

Autorità di Sistema Portuale  
del Mar Adriatico Centro Settentrionale

**APPROFONDIMENTO CANALI CANDIANO E BAIONA,  
ADEGUAMENTO BANCHINE OPERATIVE ESISTENTI, NUOVO  
TERMINAL IN PENISOLA TRATTATOLI E RIUTILIZZO DEL  
MATERIALE ESTRATTO IN ATTUAZIONE AL P.R.P. VIGENTE 2007  
I FASE**

**PROGETTO DEFINITIVO**

OGGETTO

**RELAZIONE GEOLOGICA**

FILE

1114.GEO.A - Relazione geologica

CODICE

1114.GEO.A

SCALA

Rev.	Data	Causale
0	Set. 2015	Emissione
1		
2		
3		

AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL  
MARE ADRIATICO CENTRO SETTENTRIONALE

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
IL DIRETTORE TECNICO  
(Ing. Fabio Maletti)



MINISTERO INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
PROVVEDITORATO INTERREGIONALE PER  
LE OPERE PUBBLICHE PER LA LOMBARDIA  
E L'EMILIA ROMAGNA

IL RESPONSABILE DELLA REVISIONE  
DELLA PROGETTAZIONE  
(Ing. Francesco Caldani)



**PORTO DI  
RAVENNA**

	<p style="text-align: center;"><i>Relazione geologica</i></p> <p style="text-align: center;"><i>“Lavori e servizi afferenti le indagini geotecniche e geologiche di supporto alla progettazione definitiva delle opere in attuazione del PRP vigente 2007” nell’ambito del progetto: “Ravenna Port Hub: final detailed design and supporting technical analyses - Code: 2012-IT-91002-S”</i></p>	 <p style="text-align: center;">Membro della Federazione CISQ</p> <p style="text-align: center;"><b>RINA</b></p> <p style="text-align: center;">ISO 9001 Sistema Qualità Certificato</p>  <p style="text-align: center;"><b>DIREZIONE TECNICA</b></p> <p style="text-align: center;">Pag. : 1 di 50</p>
---	--	---

## **AUTORITA' PORTUALE DI RAVENNA**

**Appalto:** *“Lavori e servizi afferenti le indagini geotecniche e geologiche di supporto alla progettazione definitiva delle opere in attuazione del PRP vigente 2007 - Codice: 2012-IT-91002-S”*

**Elaborato:** *Relazione Geologica relativa alla progettazione dell’ “Hub portuale di Ravenna – Approfondimento canali Candiano e Baiona, adeguamento banchine operative esistenti, nuovo terminal in penisola Trattaroli e riutilizzo materiale estratto in attuazione al PRP vigente 2007 - Codice: 2012-IT-91002-S”*

**Redatto:**

*dott. geol. Maria Bruno - Geostudi S.r.l.*



## INDICE

1. Premessa .....	3
1.1 Vincoli esistenti.....	7
2. Normativa di riferimento .....	10
3. Inquadramento geologico.....	11
3.1 Modello geologico regionale .....	11
3.2 Modello geologico locale.....	13
3.2.1 Depositi antropici.....	15
3.2.2 Depositi di palude salmastra (associazione di facies “P”).....	15
3.2.3 Depositi di cordone litorale (associazione di facies “S”).....	15
3.2.4 Depositi di prodelta e transizione alla piattaforma (associazione di facies “M”).....	16
3.2.5 Depositi di barriera trasgressiva (associazione di facies “T”).....	17
3.2.6 Depositi di piana alluvionale (associazione di facies “A”).....	17
4. Inquadramento geomorfologico.....	18
4.1 Subsidenza .....	21
5. Climatologia.....	22
5.1 Termometria.....	22
5.2 Pluviometria .....	23
5.2.1 Curve di probabilità pluviometrica.....	25
6. Idrogeologia.....	27
7. Indagini geognostiche .....	29
7.1 Indagini pregresse .....	29
7.2 Indagini di progetto 2014 .....	29
8. Descrizione geologico – stratigrafica dell’area portuale.....	35
8.1 Canale Candiano.....	35
8.2 Canale Baiona.....	35
9. Pericolosità geologiche .....	36
9.1 Pericolosità sismica.....	36
9.1.1 Pericolosità sismica a livello nazionale .....	36
9.1.2 Pericolosità sismica a livello comunale .....	36
9.1.3 Determinazione della pericolosità sismica del sito.....	39
9.1.4 Valutazione dell’azione sismica di progetto.....	41
9.2 Stabilità nei confronti della liquefazione.....	45
10. Elementi di criticità .....	47
10.1 Criticità geologiche .....	47
10.2 Criticità morfologiche .....	47
10.3 Criticità idrogeologiche.....	48
Bibliografia .....	49
Allegati .....	50

	<p><i>Relazione geologica</i></p> <p><i>“Lavori e servizi afferenti le indagini geotecniche e geologiche di supporto alla progettazione definitiva delle opere in attuazione del PRP vigente 2007” nell’ambito del progetto: “Ravenna Port Hub: final detailed design and supporting technical analyses - Code: 2012-IT-91002-S”</i></p>	 <p><b>DIREZIONE TECNICA</b></p> <p>Pag. : 3 di 50</p>
---	--	---

## 1. Premessa

Su incarico dell’Autorità Portuale di Ravenna è stata realizzata una indagine geognostica, sui terreni siti in ambito portuale, comprendente nel dettaglio:

- perforazioni, sondaggi e prelievo di campioni indisturbati e non, prove meccaniche in sito (penetrometriche statiche CPTu e dilatometriche DMT), prove geofisiche (cross hole, down hole e Re.Mi);
- analisi ed alle prove di laboratorio sui campioni di terreno prelevati.

La presente relazione ha per oggetto lo studio geologico, morfologico ed idrogeologico di tutta l’area portuale investigata con le attività sopra riportate e propedeutiche per la progettazione esecutiva della seguente opera strategica: *“Hub portuale di Ravenna – Approfondimento canali Candiano e Baiona, adeguamento banchine operative esistenti, nuovo terminal in penisola Trattaroli e riutilizzo materiale estratto in attuazione al PRP vigente 2007 - Codice: 2012-IT-91002-S”*.

Il lavoro è stato realizzato attraverso la raccolta della documentazione bibliografica disponibile, inquadramento geologico - geomorfologico – idrogeologico e le analisi delle risultanze delle indagini geognostiche disponibili.

Nel dettaglio le attività di studio sono state articolate secondo le seguenti fasi:

- inquadramento e caratterizzazione geologica e geomorfologica, eseguita a ridosso del Porto Canale attraverso una ricerca bibliografica di dettaglio, l’analisi dei dati pregressi e le risultanze delle indagini geognostiche. L’intera area di studio è descritta per ambiti omogenei di inquadramento geologico e geomorfologico, sia a livello dell’area vasta e sia di dettaglio, con un modello geologico locale ricostruito con le unità litostratigrafiche ed i loro rapporti reciproci e quindi con l’identificazione delle principali criticità presenti.
- inquadramento idrogeologico generale dell’area di studio con riferimento alla tipologia degli acquiferi presenti, la ricostruzione della piezometria e delle direzioni di deflusso delle acque sotterranee e quindi la definizione delle criticità degli acquiferi in relazione agli interventi previsti.

La restituzione grafica del lavoro, oltre alle diverse corografie a differenti scale, consiste in:

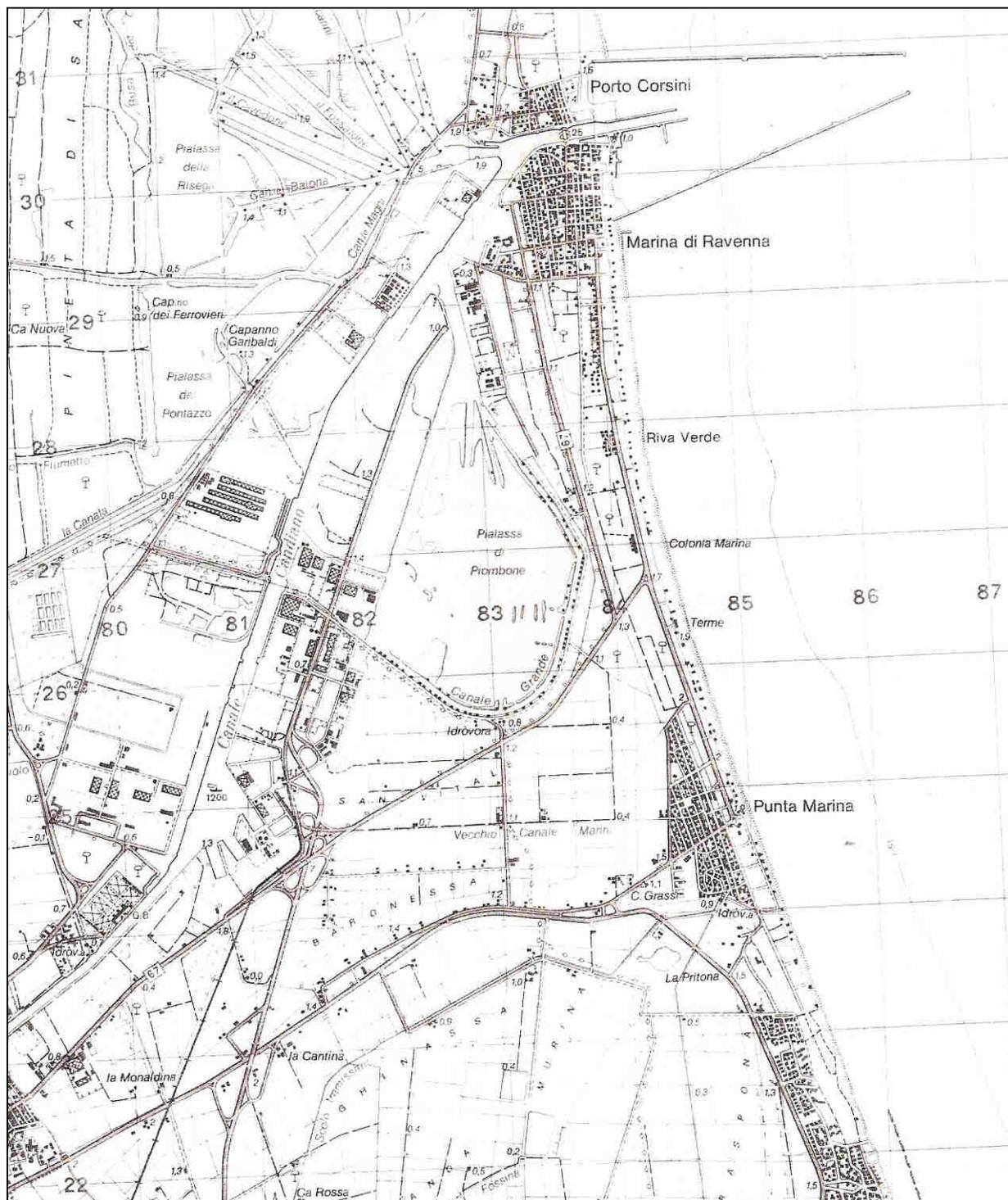
- planimetria di progetto, in scala 1:5.000, con ubicazione delle indagini geognostiche;
- sezioni geologiche in scala 1:5.000/500 realizzate sia in sinistra che in destra del Porto Canale.

Nell’ambito dello studio si è fatto esplicito riferimento ai dati geognostici disponibili, derivanti da una campagna dedicata realizzata nel 2014, ai quali si aggiungono numerosi dati geognostici pregressi, eseguiti nell’area, relativi a studi eseguiti dal 1972 al 2013.

