



COMUNE DI  
**CERVIA**



23 DIC. 2013

ARRIVO

# PSC

## QUADRO CONOSCITIVO

RELAZIONE  
Il suolo e il sottosuolo

elaborato QC\_B.REL.GEO

**Adozione:**

Delibera di C.C. n.00 del 00/00/0000

**Approvazione:**

Delibera di C.C. n.00 del 00/00/0000

**Sindaco**

Roberto Zoffoli

**Assessore alla**

**Programmazione Urbanistica**

Fabiola Gardelli

**Dirigente del Settore Pianificazione**

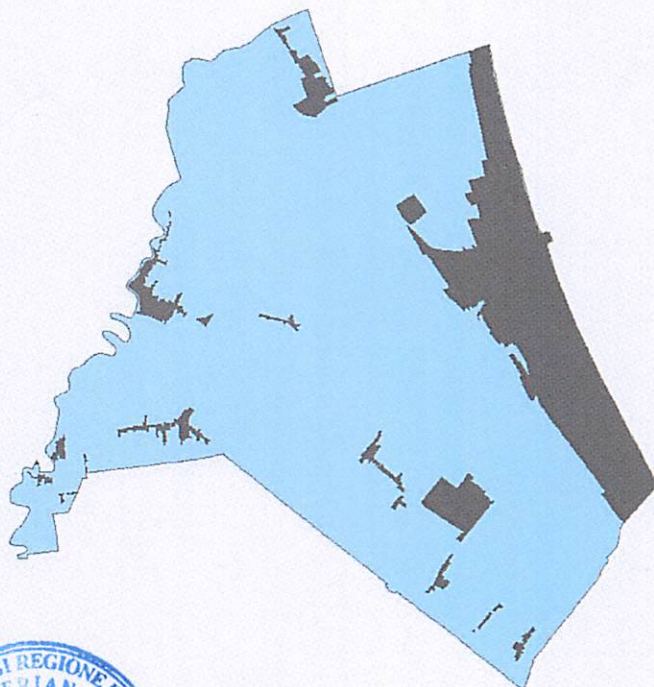
**Territoriale e Urbanistica**

Michele Casadei

**Redazione PSC e RUE**

**A.T.I. composta da:**

- Tecnicoop soc.coop.va  
(Rudi Fallaci, Carlo Santacroce)
- Carla Ferrari
- Giuseppe Campos Venuti



LAV	File	N	Revisione	Redatto		Verificato		Approvato	
				Data	Firma	Data	Firma	Data	Firma
	QC_REL_GEOL_ B1_def	1	Bozza per adozione	02/11/10	VF	02/11/10	VF	02/11/10	VF
	QC_B.REL.GEOL	1	Adozione	24/05/13	VF	24/05/13	VF	24/05/13	VF



Consulenza generale ed operativa. Gruppo di lavoro A.T.I.

Responsabili del progetto

Coordinamento scientifico

prof. arch. Giuseppe Campos Venuti  
arch. Rudi Fallaci  
arch. Carla Ferrari  
arch. Carlo Santacroce

Collaborazioni specialistiche

Quadro Conoscitivo

arch. Chiara Biagi

Qualità dell'aria

ing. Virginia Celentano

Acustica ambientale

ing. Franca Conti

Mobilità e del traffico

ing. Franco Di Biase

Studi ambientali, elettromagnetismo

dott. Matteo Salvatori

Analisi socio-economiche

dott. Paolo Trevisani

Aspetti ambientali ed economici del territorio agricolo

dott. agr. Fabio Tunioli

Analisi del sistema insediativo

arch. Giulio Verdini

Elaborazioni cartografiche

Andrea Franceschini  
Sabrina Guizzardi  
Ivan Passuti

Consulenti per gli aspetti geologici

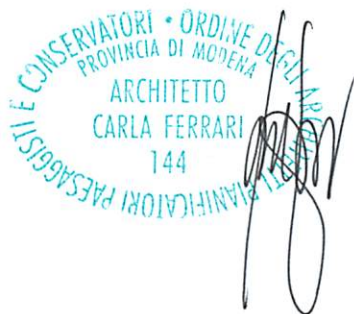
dott. Valeriano Franchi  
dott. Alessandro Ghinoi

Consulenti per gli aspetti delle Reti ecologiche

Andrea Serra

Consulente per gli scenari socio-demografici

dott. Massimo D'Angelillo



Hanno contribuito al percorso di elaborazione del piano, numerosi servizi interni dell'Amministrazione Comunale che di seguito si elencano:

#### Servizio Urbanistica

Dirigente Settore Urbanistica arch. Michele Casadei  
Responsabile Servizio Urbanistico geom. Gianluca Magnani  
Istruttore direttivo tecnico geom. Elena Taffagli  
ing. Francesca Gardini  
arch. Maria Laura Callegati  
ing. Annalena Arfelli  
arch. Renata Marino

#### Servizio Tecnico Edilizia Privata

Dirigente arch. Natalino Giambi  
ing. Cristina Ghedini  
arch. Luca Moschini  
geom. Franco Tomba  
geom. Cinzia Montanari  
geom. Romeo Monti  
ing. Pietro Azzarone

#### Settore Turismo

Dirigente arch. Daniela Poggiali  
Responsabile redazione Internet Cristina Ceccarelli

#### Ufficio Anagrafe

Dirigente dott.ssa Loretta Bernabucci  
Responsabile Anna Luisa Loddo  
Responsabile del Servizio dott.ssa Nadia Polidori

#### Servizio Amministrazione del Patrimonio

Dirigente dott.ssa arch. Daniela Poggiali  
Istruttore Direttivo Amministrativo dott.ssa Gianmaria Moretti  
Istruttore direttivo tecnico arch. Daniela Rossi

#### Servizio informatica

Responsabile ing. Luca Farabegoli

#### Politiche educative

Referente dr. Fabio Savini

#### Servizio mobilità

Dirigente ing. Roberto Buonafede  
Responsabile del Servizio geom. Maria Adinolfi

## INDICE

B.1 IL SUOLO ED IL SOTTOSUOLO	4
B.1.1 - Lineamenti geologici generali	4
B.1.2 - L'evoluzione paleogeografica dal Quaternario superiore ad oggi	7
B.1.3 - Litostratigrafia e litologia di superficie del territorio cervese	13
B.1.3.1 Supersistema Emiliano-Romagnolo	14
B.1.3.2 Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI) - Pleistocene medio	16
B.1.3.3 Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) Pleistocene medio - Olocene	16
B.1.3.3.1 Subsistema di Ravenna (AES8) - Pleistocene sup. - Olocene	17
B.1.3.3.2 AES8a - Unità di Modena - Olocene	18
B.1.4 - Morfologia	24
B.1.5 - Il fenomeno della subsidenza	33
B.1.6 - Caratteristiche geotecniche	42
B.1.6.1 Resistenza meccanica dei terreni nella zona di Cannuzzo-Pisignano	46
B.1.6.2 Resistenza meccanica dei terreni nella zona di Castiglione	46
B.1.6.3 Resistenza meccanica dei terreni nella zona compresa tra Savio e il Capoluogo	47
B.1.6.4 Resistenza meccanica dei terreni nella zona compresa tra Pinarella e Visdomina	47
B.1.7 - Zonazione sismica	49
B.1.7.1 - Neotettonica e sismicità	49
B.1.7.1.1 Determinazione dei campi di stress attivi	49
B.1.7.1.2 Determinazione dei campi di paleo-stress	51
B.1.7.2 - La sismicità del territorio	52
B.1.7.2.1 Pericolosità sismica di base	56
B.1.7.3 Sismicità locale e aspetti normativi riguardanti la pianificazione territoriale	58
B.1.7.4 - Microzonazione sismica - primo livello di approfondimento	62
B.1.7.5 - Microzonazione sismica - secondo livello di approfondimento (analisi semplificata)	64
B.1.7.6 - Microzonazione sismica - sintesi ai sensi della DAL 112/2007	67
B.1.8 - Acque superficiali e sotterranee	72

B.1.8.1	– Le acque superficiali interne	72
B.1.8.1.1	La rete irrigua	80
B.1.8.1.2	Le Saline di Cervia	80
B.1.8.1.3	Aree richiedenti specifiche misure di prevenzione dall'inquinamento e di risanamento	82
B.1.8.2	– Le acque marino-costiere	82
B.1.8.2.1	- L'ingressione marina	94
B.1.8.2.2	Il fenomeno dell'intrusione salina	112
B.1.8.2.3	Aspetti qualitativi	116
B.1.8.3	- Le acque sotterranee	122
B.1.8.3.1	- Struttura idrogeologica regionale	122
B.1.8.3.2	L'acquifero romagnolo	130
B.1.8.3.3	Acquiferi del territorio cervese	132
B.1.8.3.4	- Idrochimica	139
B.1.8.3.5	Vulnerabilità naturale dell'acquifero	151
B.1.8.3.6	- Censimento pozzi, piezometria e soggiacenza	156
B.1.8.3.7	- Centri di potenziale pericolo d'inquinamento delle acque sotterranee	161
B.1.9	- Criticità idraulica: fattori di pericolosità ed ambiti interessati	164
B.1.9.1	L'ambiente costiero: fattori di criticità e pericolo	164
B.1.9.2	I processi fluviali: fattori di criticità e di pericolo	171
B.1.9.2.1	Manutenzioni	174
B.1.9.2.2	Argini e rischio residuo	175
B.1.9.2.3	Elenco dettagliato delle criticità idrauliche rilevate per il Fiume Savio	178
B.1.9.3	Aree storicamente allagate	179
B.1.9.4	La morfologia del territorio: fattori di criticità e pericolo	179
B.1.10	Valutazione delle criticità e delle emergenze geologico-ambientali	180
B.1.11	Vincoli e tutele esistenti	187
B.1.11.1	Vincoli derivanti da PSAI Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli – Variante al Titolo II "Assetto della rete idrografica", approvata nel 2011.	187
B.1.11.2	Vincoli legislativi	189
B.1.11.3	Vincoli da PTCP della Provincia di Ravenna,	

	Approvato con D.C.P nr. 9 del 28/02/2006	189
B.1.11.4	Variante al PTCP in attuazione del P.T.A. (approvato con deliberazione del C.P. n. 24 del 22.03.2011)	191
B.1.12	Bibliografia	194

## **IL SUOLO ED IL SOTTOSUOLO**

### **B.1.1 - Lineamenti geologici generali**

Il territorio del Comune di Cervia è geograficamente delimitato, a sud, dal confine con il Comune di Cesenatico, rappresentato dallo Scolo Mesola del Montaletto; a nord, dal confine con il Comune di Ravenna, rappresentato dal corso del Fiume Savio; ad est, dalla linea di costa adriatica e ad ovest, dal confine con il Comune di Cesena. Geologicamente appartiene al settore romagnolo dell'ampio bacino sedimentario padano che occupa il margine esterno della catena appenninica settentrionale, di cui ne rappresenta l'avanfossa. Le indagini effettuate negli anni '50 del secolo scorso per la ricerca di idrocarburi hanno definito una sequenza stratigrafica composta da sei unità principali:

il basamento carbonatico mesozoico (Giurassico – Cretaceo), costituito da calcari selciferi e marne di ambiente di piattaforma marina profonda;

sedimenti paleogenici (Eocene – Oligocene), rappresentati da marne e calcari marnosi;

depositi di flysch, a prevalente componente marnosa, che dall'Oligocene superiore al Tortoniano si depositano sulla piattaforma esterna del bacino marino, sulle scarpate e nelle aree distali;

sedimenti evaporitici (gessi) del Messiniano, di ambiente lagunare e salmastro;

sedimenti di mare prevalentemente pelitici, con eventi arenitici, depositatisi dal Pliocene al Pleistocene inferiore;

sedimenti quaternari: sequenze di sabbie e argille di ambiente marino, passanti, verso l'alto, a depositi di ambienti marini costieri e lagunari e, verso il basso, a depositi di ambiente marino progressivamente più profondo del Pliocene medio-superiore.

Le due unità stratigrafiche più antiche sono state desunte, per il territorio cervese, dai dati delle indagini geognostiche effettuate nei territori limitrofi di Gatteo Mare e Bellaria; le unità più recenti, formatesi dall'Oligocene al Quaternario, sono invece state determinate in base ai sondaggi ed alle prospezioni geofisiche che hanno direttamente interessato il territorio comunale.

L'assetto tettonico rientra in quello più ampio riconosciuto dalle indagini geofisiche per le ricerche geominerarie nella Pianura Padana, caratterizzato da vari allineamenti strutturali, successioni di pieghe anticlinali e sinclinali interessate da faglie e sovrascorrimenti, con un orientamento che non si discosta da quello delle strutture tettoniche appenniniche (figura B.1.1).



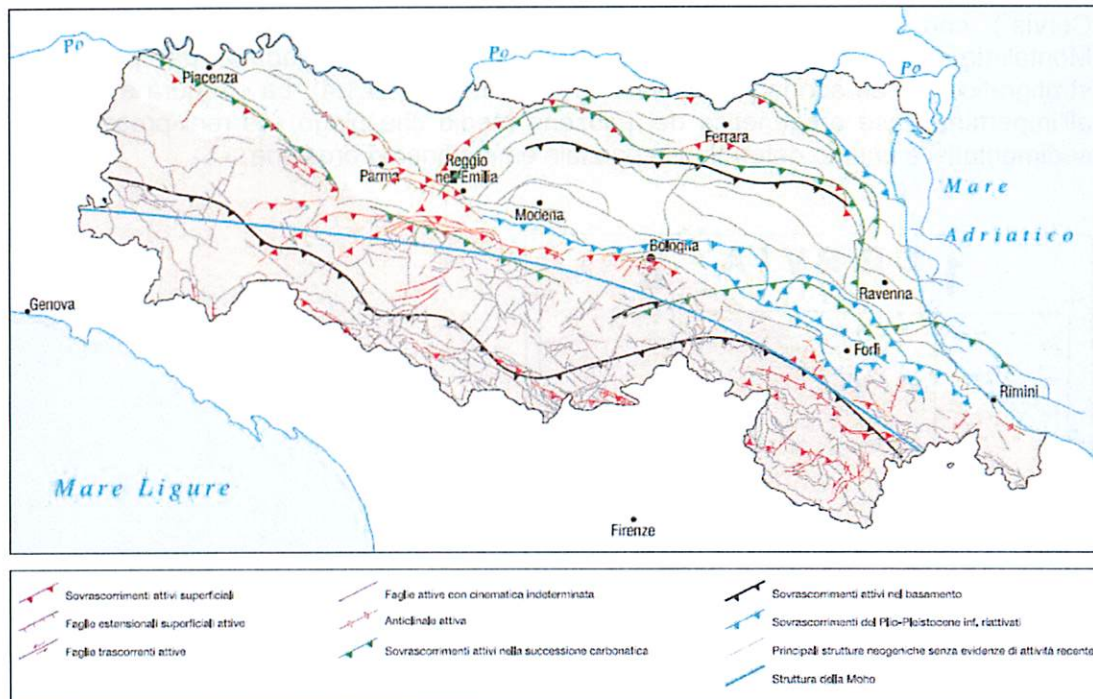


Fig. B.1.1 -Principali strutture tettoniche in Emilia-Romagna - tratto dalle Note Illustrative alla Carta Sismotettonica a scala 1:250.000 della Regione Emilia-Romagna.

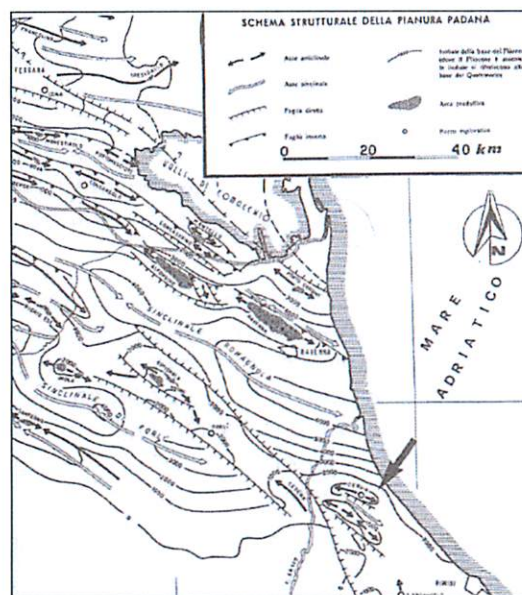


Fig. B.1.2 -Schema strutturale del sottosuolo della Pianura Padana, settore orientale. La freccia indica l'anticlinale di Cervia in località Montaletto. AGIP-1959.

In particolare, un'anticlinale asimmetrica orientata NO-SE (denominata "Anticlinale di

Cervia”), con culminazione a circa 750 m di profondità, è stata identificata in località Montaletto dalla sismica a riflessione ed ulteriormente indagata, dal punto di vista stratigrafico, da un sondaggio (Cervia 1, figure B.1.3 e B.1.4). La struttura è riconducibile all’importante fase orogenetica del Pliocene medio che piegò i terreni precedentemente sedimentatisi e che ne determinò la parziale emersione ed erosione.

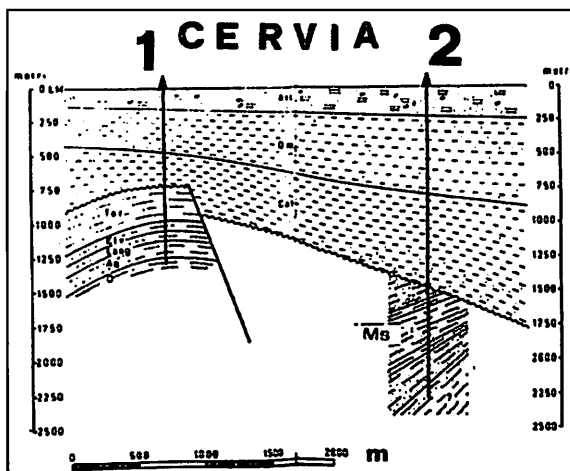


Fig. B.1.3 -Anticlinale di Cervia e sezione geologica attraverso i pozzi esplorativi per la ricerca di idrocarburi. AGIP-1959, modificato.

In corrispondenza del sondaggio Cervia 1, lo spessore complessivo del Quaternario raggiunge 730, m di cui la porzione più superficiale (sigla “All.” di figura B.1.3) è costituita da ghiaia e sabbia con intercalazioni di argilla e torba di ambiente continentale, alluvionale. La porzione “Qm” (Quaternario marino), fino a 480 m, è costituita invece da sabbie, argille e ghiaia di ambiente litorale e marino costiero. Fino a 730 seguono terreni argillosi di ambiente marino profondo del Calabriano, lo Stadio del Pleistocene che registra l’avvento del cambiamento climatico che porterà alla serie di periodi glaciali che termineranno con il Würm.

La stratigrafia definita dal vicino sondaggio Cervia 2 (circa 2 km a NE del primo), in località Valle Felici, registra un doppio spessore dei terreni quaternari, riconducibile alla presenza di una faglia normale che ha ribassato il fianco nord-orientale dell’Anticlinale di Cervia, ma anche al maggior tasso di sedimentazione e di subsidenza che si ha generalmente in aree di sinclinale rispetto a quelle di anticlinale. Lo spessore massimo dei sedimenti quaternari si ha comunque procedendo verso nord, all’interno della cosiddetta Sinclinale Romagnola, situata tra le strutture positive di Cervia, a sud, e quelle di Ravenna, a nord.

