la zona F:

- a) Necessarie, specifiche relazioni geologico-tecniche con indagini dirette su terreno, (prove in situ e di laboratorio) per la parametrizzazione geotecnica dei terreni finalizzati alla scelta delle fondazioni più adatte. Considerando la differenza litologica fra le scogliere rilevate e il materiale

di riempimento e, la loro differente risposta all'amplificazione sismica, si ritengono necessari delle indagini specifiche finalizzate alla caratterizzazione dei parametri elastici dei terreni.

- b) Esecuzione di perforazioni fino all'identificazione del substrato.
- c) Edificazione su fondazioni profonde tipo pali.
- d) Non eseguire piani interrati, perché al di sotto dell'attuale livello del mare.
- e) Evitare la realizzazione di serbatoi interrati, per ridurre i rischi da eventuale inquinamento.

#### Per la zona G:

- a) Necessarie, specifiche relazioni geologico-tecniche con indagini dirette su terreno, (prove in situ e di laboratorio) per la parametrizzazione geotecnica dei terreni finalizzati alla scelta delle fondazioni più adatte. Considerando la differenza litologica fra le scogliere rilevate e il materiale di riempimento e, la loro differente risposta all'amplificazione sismica, si ritengono necessari delle indagini specifiche finalizzate alla caratterizzazione dei parametri elastici dei terreni.
- b) Esecuzione di perforazioni fino all'identificazione del substrato.
- c) Edificazione su fondazioni profonde tipo pali.
- d) Non eseguire piani interrati, perché al di sotto dell'attuale livello del mare.
- e) Evitare la realizzazione di serbatoi interrati, per ridurre i rischi da eventuale inquinamento

#### Per la zona H:

- a) Necessarie, specifiche relazioni geologico-tecniche con indagini dirette su terreno, (prove in situ e di laboratorio) per la parametrizzazione geotecnica dei terreni finalizzati alla scelta delle fondazioni più adatte. Considerando la differenza litologica fra le scogliere rilevate e il materiale di riempimento e, la loro differente risposta all'amplificazione sismica, si ritengono necessari delle indagini specifiche finalizzate alla caratterizzazione dei parametri elastici dei terreni. Si prescrive riposizionare inclinometri sulla linea di costa e realizzare un monitoraggio per prevenire movimenti al piede della frana
- b) Esecuzione di perforazioni fino all'identificazione del substrato
- c) Edificazione su fondazioni profonde tipo pali
- d) Non eseguire piani interrati, perché al di sotto dell'attuale livello del mare
- e) Evitare la realizzazione di serbatoi interrati, per ridurre i rischi da eventuale inquinamento
- f) Visto lo studio derivante dalla linea sismica ad alta risoluzione che non identifica superfici di rottura oltre circa 50 mt dalla linea di costa; visti gli studi eseguiti e citati in bibliografia sull'area in oggetto, si prescrive di edificare al di là dei 50 m dell'attuale linea di costa, per ridurre al minimo il fattore rischio.

#### Per la zona I:

- a) Necessarie, specifiche relazioni geologico-tecniche con indagini dirette su terreno, (prove in situ e di laboratorio) per la parametrizzazione geotecnica dei terreni finalizzati alla scelta delle fondazioni più adatte. Considerando la differenza litologica fra le scogliere rilevate e il materiale di riempimento e, la loro differente risposta all'amplificazione sismica, si ritengono necessari delle indagini specifiche finalizzate alla caratterizzazione dei parametri elastici dei terreni.
- b) Esecuzione di perforazioni fino all'identificazione del substrato.
- c) Edificazione su fondazioni profonde tipo pali.
- d) Non eseguire piani interrati, perché al di sotto dell'attuale livello del mare
- e) Evitare la realizzazione di serbatoi interrati, per ridurre i rischi da eventuale inquinamento.
- f) Realizzare tracciati ferroviari, con un pacchetto adeguatamente dimensionato che prevenga fenomeni di cedimento.

#### Per la zona J:

- a) Necessarie, specifiche relazioni geologico-tecniche con indagini dirette su terreno, (prove in situ e di laboratorio) per la parametrizzazione geotecnica dei terreni finalizzati alla scelta delle fondazioni più adatte. Considerando la differenza litologica fra le scogliere rilevate e il materiale

di riempimento e, la loro differente risposta all'amplificazione sismica, si ritengono necessari delle indagini specifiche finalizzate alla caratterizzazione dei parametri elastici dei terreni.

- b) Esecuzione di perforazioni fino all'identificazione del substrato.
- c) Edificazione su fondazioni profonde tipo pali.
- d) Non eseguire piani interrati, perché al di sotto dell'attuale livello del mare.
- e) Evitare la realizzazione di serbatoi interrati, per ridurre i rischi da eventuale inquinamento.

In riferimento a quanto esposto nella presente relazione ed in particolar modo nel par. 3 relativo alla linea sismica, si può affermare che gli interventi inerenti al Piano Particolareggiato del Porto di Ancona sono fattibili con le prescrizioni sopra enunciate.

Ancona, 27.05.2003

Dr. Geol. Stefano Cardellini