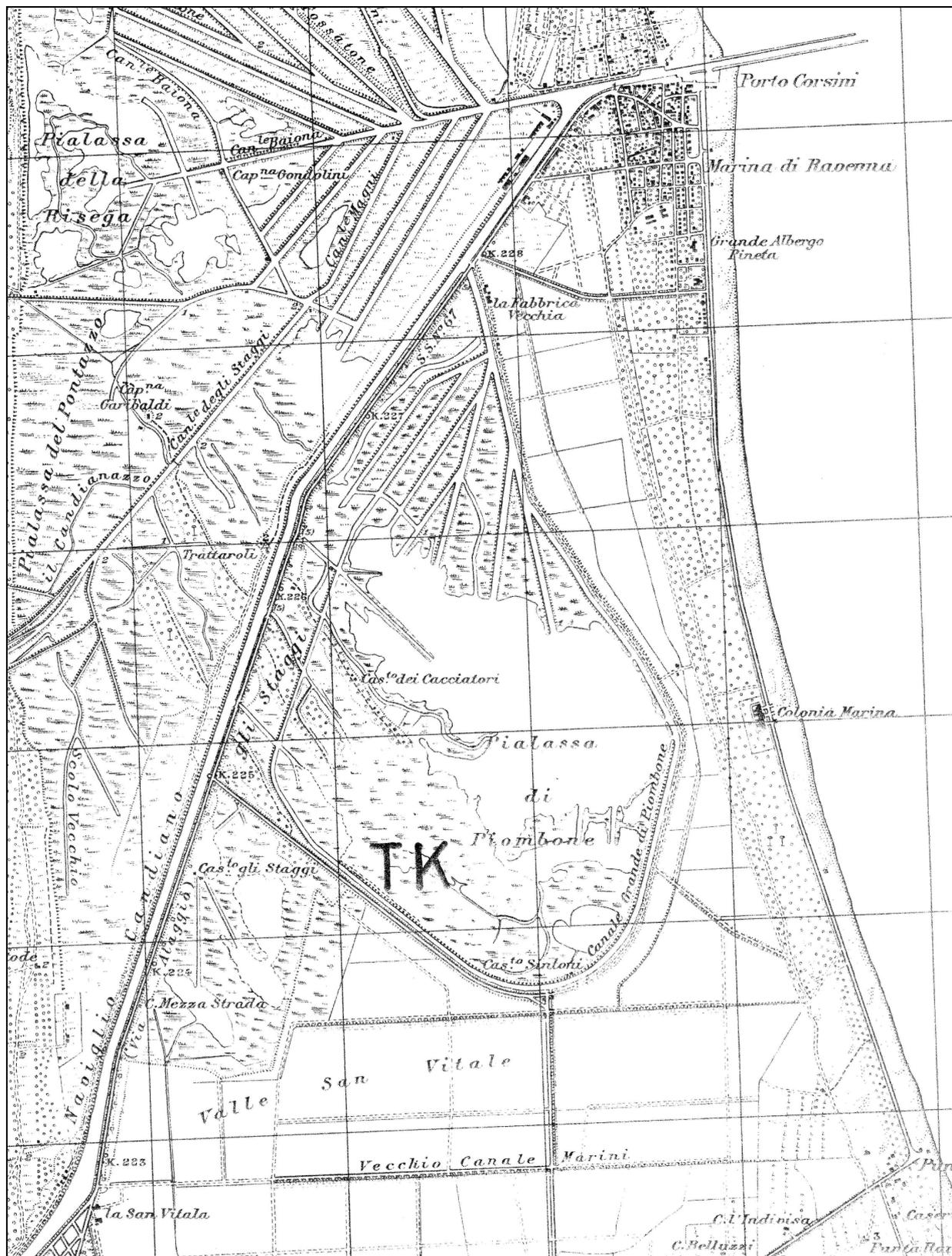
L’area, da un punto di vista geografico, ricade nel territorio comunale di Ravenna, nei pressi dell’abitato di Marina di Ravenna e a sud di Marina Romea nonché del fiume Lamone.

Per la localizzazione dell’area si fa riferimento alla cartografia ufficiale IGMI, di seguito riportata e relativa al Foglio 223 Ravenna (levata 1985) in scala 1:50.000 e alla Tavoleta F.89 Il NO (Ravenna NE) in scala a 1:25.000 con data di aggiornamento anno 1935 (rilievo iniziale del 1892), utile al fine di rappresentare il situazione storica del territorio, pressoché priva di antropizzazione.

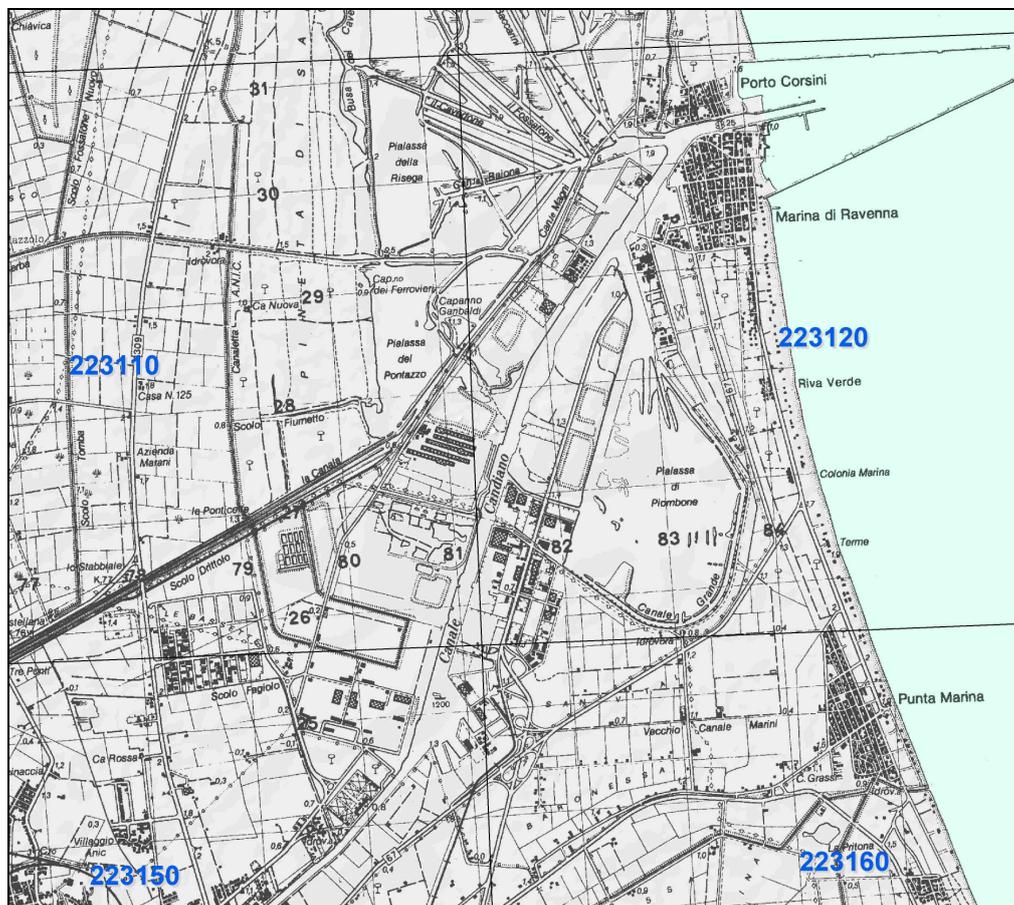
Per il dettaglio, l’ubicazione è riferita agli Elementi CTR 223110/223120/223150/223160 della Regione Emilia Romagna (1998-2000) e in scala 1:10.000 e la foto aerea da Google Earth datata 2 luglio 2012.



Stralcio topografico del F.223 Ravenna – IGMI – anno 1985 (scala 1:50.000)



Stralcio topografico della Tavoleta F.89 II N.O. Ravenna N.E. – IGMI – anno rilievo 1892, aggiornamento 1935 (scala 1:25.000)



Stralcio topografico della CTR Regione Emilia Romagna (Elementi 223110-223120-223150-223160) – anno 1998-2000 (scala 1:10.000)



Foto aerea del 2 luglio 2012 (da Google Earth)

## 1.1 Vincoli esistenti

A livello regionale la vincolistica di riferimento è il Piano Paesistico Regionale, di seguito riportato ed estratto dal PSC – Piano Strutturale Comunale, del comune di Ravenna (approvato nel 2006).

L’area del porto, quella più prossima alla linea di costa, ricade nell’ambito dei “Sistemi e zone strutturanti le forme del territorio” nell’ art. 13 “Zona di riqualificazione della costa e dell’arenile” nell’ art. 14 “Zone urbanizzate in ambito costiero” mentre la restante parte risulta priva di tutele paesaggistiche.

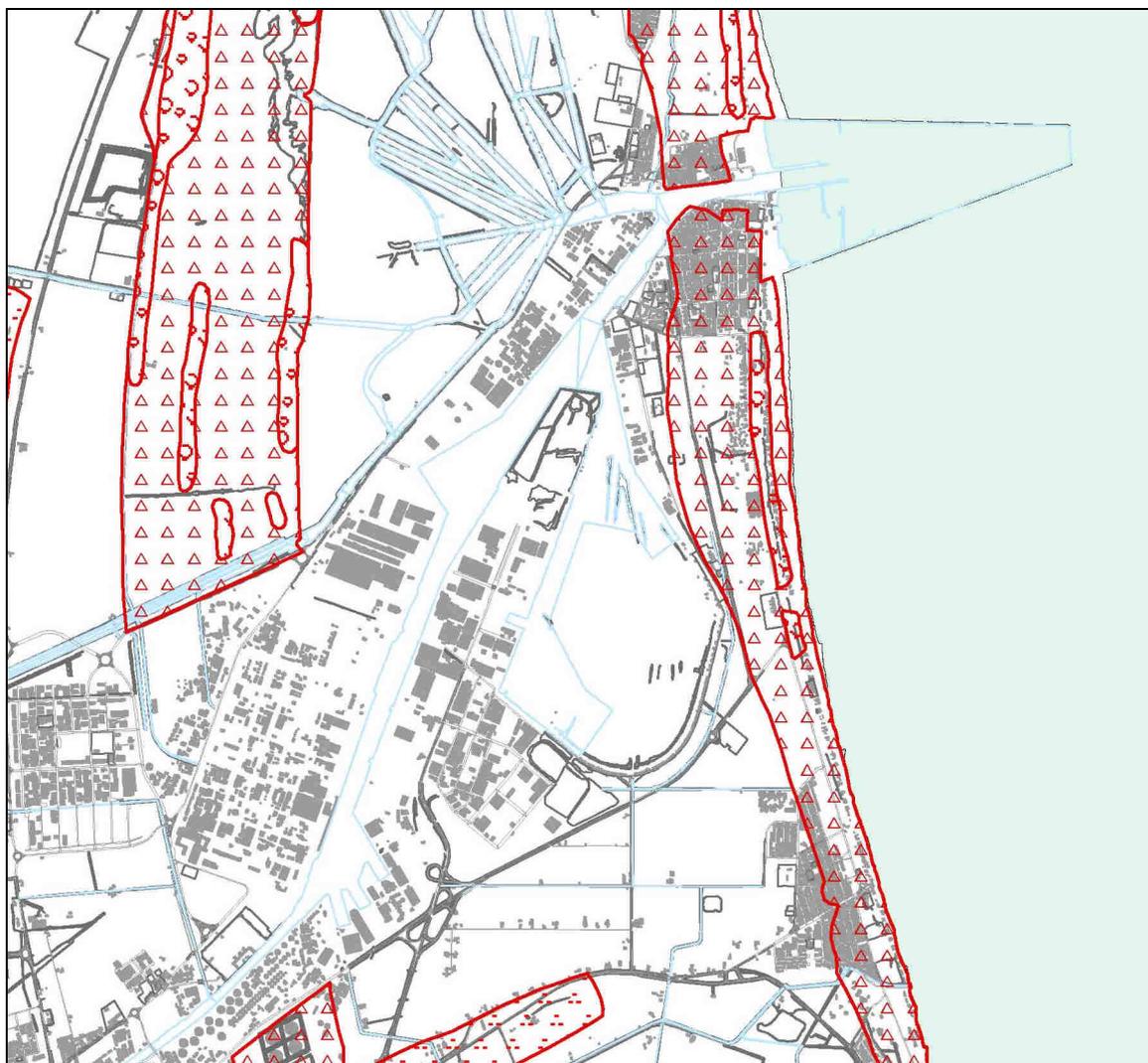
Mentre per le “Zone ed elementi di interesse paesaggistico ambientale”, la zona portuale più prossima alla costa, è interessata dall’art. 20d ovvero dai “Sistemi dunosi costieri di rilevanza storico documentale paesistica”