Nel sondaggio Cervia 1, i sedimenti quaternari risultano trasgressivi su quelli miocenici del Tortoniano. Ciò viene spiegato invocando il sollevamento Pliocenico che avrebbe fatto emergere e sottoporre ad erosione i terreni sedimentatisi precedentemente. Il successivo collasso delle strutture ha poi portato ad una successiva trasgressione marina quaternaria. Diversamente, in corrispondenza del sondaggio Cervia 2, la stessa fase erosiva pre-quaternaria ha intaccato solo la porzione più alta del Miocene, grazie alla differente situazione strutturale. Solo nel sondaggio Cervia 2 (figura B.1.4) è stato identificato un sottile spessore di sedimenti del Pliocene medio-superiore: questo testimonia una fase trasgressiva post-orogenetica che ha toccato prima l’area del sondaggio Cervia 2 e solo nel

## Quaternario l'area del sondaggio Cervia 1.

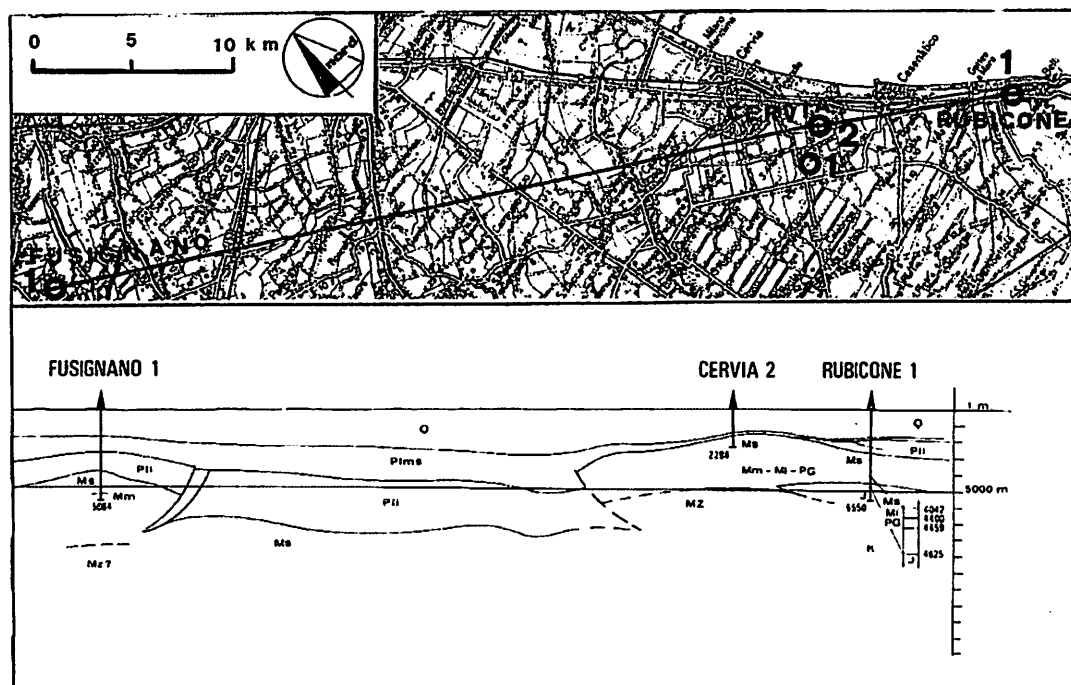


Fig. B.1.4 - Sezione geologica attraverso il territorio di Cervia. AGIP-1981.

### B.1.2 - L'evoluzione paleogeografica dal Quaternario superiore ad oggi

L'evoluzione paleogeografica della piana costiera cervese, come quella dell'intera piana costiera emiliano-romagnola, è strettamente riconducibile alle variazioni climatiche, in particolare alle alternanze di periodi glaciali e interglaciali, che hanno caratterizzato l'intero Pleistocene e, in particolare, il periodo che va dall'inizio della glaciazione würmiana (circa 75.000 anni fa) a circa 17.000-15.000 anni fa.

L'alternanza di fasi glaciali e interglaciali ha determinato, come principale effetto paleogeografico, vasti movimenti della linea di costa adriatica, con avanzamenti massimi raggiunti in corrispondenza del culmine delle fasi glaciali (Gunz, Mindel, Riss e Würm) e, di contro, arretramenti massimi in corrispondenza degli *optima* climatici interglaciali. In particolare, durante l'Ultimo Massimo Glaciale (Würm), la sottrazione di acqua al bilancio idrologico globale da parte delle calotte polari ed alpine determinò un abbassamento globale del livello dei mari che, nell'Adriatico, si stima essere stato prossimo a -100 m rispetto al livello attuale. Questo abbassamento ha creato le condizioni per lo sviluppo di una vasta piana alluvionale che si estendeva in tutto l'Adriatico settentrionale e, in parte, in quello centrale, con il delta del paleo-Po all'altezza di Pescara. Durante l'Ultimo Massimo Glaciale, i fronti dei ghiacciai appenninici raggiunsero all'incirca i 1000 m di quota, mentre quelli alpini avevano i loro massimi avamposti sulla pianura lombardo-veneta, in corrispondenza del grande apparato morenico frontale del Lago di Garda. Un ambiente morfoclimatico di tipo periglaciale caratterizzava quindi le quote inferiori, con corsi d'acqua in profonda erosione, sia a seguito dell'abbassamento della linea di base che della

presenza di ambienti in resistasia, con la conseguente formazione di notevole quantità di materiale detritico. Dalla fine del Tardiglaciale in poi, i corsi d'acqua assumono una maggiore energia, in seguito alla fusione dei ghiacci ed al miglioramento climatico che porta a precipitazioni più frequenti e abbondanti. Il materiale detritico prodotto dalla precedente fase erosiva viene pertanto preso in carico dai corsi d'acqua e trasportato a valle nella costruzione della nuova pianura, con spessori deposizionali che raggiungono i valori massimi. Il progressivo, continuo passaggio ad una fase di biostasia, l'innalzamento del livello di base e la minore disponibilità d'acqua determina una minore energia dei corsi d'acqua ed una minor capacità deposizionale, unitamente ad una minore disponibilità di materiale detritico.

Nella figura B.1.6, è rappresentata la stratigrafia ottenuta lungo il profilo di figura B.1.5, in cui viene descritta la sequenza deposizionale degli ultimi 100.000 anni per il territorio cervese. I sedimenti più profondi, di ambienti lagunare e marino costiero, chiudono il ciclo marino del Pleistocene superiore, testimoniando l'inizio della regressione marina che si verificò all'inizio dell'ultima glaciazione. Segue uno spessore di circa 150 m di sedimenti di ambienti continentali terrestri, lacustri e fluvio-palustri, depositi in ambiente periglaciale. La parte più superficiale della sequenza è composta da argille e limi di ambiente lagunare, da sabbie di spiaggia e litorale e da limi di ambiente marino costiero, passanti verso il tetto a limi con faune di mare aperto, depositatisi a partire dall'inizio dell'ultimo interglaciale. Quest'ultima sequenza fotografa la progressiva trasgressione marina (Trasgressione Flandriana) che, a partire da circa 15.000 anni fa portò il livello del mare a raggiungere il livello attuale, già intorno a 5.000-6.000 anni fa, lasciando traccia del suo percorso in forma di spiagge relitte rintracciabili a profondità di 30-50 m dall'attuale livello del mare, fonte di primaria importanza per il recupero di sabbie da utilizzare nel ripascimento delle spiagge attuali.

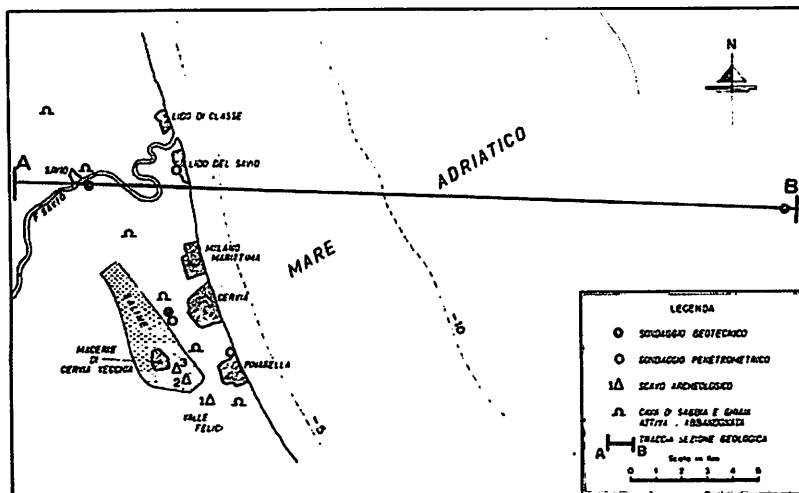


Fig. B.1.5 -Traccia di sezione di figura B.1.6.

La Trasgressione Flandriana sembra non essersi spostata più ad ovest di località Valle Felici, nella porzione meridionale del territorio comunale, e delle aree di cava presso Savio, a nord. La linea congiungente le due località e passante per la Cervia antica registra la presenza di un complesso ghiaioso e sabbioso, parallelo alla costa attuale, che segna proprio il limite dei depositi di spiaggia della Trasgressione Flandriana.

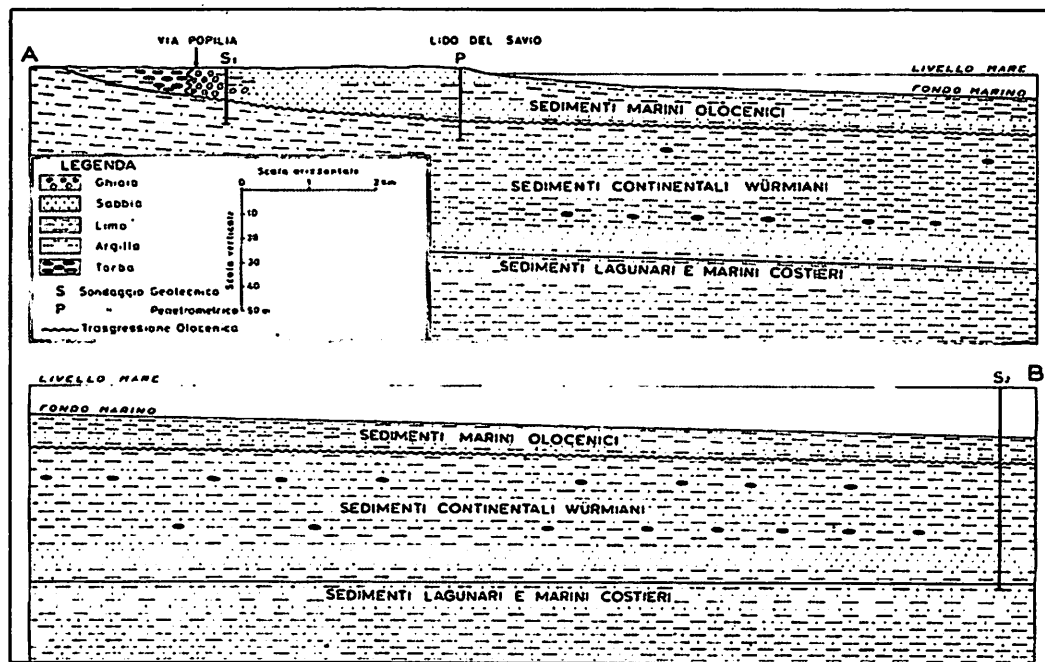


Fig. B.1.6 -Sezione geologica attraverso i sedimenti recenti tra il territorio cervese e l'area marina antistante (da Veggiani, 1971).

Da qui si può stimare come la trasgressione marina flandriana non andò oltre 4 km dalla linea di costa attuale nella zona di Savio e oltre 1,5 km nella zona di Pinarella. Il mare stazionò in questa posizione per circa 3.000 anni. La naturale subsidenza portò ad un progressivo accrescimento verticale del cordone ghiaioso-sabbioso, il cui spessore risulta crescente da sud verso nord (figura B.1.7).

Ad occidente del cordone litoraneo si formò un'area lagunare e valliva con deposizione di limi, argille e torbe ad opera delle acque superficiali; in particolare del Fiume Savio il cui paleoalveo di direzione all'incirca E-O è ancora visibile e cartografato nella carta geomorfologica con una confluenza proprio all'interno della Salina.

Infine, una generale regressione marina ha portato la linea di costa a spostarsi gradualmente verso est, fino alla posizione attuale, in seguito anche all'abbondante apporto di sedimenti alluvionali da parte dei fiumi romagnoli. A testimoniare questa progressiva migrazione verso est è la fascia di dune affiorante lungo la costa adriatica che, nel comune di Cervia è rappresentata dai cordoni dunosi sub-paralleli del settore settentrionale. Nel secolo XVIII, la stessa città di Cervia, allontanandosi la linea di riva, venne spostata dalla sua originaria posizione, al centro dell'attuale Salina, alla posizione odierna.

Un importante contributo alla formazione della linea di costa negli ultimi millenni è dovuto, oltre che all'azione deposizionale dei corsi d'acqua ed a quella erosiva delle onde, anche alla continua azione delle correnti litorali (*longshore currents*) che in questo settore dell'Adriatico hanno avuto una costante direzione SE-NO e che sono tra le maggiori concause dell'insabbiamento a sud dei porti romagnoli, con costruzione della spiaggia, e dell'erosione a nord, dove non arriva l'alimentazione sabbiosa delle correnti lungo-riva. Nel il territorio cervese, i tratti a maggior rischio erosione sono, infatti, il tratto a sud della foce del Savio e quello prossimo al confine sud orientale, ove hanno termine le scogliere a

difesa della costa del Comune di Cesenatico. L'azione costante nel tempo delle correnti litorali è testimoniata dal ritrovamento di frammenti di litotipi appartenenti a formazioni dell'entroterra marchigiano all'interno dei sedimenti costieri che vanno da Rimini fino a Ravenna.

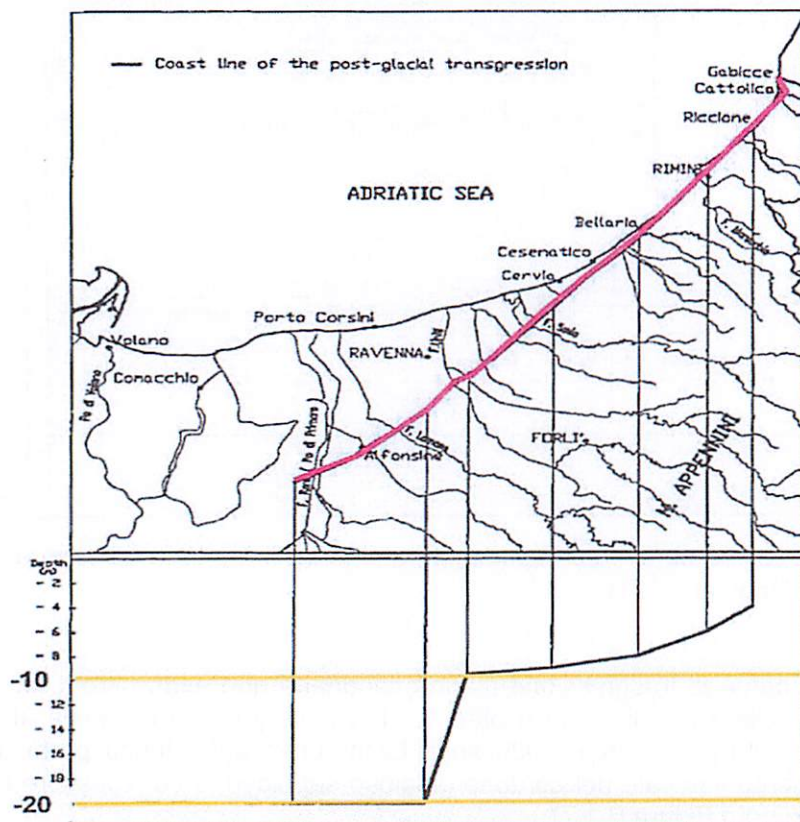


Fig. B.1.7 -Profondità attualmente rilevabile della spiaggia originatasi durante il periodo di massima trasgressione olocenica (tratto da: Preti, 1999).

Recentemente, la naturale riduzione dell'apporto solido dovuto ad un ambiente morfoclimatico di consolidata biostasia (iniziato dopo il termine della Piccola Età Glaciale, convenzionalmente fissata al 1851), a cui si aggiunge un'altra riduzione causata dall'impatto antropico (cave, opere di ingegneria idraulica e marittima, difese costiere, estrazione d'acqua e di idrocarburi dal sottosuolo ecc.), sta riportando il bilancio sedimentario costiero da *river-dominated* a *wave-dominated*, con uno smantellamento progressivo delle cuspidi deltizie, e ad un arretramento della linea di costa, come può testimoniare l'evoluzione delle foci fluviali dei fiumi romagnoli, tra cui anche quella del Savio (figura B.1.8). Nella figura si osserva come la foce del Savio veda il passaggio da una forma a cuspidi prominente ad una smussata, con forte deviazione del canale e, con l'erosione del cordone, ad una forma svasata, con pronunciata rettificazione della linea di costa.

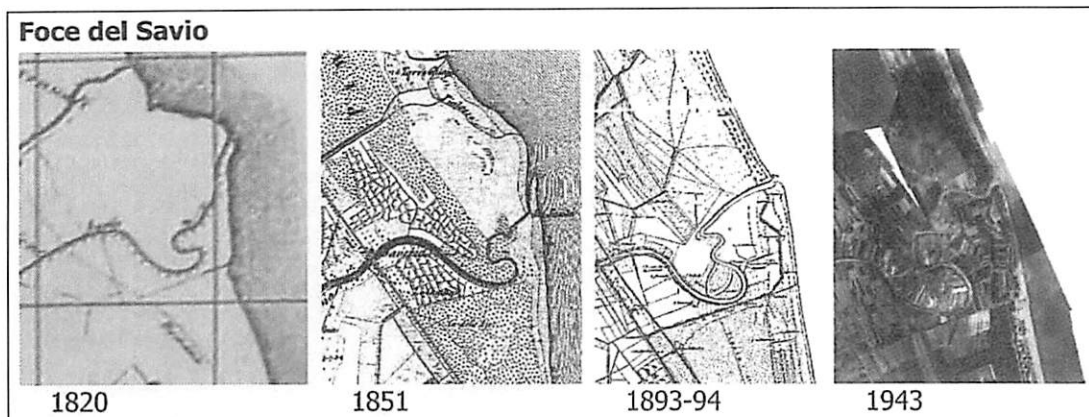


Fig. B.1.8 -Evoluzione della foce del Fiume Savio negli ultimi due secoli. L'evoluzione mostra il passaggio da una cuspidi di forma preminente ad una svasata, tipo estuario e una pronunciata rettificazione della linea di riva.

Un recente studio sulla variazione della linea di riva, effettuato dalla Regione Emilia-Romagna confrontando le linee di riva attraverso la fotointerpretazione e le carte topografiche, ha determinato l'entità delle variazioni della linea di riva negli ultimi 50 anni (1943-2005). Dallo studio (figura B.1.9) si evince come le zone con tassi di arretramento maggiori, superiori a 5 m/anno, siano quelle in corrispondenza delle principali cuspidi deltizie dei fiumi appenninici, tra cui quella del Savio. I tratti in forte accrescimento sono, di contro, quelli localizzati nelle aree di intercuspide e nel lato sud dei moli foranei, tra cui anche quello del Porto Canale di Cervia. Nei tempi più recenti, i tassi di arretramento/accrescimento si riducono divenendo, in certe zone tra cui anche il tratto Cesenatico - Lido di Savio, apparentemente stabili su tassi di  $\pm 1$  m/anno. Stabilità che invece non si osserva per le cuspidi deltizie dove il processo di smantellamento, seppur mitigato, è ancora ben evidente.

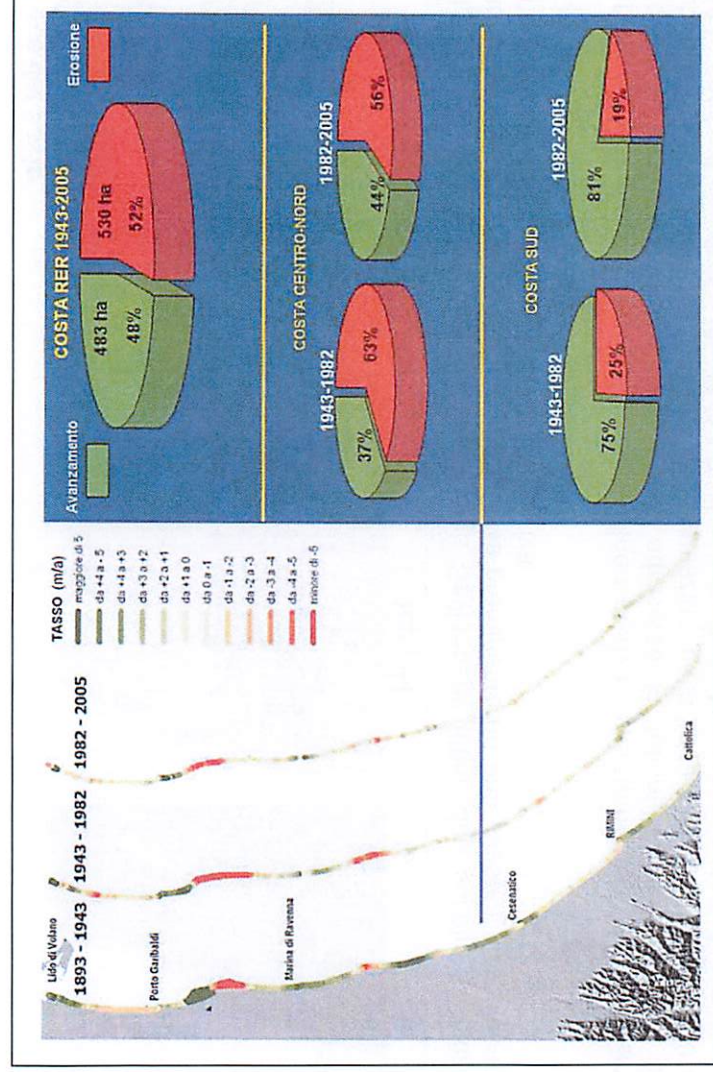


Fig. B.1.9 -Arretramento e avanzamento della linea di riva dell'Emilia-Romagna.

La dinamica sedimentaria determina, attualmente, per la costa cervese, un'ampiezza media di circa 80-120 m, con massimi di 150 m in corrispondenza del Porto Canale (figura B.1.10).



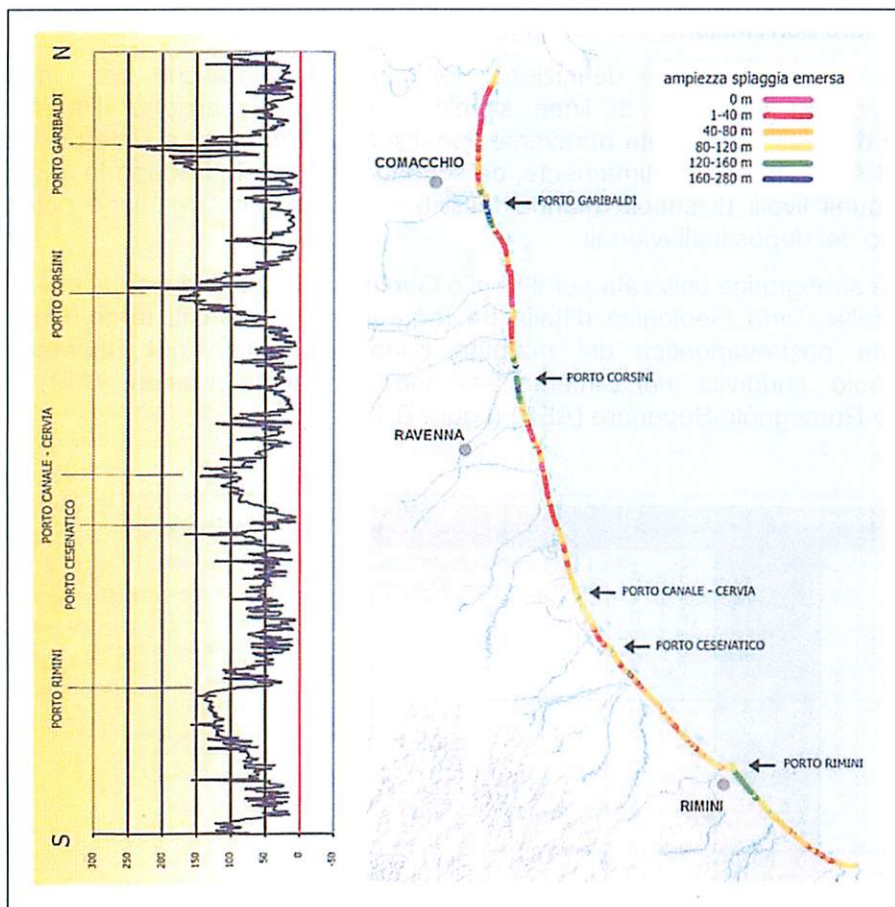


Fig. B.1.10 - Ampiezza della spiaggia emersa (anno 2005) lungo il litorale dell'Emilia-Romagna. Si noti come le ampiezze maggiori si registrano in corrispondenza delle maggiori opere portuali.

### B.1.3 – Litostratigrafia e litologia di superficie del territorio cervese

La stratigrafia fisica degli ultimi 20 anni ha posto l'accento sulla identificazione di spessori di strati delimitati da superfici-tempo e sulle relazioni genetiche fra sistemi deposizionali coevi, favorendo l'utilizzo di unità stratigrafiche delimitate da superfici di discontinuità (*Unconformity Bounded Stratigraphic Units* - UBSU e Unità Allostratigrafiche) o comunque legate a cicli di eventi, come le unità stratigrafico-deposizionali.

Tali superfici di discontinuità, che delimitano corpi rocciosi al tetto ed alla base, devono essere dimostrabili, significative e specificamente designate (*unconformities*, *disconformities* ecc.) e devono avere un'estensione preferibilmente regionale o interregionale.

Nelle aree a terra le UBSU sono ottimali nella distinzione dei depositi di terrazzo, per loro natura compresi tra superfici di discontinuità corrispondenti a scarpate di erosione fluviale ed a suoli. Nelle aree di pianura sono stati utilizzati come potenziali UBSU i suoli, affioranti e sepolti, poiché rappresentano superfici di discontinuità non deposizionali.

In ambiente marino, la distinzione delle UBSU avviene attraverso i rilievi sismici ed

eventualmente la loro correlazione con carotaggi.

Più problematica risulta invece la definizione delle unità stratigrafiche per i depositi tardo/quaternari, causa l'assenza di linee sismiche ad alta risoluzione. Pertanto la stratigrafia di tali depositi è avvenuta attraverso l'analisi di dati di pozzi e l'interpretazione della sismica ENI-AGIP, nonché, ultimamente, da sondaggi ad hoc, individuando particolari orizzonti guida, quali livelli di sabbie marine fossilifere o di argille organiche palustri e lagunari all'interno dei depositi alluvionali.

La classificazione stratigrafica utilizzata per il Foglio Geologico 240 e 241 Forlì-Cesena alla scala 1:50.000 della Carta Geologica d'Italia ha raggruppato i depositi tardo-quaternari della successione post-evaporitica del margine padano adriatico nel Supersistema Emiliano-Romagnolo, suddiviso nel Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI) e nel Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) (figura B.1.11).

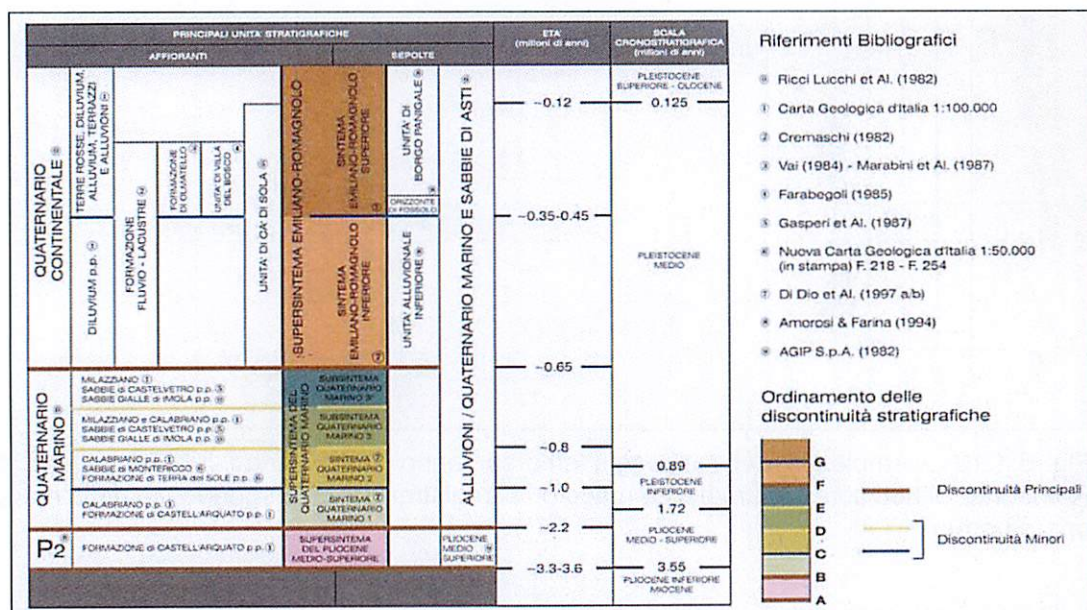


Fig. B.1.11 - Principali unità stratigrafiche del sottosuolo della pianura emiliano-romagnola.

All'interno di AES sono presenti unità di rango inferiore (subsistemi) corrispondenti, nei settori intravallivi della pianura, a depositi di un singolo terrazzo o di un gruppo di terrazzi e correlati, nel sottosuolo della pianura e del mare, a cicli trasgressivo-regressivi che registrano la ciclicità glacio-eustatica tardo-quaternaria di frequenza intorno a 100.000 anni.

### B.1.3.1 Supersistema Emiliano-Romagnolo

È l'unità stratigrafica che comprende l'insieme dei depositi quaternari di origine continentale affioranti al margine appenninico padano ed i sedimenti ad essi correlati nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola.

Questi ultimi, nell'area romagnola, includono depositi alluvionali e deltizi passanti, verso la pianura costiera, a depositi litorali e marini organizzati in cicli deposizionali. Il limite inferiore del supersistema affiora solamente a ridosso del margine appenninico e nei settori intravallivi a sud dei Fogli 240 e 241, dove è fortemente discordante sui depositi marini plio-

miocenici.

Nel sottosuolo della pianura il supersistema poggia in discordanza angolare ancora sui depositi plio-miocenici e verso NE sui depositi marino-marginali correlati alle Sabbie di Imola (IMO).

Il limite superiore coincide con il piano campagna.

Nei fogli 240 e 241 affiorano solo i depositi di AES, mentre i depositi di AEI sono stati individuati solo nel sottosuolo della pianura.

La sezione dei depositi del Supersistema mostra come esso sia caratterizzato dalla progressiva progradazione dei sistemi deposizionali alluvionali da SO verso NE, con il conseguente arretramento dei depositi fluvio-deltizi e costieri. Questo spiega le due fasi di sviluppo distinte a cui corrispondono i due sub-sistemi. AEI è dominato da facies fluvio-deltizie legate a sistemi di alimentazione padani, mentre AES mostra prevalentemente facies francamente fluviali di conoide e di piana alluvionale, legate a sistemi di alimentazione appenninici (figura B.1.12).

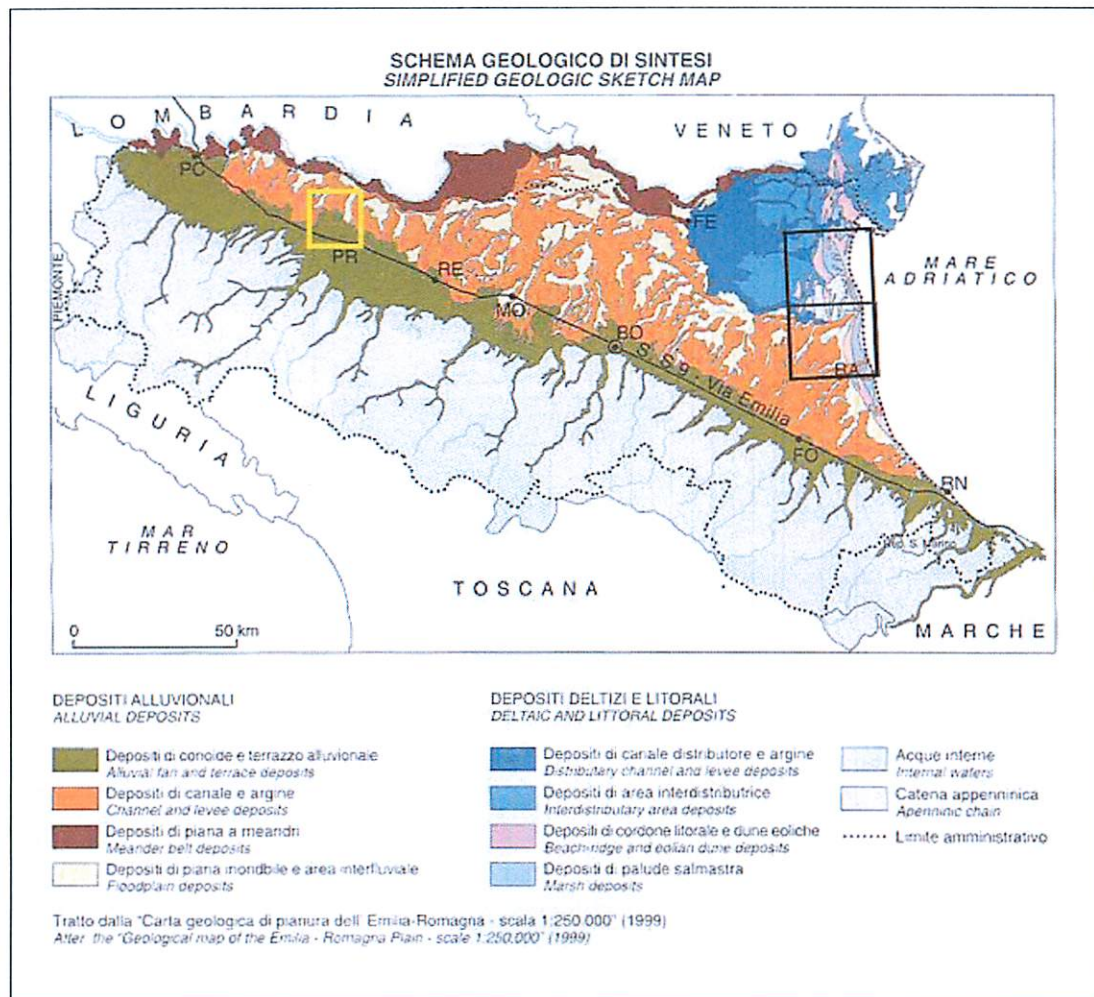


Fig. B.1.12 - Schema geologico di sintesi della Regione Emilia-Romagna con evidenziati i domini deposizionali alluvionali e deltizi-litorali.

### B.1.3.2 Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI) - Pleistocene medio

AEI costituisce la parte più antica del supersintema. Nell'area di studio, e in tutta l'estensione dei Fogli 240 e 241, non è affiorante, ma è stato individuato nel sottosuolo da sondaggi geognostici. La profondità del tetto, nel sottosuolo cervese, varia da circa 220 m nella porzione sud-occidentale, a 280 m in quella costiera. Gli spessori massimi sono raggiunti nell'area compresa fra Russi e Ravenna. Al suo interno l'unità è costituita da alternanze cicliche di depositi fini (limi e argille) e depositi grossolani (sabbie e ghiaie), riferibili a facies di piana alluvionale non drenata e di piana fluvio-deltizia e costiera.

### B.1.3.3 Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) - Pleistocene medio - Olocene

Comprende tutti i depositi continentali affioranti nei Fogli 240 e 241. La geometria dettagliata dei sistemi deposizionali è rappresentata nello schema generale di figura B.1.13.

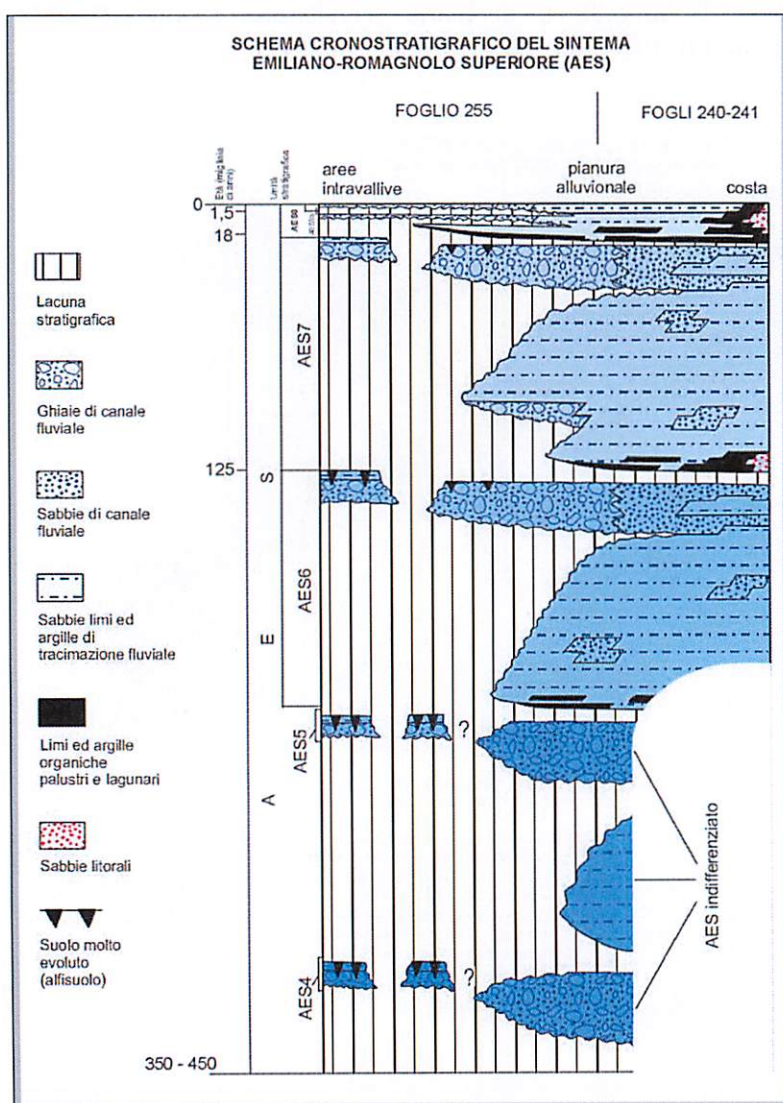


Fig. B.1.13 - Schema cronostratigrafico del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES).

In affioramento, AES è costituita da ghiaie e sabbie di canale fluviale, da alternanze argilloso-limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (argini e piane inondabili), da argille palustri e da sabbie litorali. Nel sottosuolo, AES è costituita da un'alternanza ciclica di argille organiche, limi, sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale e subordinatamente deltizio e costiero.

Il limite inferiore, nel settore in cui è compreso il territorio cervese, separa i depositi sabbiosi prevalentemente alluvionali (AES) dai depositi prevalentemente fluvio-deltizi (AEI).

Nel sottosuolo della pianura AES è costituita dalla sovrapposizione di diversi cicli deposizionali di decine di metri di spessore e caratterizzati da un'alternanza di depositi fini, di facies di tracimazione fluviale, e grossolani, di facies di riempimento di canale fluviale. Alla base di ciascun ciclo, i depositi di tracimazione fluviale fanno transizione, verso NE, a depositi deltizi e litorali.

I 3 subsistemi più recenti sono stati correlati con 3 cicli deposizionali nel sottosuolo della pianura: AES6, AES7 e AES8, tra i meglio definiti a scala regionale.