 Zone di riqualificazione della costa e dell’arenile Art. 3.13

 Zone urbanizzate in ambito costiero Art. 3.14

Stralcio della Carta dei Vincoli Sovraordinati D.1.1.a (da. PSC Comune di Ravenna)



 Sistemi dunosi costieri di rilevanza storico documentale paesistica

Art. 3.20d

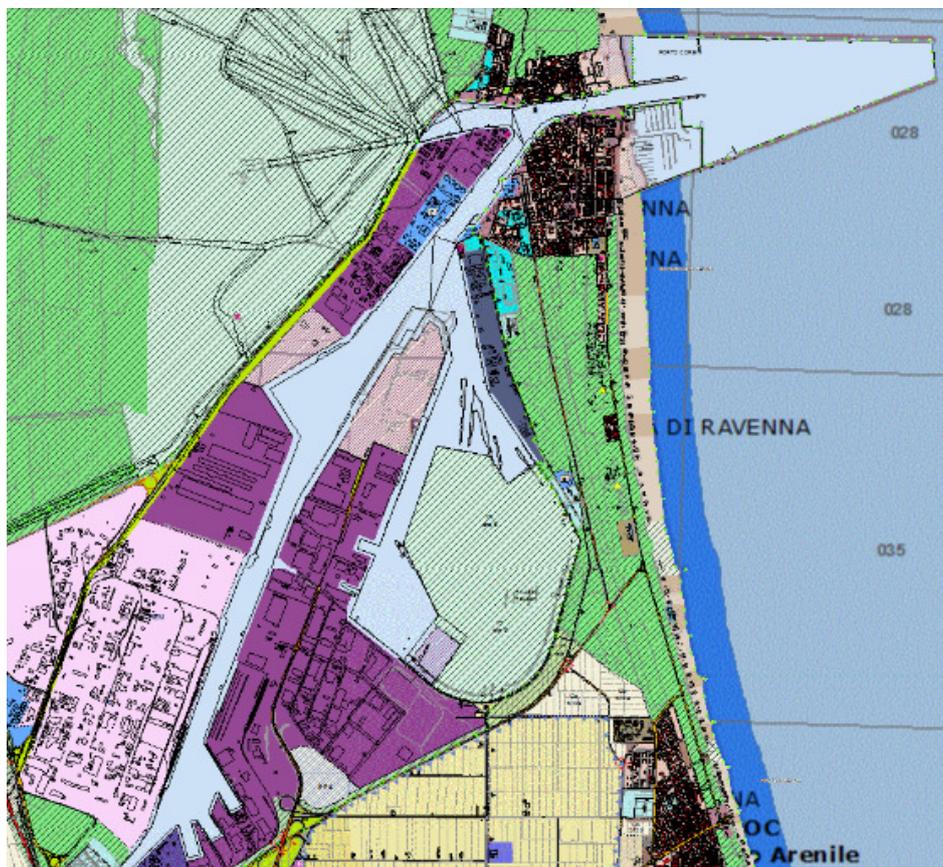
 Sistemi dunosi costieri di rilevanza idrogeologica

Art. 3.20e

Stralcio della Carta dei Vincoli Sovraordinati D.1.1.b (da. PSC Comune di Ravenna)

A livello comunale, oltre al “POC – Piano Operativo Comunale” ampiamente illustrato nei prossimi capitoli, di seguito si riporta il “RUE2 . Regolamento Urbanistico Edilizio” *Regimi normativi della città esistente e del territorio extraurbano, approvato 2009 (Tavv. 27, 28, 34, 41 e 42).*

L’area portuale, come si può osservare dallo stralcio di seguito allegato, ricade nel Titolo V ovvero quello interessato dalla componente dello spazio portuale.



Spazio portuale Titolo V

Componenti dello Spazio portuale art. V. 2

-  SP1 - Aree consolidate per attività produttive portuali art. V. 3
-  SP2 - Aree consolidate per attività produttive portuali facenti parte di Progetti Unitari vigenti alla data di adozione del PSC art. V. 4
-  RIR - Aree consolidate per attività produttive portuali con impianti a Rischio di Incidente Rillevante artt. V. 5-10
-  SP3 - Aree consolidate per attività produttive industriali art. V. 6
-  SP4 - Aree consolidate per cantieristica art. V. 7
-  SP5 - Centro Direzionale del porto art. V. 8
-  SP6 - Servizi al porto art. V. 9

Spazio portuale

-  Area di nuovo impianto per attività produttive portuali art. V. 10 c2
-  Area di ristrutturazione per attività industriali e produttive portuali art. V. 10 c3
-  Area di ristrutturazione per attività produttive-terziarie art. V. 10 c4
-  Area di nuovo impianto per la logistica portuale art. V. 10 c6
-  Area di transizione allo spazio urbano art. V. 10 c5

Stralcio della Carta dei regimi normativi della città esistente e del territorio extraurbano RUE2 (da. RUE Comune di Ravenna)

	<p><i>Relazione geologica</i></p> <p><i>“Lavori e servizi afferenti le indagini geotecniche e geologiche di supporto alla progettazione definitiva delle opere in attuazione del PRP vigente 2007” nell’ambito del progetto: “Ravenna Port Hub: final detailed design and supporting technical analyses - Code: 2012-IT-91002-S”</i></p>	 <p><b>DIREZIONE TECNICA</b> Pag. : 10 di 50</p>
---	--	---

## 2. Normativa di riferimento

- D.M. 11 Marzo 1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Circ. Min. LL. PP. N°30483, Pres. Cons. Sup. - Serv. Tecn. Centr., 24 settembre 1988;
- AGI, raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, giugno 1977;
- AGI, raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio, maggio 1990;
- Eurocodice EC7 ingegneria geotecnica;
- D.M. 14/01/2008, “Norme Tecniche per le costruzioni”;
- Consiglio superiore dei Lavori Pubblici: Circolare 2/2/2009, n.617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M 14/01/2008;
- L.R. 30 ottobre 2008, n.19 “Norme per la riduzione del rischio sismico”;
- D.P.R. 207/2010 – Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n.163 recante “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori , servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”.

 <p>AUTORITÀ PORTUALE DI RAVENNA</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione geologica</i></p> <p style="text-align: center;"><i>“Lavori e servizi afferenti le indagini geotecniche e geologiche di supporto alla progettazione definitiva delle opere in attuazione del PRP vigente 2007” nell’ambito del progetto: “Ravenna Port Hub: final detailed design and supporting technical analyses - Code: 2012-IT-91002-S”</i></p>	 <p style="text-align: center;"><b>DIREZIONE TECNICA</b></p> <p style="text-align: right;">Pag. : 11 di 50</p>
---	--	---

### 3. Inquadramento geologico

#### 3.1 Modello geologico regionale

L’area in studio appartiene al settore della piana costiera romagnola ed è caratterizzata dalla sequenza ciclica di depositi marini e continentali in successione di vario ordine gerarchico e per uno spessore di alcune centinaia di metri.

In dettaglio, nel sottosuolo del territorio comunale di Ravenna, sono presenti successioni di depositi marini, deltizi, lagunari, palustri ed alluvionali di età pliocenico-quadernaria che poggiano su un substrato costituito da pieghe e pieghe-faglie con assi tettonici paralleli ai principali allineamenti appenninici, con direzione NW-SE.

Gli elementi tettonici profondi, messi in evidenza dalle prospezioni geofisiche, eseguite dall’AGIP, sono da nord verso sud le seguenti:

- serie di pieghe del settore di Dosso degli Angeli
- anticlinale di Porto Corsini
- sinclinale di S. Romualdo-Piombone
- anticlinale di Ravenna e Alfonsine
- sinclinale romagnola
- sinclinale di Cotignola
- sinclinale di Forlì

La successione sedimentaria quadernaria risulta essere condizionata dalla presenza di tali strutture profonde che hanno determinato spessori variabili di copertura, da valori massimi di 3000 metri a minimi di 1500 metri con un andamento che ricalca la morfologia del substrato.

La zona in esame risulta caratterizzata dai depositi appartenenti al Supersistema Emiliano-Romagnolo (Pleistocene medio – Olocene) che comprende l’insieme dei depositi quadernari di origine continentale affioranti al margine appenninico padano e i sedimenti ad essi correlati nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola. In questo settore, il Supersistema Emiliano-Romagnolo appoggia generalmente in discordanza angolare sui depositi correlati alle Sabbie di Imola attribuibili alla parte basale del Pleistocene medio. Esso si distingue in due Sintemi, quello superiore e quello inferiore; quest’ultimo non è mai affiorante nell’area del territorio di Ravenna e il limite basale è situato a profondità superiori a 600 metri.

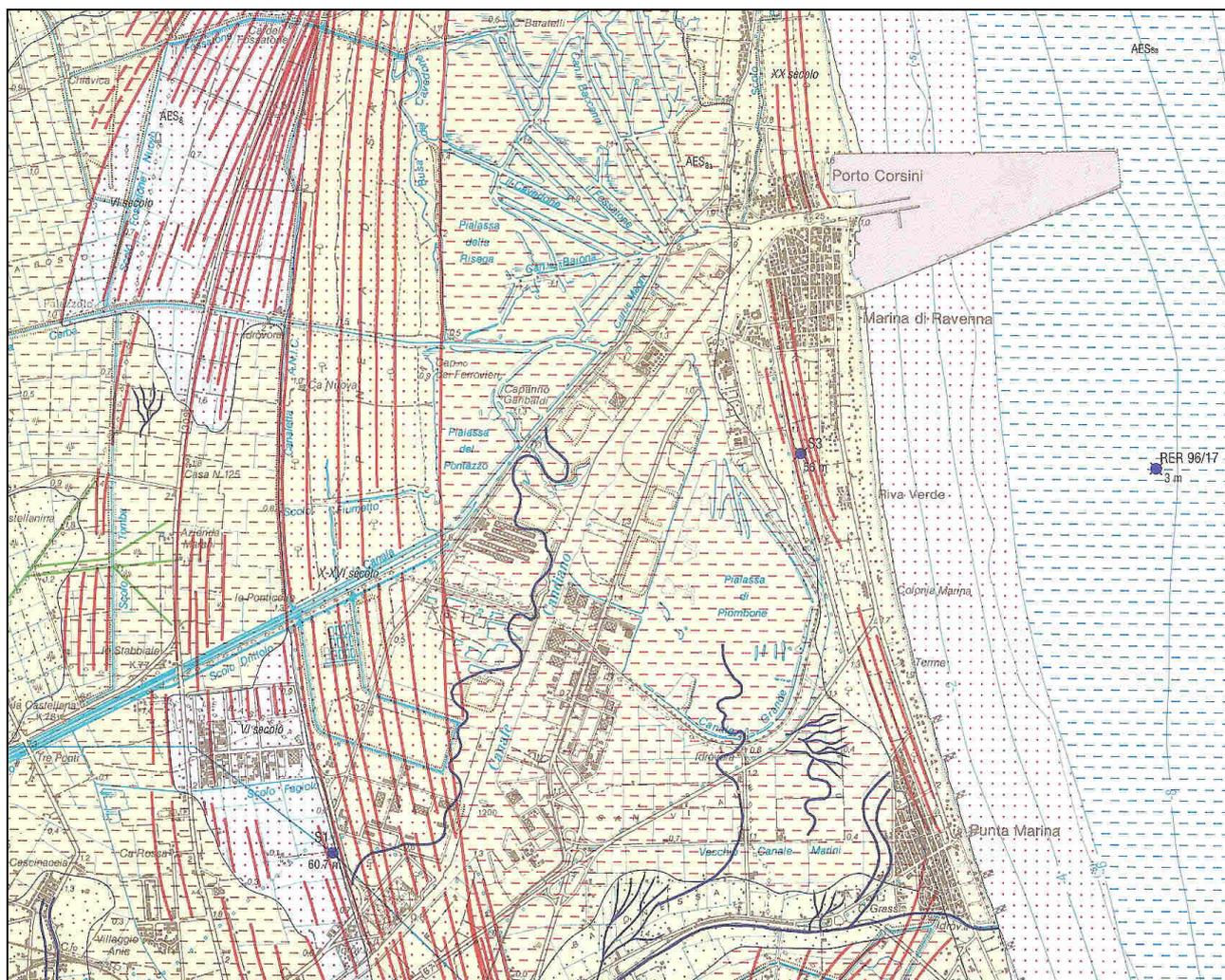
L’elemento sommitale del Sintema Emiliano-Romagnolo superiore corrisponde al Subsistema di Ravenna (Olocene), costituito da sabbie, argille e limi di ambiente alluvionale, deltizio e litorale, organizzati in corpi lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi di spessore plurimetrico. Il limite inferiore, non affiora nell’area e risulta inconforme e marcato da una superficie di discontinuità mentre il limite superiore corrisponde al piano topografico. Lo spessore dell’unità è compreso, nell’area di Ravenna tra 20 e 28.5 metri.