Rappresentano cicli trasgressivo-regressivi costituiti, ciascuno, da tre intervalli stratigrafici distinti. La porzione trasgressiva basale di ogni ciclo è caratterizzata dalla frequente presenza di argille ricche in sostanza organica di piana alluvionale e palude passanti, verso NE, ad argille lagunari e a sabbie marine di cordone litorale. Queste poggiano, con un contatto spesso brusco, sulle ghiaie e sulle sabbie fluviali che costituiscono il tetto del ciclo sottostante.

La porzione regressiva di ciascun ciclo, volumetricamente più rilevante, è suddivisa in 2 parti. Quella inferiore è costituita da depositi fini di tracimazione fluviale, quella superiore è composta da sedimenti prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi di canale fluviale, lateralmente e verticalmente giustapposti.

Il ciclo più superficiale, AES8a, è incompleto ed è rappresentato dalla porzione trasgressiva seguita dalla parte iniziale di quella regressiva.

#### *B.1.3.3.1      Subsistema di Ravenna (AES8) - Pleistocene sup. - Olocene*

Il suo spessore è inferiore a 30 m, pertanto rappresenta l'unità meglio caratterizzata dal punto di vista stratigrafico e geotecnico fra i depositi quaternari della Pianura Padana.

È costituito da ghiaie da molto grossolane a fini, con matrice sabbiosa, da sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, e da limi e limi sabbiosi, rappresentanti, rispettivamente, depositi di conoide ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconoide (piana inondabile, argine, e tracimazioni indifferenziate). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. Al tetto sono presenti suoli, variabili da non calcarei a calcarei, a basso grado di alterazione, con fronte di alterazione potente meno di 150 cm, e a luoghi parziale decarbonatazione; gli orizzonti superficiali sono di colore giallo-bruno. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m e contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a.

Nel sottosuolo della pianura, il subsistema è costituito da depositi argillosi e limosi grigi e grigio scuri, arricchiti in sostanza organica, di piana inondabile non drenata, palude e laguna, passanti verso l'alto a limi-sabbiosi, limi ed argille bruni e giallastri di piana alluvionale ben drenata, con suoli calcarei e non calcarei al tetto. I depositi di piana alluvionale includono ghiaie di canale fluviale e geometria nastriforme; lungo la fascia

costiera passano con contatto netto ed erosivo a sabbie litorali.

Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsistemi e sulle unità più antiche.

#### *B.1.3.3.2 AES8a - Unità di Modena - Olocene*

È composta da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, talora organizzate in corpi a geometrie lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi. Si tratta di depositi alluvionali intravallivi, terrazzati (primo ordine dei terrazzi nelle zone intravallive), deltizi, litorali, di conoide e, localmente, di piana inondabile. Nella costa e nel Mare Adriatico è formata da sabbie di cordone litorale e di fronte deltizia passanti ad argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma. Il limite superiore coincide con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (meno di 100 cm). Può ricoprire resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. Il limite inferiore è inconforme, marcato da una superficie di erosione fluviale lateralmente correlata a un suolo da decarbonatato a parzialmente carbonatato, contenente resti archeologici di età dal Neolitico al Romano. Lo spessore massimo dell'unità è generalmente di alcuni metri, talora plurimetrico.

Nell'area di studio (figura B.1.14 e Tavola QC-B.1), il Subsistema di Ravenna (AES8) è presente nella porzione a monte della fascia litorale, lungo una fascia che ha come limite nord-orientale la linea parallela alla costa che scorre lungo il limite meridionale della Salina e come limite nord-occidentale, i depositi di canale, argine e rotta fluviale del Fiume Savio. Nelle frazioni di Pisignano e Visdomina è presente con limi argilloso-sabbiosi di piana alluvionale depositati da tracimazioni fluviali indifferenziate. Nella porzione che va da Castiglione a Montaletto dominano le argille limose di piana alluvionale, area interfluviale.

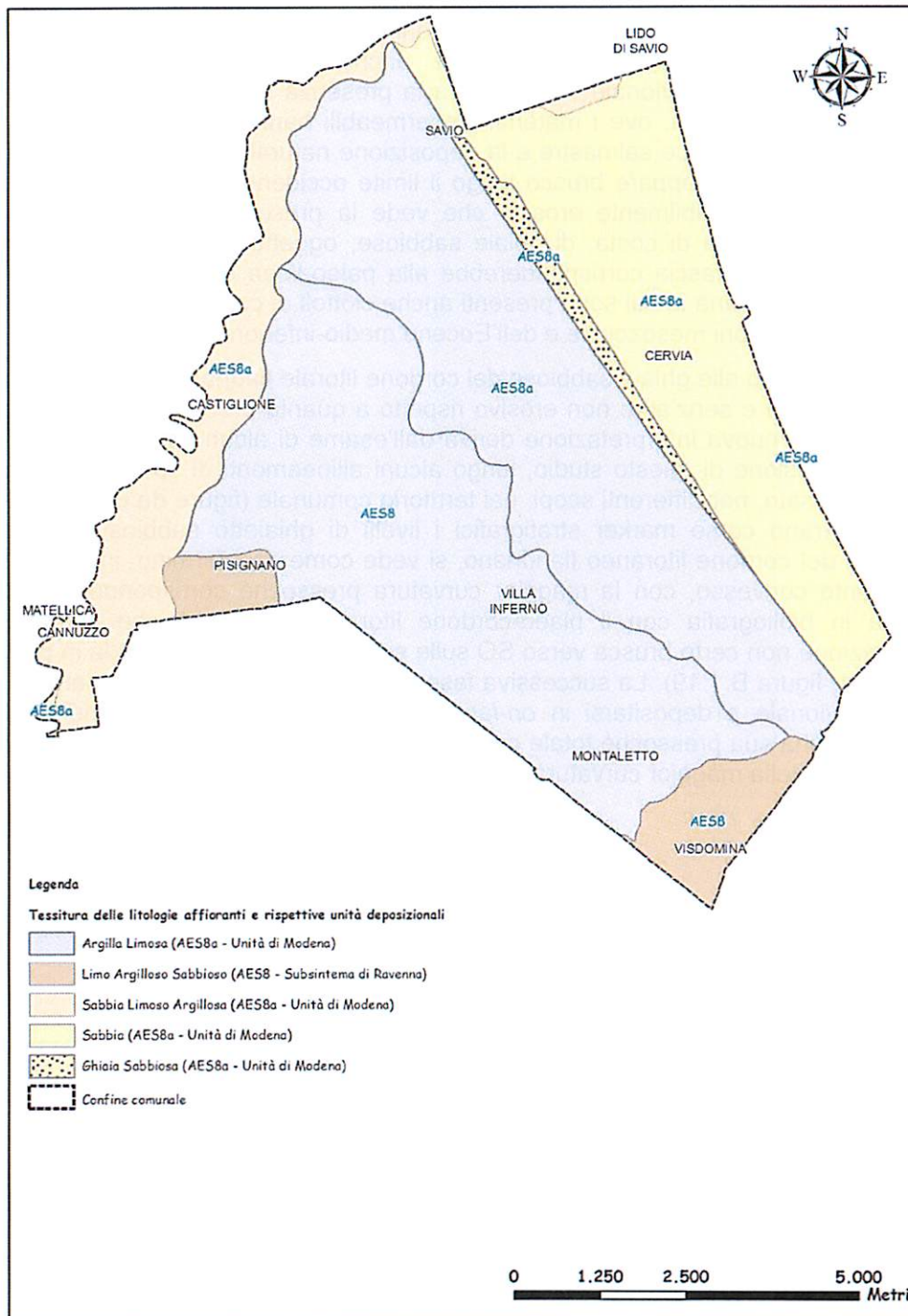


Fig. B.1.14 - Carta geolitologica su base topografica semplificata.

L'Unità di Modena (AES8a) affiora nella restante porzione di territorio comunale, con un maggior grado di differenziazione litologica e di ambiente deposizionale rispetto ad AES8.

Lungo il corso del Fiume Savio predominano le sabbie limo-argillose dei depositi di canale, argine e rotta fluviale legati all'attività deposizionale passata e recente del fiume. Nella fascia parallela alla costa, che comprende anche l'area della Salina, l'ambiente deposizionale di piana alluvionale vede ancora la presenza di argille limose in una zona topograficamente depressa, ove i materiali impermeabili hanno creato il substrato ideale per la permanenza di acque salmastre e la deposizione naturale di NaCl. Il passaggio alle sabbie di piana costiera appare brusco lungo il limite occidentale della piana alluvionale, lungo un contatto probabilmente erosivo che vede la presenza, per una sottile fascia parallela all'attuale linea di costa, di ghiaie sabbiose, oggetto, in parte, di estrazione di materiale litoide. Tale fascia corrisponderebbe alla paleo-linea di costa riconducibile alla Trasgressione Flandriana in cui sono presenti anche ciottoli di calcare a briozoi miocenici e di selce delle formazioni mesozoiche e dell'Eocene medio-inferiore marchigiane.

Tuttavia, il passaggio alle ghiaie sabbiose del cordone litorale fladriano appare, al contrario, molto meno brusco e senz'altro non erosivo rispetto a quanto precedentemente ipotizzato in bibliografia. La nuova interpretazione deriva dall'esame di alcune sezioni stratigrafiche, eseguite in occasione di questo studio, lungo alcuni allineamenti di sondaggi geognostici effettuati in passato, per differenti scopi, nel territorio comunale (figure da B.1.15 a B.1.21). Se si considerano come marker stratigrafici i livelli di ghiaietto sabbioso, espressione caratteristica del cordone litoraneo fladriano, si vede come essi formino, in tutti i 4 profili, un andamento convesso, con la maggior curvatura pressoché corrispondente alla linea identificata in bibliografia con il plaeo-cordone litoraneo. Cordone che sembra avere un'aggradazione non certo brusca verso SO sulle sottostanti litologie (si veda in particolare il profilo nr. 4, figura B.1.19). La successiva fase regressiva ha poi portato le argille e i limi di piana alluvionale a depositarsi in *on-lap* sul cordone, partendo ovviamente da SO, determinando una sua pressoché totale copertura che raggiunge il suo minimo spessore in corrispondenza della maggior curvatura del cordone (figura B.1.22).





Fig. B.1.15 - Ubicazione dei profili stratigrafici eseguiti lungo allineamenti di prove penetrometriche d'archivio.

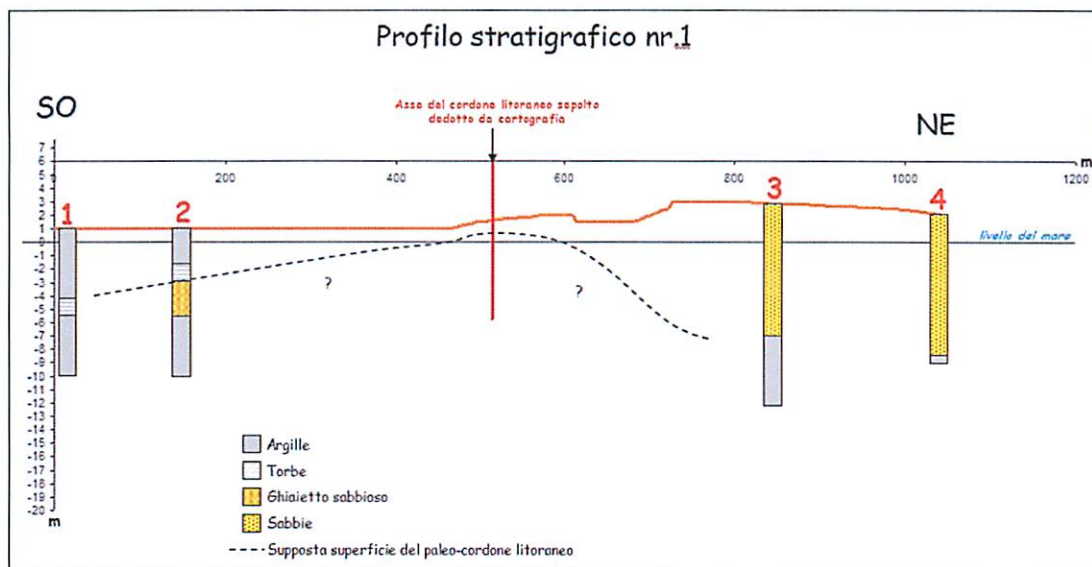


Fig. B.1.16 - Profilo nr. 1: colonne stratigrafiche ed interpretazione.

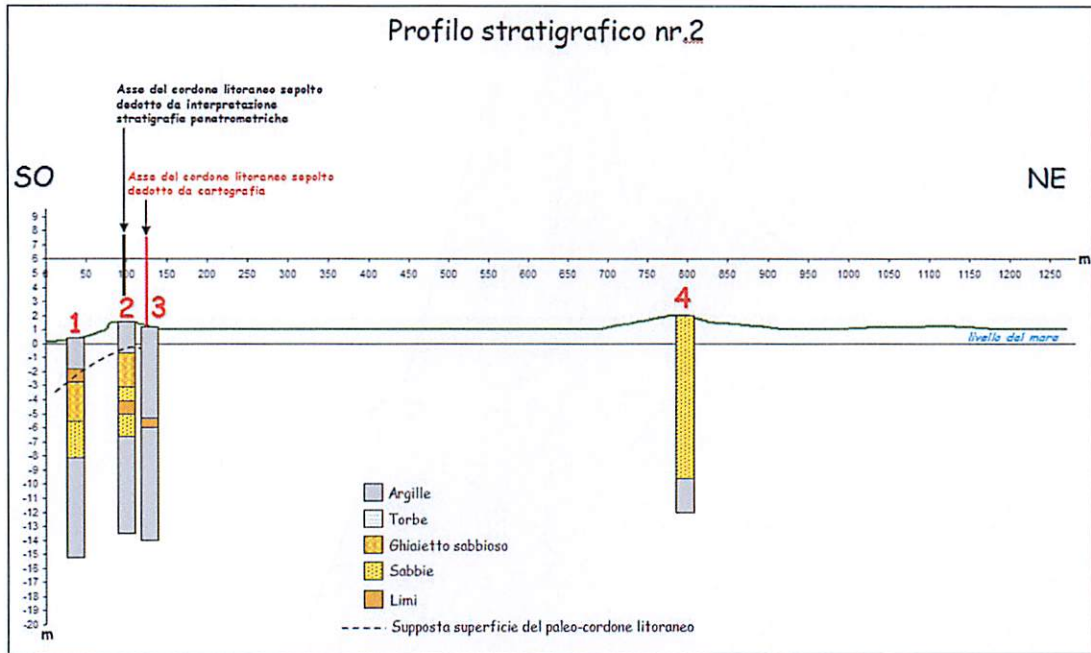


Fig. B.1.17 - Profilo nr. 2: colonne stratigrafiche ed interpretazione.

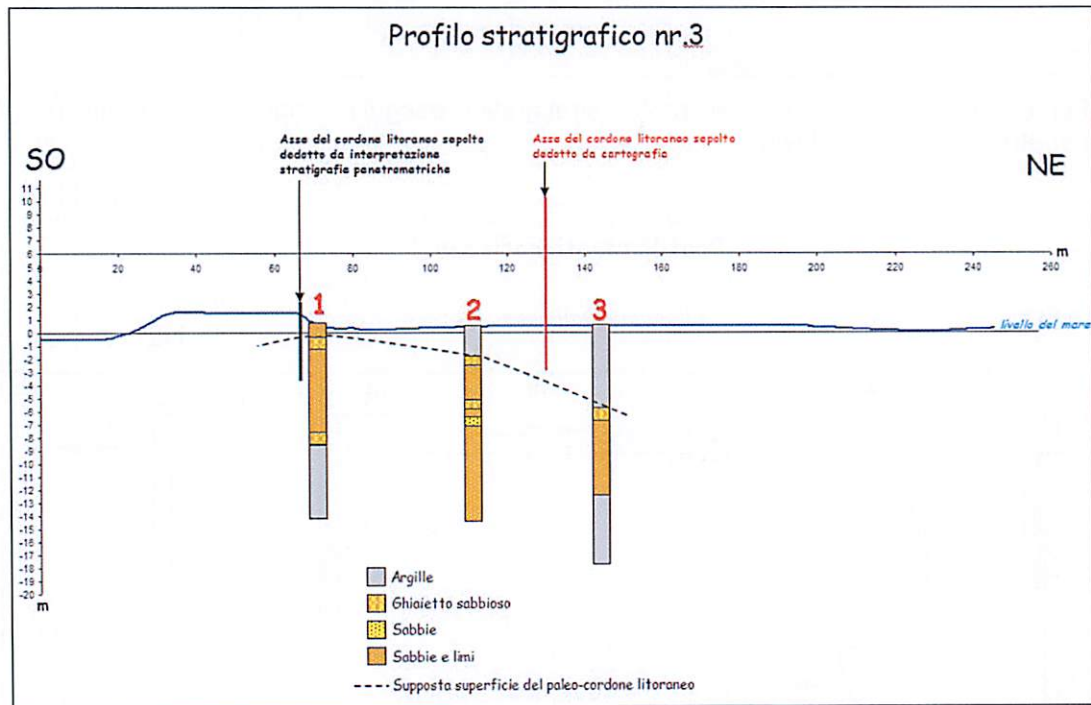


Fig. B.1.18 - Profilo nr. 3: colonne stratigrafiche ed interpretazione.

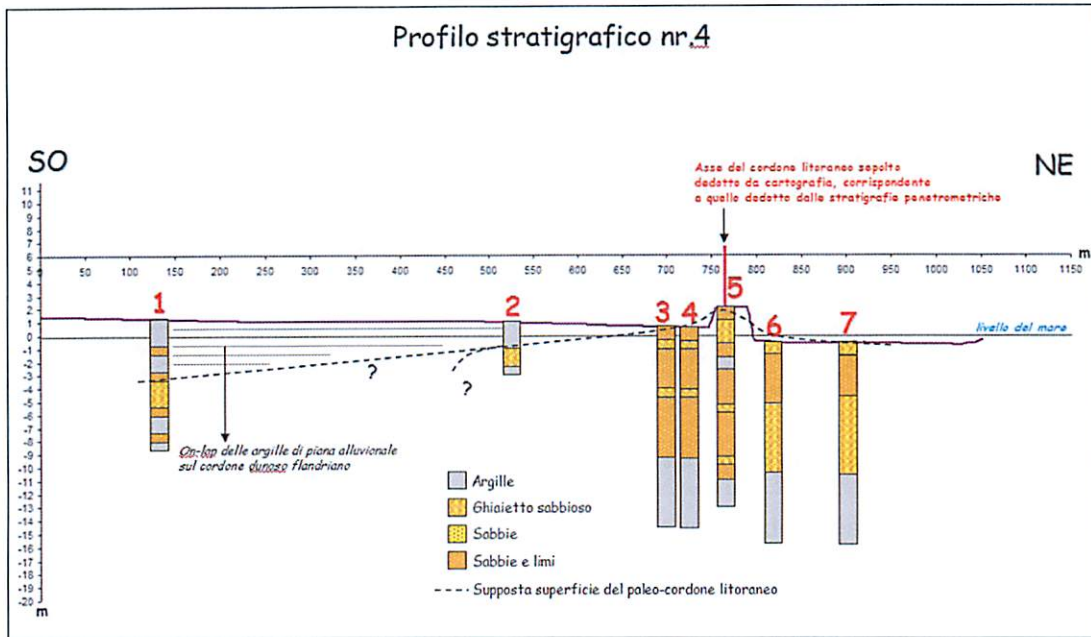


Fig. B.1.19 - Profilo nr. 4: colonne stratigrafiche ed interpretazione.

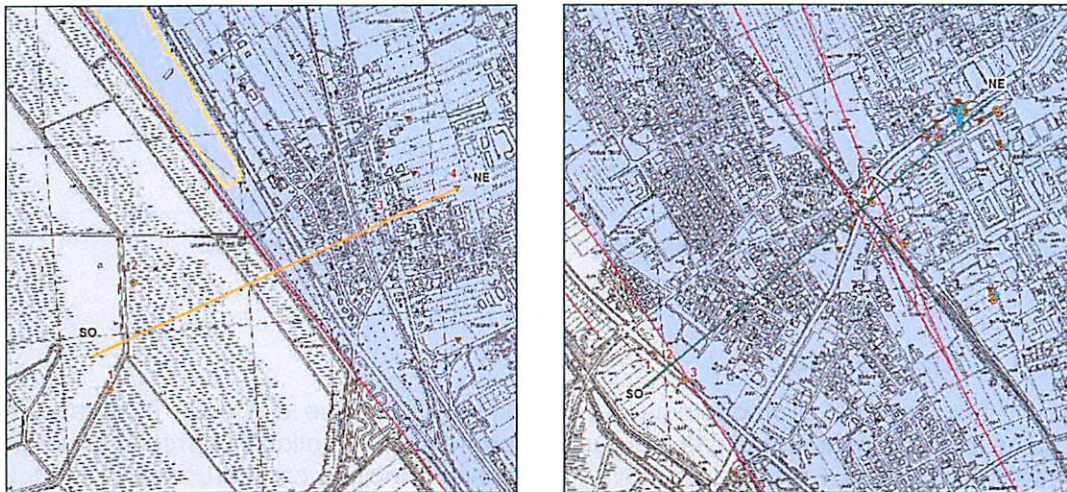


Fig. B.1.20 - Dettaglio ubicazione profilo nr. 1 e dettaglio ubicazione profilo nr. 2.

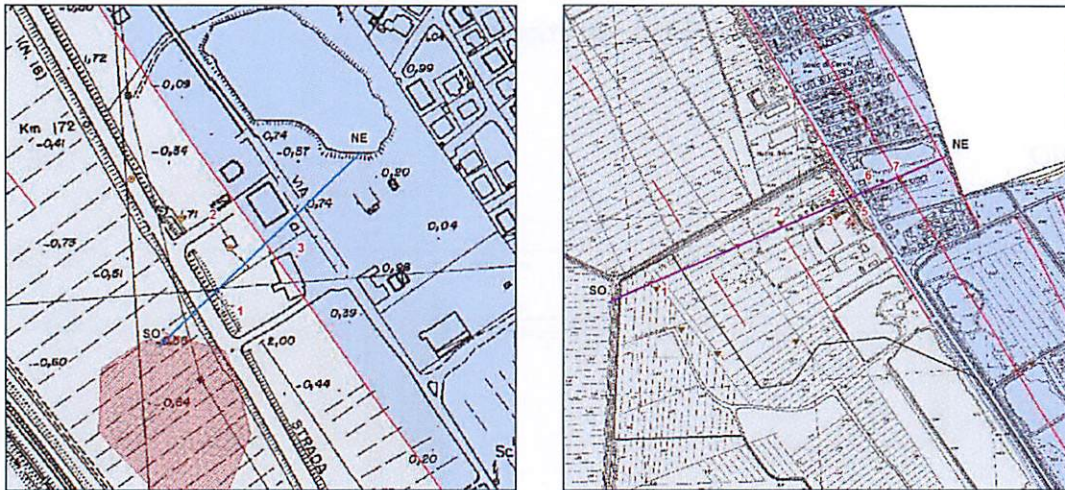


Fig. B.1.21 - Dettaglio ubicazione profilo nr. 3. e dettaglio ubicazione profilo nr. 4.

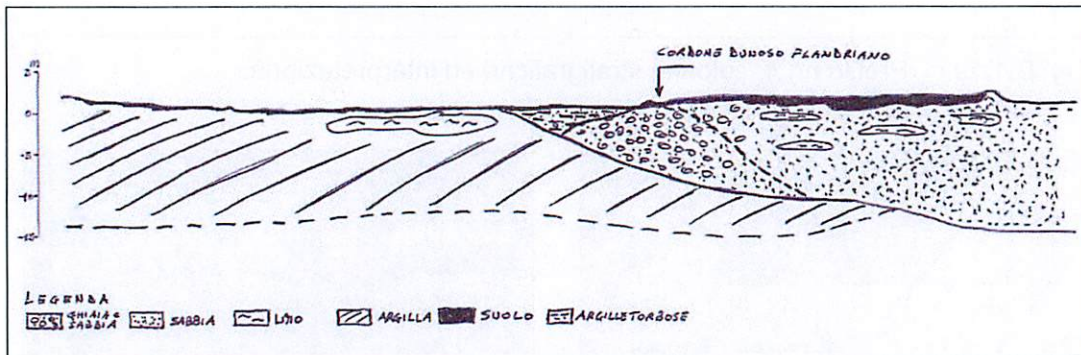


Fig. B.1.22 - Interpretazione della forma del cordone litorale flandriano.

#### B.1.4 - Morfologia

La caratterizzazione geomorfologia del territorio del Comune di Cervia è stata eseguita sulla base della documentazione bibliografica esistente, che colloca il territorio in un quadro di riferimento a scala provinciale, dove gli elementi principali caratterizzanti la morfologia, sono rappresentati dalle forme e dai depositi di ambiente litorale e di ambiente fluviale.

In particolare, per l'elaborazione della carta della "Geomorfologia" (figura B.1.25 e Tavola QC-B.2) si è fatto riferimento ai seguenti studi:

- Regione Emilia Romagna – Servizio Geologico, sismico e dei suoli;
- Provincia di Ravenna (PTCP);
- Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli (Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico).

I contenuti emersi sono stati verificati con la cartografia aerea e attraverso l'analisi delle curve di livello (equidistanza 0.5 m), ricostruite tramite l'interpolazione grafica dei punti quotati del terreno naturale.

Per l'area in esame, l'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli, in convenzione con il

Dipartimento di Scienze della Terra e Geologia Ambientale dell'Università di Bologna, ha infatti elaborato un DEM di pianura (modello digitale altimetrico del terreno); il risultato di questa ricostruzione è visibile nella figura B.1.23 che rappresenta, in modo tridimensionale, la morfologia dell'intero territorio comunale, tenendo conto anche delle quote relative ai manufatti antropici.

Nella figura è possibile visualizzare, oltre al dato morfologico, anche quello altimetrico attraverso una classificazione cromatica delle fasce altitudinali, ottenuta utilizzando fasce altimetriche di 0.5 m; alle fasce di quota più elevate sono state assegnate tonalità di rosso e marrone, alle fasce intermedie tonalità arancioni e ocra, alle fasce più basse tonalità di verde sempre più chiaro, tonalità di giallo per le fasce di pochi metri sopra il livello marino e un verde-acqua per le zone depresse con quote inferiori al livello del mare.

Dal punto di vista topografico l'area comunale presenta una morfologia prevalentemente pianeggiante, con inclinazione prevalente verso nord-est contraddistinta da bassissime pendenze che non superano mediamente l'1%; le quote variano da un massimo di 20 m s.l.m., all'estremità sud-occidentale del territorio comunale, fino a circa un metro sotto il livello marino, nelle zone costiere più depresse.

La porzione altimetricamente più elevata è quella al confine occidentale delimitato dal corso del fiume Savio, nei pressi di Cannuzzo (Ca Bolognesa), con valori che raggiungono anche i 19.0 – 20.0 m s.l.m. e che diminuiscono progressivamente spostandosi verso nord-est sino ad arrivare agli 8.0 - 9.0 m s.l.m. in corrispondenza delle località Pisignano e più a nord, Castiglione di Cervia; s'individua quindi una zona compresa tra il confine sud-occidentale (coincidente con la S.P. 33 ter FO) e l'allineamento Villa Inferno – Tanton nella quale le quote degradano progressivamente dai 5.0 – 6.0 m s.l.m. a circa 2.0 m s.l.m. evidenziando un allineamento lungo un tratto che corre parallelamente alla costa, ad una distanza di circa 5 km dalla stessa, in corrispondenza del canale di Valli Felici; allineamento riconducibile alla presenza dell'argine artificiale del Canale Allacciamento. Le porzioni topograficamente più depresse del territorio sono quelle della Salina (a NO della vecchia Cervia) e di Valle Felici (NE di Visdomina), con quote che scendono anche sotto il livello del mare. Un'altra importante (per estensione) zona depressa è quella di Stazzona, dal limite settentrionale del territorio comunale fino a Viale Gora, con limite orientale il confine della pineta e limite occidentale le aree di ex cava. E' questa la zona ove si rileva il maggior numero di cordoni dunosi legati all'ultima regressione marina olocenica, preservati proprio perché delimitati ad est e ad ovest da due alti topografici identificabili, rispettivamente, con il sistema dunosi attuale e con il paleo-cordone flandriano.

Ad est di tale zona è infine presente l'area costiera dove le quote si mantengono in genere tra 0.5 e 3 m s.l.m.

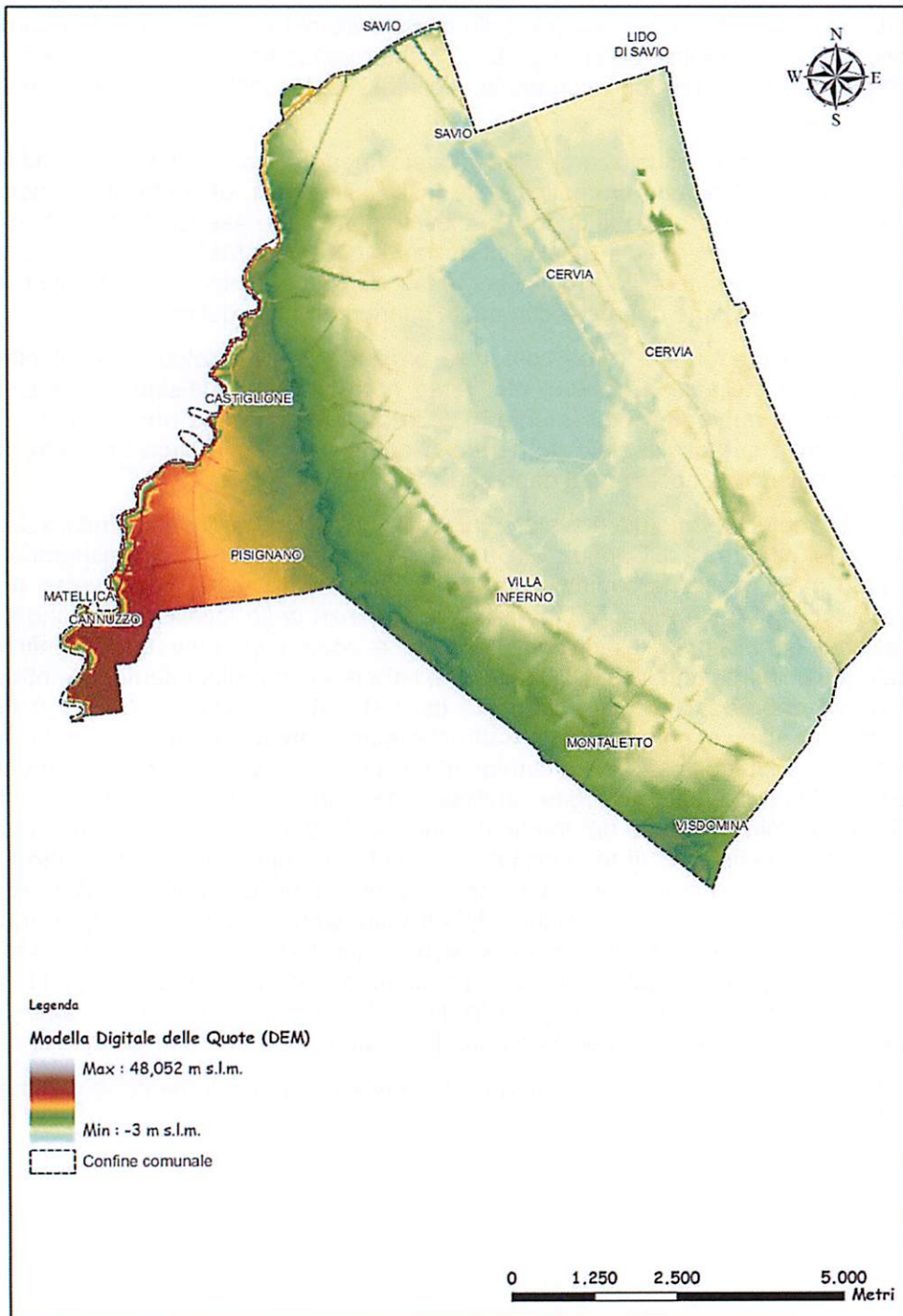


Fig. B.1.23 - Microrilievo su base topografica semplificata.

Le isolinee riportanti le quote altimetriche e le forme del paesaggio riconosciute sul territorio in esame, sono state rappresentate nella Tavola QC-B.2 "Geomorfologia", riportata in figura

B.1.25 in maniera semplificata.

Da un punto di vista deposizionale, le forme del paesaggio riconoscibili sul territorio sono riconducibili essenzialmente a due ambienti: la piana alluvionale e la piana costiera.

La piana alluvionale definisce l'ambiente deposizionale dei corsi d'acqua, in particolare del Fiume Savio, che, dopo la fine della Trasgressione Flandriana, hanno prodotto abbondanti apporti sedimentari che hanno colmato zone lagunari e vallive tipiche di ambienti di transizione, a luoghi depresse, al di sotto del livello del mare e da esso separate dal cordone litoraneo flandriano.

L'elemento maggiormente significativo dell'ambiente di piana alluvionale è attualmente rappresentato dal tracciato del fiume Savio che delimita il confine occidentale del territorio comunale; il corso d'acqua presenta un tracciato meandriforme, tipico dei tratti terminali delle aste fluviali nelle zone di bassa pianura. L'alveo si presenta rilevato rispetto alle zone circostanti ed arginato per la quasi totalità del proprio tracciato.

Gli unici eventi deposizionali sono quindi attualmente da attribuire ad eventi eccezionali di piena e tracimazione fluviale nelle aree adiacenti il corso d'acqua, con sedimentazione di materiali fini (limi o argille), più raramente di natura sabbiosa. Tracimazioni che, grazie alle opere di difesa spondale conseguenti agli eventi alluvionali principali del secolo scorso, acquisiscono un tempo di ritorno verosimilmente molto ampio e, quindi, una frequenza molto bassa.

Parallelamente, la deposizione ordinaria di sedimento fine all'interno dell'alveo attuale delimitato da argini, determina un lento, ma costante innalzamento verticale del letto fluviale, pensile rispetto alla pianura adiacente nel tratto che va dalla foce a Cannuzzo.

Accanto alla presenza del corso d'acqua si riconosce inoltre la presenza di forme lineari rilevate, dette "dossi e paleodossi", corrispondenti ad alvei antichi od attuali, di forma generalmente allungata e sinuosa, poco rilevanti e dolcemente raccordanti alle superfici adiacenti.

Con particolare riferimento alla cartografia prodotta, i dossi fluviali di maggiori dimensioni si riconoscono in quello recente del Fiume Savio, che separa l'alveo attuale dalla piana alluvionale circostante per una larghezza media di circa 800-900 m, e nel paleodosso che da Castiglione si protende verso l'area della Salina da cui risulta interrotto. La presenza di questo paleodosso induce a ipotizzare l'esistenza di un canale emissario del Savio che andava a riversare le sue acque nella depressione topografica risultante dalla presenza della struttura tettonica positiva di Montaletto, a sud-ovest, e il cordone litorale flandriano a nord-est. Un altro paleodosso potrebbe essere ipotizzabile lungo il corso dell'attuale Canale Allacciamento (canale "naturale", secondo la definizione del Consorzio di Bonifica Romagnolo), localizzato più a sud, ma l'arginatura artificiale non permette un'attribuzione morfogenetica certa di tipo puramente fluviale alla morfologia attuale. E' comunque verosimile che il "paleodosso" Allacciamento sia stato rettificato ed arginato sfruttando la naturale paleomorfologia fluviale.

Altre forme fluviali sono i due meandri abbandonati del Savio, lungo il confine settentrionale, derivanti dalla rettificazione artificiale (drizzagni) del corso del fiume in epoca storica. Rettificazione conseguente alle frequenti tracimazioni del Savio che arrivavano ad interessare l'intera area della Salina. Fiume Savio che, per secoli, non è stato mai veramente regolamentato dal punto di vista idraulico, come peraltro l'intero sistema idraulico comunale, proprio per preservare un ambiente idrografico che favorisse la presenza della Salina stessa (Fabri, 1988).

Il passaggio dal settore di piana alluvionale a quello di piana costiera avviene attraverso una serie di cordoni sabbiosi e dune allungati parallelamente alla linea di riva ben sviluppati in passato, ma che attualmente sono ridotti a sporadici affioramenti a causa principalmente dello sviluppo infrastrutturale ed insediativo.

Traccia di una di tali dune relitte è ancora riconoscibile nella fascia parallela all'attuale linea di costa compresa tra il paleo-cordone flandrino e il limite occidentale dell'attuale sistema dunoso. Fascia che si restringe progressivamente da nord a sud, assumendo ampiezza massima nella zona de La Stazzona, ove sono riconoscibili diversi cordoni dunosi sub-paralleli.

Il restringimento della fascia dunosa verso sud rispecchia la marcata differenza di assetto topografico tra il settore costiero a nord di Cervia (settore ravennate-ferrarese) e quello a sud (settore riminese) (figura B1.24). Il primo è caratterizzato da un'ampia pianura a bassa pendenza; l'altro da una pianura confinata a sud-ovest dalla catena appenninica e fortemente inclinata verso NE verso mare. Nel settore ravennate-ferrarese, le trasgressioni marine hanno generato estesi depositi di piana costiera e barriera litoranea, mentre le regressioni marine hanno permesso alle fronti deltizie ed ai cordoni litorali di avere ampio sviluppo verso mare.

Di contro, nel settore riminese, la linea di riva ha continuato sempre ad oscillare nelle adiacenze della posizione attuale e il sollevamento strutturale della pianura del margine appenninico ha impedito il suo seppellimento determinando la formazione per erosione marina della scarpata/falesia attualmente osservabile tra Cattolica e Bellaria (Calabrese et al., 2010).

I depositi costieri pre-romani sono quelli più arretrati in direzione occidentale, e arrivano a lambire il cordone ghiaioso-sabbioso flandrino. I cordoni dunosi di sabbia e i depositi di ghiaia dettero luogo ad un ambiente che fu piuttosto stabile, creando le condizioni favorevoli all'insediamento umano nelle limitrofe zone emerse; tracce di un popolamento costiero di epoca preistorica sono state rinvenute nella Valle Felici a Sud della salina di Cervia (fondi di capanne dell'età del Bronzo).

Dall'esame di figura B.1.24 è possibile riconoscere come i depositi costieri del cervese post-romani siano databili dal VI secolo d.C. ad oggi, con due lacune relative ai periodi X-XVI secolo e XVII-XVIII secolo, probabilmente conseguenti a periodi erosivi *wave-dominated*.



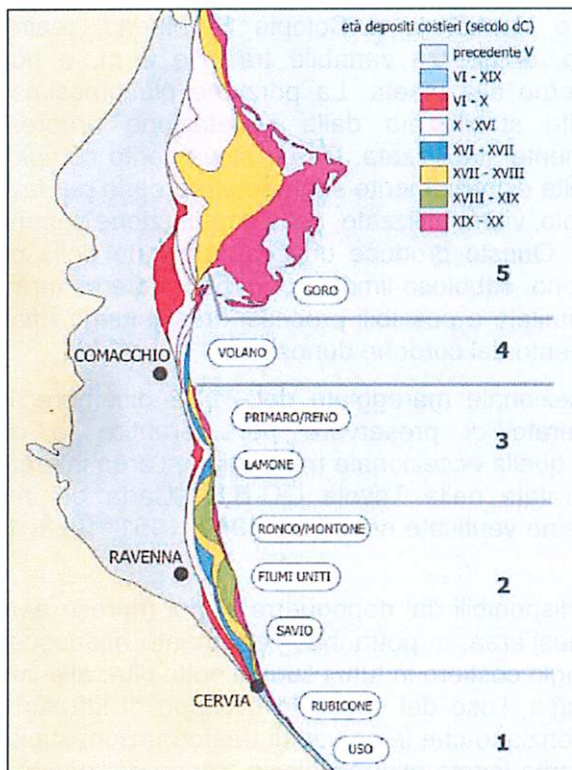


Fig. B.1.24 - Distribuzione ed età dei depositi costieri post-romani e settori (5) in cui si differenzia il litorale emiliano-romagnolo; sono indicate le foci principali. Da: Calabrese et al., 2010.