In particolare, così come indicato nella cartografia geologica redatta dalla Regione Emilia Romagna, la parte sommitale del Subsistema di Ravenna viene distinta una Unità di Modena, definita al margine appenninico padano e costituita da sabbie, argille e limi di ambiente alluvionale e deltizio-litorale. Il limite inferiore è inconforme e marcato da superfici di erosione fluviale ed è datato al periodo post-romano e segna l’instaurarsi di una importante fase di deterioramento climatico che, tra il IV e VI secolo d.C., determinò un importante incremento della piovosità, con conseguente modifica della rete idrografica e un alluvionamento di gran parte della pianura. Lo spessore di questa unità è compreso tra 0 e 5.50 metri.

La carta geologica di seguito riportata distingue i litotipi affioranti anche in funzione del sistema deposizionale che ha determinato la messa in posto di tali terreni che, nell’area costiera, corrispondono all’elemento sommitale del Subsistema di Ravenna. In termini stratigrafico-

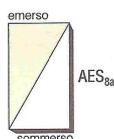
sequenziali, essi costituiscono la parte superiore del cuneo progradante della sequenza deposizionale tardoquaternaria.

I sedimenti “deltizio-litorali”, di stretto interesse nella fascia, sono accorpati in un unico raggruppamento a causa della problematicità di una loro separazione fisica. Quindi le unità cartografiche corrispondono ad associazioni di facies, di seguito illustrate nel modello geologico di dettaglio, che riflettono distinte unità morfologico-deposizionali in cui vengono indicate le caratteristiche litologiche, lo spessore e la natura dei contatti, mediante una differenziazione della simbologia.



Stralcio carta geologica F.223 Ravenna – Regione Emilia Romagna (scala 1:50.000)

Legenda:



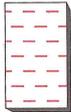
**Unità di Modena**

Costituisce la parte sommitale del Subsistema di Ravenna. Si tratta di sabbie, argille e limi di ambiente alluvionale, deltizio e litorale, organizzati in corpi sedimentari lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi, di spessore plurimetrico. Il limite inferiore è inconforme ed è marcato da una superficie di erosione fluviale con resti archeologici di età dal Neolitico al Romano. Il limite superiore coincide con il piano topografico.

### FRONTE DELTIZIA E PIANA DI SABBIA



Sabbie prevalentemente fini e medie, subordinatamente finissime, con abbondanti bioclasti e biosomi di molluschi. Depositi di cordone litorale (spiaggia e duna eolica). Formano un corpo sedimentario complesso a geometria cuneiforme. Fanno transizione laterale e verso il basso a depositi di prodelta e transizione alla piattaforma; verso l'alto passano a depositi lagunari e di palude salmastra.



Argille limose, argille, torbe e limi argillosi, in strati da molto sottili a medi, alternati a sabbie finissime con conchiglie in strati da sottili a spessi. Si tratta di depositi di palude salmastra e laguna (retro cordone). Formano corpi sedimentari a geometria prevalentemente nastriforme con spessore massimo di 2-3 metri. Passano lateralmente e verso il basso a depositi di cordone litorale.

In prossimità dell'area portuale a causa di accumuli di sabbie legate all'attività antropica non sono presenti o comunque poco rappresentativi.

	contatto stratigrafico		-8 isobata (m s.l.m.)
	ventaglio di rotta		linea di costa (1994)
	traccia di paleocanale (età)		opera di difesa longitudinale aderente
	traccia di canale di bonifica (età)		opera di difesa longitudinale emergente distaccata
	cordone litorale		opera di difesa trasversale emergente
	VI secolo età di cordone litorale		sondaggio Progetto CARG Profondità in metri
	area antropizzata		traccia di sezione geologica

### 3.2 Modello geologico locale

Al fine di descrivere il modello geologico locale si riporta in modo schematico, la successione sedimentaria recente, plio-quadernaria, dai terreni più antichi a quelli recenti, rappresentativa della porzione di territorio occupata dal porto Corsini.

Con la fase regressiva Wurmiana si sono depositati terreni alluvionale di natura argillosa contenenti all'interno livelli sabbiosi irregolari, sedimenti riferibili rispettivamente a depositi di esondazione e di alveo fluviale.

Al di sopra di questi depositi si rinviene un livello argilloso di ambiente lagunare e palustre che testimonia l'inizio della trasgressione Flandriana (circa 17.000 anni fa), a seguito della quale la posizione della linea di costa si posiziona a circa 16-18 km ad ovest della costa attuale all'altezza di Ravenna. Tale evento è stato responsabile della deposizione di sabbie fini di ambiente litorale con intercalazioni limoso-argillose e argille/limi poco consistenti con lenti di sabbia attribuibili ad un ambiente marino poco profondo in cui sfociavano i fiumi Lamone, Montone, Ronco e Savio.

Terminata la regressione Flandriana, la linea di costa, a meno di modeste oscillazioni, è rimasta poco ad ovest della città di Ravenna.

Con la successiva fase regressiva olocenica si è depositato un corpo sabbioso complesso costituito da una serie di cordoni sabbiosi con locali intercalazioni ghiaiose e con un' orientamento NW-SE (parallelo all'antica linea di costa). L'elevato spessore, superiore a 15 metri circa, dei sedimenti sabbiosi testimonia la lenta evoluzione della fase regressiva che ha provocato la migrazione della linea di costa verso est.

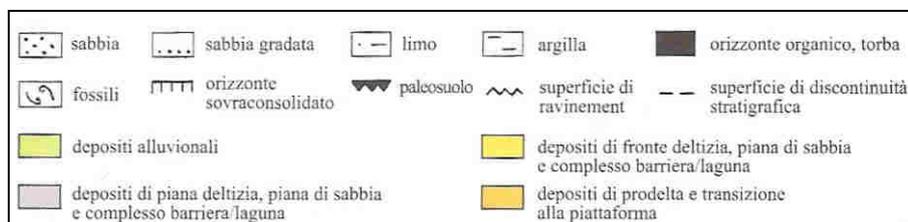
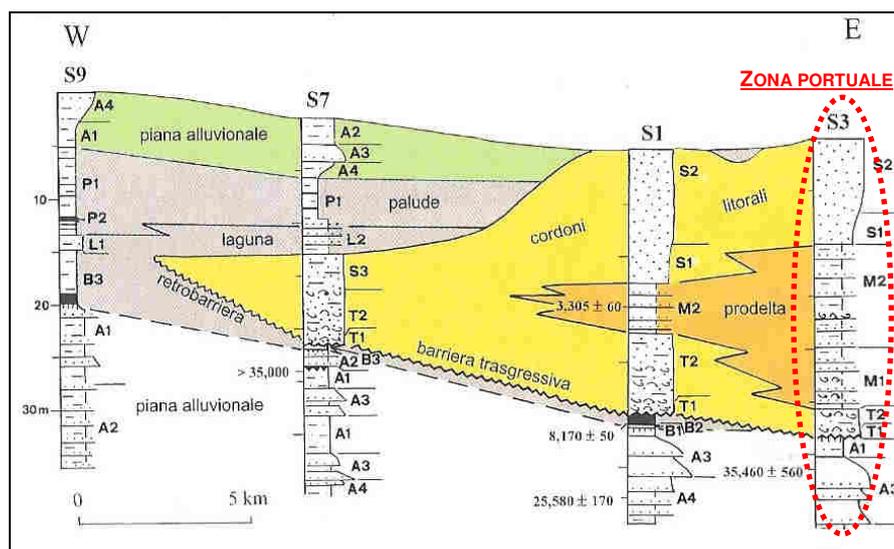
A ridosso dei cordoni dunari, verso ovest (presente nell'area di interesse portuale solo marginalmente a causa della forte antropizzazione che ha determinato, nel tempo, scavi e reinterri), al di sopra dei depositi sabbiosi, si rinvengono terreni argillosi con abbondanti frammenti di legno e resti vegetali di ambiente palustre.

La zona in studio è localizzata sui depositi appartenenti al Sintema Emiliano-Romagnolo superiore – Subsintema di Ravenna, riportato nella cartografia con l’acronimo “AES8”. La parte sommitale, come già precedentemente descritto, è rappresentata dall’Unità di Modena (AES8a) costituita da sabbie, argille e limi di ambiente alluvionale, deltizio e litorale, organizzati in corpi sedimentari lenticolari, nastriformi, tabulati e cuneiformi, di spessore plurimetrico.

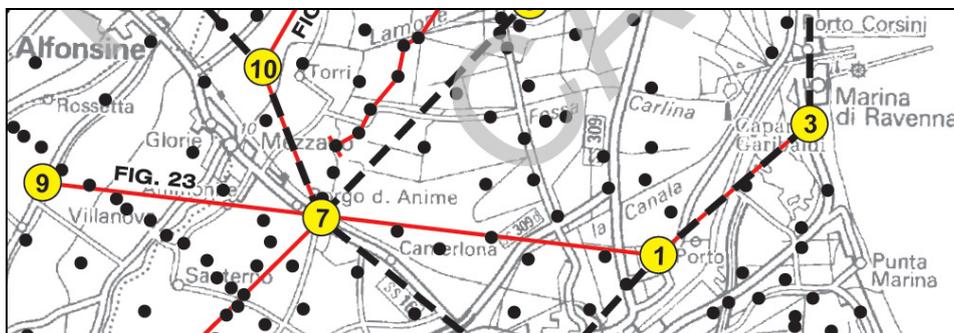
Il limite inferiore è inconforme ed è marcato da una superficie di erosione fluviale lateralmente correlata a un suolo da decarbonatato a parzialmente carbonatato contenete resti archeologici di età dal Neolitico al Romano.

Le indagini geognostiche eseguite nelle numerose campagne svolte a partire dal 1972, compresa quella presente del 2014, hanno permesso di confermare, per l’area in studio, la sequenza stratigrafica precedentemente descritta con la seguente successione, indicata nel profilo geologico, in corrispondenza del sondaggio S3, elaborato nell’ambito delle note illustrative della carta geologica F.223 Ravenna, di seguito riportato e in quelli, in allegato, facenti parte del presente lavoro.

Le unità stratigrafico deposizionali, riconosciute nel settore in studio sono state quindi distinte, a partire dai termini più recenti, per la propria facies, per l’associazione di facies e per la tipologia deposizionale.



Stratigrafia del Subsintema di Ravenna ricostruita lungo l’allineamento (W-E) Villanova – Borgo Anime – Porto. Il sondaggio S3 corrisponde all’area portuale.



Ubicazione dei sondaggi riportati e correlati nella precedente sezione.

### 3.2.1 Depositi antropici

I terreni di riporto sono estremamente diffusi nell’area in studio, in alcuni casi sono rappresentati da materiale litoide di natura calcarea, attribuibili a scogliere, come evidente nel sondaggio S12-14, al Molo Guardiano sud, ma nella maggior parte dei casi sono costituiti da terreni a granulometria variabile prevalentemente sabbie limose a ghiaie sabbiose con presenza di asfalti e laterizi, attribuibili alla realizzazione di opere superficiali quali piazzali-viabilità e con uno spessore massimo di 2-3 metri.

In alcuni casi si è osservata la presenza di calcestruzzi anche a profondità elevate (entro i 10-14 metri dal p.c.), questi vengono attribuiti ad opere di consolidamento esistenti (pali, tiranti, jet-grouting ecc.), inglobate all’interno del terreno naturale, ed intercettate in profondità dai sondaggi S4-14, S13-14, S14-14 e S23-14.

### 3.2.2 Depositi di palude salmastra (associazione di facies “P”)

Questa unità, caratterizzata da una geometria lenticolare è costituita prevalentemente da argille con legni e resti vegetali con intercalazioni di sabbie e limi (litofacies P1) e da argille nere e torbe (litofacies P2). L’ambiente di formazione è quella di paludi salmastre e laghi costieri, posizionati nelle zone di retrocordone litorale, con una intermittente connessione al mare.

La litofacies argillosa P1, pur essendo stata localmente intercettata nei sondaggi eseguiti nel settore più occidentale dell’area portuale, si presenta discontinua e di difficile riconoscimento a causa della forte antropizzazione che con scavi e rinterrati, per spessori compatibili a tale deposito (circa 2-3 metri), ha alterato la situazione naturale del sito in esame.

### 3.2.3 Depositi di cordone litorale (associazione di facies “S”)

Questa unità, spessa 7-16 metri, e riportata nella cartografia ufficiale con l’acronimo (AES<sub>8a</sub>), forma un corpo sedimentario suddiviso in tre litofacies ma nell’area del porto ne sono presenti solo due, la S1 e la S2. La prima, che costituisce la parte inferiore dell’unità, comprende sabbie fossilifere fini e finissime, con rare intercalazioni limose limitate alla porzione basale della litofacies. La S2 localizzata al di sopra della litofacies S1 consiste in sabbie da fini a grossolane con locale presenza di ghiaie molto appiattite e abbondanti bioclasti di molluschi. In particolare la litofacies S1 è interpretata come depositi di spiaggia sommersa inferiore, mentre la S2 corrisponde a depositi di spiaggia intertidale/spiaggia sommersa superiore. Quindi le sabbie dell’associazione S costituiscono il corpo sedimentario composito derivante dalla giustapposizione di cordoni litorali lateralmente continui, la cui formazione è legata alla progradazione di un sistema deltizio dominato dall’azione delle onde e relativo all’antico delta del Po. Tali cordoni sono interpretati come depositi di fronte deltizia e di piana di sabbia; la presenza di cordoni litorali a profondità via via minori, muovendosi da ovest verso est, documenta la migrazione verso mare della linea di costa durante la progradazione del delta, determinando la migrazione dei cordoni ed il successivo isolamento di lagune poco profonde e paludi salmastre, comprese tra cordoni litorali successivi. L’età di questi depositi varia dal periodo etrusco-romano all’Attuale.

 <p>AUTORITÀ PORTUALE DI RAVENNA</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione geologica</i></p> <p style="text-align: center;"><i>“Lavori e servizi afferenti le indagini geotecniche e geologiche di supporto alla progettazione definitiva delle opere in attuazione del PRP vigente 2007” nell’ambito del progetto: “Ravenna Port Hub: final detailed design and supporting technical analyses - Code: 2012-IT-91002-S”</i></p>	 <p style="text-align: center;"><b>DIREZIONE TECNICA</b></p> <p style="text-align: right;">Pag. : 16 di 50</p>
---	--	---

Nel sito in esame l’associazione di facies “S” è in contatto stratigrafico graduale con i sottostanti depositi argillosi di prodelta (associazione di facies “M”).

Le indagini eseguite confermano la presenza di tali litotipi sabbiosi subito al di sotto del terreno di copertura (suolo e/o riporto) con spessori variabili da circa 7 metri (S5-14) a 16 metri (S22-14) e con profondità di rinvenimento minima di 0.5 metri (S3-14 e S9-14) e massima di 5-6 metri (S4-14 e S13-14), precisando che è completamente assente in corrispondenza del sondaggio S12-14 essendo presente terreno di riporto fino ad almeno 10.80 metri dal p.c..

Da un punto di vista granulometrico si tratta di sabbie da medio a fini da poco a moderatamente addensate di colore variabile dal marrone al grigio con locali ossidazioni ocracee e spalmature nero-verdastre. Prevalentemente nei sondaggi è stata riconosciuta la litofacies S1, con le tipiche intercalazioni limose e argillose, a meno di alcune zone in cui è presente la S2 (sondaggi S1-14, S2-14, S3-14, S13-14, S16-14 ed S20-14) facilmente riconoscibile grazie alla presenza di bioclasti di molluschi e secondariamente per gli inclusi ghiaiosi a forma appiattita.

Le prove penetrometriche CPTU eseguite, hanno attraversato la litofacies S con valori di resistenza alla punta variabile tra 40-80 Kg/cm<sup>2</sup> e con un valore medio di 50 Kg/cm<sup>2</sup>.

### **3.2.4 Depositi di prodelta e transizione alla piattaforma (associazione di facies “M”)**

Questa unità presenta una marcata geometria cuneiforme con uno spessore variabile da 9 a 16 metri e comprende due litofacies: quella inferiore M1 è caratterizzata dall’alternanza ritmica, decimetrica, di argille e argille limose grigie con sabbie finissime. In essa sono abbondanti i macrofossili, in genere gasteropodi marini, concentrati in livelli stratigrafici ben definiti. La sovrastante litofacies M2, più dominante verso il mare, costituisce la parte intermedia e sommitale dell’associazione di facies, presenta caratteristiche litologiche simili a quella inferiore, differendo da essa per un maggiore contenuto in argilla e per la presenza di frammenti di legno e resti vegetali.

Le caratteristiche litologiche, le relazioni stratigrafiche con le unità sovrastanti e sottostanti e l’analisi micropaleontologica indicano che la litofacies M1 è stata deposta in un ambiente marino relativamente poco profondo di transizione alla piattaforma; la diminuzione delle faune all’interno dell’associazione di facies M suggerisce un’evoluzione verso condizioni di salinità stressanti e quindi ammissibili con possibili apporti di acque dolci. Si ritiene quindi compatibile un ambiente localizzato in prossimità di una foce fluviale a causa della presenza di frammenti di legno e resti vegetali nella parte alta dell’unità (litofacies M2).

Una datazione di radiocarbonio nella parte intermedia dell’unità ha fornito un’età di 3.305±60 B.P..

Le indagini realizzate confermano la presenza della litofacies M in contatto transazionale con le sottostanti sabbie trasgressive di barriera litorale (associazione di facies T) mentre superiormente il passaggio è alla litofacies S.

Gli spessori intercettati dalle verticali indagate variano da un minimo di circa 9 metri (sondaggio S3-14) ad un massimo di 16 metri (sondaggio S16-14) e si rinviene a profondità comprese tra 10 metri (sondaggi S8-14, S16-14, S18-14 e S19-14) e 16 metri dal piano campagna (sondaggio S22-14), con valore più rappresentativo intorno ai 10 metri.

Granulometricamente si tratta di depositi costituiti da alternanze di limi argillosi e argille limose con sabbie finissime, di colore grigio, con gasteropodi (in frammenti e interi) sia distribuiti nel deposito che concentrati in livelli, a diverse quote e con una compattezza variabile da moderatamente consistente a consistente (RP variabile da 0.5 a 1.5 kg/cmq). In nessun sondaggio sono stati riconosciuti resti vegetali e di legni e quindi non è stato facile differenziazione le due associazione M1 ed M2, pur essendo, in quanto supportati da dati bibliografici, certi che nella zona sono presenti entrambe.

Le prove penetrometriche CPTU eseguite, hanno restituito, per la litofacies M, valori di resistenza alla punta variabile tra 5-20 Kg/cm<sup>2</sup> e con un valore medio di 10 Kg/cm<sup>2</sup>.

 <p>AUTORITÀ PORTUALE DI RAVENNA</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione geologica</i></p> <p style="text-align: center;"><i>“Lavori e servizi afferenti le indagini geotecniche e geologiche di supporto alla progettazione definitiva delle opere in attuazione del PRP vigente 2007” nell’ambito del progetto: “Ravenna Port Hub: final detailed design and supporting technical analyses - Code: 2012-IT-91002-S”</i></p>	 <p style="text-align: center;">Membro della Federazione CISQ</p> <p style="text-align: center;"><b>RINA</b> ISO 9001 Sistema Qualità Certificato</p> <p style="text-align: center;"><b>DIREZIONE TECNICA</b> Pag. : 17 di 50</p>
---	--	--

### 3.2.5 Depositi di barriera trasgressiva (associazione di facies “T”)

Nella zona in esame, l’associazione di facies T, è costituita un orizzonte inferiore (T1) costituito da un deposito conchigliare di 5-30 centimetri di spessore che passa verso l’alto a sabbie fini e finissime fossilifere, con subordinate intercalazioni di argille limose (litofacies T2). Le caratteristiche tessiturali, la presenza di fossili marini e l’abbondanza di una microfauna caratteristica di acque poco profonde indicano che la deposizione delle sabbie si è avuta in un ambiente litorale ad elevata energia, probabilmente di spiaggia sommersa inferiore.

Questa unità appoggia direttamente con contatto erosivo (superficie di *ravinement*) sui sottostanti depositi alluvionali pleistocenici (associazione di facies A) senza interposizione dei depositi trasgressivi di retro barriera (litofacies B), costituendo così la base dell’Allomembro di Ravenna. Verso l’alto, un graduale incremento delle intercalazioni limose segna la transizione alle argille di prodelta e transizione alla piattaforma (facies M).

L’orizzonte fossilifero (facies T1), situato al di sopra del contatto erosivo, marca una superficie di disconformità formatasi in seguito al processo di arretramento della spiaggia; nel complesso, l’unità riflette la migrazione verso terra di una barriera, avvenuta nel corso della trasgressione olocenica.

Le indagini hanno intercettato la presenza di tali litotipi con spessori compresi tra 2-3 metri (sondaggi S3-14 e S6-14) e 8 metri in corrispondenza del sondaggio S9-14 e a profondità, dal piano campagna variabili tra 20 metri (sondaggio S9-14) e 28 metri (sondaggio S12-14).

Si tratta di sabbie fini con limo di colore dal grigio al verdastro e moderatamente addensate con livelli argilloso-limosi centimetrici consistenti.

Entrambe le litofacies T1 e T2 sono state riconosciute ma discontinue e di difficile correlazione.

Le prove penetrometriche CPTU eseguite, hanno attraversato la litofacies T con valori di resistenza alla punta variabile tra 40-120 Kg/cm<sup>2</sup> e con un valore medio di 60-80 Kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.2.6 Depositi di piana alluvionale (associazione di facies “A”)

Si tratta di depositi alluvionali pleistocenici la cui litofacies A1, presente nell’area, comprende argille limose, argille, limi argillosi molto consistenti e con livelli di sabbia fine limosa addensata (litofacies A3), la colorazione varia dal grigio azzurro, all’avana verdastro e all’ocra-giallastro; possono essere presenti anche patine nerastre. Lo stato di consistenza delle porzioni argillose è alto come lo dimostrano i valori di pocket penetrometer (in genere con valori minimi pari a 2.0 kg/cm<sup>2</sup> e massimi di 3.5 kg/cm<sup>2</sup>).

La litofacies A1 comprende depositi di piana inondabile mentre la facies A3 di depositi di canale fluviale.

Tale associazione si rinviene sempre al di sotto delle sabbie di facies T e normalmente si presenta argillosa, con spessori variabili fino ad un minimo di circa un metro e più in profondità tende a diventare granulata con sabbie addensate, talora intervallate con livelli fini, mettendo in evidenza per le prime depositi connessi ad esondazione e quindi di piana inondabile mentre per le seconde a depositi di canale fluviale.

Le prove penetrometriche CPTU eseguite, hanno riportato per la litofacies A valori di resistenza alla punta variabili, per la porzione argillosa, tra 10-30 Kg/cm<sup>2</sup> e con un valore medio di 20 Kg/cm<sup>2</sup>, mentre per la parte sabbiosa tra 80-150 Kg/cm<sup>2</sup> e con un valore medio di circa 100 Kg/cm<sup>2</sup>.

Le indagini hanno intercettato la presenza di tale litofacies con spessori compresi tra 5 metri (in quasi tutti i sondaggi) e 10 metri in corrispondenza del sondaggio S24-14 e a profondità, dal piano campagna variabili tra 25 metri (sondaggio S24-14) e 31 metri (sondaggio S16-14).