Dietro i cordoni dunosi litoranei, elevati di qualche metro sul livello del mare, le difficoltà di scolo delle acque originarono ampie zone acquitrinose, con prevalenza di acque dolci e salmastre a seconda della collocazione rispetto alla costa e ai mutevoli corsi di fiumi e torrenti. Il paesaggio delle valli litoranee si sviluppò, quindi, nelle forme che oggi possiamo riconoscere in alcune zone superstiti (la Salina, in uso probabilmente fin dal periodo etrusco).

Oltre la zona di transizione si sviluppa il dominio della piana costiera contraddistinta da una deposizione e da un'evoluzione recenti; qui la morfologia è costituita da un sistema dunoso (suddivisibile a sua volta in dune stabilizzate, semi-stabilizzate ed in evoluzione, classificate in base al loro grado di maturità) e dalla spiaggia emersa che assieme alla spiaggia sommersa costituisce il sistema costiero.

Questo insieme di elementi presenta un'alta dinamicità legata al continuo variare del delicato e precario equilibrio fra l'apporto di sedimento da parte dei fiumi, l'energia del moto ondoso e delle correnti marine, l'abbassamento del suolo e il sollevamento del livello marino.

Da segnalare, per il particolare interesse morfologico, è lo stato di conservazione del cordone dunoso più recente che rimane parzialmente preservato per tutto il tratto di costa congiungente il limite comunale sud-orientale e il confine Pinarella-Cervia (Viale Milazzo). La cartografia geomorfologica della costa a scala 1:5.000 della Regione Emilia-Romagna ne identifica solo una piccola parte in prossimità di Viale Milazzo, mentre non cartografa la

restante porzione compresa tra il tratto identificato e Colonia S. Marino, realmente esistente. Il cordone è a luoghi doppio, di altezza variabile tra 1 e 2 m, a ridosso dell'ingresso agli impianti balneari e interno alla pineta. La porzione più prossima agli stabilimenti balneari risulta parzialmente stabilizzata dalla vegetazione arborea ed arbustiva; quella più interna e completamente stabilizzata. Da un rilevamento compiuto in occasione di questo studio, il cordone risulta estremamente segmentato proprio per favorire l'accesso agli stabilimenti balneari. Non solo, viene utilizzato, nella sua porzione sommitale, come pista ciclabile per mountain-bikes. Questo produce una esportazione della cotica erbosa ed una compattazione del terreno sabbioso-limoso che può determinare una impermeabilizzazione della porzione sommitale e possibili processi erosivi lungo i fianchi, portando, al limite, all'ulteriore smembramento del cordone dunoso.

Cordone dunoso che, in seguito all'eccezionale mareggiata del 21-22 dicembre 1979, l'Amministrazione Comunale ha deliberato di preservare per garantire la difesa dall'ingressione marina. Nell'occasione di quella eccezionale mareggiata, l'area interessata dall'ingressione marina è quella cartografata nella Tavola QC-B.8, "Carta del rischio idraulico". Altre mareggiate importanti si sono verificate negli anni 1949, 1951, 1963, 1977, 1978 e 1982.

Se si analizzano le numerose immagini disponibili dal dopoguerra in poi (riprese aeree e immagini da satellite) relativamente a quest'area, si potranno certamente riconoscere le profonde trasformazioni subite dal paesaggio costiero in tutti i suoi aspetti: oltre alla linea di riva anche la trasformazione della spiaggia, l'uso del suolo, lo sviluppo di infrastrutture antropiche ecc. Queste osservazioni evidenziano che le principali trasformazioni subite dal territorio negli ultimi decenni sono fortemente legate alla massiccia azione dell'uomo; gran parte della costa fino agli anni '40 era caratterizzata da spiagge non toccate da infrastrutture urbane, da fasce relativamente ampie di retrospiaggia in situazioni naturali e da un uso agricolo della piana costiera. Negli ultimi 50 - 60 anni, in un processo comune che ha visto interessare gli oltre 110 Km di spiaggia tra Cattolica ed la foce del Po di Volano, si è assistito ad una crescente valorizzazione economica di questo tratto di territorio che se da un lato ha portato all'affermazione di un'industria turistico-balneare di livello mondiale, ha determinando tuttavia dall'altro una completa alterazione della morfologia e della dinamica costiera: processi erosivi sempre più diffusi, ingressioni marine sempre più accentuate e frequenti, progressivo degrado della qualità dell'acqua marina, sono le manifestazioni più tangibili della crisi di questo sistema ambientale. A partire dagli anni '60 poi, si è assistito ad una estesa urbanizzazione della piana costiera fin sulla spiaggia, con la conseguente riduzione della naturalità dei retrospiaggia e distruzione della duna costiera.

Proprio per far fronte al continuo degradarsi del territorio costiero, definendo una politica di difesa e di programmazione di tale territorio che avesse un presupposto fondamentale di salvaguardia dei suoi valori naturali ed ambientali, la Regione Emilia Romagna, si è dotata di uno specifico Piano Coste predisposto dall'IDROSER e volto principalmente alla tutela di tale ambiente, attraverso la regolamentazione normativa, vincolistica e strategica degli interventi riconosciuti cause principali dei fenomeni erosivi. (Per una trattazione più approfondita degli aspetti legati alle dinamiche di erosione costiera si rimanda al successivo cap. B.1.8.2).

Un recente studio dell'impatto delle mareggiate sulla morfologia costiera (Ciavola et al., 2008) ha eseguito una previsione statistico-modellistica che tiene in conto le forzanti meteomarine e le caratteristiche topografiche e morfologiche di dettaglio delle spiagge e dei cordoni dunosi. Nello studio si considerano le peggiori condizioni possibili: massima

quota di risalita del livello del medio mare (sopralzo) per effetto dell'occorrenza simultanea dei fenomeni di acqua alta (*storm surge*), marea eccezionale e *run-up*. Per il tratto di costa che comprende anche il litorale cervese, il modello previsionale ha trovato dei profili in sostanziale sicurezza, sia in presenza di duna, sia senza duna, anche con tempo di ritorno dell'evento pari a 10 anni. Per un discreto numero di profili il modello prevede, anche per l'evento con periodo di ritorno di 100 anni, l'erosione frontale della duna, ma non il suo scavalco o la sua rimozione. Ciò testimonia che laddove le dune mantengono una quota elevata rispetto al medio mare ed una notevole estensione laterale, si verificano solo condizioni di danneggiamento delle dune stesse, le quali si dimostrano ancora in grado di fungere da protezione per le aree retrostanti.

Rimangono, in ogni caso, alcuni tratti della costa cervese ove il potenziale erosivo è relativamente più alto. Il primo è il tratto a sud di Lido di Savio, per la presenza delle barriere artificiali presenti a nord del confine comunale; potenziale erosivo tendenzialmente basso in seguito al posizionamento di opere di difesa soffolte al largo della costa di Milano Marittima. Il secondo tratto è quello in prossimità del limite sud-orientale del territorio comunale, peraltro molto limitato in lunghezza; il potenziale erosivo deriva dalla presenza del vicino Porto Canale di Cesenatico che limita il trasporto lungo costa dei sedimenti.

Sempre con riferimento alla carta "Geomorfologica", sono infine state individuate le aree morfologicamente depresse a deflusso idrico difficoltoso e le aree contraddistinte da quote al di sotto del livello del mare; in entrambi i casi si tratta di aree riconoscibili per le minori quote possedute rispetto alle aree circostanti ed in particolare, le prime sono contraddistinte da morfologia chiusa a catino, mentre le seconde da quote altimetriche ribassate rispetto al livello del mare. Esse rappresentano le aree di maggior rischio idraulico, non solo in caso di esondazione, ma anche nel caso di eventi pluviometrici di eccezionale durata e/o intensità, che possono mettere in crisi la rete scolante o produrre ristagni di acqua, specialmente laddove siano favoriti anche dalla scarsa permeabilità della litologia di superficie; all'interno di tali aree infatti, l'acqua tenderebbe a ristagnare, se non allontanata dai canali di bonifica.

Oltre a parte dell'area della salina di Cervia, le aree morfologicamente depresse si concentrano principalmente nella zona settentrionale del territorio comunale.

Le aree con quote inferiori al livello del mare o di poco superiori allo stesso, contraddistinguono invece in maniera diffusa tutta la fascia retrostante l'antica linea di costa caratterizzata dalla presenza delle dune, di cui oggi si rinvengono forme relitte; si tratta di aree storicamente occupate dalle valli e paludi nelle quali si concentravano in passato le saline.

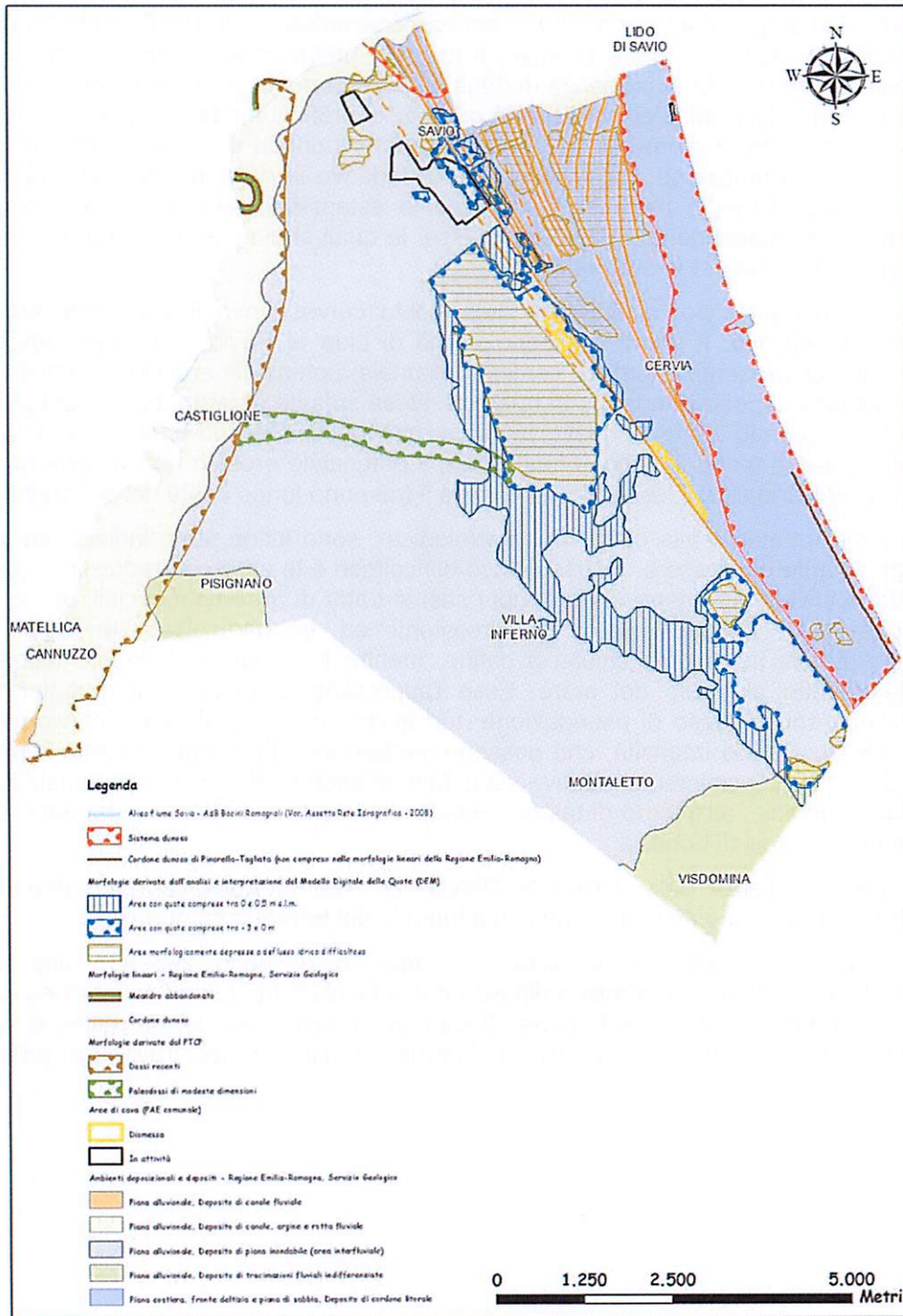


Fig. B.1.25 - Carta geomorfologica su base topografica semplificata.

### B.1.5 - Il fenomeno della subsidenza

Per la stesura del seguente paragrafo, data la complessità del tema e la necessità di dati a più vasta scala, peraltro rilevabili solamente con misure protratte nel tempo e con sistemi sofisticati, si è fatto ampio riferimento a quanto reperito in bibliografia ed a quanto pubblicato e disponibile in rete (web) sull'argomento.

In questa sede ci si è limitati ad eseguire alcune considerazioni sui dati esistenti del fenomeno "subsidenza" messi a disposizione dal sito web della Regione Emilia Romagna (<http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/subsidenza>), dell'ARPA Dipartimento d'Ingegneria Ambientale e dell'Autorità dei bacini Regionali Romagnoli.

In realtà, essendo un fenomeno che interessa l'intero territorio regionale, la stessa Regione Emilia Romagna ha avviato un progetto teso a studiare il fenomeno, a monitorarne l'evoluzione e definire le possibili azioni d'intervento.

Il fenomeno della subsidenza indica il progressivo abbassamento del terreno dovuto a cause naturali ed artificiali; il fenomeno di subsidenza naturale è caratterizzato sia dal costipamento provocato dal peso dei carichi sovrastanti sui sedimenti incoerenti (limo, argilla e torba), che dal movimento del substrato roccioso.

L'area costiera emiliano-romagnola è geologicamente caratterizzata da una successione di strati alluvionali del periodo Quaternario che raggiunge nel ravennate alcuni chilometri di spessore; la lenta compattazione di questi strati alluvionali, sommata al movimento di abbassamento della base quaternaria è causa della subsidenza naturale dell'area. L'area costiera di Cervia risulta interessata da una subsidenza naturale dell'ordine di 1 mm/anno (figura B.1.26).



Fig. B.1.26 - Subsidenza naturale lungo la costa emiliano-romagnola.

Il fenomeno di subsidenza artificiale è imputabile invece all'azione dell'uomo, principalmente in relazione all'estrazione di acqua dal sottosuolo, in particolare l'acqua

dalle falde presenti nelle prime centinaia di metri e, anche se in maniera meno diffusa, allo sfruttamento dei livelli contenenti metano da pozzi profondi alcune migliaia di metri, alla bonifica di valli e di terreni paludosi, all'alterazione, spesso dovuta ad inquinamento, delle caratteristiche chimiche delle acque sotterranee.

Con particolare riferimento all'area della costa emiliano-romagnola questa molteplicità di cause agiscono anche simultaneamente:

- l'estrazione di gas in pozzo nell'area ravennate (a terra e *offshore*), favorendo la perdita di volume del sedimento nel sottosuolo e quindi generando abbassamento della superficie topografica;
- la forte concentrazione di pozzi (specie nell'area riminese e cesenate), che riflette i massicci prelievi di acqua dal sottosuolo, determinando un impoverimento delle falde che favorisce la compattazione del sedimento;
- la riduzione della sabbia trasportata dai fiumi emiliano romagnoli che non consente più alle foci di accrescere, impedendo l'adeguata compensazione dell'abbassamento del suolo con l'apporto di nuovo materiale);
- la compattazione naturale che segue la sedimentazione naturale, generando abbassamento del suolo, accentuata dalla bonifica dei terreni superficiali.

In relazione al tipo di causa principale che genera l'abbassamento del terreno, la costa emiliano-romagnola è suddivisibile in 3 zone costiere (figura B.1.27): il settore settentrionale, corrispondente al delta padano, dove la subsidenza è pressoché naturale ed è accentuata dalle bonifiche; il settore ravennate, dove gli abbassamenti sono attribuibili alle estrazioni di gas dal sottosuolo; il settore meridionale, dove la subsidenza è l'effetto dell'elevata densità di pozzi per il prelievo idrico.

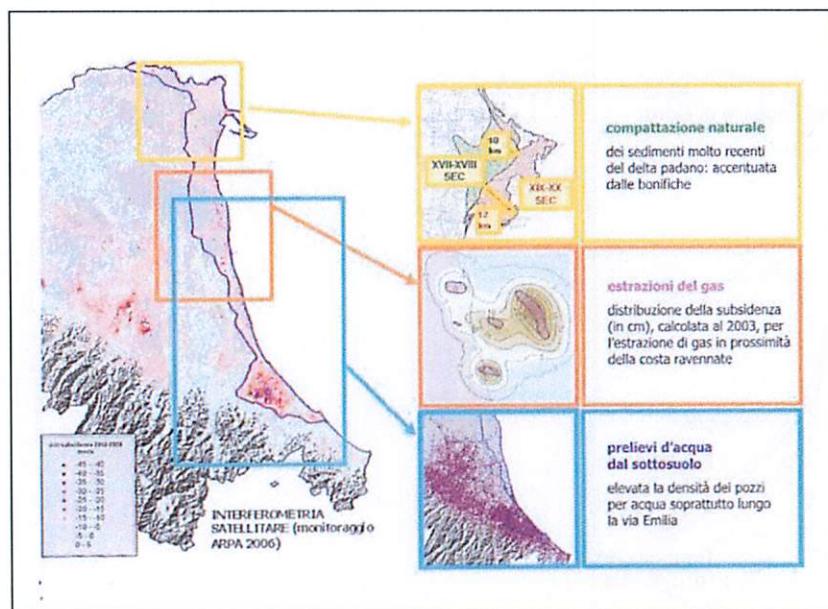


Fig. B.1.27 - Tassi di subsidenza nella pianura emiliano-romagnola.

Nel territorio cervese, il fenomeno della subsidenza può essere imputato a cause miste, legate sia all'estrazione di gas dal sottosuolo che agli ingenti prelievi di acque sotterranee; in particolare, a partire dagli anni '50, in conseguenza ad un intenso sviluppo industriale, si

sono iniziati a segnare valori significativi di subsidenza, legati proprio allo sfruttamento di giacimenti gassosi e all'emungimento di acqua dagli acquiferi più profondi. Sono stati riscontrati abbassamenti del suolo fino ad 1 metro.

Per far fronte al fenomeno della subsidenza antropica, la Regione Emilia-Romagna, a partire dagli anni '80, ha imposto severe norme per lo sfruttamento di acque dal sottosuolo ed ha anche realizzato progetti per contenere questo fenomeno, quali l'alimentazione di falde con acque superficiali e la ripressurizzazione di giacimenti metaniferi prelevando acqua marina da falde di spiaggia (progetto sperimentale Angela-Angelina); è noto infatti che oltre ad un complessivo peggioramento delle condizioni di deflusso nel reticolo idrografico, con notevolmente aumento del rischio di allagamenti, una delle conseguenze principali della subsidenza nelle aree costiere è l'arretramento della linea di costa.

Gli accorgimenti imposti hanno rallentato l'abbassamento del suolo, portando il tasso a circa 1cm/anno durante il periodo 1987-1999.

Come detto la subsidenza antropica è oggetto di monitoraggio in Emilia Romagna da oltre 50 anni ad opera di Enti diversi che hanno istituito e misurato, in epoche diverse, reti di livellazione in ambiti locali più o meno limitati. Tali iniziative, osservate in un contesto regionale, rivelano sovrapposizioni, disomogeneità e lacune tali da rendere estremamente difficoltosa la definizione di un quadro organico del fenomeno.