 <p>AUTORITÀ PORTUALE DI RAVENNA</p>	<p style="text-align: center;"><i>Relazione geologica</i></p> <p style="text-align: center;"><i>“Lavori e servizi afferenti le indagini geotecniche e geologiche di supporto alla progettazione definitiva delle opere in attuazione del PRP vigente 2007” nell’ambito del progetto: “Ravenna Port Hub: final detailed design and supporting technical analyses - Code: 2012-IT-91002-S”</i></p>	 <p style="text-align: center;">Membro della Federazione CISQ <b>RINA</b> ISO 9001 Sistema Qualità Certificato</p> <p style="text-align: center;"><b>DIREZIONE TECNICA</b> Pag. : 18 di 50</p>
---	--	---

#### 4. Inquadramento geomorfologico

L'attuale configurazione morfologica dell'area è il risultato della complessa interazione di processi fluviali, marini costieri e tidali che hanno caratterizzato la dinamica deposizionale tardo-olocenica. Gran parte dei caratteri morfologici osservabili è legata alle dinamiche evolutive del delta del Fiume Po e, in particolare, a quelle del suo canale distributore più meridionale, il Primario (all'incirca coincidente con la parte terminale dell'attuale fiume Reno), responsabile della costruzione in età tardo-olocenica, nell'area ravennate, di un lobo deltizio di notevoli proporzioni. La crescita del delta era accompagnata dalla progradazione di un sistema costiero, attraverso la giustapposizione di cordoni litorali di età sempre più recente. A sud del Primario la sedimentazione avveniva invece in ambiente di piana alluvionale. L'intervento umano ha sensibilmente condizionato la sedimentazione, soprattutto nel corso degli ultimi secoli.

Il territorio del comune di Ravenna è assimilabile ad un piano debolmente inclinato N-NE, con lievi ondulazioni che si manifestano con depressioni a fondo subpianeggiante separate da zone in rilievo di forma allungata. Infatti la progressiva migrazione verso mare della linea di costa nel tardo Olocene, favorì i depositi di fronte deltizia e piana di sabbia e l'accumulo di sabbie di cordoni litorali e subordinatamente di argille e limi palustri di ambiente alluvionale. Sono riconoscibili in carta due sistemi principali di cordoni litorali; 1) riferibili al periodo compreso tra il X ed il XVI sec. d.C. che dal limite orientale delle valli di Comacchio arrivano alla periferia orientale di Ravenna; 2) cordoni riferibili al sistema litorale attuale, tra Casale Borsetti e Lido Adriano.

Il passaggio da ovest verso est a sistemi litorali di età progressivamente più recente è coerente con la progradazione del sistema costiero che ebbe luogo durante la fase di stazionamento alto del livello marino. I cordoni litorali sono giustapposti a formare corpi complessi ad elevata continuità laterale oppure costituiscono frecce litorali isolate, come in prossimità della foce del Fiume Reno.

L'area in esame ricade nel settore orientale sul cordone litorale più esterno, sul quale si sviluppano gli abitati di Porto Corsini e Maria di Ravenna, depositi questi che continuano sommersi oltre la linea di costa, mentre nel settore occidentale sui depositi argillosi di pianura palustre. Tale differenziazione si ripercuote anche sulle quote espresse in metri s.l.m., infatti nell'area in studio, si osserva una differenza di circa 2.50 metri.

Per quanto concerne la linea di costa ed il relativo andamento della dinamica litoranea si è riscontrato che nell'area di Porto Corsini vi sia un punto di zero del trasporto solido litoraneo; ciò è chiaramente evidenziato dagli effetti derivati dalla costruzione dei moli foranei. Infatti a partire dal 1958, anno in cui sono iniziati i lavori costruzione dei due moli foranei, le spiagge di Marina Romea a nord e Marina di Ravenna a sud sono state caratterizzate da un leggero avanzamento, pur conservando all'incirca l'allineamento iniziale. L'avanzamento delle due spiagge costituisce un dato estremamente significativo in quanto si è verificato in un periodo caratterizzato da una drastica riduzione degli apporti solidi fluviali a mare, in un territorio intensamente soggetto a subsidenza.

L'intensa urbanizzazione dell'area costiera verificatasi a partire dagli anni '60 ha prodotto una profonda alterazione dei caratteri originari di questo territorio, tra cui in particolare lo spianamento di gran parte dei cordoni dunari.

Quanto descritto è documentato nella carta geologica e geomorfologica, di seguito riportata e relativa agli elaborati del piano urbanistico POC (tavola POC.6I\_2) del comune di Ravenna, approvato in data 10/3/2011.

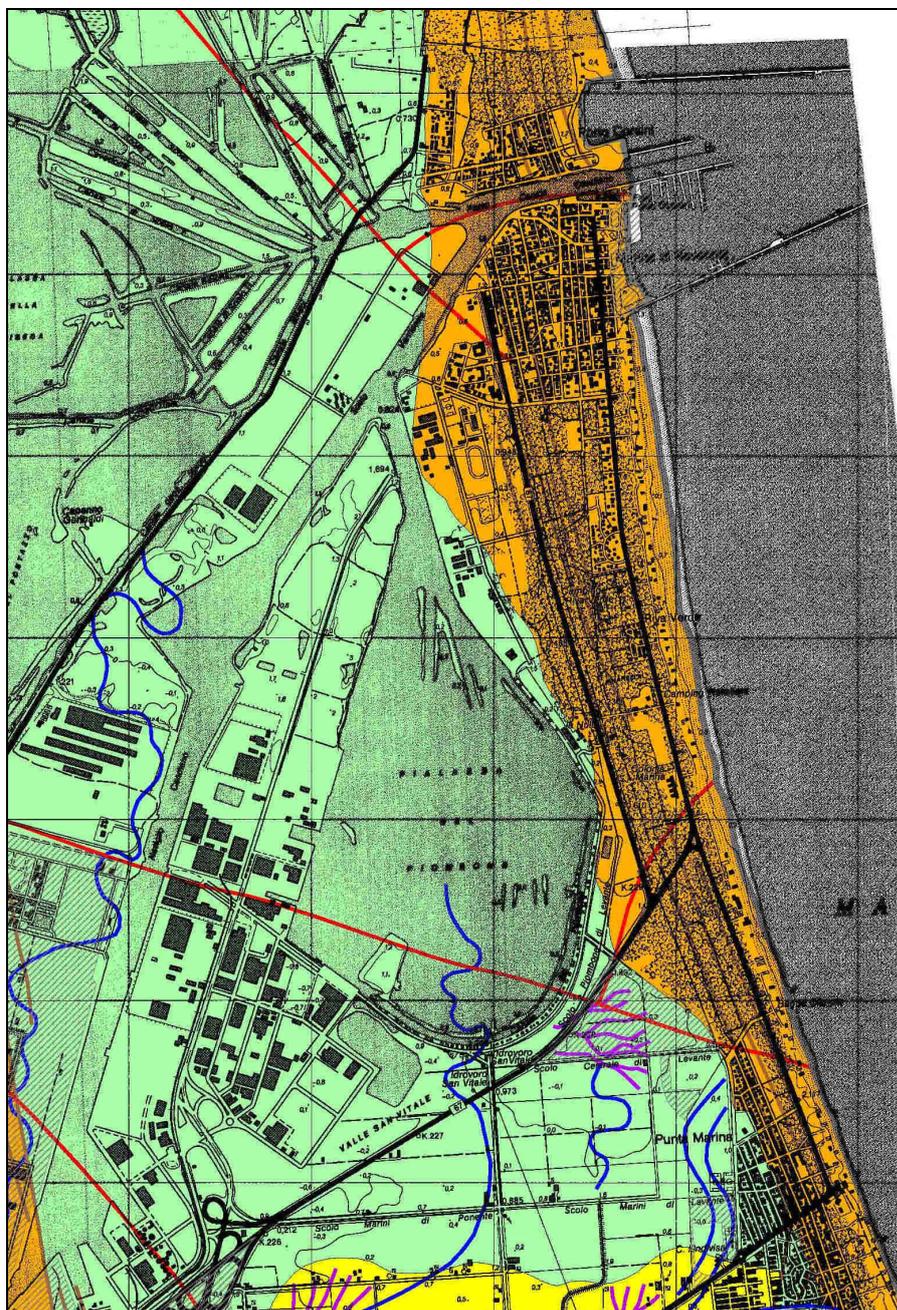
Legenda

Elementi geomorfologici

-  cordone litorale certo
-  cordone litorale sepolto
-  linea di riva alla data del rievamento certa
-  orlo di scarpata di cava certo
-  traccia di alveo fluviale abbandonato certa
-  traccia di alveo fluviale abbandonato incerta
-  traccia di canale di bonifica
-  ventaglio di esondazione certo
-  Elementi strutturali
-  Cave e discariche

Litologie presenti

-  Argilla Limosa
-  Argilla Limosa con Torba
-  Argilla Sabbiosa
-  Ghiaia Sabbiosa
-  Limo Argilloso Sabbioso
-  Sabbia
-  Sabbia Limosa
-  Sabbia Limosa Argillosa



Stralcio carta geologica e Geomorfologica (POC.614.2.-Comune di Ravenna)

Relativamente agli strumenti normativi a scala di bacino si fa presente che l’area ricade nell’Autorità di Bacino dei Fiumi Romagnoli il cui Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) approvato inizialmente il 17/3/2003 e aggiornato successivamente il 19/12/2011 con delibera 1877 (Variante al Titolo II “Assetto della rete idrografica”), mette in evidenza, nella tavola 223SE riguardante la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico, la completa assenza di zone a rischio idraulico e rischio frana.

Di seguito si allega comunque uno stralcio della tavola e la relativa legenda, a conferma che l’area non presenta alcun rischio, non essendo compresa in nessuna delle zone vincolate dalle norme del Piano Stralcio.



Stralcio della carta delle aree a rischio idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli (tav. 223SE)

**Aree a rischio idrogeologico**

**TITOLO II - "Assetto della rete idrografica"**

- Art. 2 ter - alveo
- Art. 3 - aree ad elevata probabilità di esondazione
- Art. 4 - aree a moderata probabilità di esondazione
- Art. 6 - aree di potenziale allagamento
- Art. 10 - distanze di rispetto dai corpi arginali

**TITOLO III - "Aree a rischio di frana" (invariato)**

- Limite Unità Idromorfologiche Elementari
- Art. 13 - R1 (rischio moderato)
- Art. 13 - R2 (rischio medio)
- Art. 13 - R3 (rischio elevato)
- Art. 13 - R4 (rischio molto elevato)

#### 4.1 Subsidenza

Il lento abbassamento della superficie terrestre è un fenomeno che ha interessato quest’area della costa emiliano-romagnola, a partire dagli anni ’50, ed è uno delle principali cause dell’erosione delle spiagge. La variazione relativa della quota del terreno rispetto al livello medio del mare è da imputare in massima parte alle attività antropiche, fermo restando che le cause sono in modestissima parte di origine geologica, riconducibili sostanzialmente alla lenta compattazione dei terreni quaternari, e in massima parte di origine antropica, per la massiccia estrazione di acqua e metano dal sottosuolo.

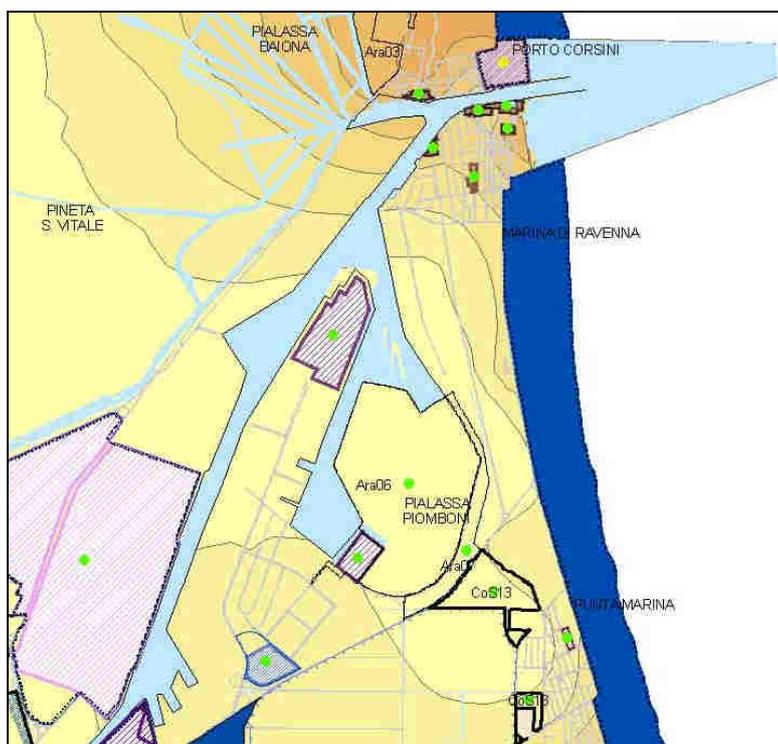
Il PTCP, con l’art. 4.7 – “Rischi connessi alla subsidenza”, definisce che l’obiettivo generale del Piano è la riduzione della subsidenza a valori propri di un abbassamento del suolo dovuto ai soli fenomeni geologici naturali.

Negli ambiti dove il fenomeno della subsidenza si manifesta con maggiore rilevanza, le azioni strategiche per la difesa dai rischi connessi sono individuate prioritariamente:

- Nel contenimento dei prelievi autorizzati di risorse idriche dalle falde;
- Nell’individuazione ed eliminazione dei prelievi idrici abusivi;
- Nel contenimento dei prelievi autorizzati di altri fluidi dal sottosuolo;
- Nello scarico in unità geologiche profonde delle acque risultanti dall’estrazione di idrocarburi,
- Nel monitoraggio e valutazione degli eventuali effetti derivanti dalle trasformazioni urbanistiche ed edilizie.

A livello comunale si fa riferimento all’elaborato POC.6F “Subsidenza”, il cui stralcio è di seguito riportato. Esso mostra i tassi di subsidenza del territorio ravennate, nell’area del porto, nel periodo compreso tra 1998 ed il 2002.

Il tasso di subsidenza indicato, per l’area in esame, varia da un minimo di 0/-1 mm/anno, nella parte più occidentale ad un massimo di -5/-6 mm/anno in corrispondenza della linea di costa.



Tassi di subsidenza (periodo 1998-2002)		
0/-1 mm/anno	-5/-6 mm/anno	-10/-11 mm/anno
-1/-2 mm/anno	-6/-7 mm/anno	-11/-12 mm/anno
-2/-3 mm/anno	-7/-8 mm/anno	-12/-13 mm/anno
-3/-4 mm/anno	-8/-9 mm/anno	-13/-14 mm/anno
-4/-5 mm/anno	-9/-10 mm/anno	-14/-15 mm/anno

Stralcio della tavola POC.6F “Subsidenza” del Comune di Ravenna.

## 5. Climatologia

L’area di interesse fa riferimento alla zona climatica della pianura costiera e quindi, nonostante l’influenza dell’entroterra, il clima è essenzialmente caratterizzato dalla presenza del mare i cui venti umidi e le correnti di brezza riescono a penetrare anche in profondità nell’entroterra.

Si tratta tuttavia di un clima marino con caratteristiche decisamente attenuate vista la conformazione stretta e poco profonda che contraddistingue il mare Adriatico.

Un’influenza significativa sulle caratteristiche meteorologiche del territorio è esercitata dai venti dominanti; il bacino settentrionale del mare Adriatico rappresenta infatti una importante zona di confluenza e di smistamento delle masse d’aria provenienti da direzioni diverse. In particolare può venire interessato da perturbazioni per effetto di venti di bora provenienti da Est o da Nord-Est durante la stagione invernale, o per l’afflusso di aria calda umida generatosi nella depressione del centro Atlantico. Condizioni di tempo sereno sono invece generalmente associate all’estensione dell’anticiclone delle Azzorre, che apporta aria fresca o temperata durante il periodo estivo.

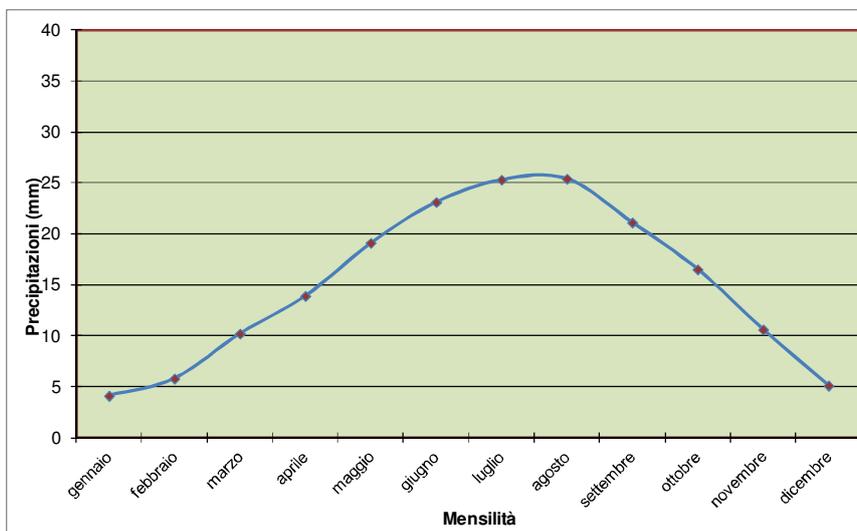
### 5.1 Termometria

Per la caratterizzazione del regime termico che insiste nell’area in studio, nella tabella seguente, si riportano i dati termometrici, pubblicati negli “Annali Idrologici – Parte I”, redatti dal Servizio Idro Meteorologico di Arpa Emilia Romagna (ARPA-SIM) e relativi alla stazione termometrica di Marina di Ravenna (anni dal 1990 al 2013).

La stazione ricadente nel bacino del Canale Corsini è dotata di un termometro registratore, posizionato a 3 m s.l.m. ed in funzione dall’anno 1938.

ANNO	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
1990	2,9	8,4	11,6	13,9	20,5	23,0	25,1	25,1	22,7	18,4	10,7	4,1
1991	3,8	3,4	10,9	12,3	15,1	22,0	26,1	26,1	23,1	15,6		
1992			9,2	13,6	18,6	21,7	24,4	27,3	22,0	16,5	9,9	
1993		4,2			20,1	24,0	24,5	25,3	20,6	16,2		
1994			11,8	12,4	18,7	21,8	26,1	27,2	21,4	15,6	11,5	5,9
1995	4,4	7,3	9,0	13,0	17,9	20,5	26,3	24,0	19,8	16,9	9,0	5,3
1996	4,8	4,0	7,2	13,8	18,7	22,9	24,2	24,4	18,6	16,0	12,3	5,1
1997	4,8	7,0	10,9	11,8	18,6	22,0	23,8	24,1	21,5	16,8	10,6	6,5
1998	5,2	8,3	10,1	14,1	18,7	23,9	26,1	26,3	20,5	16,9	9,0	3,7
1999	5,3	5,9	10,2	14,5	20,2	22,9	24,8	25,5	22,6	16,7	9,5	5,0
2000	3,1	6,6	10,6	15,9	21,0	24,0	24,4	25,6	21,3	17,1	12,6	7,0
2001	6,6	7,4	12,9	13,2	20,4	22,5	25,4	26,4	19,2	18,6	9,0	3,0
2002	2,5	7,5	11,4	13,8	19,3	23,9	24,8	24,2	20,0	16,4	13,5	7,5
2003	4,7	4,1	10,4	13,0	20,3	26,7		28,4	20,6	15,0	11,6	
2004	4,0	6,0	9,4	14,0	17,6	23,0	25,1	25,8	21,6	18,2	10,9	6,8
2005	3,7	4,1	8,9	13,3	19,2	23,3	25,1	23,0	21,5	15,7	10,0	4,8
2006	3,0	5,9	8,7	14,5	18,7	23,0	26,2	22,6	21,0	17,1	10,5	6,3
2007	5,8	8,1	12,2	17,1	20,8	24,3	26,7		20,6	15,9	9,2	4,9
2008	5,7	6,5	10,4	13,7	18,1	22,6	25,2	24,9	19,7	16,8	10,6	5,2
2009	2,7	5,8	9,9	14,8	21,0	22,4	25,3	26,4			10,1	4,2
2010	1,9	5,1	8,6	13,7	18,2	22,3	26,1	24,1	19,3	14,4	10,3	2,8
2011	2,9	5,7	9,4	15,6	19,4	23,5	24,6	26,1	23,7	15,3	9,4	
2012		2,2	11,6	14,1		25,2			21,2	16,7		3,6
2013	4,6	5,0	8,6	14,5	18,1	22,8		25,2	21,7		11,8	5,5
media	4,1	5,8	10,2	13,9	19,1	23,1	25,3	25,4	21,1	16,5	10,6	5,1
	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre

Come si può osservare, il mese più caldo risulta essere agosto, con una temperatura media mensile di 25.4°, mentre quello più freddo è gennaio con un valore medio mensile di 4.1°.



Andamento delle temperature medie mensili per la stazione di Marina di Ravenna (dal 1990 al 2013)

## 5.2 Pluviometria

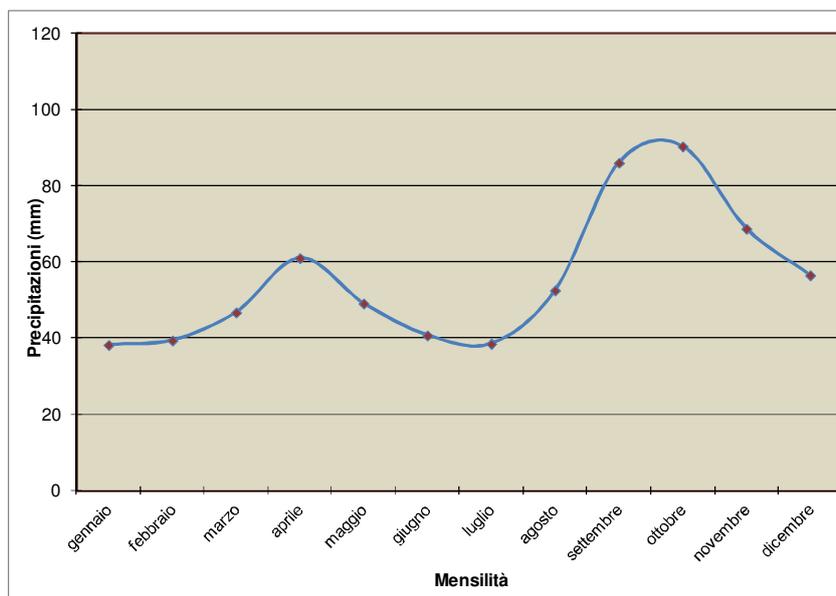
Al fine di descrivere il regime pluviometrico che caratterizza l’area in esame, si riportano nella tabella i valori delle piogge pubblicati negli Annali Idrologici di Arpa Emilia-Romagna e registrati nella stazione di Marina di Ravenna, dotata di un pluviometro registratore, posizionato alla quota di 3 m s.l.m. ed in funzione dal 1922.

L’intervallo temporale esaminato va dal 1990 al 2013.