Al fine di superare tali difficoltà ARPA, su incarico della Regione e in collaborazione con il DISTART dell'Università di Bologna, ha progettato ed istituito nel 1997-1998 una Rete Regionale di Monitoraggio della Subsidenza costituita, in particolare, da una rete di livellazione geometrica di alta precisione con oltre 2.300 capisaldi e una rete di circa 60 punti GPS. Entrambe le reti sono state progettate a partire dal vasto patrimonio di capisaldi esistenti in un'ottica di ottimizzazione e valorizzazione delle precedenti esperienze selezionate ed integrate in funzione di un progetto a scala regionale. La rete, nel suo complesso, è stata misurata per la prima volta nel 1999.

Già in questa fase di primo rilievo della rete si è cercato di pervenire ad una quantificazione del fenomeno della subsidenza attraverso il confronto fra le quote rilevate nel 1999 e le quote storiche, laddove presenti, opportunamente omogeneizzate. È stato così possibile realizzare la prima carta a isolinee di velocità di abbassamento del suolo relativa al periodo 1970/93-1999, che costituisce il primo tentativo di restituire un quadro complessivo dei movimenti verticali del suolo sull'intera area di pianura della regione, già nella fase di rilievo "zero" della Rete. I risultati sono stati evidenziati attraverso profili di abbassamento costruiti lungo direttrici principali, diagrammi quota-tempo di capisaldi rappresentativi ed una carta a curve di uguale velocità di abbassamento a livello regionale. Si tratta, tuttavia, di risultati parziali, non essendo ancora possibile realizzare un confronto a tappeto sull'intera rete, bensì solo su circa il 50% dei capisaldi, distribuiti neppure uniformemente.

Nel 2002, su incarico della Regione, è stato ripetuto il rilievo della sola rete GPS, aggiornando così le conoscenze sui movimenti del suolo nel periodo 1999-2002 relativamente ai punti della rete stessa.

Nel 2005-07 ARPA, su incarico della Regione, ha realizzato l'aggiornamento delle conoscenze geometriche relative al fenomeno della subsidenza, tramite l'interazione di due tecniche:

- la livellazione geometrica di alta precisione di un sottoinsieme della rete regionale (circa il 50% delle linee di livellazione);
- l'analisi interferometrica di dati radar satellitari con tecnica PSInSARTM estesa all'intero territorio di pianura della regione, circa 11.000 km<sup>2</sup>.

La prima tecnica ha come scopo principale quello di prestare un supporto topografico alla seconda tecnica, di tipo satellitare, la quale evidenzia le velocità di movimento verticale del suolo con un grado di discretizzazione molto superiore rispetto alle livellazioni (oltre 100.000 punti).

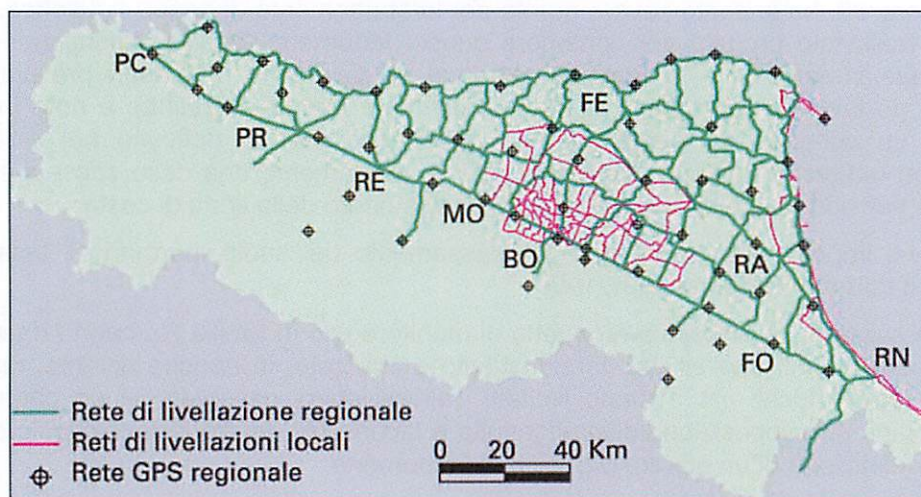


Fig. B.1.28 - Reti di livellazione regionali (Fonte: Dati ARPA Ingegneria Ambientale, Bologna)

La rete del 2005 interessa la Provincia di Ravenna con una direttrice significativa, ovvero quella che interpola le linee di livellazione situate immediatamente a ridosso del litorale, da Cattolica alla Foce del Po di Goro (profilo 1 – figura B.1.29); le osservazione dei movimenti verticali del suolo sono state condotte lungo le linee di livellazione situate immediatamente a ridosso del litorale.

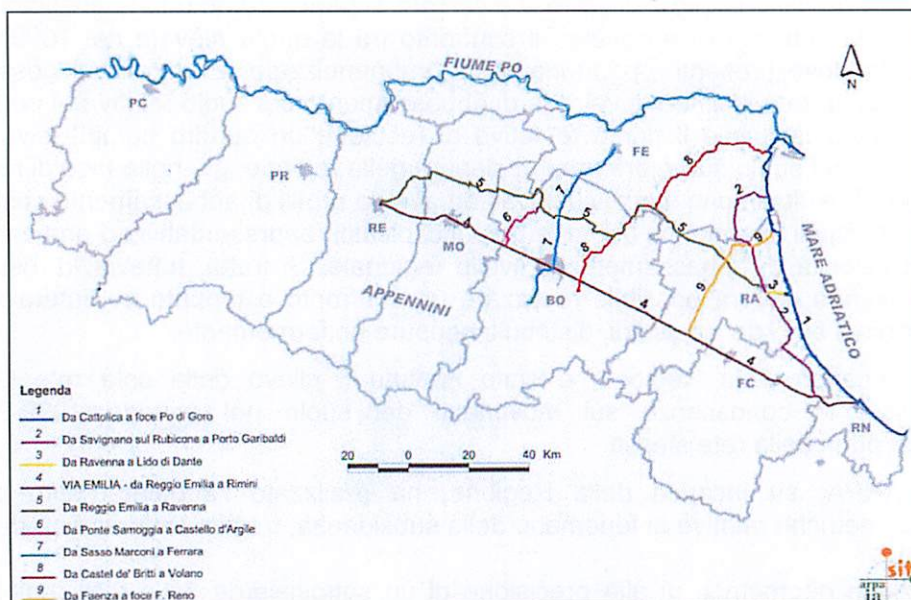


Fig. B.1.29 - Quadro d'unione dei profili di abbassamento (Fonte: Dati ARPA Ingegneria Ambientale, Bologna).



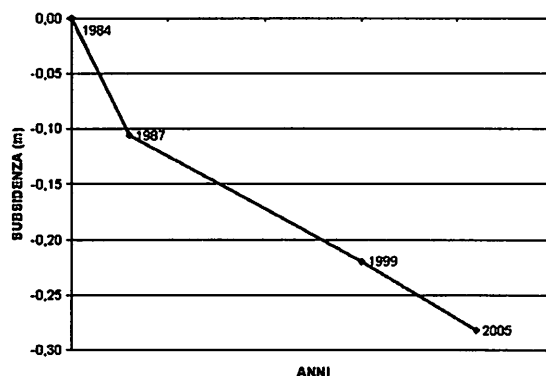
Nella tabella seguente si riportano, per i due capisaldi ricadente nel territorio cervese, le velocità di abbassamento nell'ultimo periodo (1999-2005) confrontate con le velocità riscontrate nel periodo precedente (1987-1999); si riporta inoltre l'abbassamento totale registrato nel periodo 1984-2005.

ID Caposaldo	Abbassamento nel periodo 1984-2005 (cm)	Velocità di Abbassamento nel periodo 1987-1999 (mm/anno)	Velocità di Abbassamento nel periodo 1999-2005 (mm/anno)	LOCALITA'
123410	33	10	9	Cesenatico
123590	22	6	8	Pinarella di Cervia
111011	28	9	10	Milano Marittima

Tab. B.1.1 - Confronto tra le velocità di abbassamento nel periodo 1987-1999 e le velocità di abbassamento nel periodo 1999-2005.

Se da un lato, nella zona meridionale di Pinarella di Cervia, si evidenzia una sostanziale continuità rispetto al periodo precedente, da Cervia sino a Lido di Classe gli abbassamenti si attestano mediamente intorno a 10 mm/anno (con qualche punta di 13 mm a Milano Marittima). Rispetto al periodo precedente si rileva qui una ripresa del fenomeno con incrementi di qualche mm all'anno.

Di seguito si riporta il diagramma di abbassamento relativo al periodo 1984 – 2005 per il caposaldo di Milano Marittima.



Tab. B.1.2 - Diagramma di abbassamento del caposaldo 111011, Milano Marittima (Fonte: Dati ARPA Ingegneria Ambientale, Bologna).

In 21 anni si è avuto un abbassamento di quasi 30 cm, dati più estesi rilevano che complessivamente a Cervia, dal 1950 al 1996, si è registrato un abbassamento

complessivo di circa 65 cm.

Con il lavoro di rilevamento svolto nel periodo 2005-2007, sulla base della disponibilità dei dati satellitari, sono state realizzate due diverse cartografie a curve isocinetiche: la prima, relativa al periodo 1992-2000, fa riferimento all'elaborazione dei dati provenienti da due satelliti dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) ERS1 e ERS2 e si basa sulle velocità di movimento relative a circa 160.000 punti (figura B.1.30). La seconda riguarda il periodo più recente 2002-2006, fa riferimento all'elaborazione dei dati provenienti dal satellite ENVISAT (ESA) e RADARSAT (Agenzia Spaziale Canadese) e si basa sulle velocità di movimento relative a circa 140.000 punti (figura B.1.31). L'utilizzo del metodo satellitare ha permesso di acquisire un'informazione molto più diffusa e capillare rispetto al rilievo terrestre: un numero di punti di ben due ordini di grandezza superiore al numero dei capisaldi di livellazione sui quali poteva contare la precedente cartografia.

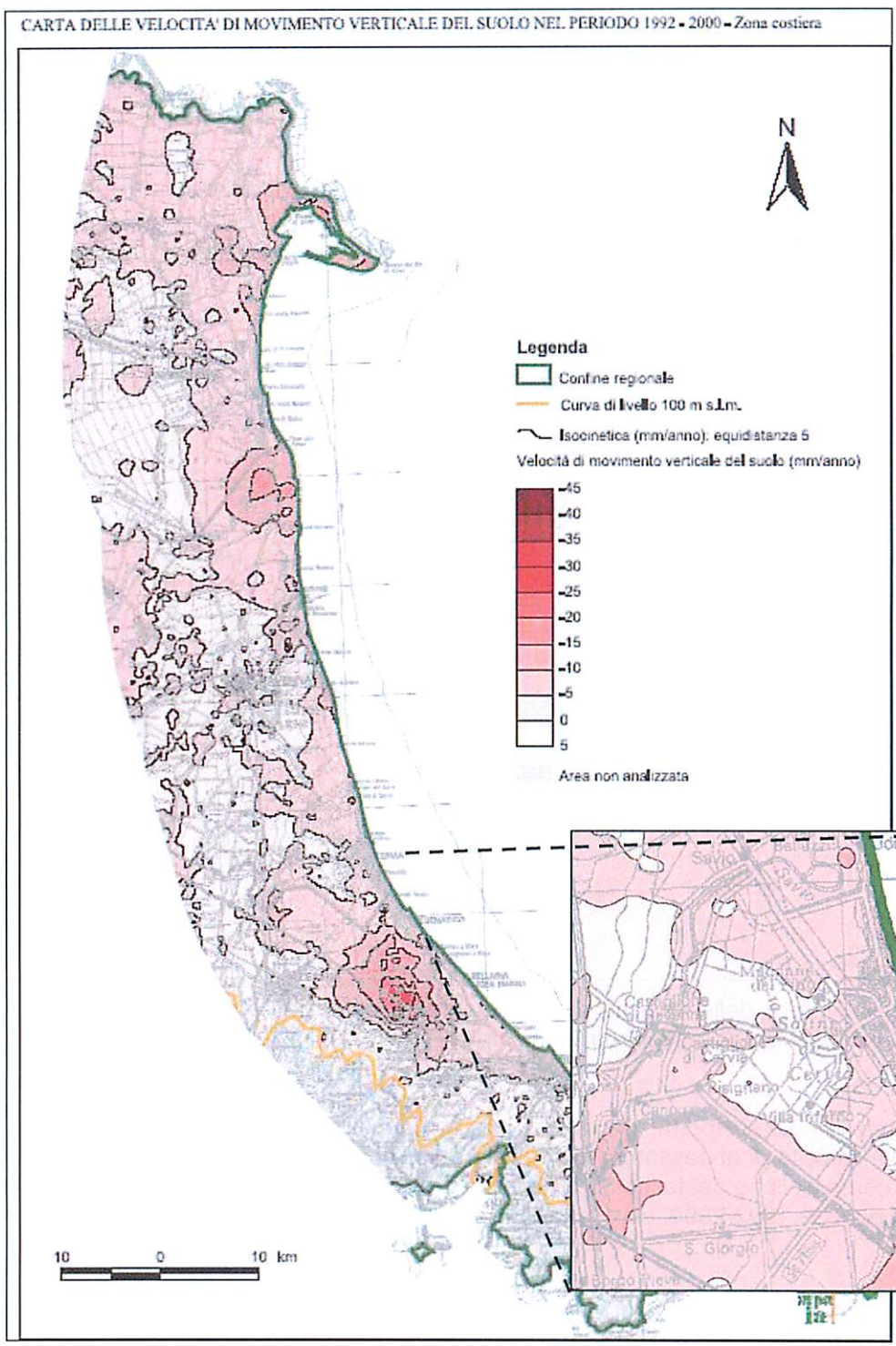


Fig. B.1.30 - Carta delle velocità di abbassamento verticale del suolo - periodo 1992-2000 (Fonte: Dati ARPA Ingegneria Ambientale, Bologna).

Dai dati sulla velocità di movimento verticale del suolo nella fascia costiera rilevati nel periodo tra il 1992 e il 2000, si riscontra un abbassamento tra i 5-10mm/anno per gran parte del territorio comunale di Cervia; questo tasso di abbassamento comprende le zone costiere, settentrionali, meridionali e occidentali. Solo per le zone interne del comune si misurano abbassamenti dell'ordine dei 0-5mm/anno.

Lo stesso lavoro eseguito durante gli anni 2002-2006 ha evidenziato un aumento della subsidenza nel territorio, con una espansione delle aree con un tasso di velocità di abbassamento di 5-10mm/anno anche nella zona dell'entroterra.

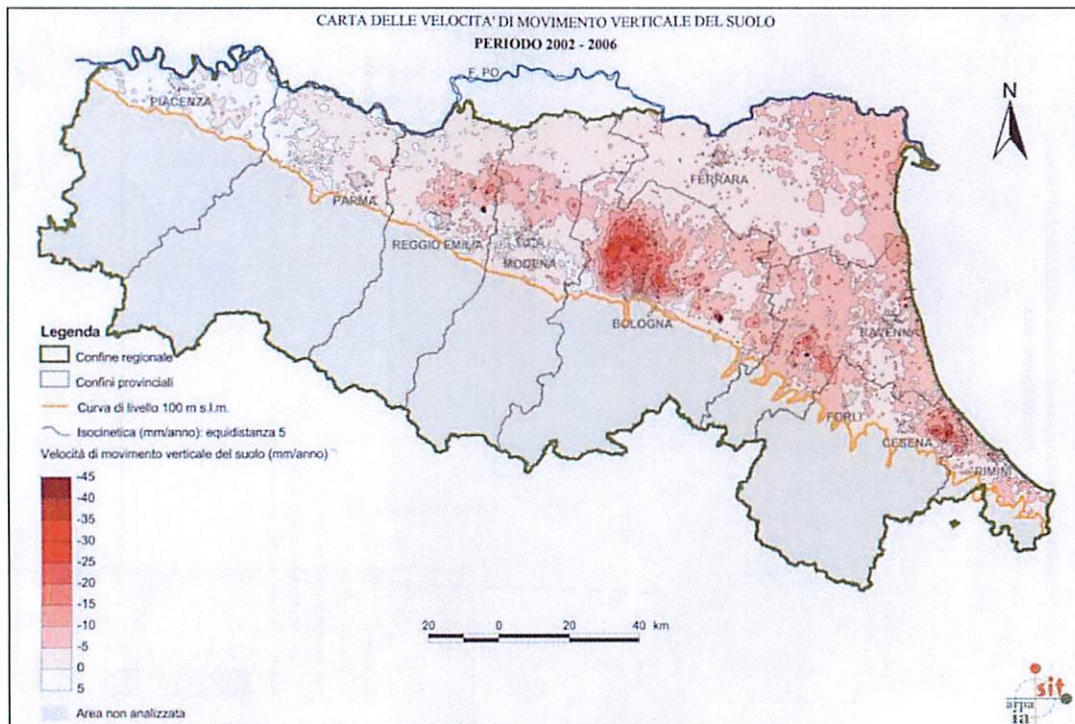


Fig. B.1.31 - Carta delle velocità di abbassamento verticale del suolo - periodo 2002 - 2006 (Fonte: Dati ARPA Ingegneria Ambientale, Bologna).

Nella figura B.1.32 si riporta, per il territorio comunale di Cervia, l'elaborazione dei dati relativi alla velocità di abbassamento verticale del suolo (mm/anno) nel periodo 2002-2006, espressi come isolinee del tasso di subsidenza e classi di subsidenza, confrontati con quelli relativi al periodo 1992-2000, espressi come isolinee del tasso di subsidenza.

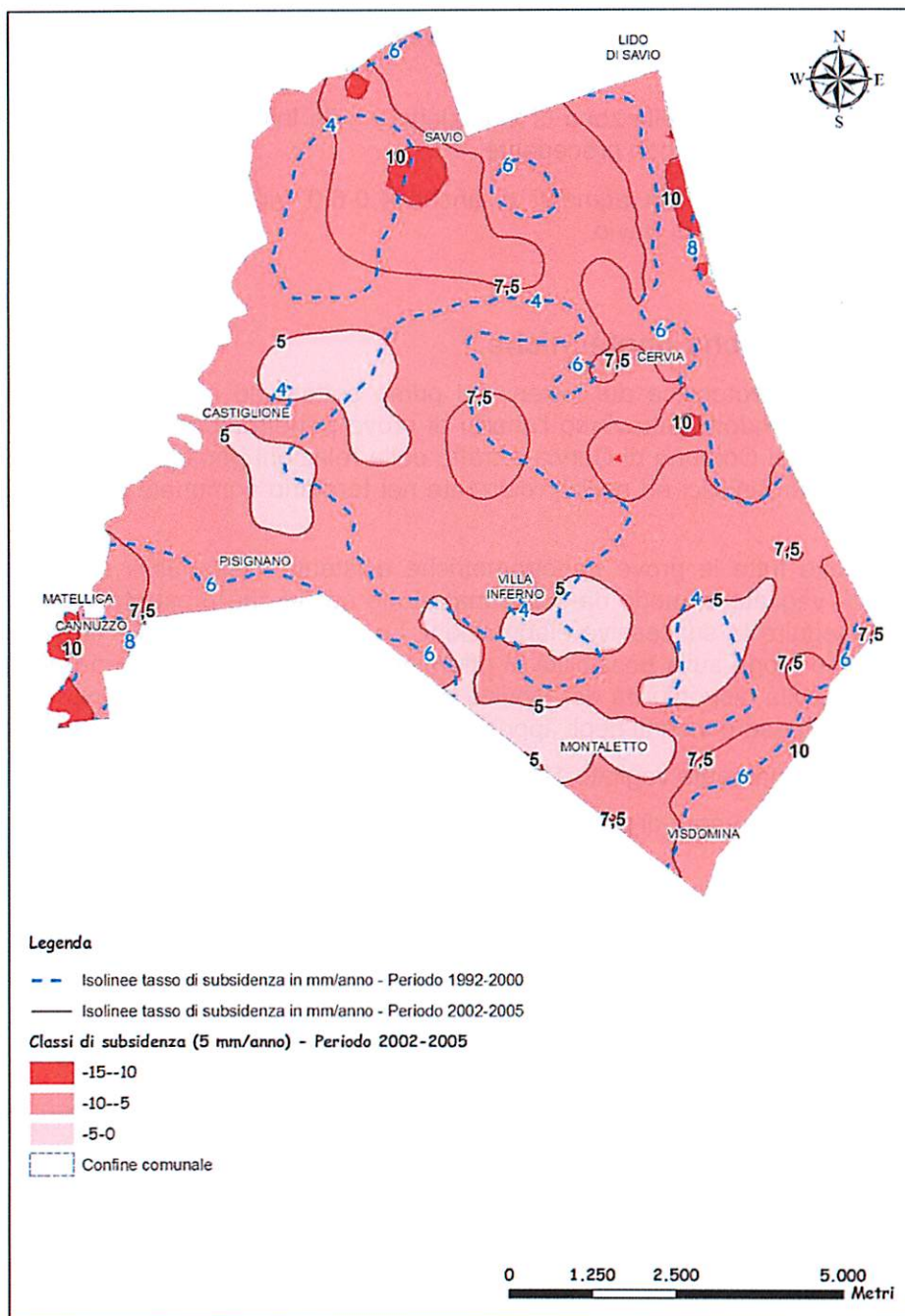


Fig. B.1.32 - Carta delle velocità di abbassamento verticale del suolo - COMUNE DI CERVIA – confronto periodo 1992-2000/2002-2006 (Fonte: Dati ARPA Ingegneria Ambientale, Bologna).