ANNO	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
1990	1,8	15,8	64,8	85,4	25,6	13,2	47,4	21,2	31,0	117,2	33,6	26,0
1991	27,2	33,6	26,4	89,0	119,8	36,8	33,0	58,2	50,6			
1992			31,6	26,0	25,2	67,2	72,4	26,0	23,6	161,2	18,0	77,8
1993	2,4	0,6	41,8	47,2	20,8	49,6	52,4	84,0	38,2	116,4	77,0	34,6
1994	68,6	16,8	5,0	147,4	17,6	100,6	47,0	17,8	254,8	26,8	30,0	23,2
1995	17,8	45,6	71,2	16,4	85,0	146,8	89,2	138,6	49,0	9,8	38,4	78,2
1996	37,2	83,0	58,0	59,0	87,2	30,8	16,0	30,2	207,6	158,0	57,6	130,8
1997	45,0	16,8	43,4	68,8	30,8	40,8	23,4	69,0	48,8	60,6	126,6	104,6
1998	21,0	5,4	23,6	45,6	77,8	21,4	53,2	5,2	220,8	94,2	53,8	57,0
1999	49,0	26,8	25,4	46,0	36,4	112,4	8,6	256,2	57,2	78,8	176,2	71,4
2000	20,0	14,2	23,6	44,6	9,0	21,8	40,0	12,4	24,2	102,4	118,0	49,4
2001	87,6	14,8	44,8	75,0	33,4	21,8	17,6	62,4	125,8	21,2	47,4	41,6
2002	15,4	51,4	2,6	91,0	80,6	20,0	86,6	70,6	128,0	45,0	48,2	121,8
2003	69,6	16,4	32,8	54,2	12,4	4,4	13,6	7,8	51,2	77,8	100,8	22,8
2004	53,6	91,0	70,8	72,8	49,2	21,6	18,4	38,6	45,8	68,6	56,4	92,2
2005	13,0	50,8	19,2	74,4	27,4	13,6	41,0	77,0	163,8	160,4	79,6	45,8
2006	23,6	27,4	55,6	72,6	67,8	12,8	12,0	40,6	97,6	19,8	31,0	8,0
2007	64,2	49,4	93,2	4,4	41,0	35,2	13,0	66,6	87,8	140,4	18,6	31,4
2008	20,0	28,8	81,4	28,0	58,2	58,2	61,2	6,2	37,4	47,0	78,2	71,6
2009	51,2	37,2	59,4	69,6	15,6	27,2	30,4	12,8	19,6	129,6	58,0	88,2
2010	91,0	112,0	100,4	100,8	114,6	61,4	27,8	74,4	99,8	72,2	117,4	55,6
2011	20,2	25,8	98,4	7,6	40,2	27,2	54,8	0,0	33,2	59,0	8,6	28,0
2012	8,4	41,6	1,2	78,0	62,2	6,0	35,8	13,8	109,8	115,6	120,6	36,4
2013	70,2	100,6			40,2	25,2	28,8	70,4	58,8	194,4	86,8	2,2
media	38,2	39,4	46,7	61,0	49,1	40,7	38,5	52,5	86,0	90,3	68,7	56,5
	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre

Ne risulta che le massime precipitazioni ci sono nei mesi di ottobre ed aprile, con un valori medi mensili pari rispettivamente a 90.3 mm e 61.0 mm di pioggia mentre i mesi di gennaio e luglio

risultano essere quelli più asciutti, con valori di precipitazioni medie mensili pari a 38.2 mm e 38.5 mm.



Andamento delle precipitazioni medie mensili per la stazione di Marina di Ravenna (dal 1990 al 2013).

Il sito in studio presenta quindi un regime pluviometrico di tipo sublitoraneo appenninico (versante adriatico).

I dati pluvio-termometrici presi in esame (1990 - 2013) sono stati anche riportati nel diagramma ombro-termico di Bagnouls-Gaussen che rappresenta le variazioni della temperatura e della precipitazione nel corso dell’anno, fornendo un utile strumento nella classificazione climatica. L’aridità estiva è di circa 5 mesi (come si vede dal diagramma Bagnouls-Gaussen) e corrisponde al periodo che va da aprile a settembre.



Diagramma di Bagnouls-Gaussen per la stazione di Marina di Ravenna.

### 5.2.1 Curve di probabilità pluviometrica

Per la stazione pluviometrica di Marina di Ravenna sono state inoltre calcolate le curve di probabilità pluviometrica relative ai seguenti tempi di ritorno: 10, 50, 100, 200 e 500 anni con i dati pluviometrici riportati nella tabella seguente per le piogge di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, registrate dal 1990 al 2013, incrementati del valore del coefficiente di crescita per ciascun tempo di ritorno.

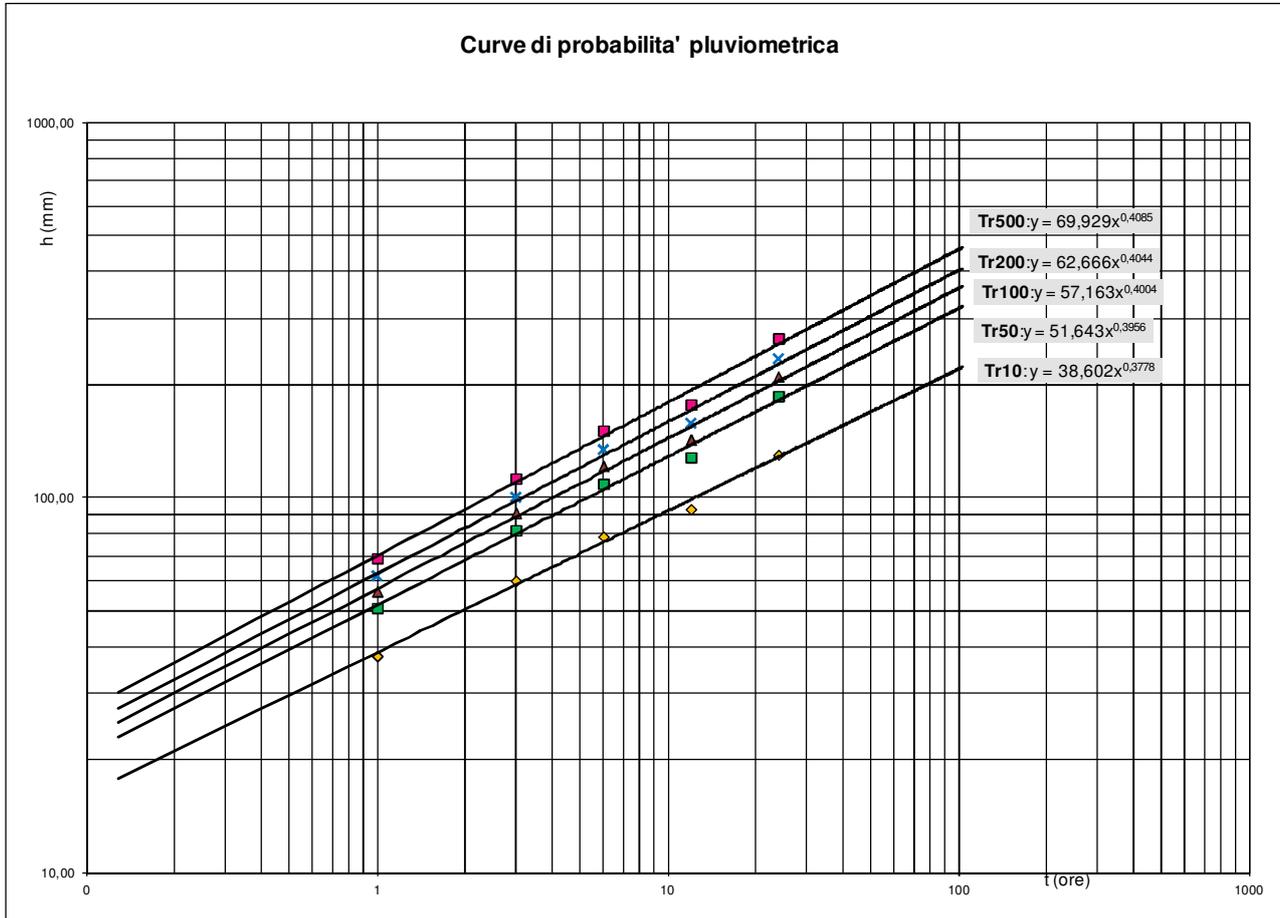
**TABELLA 1 - OSSERVAZIONI AL PLUVIOMETRO**

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI:		MARINA DI RAVENNA		N.B. Valori di input in rosso su sfondo grigio						
BACINO :		CANALE CORSINI		Valori calcolati in nero su fondo bianco						
QUOTA:		3 m s.l.m.m.								
Anni di osservazione		24								
Anno	INTERVALLO DI ORE									
	1		3		6		12		24	
	h(mm)	$X^2 = (h_i - M)^2$	h(mm)	$X^2 = (h_i - M)^2$	h(mm)	$X^2 = (h_i - M)^2$	h(mm)	$X^2 = (h_i - M)^2$	h(mm)	$X^2 = (h_i - M)^2$
1990	10,80	192,05	18,00	397,01	26,20	491,36	36,80	439,60	43,20	878,63
1991	32,80	66,29	37,40	0,28	37,40	120,27	37,40	414,80	43,00	890,53
1992	16,20	71,54	28,40	90,73	31,60	281,12	36,80	439,60	36,80	1299,00
1993	24,40	0,07	33,80	17,02	33,80	212,19	40,00	315,65	40,00	1078,58
1994	39,60	223,25	74,40	1330,43	103,60	3050,72	138,00	6437,39	210,40	18922,30
1995	32,60	63,07	36,40	2,33	36,40	143,20	52,60	26,69	68,00	23,44
1996	21,80	8,17	44,20	39,38	60,80	154,59	67,00	85,25	90,60	315,36
1997	22,80	3,45	41,40	12,08	45,20	10,03	48,20	91,52	66,00	46,81
1998	36,00	128,63	69,60	1003,31	90,00	1733,33	93,40	1269,73	109,20	1321,93
1999	36,00	128,63	58,60	427,46	103,80	3072,85	110,20	2749,25	163,80	8273,42
2000	12,40	150,27	19,60	335,81	35,00	178,67	41,40	267,87	43,20	878,63
2001	28,80	17,15	50,80	163,77	50,80	5,92	50,80	48,53	54,00	355,01
2002	28,60	15,54	33,20	22,33	34,20	200,69	35,40	500,27	44,80	786,34
2003	22,00	7,07	25,00	167,06	28,80	382,85	35,00	518,32	44,40	808,93
2004	21,00	13,38	21,20	279,73	34,00	206,40	37,80	398,67	44,00	831,84
2005	20,20	19,88	31,20	45,23	48,40	0,00	85,20	752,59	135,40	3913,55
2006	9,60	226,75	21,40	273,08	32,00	267,87	39,20	344,72	42,40	926,70
2007	16,20	71,54	30,40	56,63	47,40	0,93	49,40	70,00	63,60	85,41
2008	45,00	413,78	49,60	136,31	49,60	1,52	57,80	0,00	57,80	226,25
2009	15,00	93,28	24,40	182,93	41,60	45,79	58,00	0,05	67,80	25,42
2010	18,80	34,32	30,00	62,81	30,40	322,80	51,00	45,79	75,60	7,61
2011	14,80	97,19	18,60	373,46	23,20	633,36	34,00	564,85	38,80	1158,84
2012	24,60	0,00	40,40	6,13	58,40	100,67	58,40	0,40	58,40	208,56
2013	41,80	293,84	72,20	1174,78	78,20	890,03	92,60	1213,36	107,00	1166,79

**TABELLA 2 - ELABORAZIONI STATISTICHE - METODO DI GUMBEL**

N=	24	24	24	24	24
$M = \frac{\sum h_i}{N}$	24,66	37,93	48,37	57,77	72,84
$\sum X^2$	2339,16	6601,99	12507,17	16994,93	44429,84
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum X^2}{N-1}}$	10,08	16,94	23,32	27,18	43,95
$\alpha = 1,283 / \sigma$	0,13	0,08	0,06	0,05	0,03
$\beta = M - 0,5772 / \alpha$	20,12	30,30	37,88	45,54	53,07

Tempo di ritorno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
10 anni	hmax= 37,81 mm	60,02 mm	78,78 mm	93,22 mm	130,16 mm
50 anni	hmax= 50,79 mm	81,83 mm	108,80 mm	128,21 mm	186,74 mm
100 anni	hmax= 56,28 mm	91,05 mm	121,49 mm	143,00 mm	210,66 mm
200 anni	hmax= 61,75 mm	100,24 mm	134,13 mm	157,74 mm	234,49 mm
500 anni	hmax= 68,96 mm	112,36 mm	150,81 mm	177,19 mm	265,93 mm



Curve di probabilità pluviometrica per la stazione di Marina di Ravenna, relative alle piogge giornaliere e per differenti periodi di ritorno (10, 50, 100, 200 e 500 anni).