Da confronto dei dati emerge una complessiva ripresa del fenomeno su tutto il territorio comunale contraddistinta da:

- un leggero incremento nella zona di costa e nella zona sud-occidentale (zone di Cannuzzo e Pisignano), con aumenti dell'ordine di +1.5/2.0 mm/anno rispetto al periodo precedente;
- un leggero incremento nella zona di Montaletto e Villa Inferno, dell'ordine di +1.0/1.5 mm/anno, rispetto al periodo precedente;
- incrementi significativi con aumenti di anche 4.0-6.0 mm/anno rispetto al periodo precedente, nella zona di Savio.

### B.1.6 – Caratteristiche geotecniche

La caratterizzazione geotecnica dei terreni del primo sottosuolo in termini di resistenza meccanica, è stata condotta attraverso l'analisi di prove penetrometriche esistenti, fornite dall'Ufficio Tecnico del Comune di Cervia e tratte dalle relazioni geologiche e geotecniche allegata ai progetti urbanistici ed edilizi, realizzate nel territorio comunale dagli anni '90 al 2008.

Sono state raccolte tutte le prove penetrometriche esistenti e disponibili sul territorio, e successivamente vagliate in modo da selezionare tutte quelle che presentavano i requisiti necessari per eseguire le successive elaborazioni. La scelta delle prove è stata eseguita basandosi in primo luogo sulla possibilità di effettuare una corretta ubicazione geografica, in secondo luogo sulla disponibilità dei tabulati e/o i diagrammi con i valori penetrometrici necessari per poter essere inseriti negli appositi fogli di calcolo ed eseguire le elaborazioni.

Sono state complessivamente vagliate 196 penetrometrie statiche e 23 dinamiche.

Di seguito è riportato il numero di prove analizzate suddivise per località.

Cannuzzo - Pisignano	Castiglione	Milano Marittima - Cervia	Cervia - Montaletto
14	7	96	90

L'ubicazione delle prove penetrometriche è riportata nella Tavola QC-B.7 denominata "Resistenza meccanica dei terreni" (figura B.1.33).

Ciascuna prova è stata numerata e nominata utilizzando le istruzioni per il caricamento in banca dati dei dati geognostici definite dall'Ufficio Geologico della Regione Emilia Romagna (dicembre 1995).

Le indagini geognostiche ubicate sono contrassegnate dal un apposito simbolo e, nel database associato, da un codice identificativo della prova costituito da:

- numero della CTR in scala 1:5.000 sulla quale ricade il dato;
- lettera indicante il tipo di indagine geognostico (lettera C per le prove penetrometriche statiche, lettera U per le prove penetrometriche statiche con piezocono, lettera S per prove penetrometriche dinamiche pesanti, D per prove penetrometriche dinamiche leggere, P per perforazioni);
- numero dell'indagine geognostico (es. 001, 002, ecc.);

- nel caso in cui nello stesso punto sulla carta vi siano più prove dello stesso tipo, si ricorre all'uso delle lettere poste dopo le cifre. Le lettere, in questo caso, sono indicative del numero di prove presenti nel seguente modo: A=1, B=2, C=3.... in ragione della posizione della lettera nell'alfabeto. Ad esempio: C001B , significa che ci sono due perforazioni poste nel punto 1 sulla carta.

L'elaborazione delle prove penetrometriche a disposizione ha consentito l'esecuzione di un'analisi relativa alla resistenza meccanica dei terreni delle zone in studio, in particolare sono state realizzate quattro elaborazioni:

- "Carta della resistenza meccanica del terreno (elaborazione di Rp medio 1° strato da -1,0 a -4,0 m dal p.c. )" Tavola QC-B.7 e figura B.1.33;
- "Carta della resistenza meccanica del terreno (elaborazione di Rp medio 2° strato da -4,0 m a -7,0 m dal p.c.);"
- "Carta della resistenza meccanica del terreno (elaborazione di Rp medio 3° strato da -7,0 a -10,0 m dal p.c.);"
- Carta delle zone in cui la resistenza meccanica del terreno del 2° e 3° strato risulta inferiore a quella del 1° strato" inserita nella Tavola QC-B.7 e figura B.1.33.

L'elaborazione interessa per la maggior parte le sole aree urbanizzate, in corrispondenza delle quali sono disponibili i dati penetrometrici.

È necessario tuttavia sottolineare il carattere assolutamente indicativo e di larga massima delle carte, elaborate al fine di fornire indicazioni sommarie sulle caratteristiche dei terreni presenti ed indagati, utili tuttavia nella progettazione delle trasformazioni del territorio.

L'individuazione di facies geotecniche, così definite, non potrà comunque essere utilizzata per progettazioni di massima e tanto meno esecutive di interventi edilizi o infrastrutturali, fasi, queste, in cui l'attuale normativa impone la conoscenza quantitativa delle caratteristiche meccaniche del substrato, secondo volumi e metodologie di prospezione relazionate all'importanza ed alle caratteristiche del progetto da eseguire ed agli Stati Limite da considerarsi (D.M. 11/03/1988 e circ. LL.PP. 24/09/1988 n° 30483; DM 14/01/2008 e rispettiva Circolare Applicativa nr. 617 del 2/02/2009).

Il sottosuolo indagato è stato suddiviso in tre intervalli, utili al fine della costruzione delle carte e descrittivi ai fini geotecnici:

- Strato 1) da -1,0 m a -4,0 m
- Strato 2) da 4,0 m a 7,0 m
- Strato 3) da 7,0 m a 10,0 m

È stato escluso lo strato superficiale (assunto uniformemente dello spessore di 1,0 m), costituito da suolo agrario, spesso caratterizzato dalla presenza di terreno di riporto o fortemente alterato e comunque caratterizzato da processi stagionali di umidificazione ed essiccazione.

Con una prima elaborazione delle prove si sono ricavati i valori medi di Rp per ogni intervallo, successivamente si sono inseriti in modo automatico nella carta topografica vettorializzata i punti d'ubicazione delle prove, associando all'entità disegno, quattro attributi corrispondenti alle quattro colonne della tabella, ovvero: numero identificativo della prova e valori di Rp medio per i tre intervalli considerati.

La disponibilità dei dati puntuali georeferenziati ha quindi consentito, mediante un

programma d'interpolazione automatica, la costruzione di aree caratterizzate da un valore di  $R_p$  medio del primo intervallo compreso entro un range predefinito e caratterizzante una predefinita classe di resistenza meccanica del terreno.

L'elaborazione automatica (carta della "Resistenza meccanica del terreno" – Tavola QC-B.7 e figura B.1.33) è stata eseguita utilizzando i valori di  $R_p$  medio riferiti al primo strato di terreno compreso tra -1,0 e -4,0 metri, in quanto direttamente interessato, nella maggior parte dei casi, dalle più comuni opere di fondazione, pur non essendo comunque stati trascurati gli strati sottostanti.

L'elaborazione, vista la rilevante disomogenea distribuzione delle prove sull'area urbanizzata, ha richiesto alcune approssimazioni e semplificazioni del tutto accettabili, considerando l'uso descrittivo e non applicativo della carta della "Resistenza meccanica del terreno"; va comunque sottolineato che i giudizi assegnati alle classi di resistenza meccanica, pur essendo ovviamente relativi, consentono tuttavia di ottenere una prima indicazione sulla qualità del terreno ai fini edificatori.

Sono state individuate cinque classi di resistenza meccanica sulla base dei valori di  $R_p$ :

Classe 1 -  $R_p < 8 \text{ Kg/cm}^2$  Resistenza meccanica scarsa

Classe 2 -  $8 \text{ Kg/cm}^2 < R_p < 12 \text{ Kg/cm}^2$  Resistenza meccanica mediocre

Classe 3 -  $12 \text{ Kg/cm}^2 < R_p < 16 \text{ Kg/cm}^2$  Resistenza meccanica discreta

Classe 4 -  $16 \text{ Kg/cm}^2 < R_p \leq 20 \text{ Kg/cm}^2$  Resistenza meccanica buona

Classe 5 -  $R_p > 20 \text{ Kg/cm}^2$  Resistenza meccanica molto buona

#### Classe 1 - Resistenza meccanica scarsa

Comprende zone caratterizzate da terreni di qualità scadente nel primo intervallo considerato; in tali aree, l'eventuale edificazione prevista potrà adottare le normali tecniche costruttive (fondazioni superficiali a nastro - trave rovescia continua legata) per insediamenti di modesto impegno (modeste pressioni di esercizio unitarie e distribuzione omogenea e simmetrica dei carichi), mentre per edifici che richiedano fondazioni diverse, occorrono attenti approfondimenti in fase esecutiva e si dovrà porre particolare attenzione anche alle caratteristiche geotecniche degli strati sottostanti.

#### Classe 2 - Resistenza meccanica mediocre

Vi sono comprese zone caratterizzate da qualità meccaniche mediocri nel primo intervallo considerato; si tratta di zone in cui l'edificazione eventualmente prevista potrà adottare le normali tecniche costruttive (fondazioni superficiali a nastro - trave rovescia continua legata) per insediamenti di normale impegno (edifici residenziali fino a tre piani), mentre per edifici che richiedano fondazioni diverse occorrono attenti approfondimenti in fase esecutiva. Anche in questo caso sarà di notevole importanza verificare le caratteristiche degli intervalli sottostanti il primo.

#### Classe 3 - Resistenza meccanica discreta

Si tratta di aree in cui le caratteristiche meccaniche del primo intervallo considerato sono discrete e per le quali risulta quindi possibile adottare le normali tecniche costruttive anche per insediamenti residenziali relativamente impegnativi ove previsti; opere di un certo impegno possono richiedere l'impiego di fondazioni profonde, ma senza particolari difficoltà



costruttive. In questo ultimo caso sarà tuttavia importante valutare le caratteristiche dei terreni sottostanti.

#### Classe 4 - Resistenza meccanica buona

Sono zone caratterizzate da terreni con buone qualità meccaniche nel primo intervallo considerato e per i quali l'eventuale edificabilità è assicurata per intervalli consistenti, e potranno essere adottate sia fondazioni profonde che le normali strutture fondali. Interventi con alto rapporto H/L (altezza dell'edificio/lato lungo della fondazione) o con carichi eccentrici dovrebbero comunque essere attentamente verificati in ragione della presenza di livelli profondi con caratteristiche meccaniche più scadenti di quelle riconosciute per l'intervallo superficiale.

#### Classe 5 - Resistenza meccanica molto buona

Sono zone caratterizzate da terreni con qualità meccaniche molto buone nelle quali il primo intervallo considerato presenta livelli ben consolidati e per i quali l'eventuale edificabilità è assicurata per intervalli consistenti, e potranno essere adottate fondazioni dirette superficiali. Interventi con alto rapporto H/L (altezza dell'edificio/lato lungo della fondazione) o con carichi eccentrici dovrebbero comunque essere attentamente verificati in ragione della presenza di livelli profondi con caratteristiche meccaniche più scadenti di quelle riconosciute per l'intervallo superficiale.

Come si è detto, per l'elaborazione della carta della "Resistenza meccanica del terreno" si sono utilizzati i dati di  $R_p$  medio relativi al primo intervallo, tra -1,0 e -4,0 metri, in quanto generalmente interessato dalle ordinarie strutture fondali; si è tuttavia ritenuto indispensabile analizzare anche le caratteristiche degli strati sottostanti, suddivisi a loro volta in due intervalli, il secondo strato compreso tra -4,0 e -7,0 m ed il terzo compreso tra -7,0 e -10,0 m, in quanto comunque coinvolti dallo stato tensionale indotto dai carichi in superficie, potendo quindi assumere un ruolo importante nello sviluppo dei cedimenti, soprattutto in funzione delle fondazioni utilizzate.

È infatti noto come i bulbi di pressione, che si sviluppano in profondità, siano direttamente influenzati dal carico applicato, ma anche dal tipo di superficie fondale: ad esempio, una fondazione a platea, a parità di carico unitario applicato, approfondisce maggiormente i bulbi di pressione, rispetto ad una fondazione nastriforme.

Per tale motivo si sono svolte le stesse elaborazioni anche relativamente al secondo e terzo strato e si è infine proceduto alla sovrapposizione dei tre elaborati, ottenendo un elaborato di sintesi rappresentativo delle caratteristiche di resistenza meccanica dei primi 10 metri di sottosuolo ("Aree con resistenza meccanica del terreno del 2° strato (tra -4 e -7 m) e 3° strato (tra -7 e -10 m) inferiori a quella del 1° strato (tra -1 e -4 m); in tale fase di confronto è stata ovviamente posta particolare attenzione a quelle aree, caratterizzate da una resistenza meccanica nel secondo e terzo strato, inferiori a quella del primo.

Per ovvi motivi geotecnici, la presenza in profondità di terreni a caratteristiche geomeccaniche più scadenti di quelle degli strati superficiali, genera condizioni per le quali sono necessari maggiori approfondimenti puntuali, in fase progettuale; tali aree sono state rappresentate nella Tavola QC-B.7 e figura B.1.33.

Come detto le elaborazioni svolte riguardano essenzialmente le zone dei principali centri abitati, in quanto fornite di dati geotecnici.

Di seguito si riporta un breve commento ai risultati relativi alle elaborazioni per le aree indagate, suddivise per località.

### ***B.1.6.1 Resistenza meccanica dei terreni nella zona di Cannuzzo-Pisignano***

Nell'area è disponibile un numero abbastanza limitato di prove penetrometriche: 5 per l'area di Cannuzzo e 8 per quella di Pisignano. Sono tutte prove penetrometriche statiche di cui una CPTU.

Per quanto riguarda le resistenze meccaniche dei terreni del 1° stato compreso tra -1.0 m e -4.0 m di profondità, come si evince dalla figura B.1.33, si può osservare un progressivo miglioramento dei valori procedendo da sud e sud-est verso nord-ovest, con punte minime mai inferiori a 8 kg/cmq. I valori più alti (molto buoni) si hanno in prossimità del corso del Fiume Savio e del relativo dosso fluviale, ove terreni prevalentemente sabbiosi, addensati negli strati superficiali delle fasce adiacenti al corso d'acqua, sono caratterizzati da valori di resistenza in genere elevati. E' comunque doveroso evidenziare come la distribuzione dei valori più alti sia determinata da due sole prove penetrometriche, pertanto da considerare con la dovuta cautela. Lo stesso dicasi per i valori più bassi, compresi tra 8 e 12 kg/cmq (mediocri), la cui distribuzione, nel settore meridionale dell'area indagata, non contiene alcuna prova penetrometrica. La situazione geomeccanica più rappresentativa dell'area risulta quindi quella evidenziata dalla fascia gialla, con resistenze comprese tra 12 e 16 kg/cmq (discrete) e in cui è presente la quasi totalità delle prove penetrometriche.

Un piccolo areale, a sud di Pisignano, è caratterizzato da valori buoni, compresi tra 16 e 20 kg/cmq.

Per quanto riguarda gli intervalli sottostanti al 1° strato si individua un'unica area, di discreta estensione, che presenta valori di Rp medio del 2° strato (4.0 – 7.0 m) e del 3° strato (7.0 – 10.0 m) inferiori ai valori di Rp medio dello strato superficiale. E' compresa all'interno della fascia con valori molto buoni, pertanto anch'essa da considerare con le dovute precauzioni dovute alla scarsità di prove presenti.

### ***B.1.6.2 Resistenza meccanica dei terreni nella zona di Castiglione***

Anche per quest'area è disponibile uno scarso numero di prove penetrometriche: 7, tutte statiche.

Per quanto riguarda le resistenze meccaniche dei terreni del 1° stato compreso tra -1.0 m e -4.0 m di profondità, come si evince dalla figura B.1.33, si può osservare un progressivo miglioramento dei valori procedendo da sud verso nord, con punte minime mai inferiori a 8 kg/cmq. I valori più alti (molto buoni) si hanno ancora in prossimità del corso del Fiume Savio e del relativo dosso fluviale, ove terreni prevalentemente sabbiosi, addensati negli strati superficiali delle fasce adiacenti al corso d'acqua, sono caratterizzati da valori di resistenza in genere elevati. Come per l'area precedente, la distribuzione dei valori più alti è determinata da due sole prove penetrometriche, pertanto da considerare con la dovuta cautela. Lo stesso dicasi per i valori più bassi, compresi tra 8 e 12 kg/cmq (mediocri), la cui distribuzione, nel settore meridionale dell'area indagata, non contiene alcuna prova penetrometrica. La situazione geomeccanica più rappresentativa dell'area risulta quindi quella evidenziata dalla fascia gialla, con resistenze comprese tra 12 e 16 kg/cmq (discrete) e in cui è presente la quasi totalità delle prove penetrometriche.

Per quanto riguarda gli intervalli sottostanti al 1° strato si individua un'unica area, di discreta estensione, che presenta valori di Rp medio del 2° strato (4.0 – 7.0 m) e del 3° strato (7.0 – 10.0 m) inferiori ai valori di Rp medio dello strato superficiale. E' compresa all'interno della fascia con valori molto buoni, pertanto anch'essa da considerare con le dovute precauzioni dovute alla scarsità di prove presenti.

### ***B.1.6.3 Resistenza meccanica dei terreni nella zona compresa tra Savio e il Capoluogo***

Per quest'area è presente un elevato numero di prove penetrometriche, soprattutto in corrispondenza di Cervia e di Savio. Le prove si fanno numericamente più ridotte nella restante porzione di fascia costiera per poi ridursi drasticamente nella porzione sud-occidentale. Sono per la maggior parte prove penetrometriche statiche (alcune CPTU); seguono alcuni sondaggi e prove penetrometriche dinamiche leggere e pesanti.

Per quanto riguarda le resistenze meccaniche dei terreni del 1° stato compreso tra -1.0 m e -4.0 m di profondità, come si evince dalla figura B.1.33, si può osservare un sostanziale dominio uniforme dei valori più alti, maggiori di 20 kg/cmq, caratteristici in particolare delle sabbie più o meno addensate della fascia costiera. Più incerta è l'estensione di tale dominio nel settore occidentale, coperto da poche prove penetrometriche, e comunque verosimilmente non estendibile oltre la soglia rappresentata dal paleo-cordone flandriano.

Alcune aree di limitata estensione, con valori di resistenza buoni, compresi tra 16 e 20 kg/cmq, sono presenti tra la Centrale ENEL e Malva Nord e nel centro storico, tra l'Ospedale e Piazza XXV Aprile. Altre due piccole aree, con valori discreti compresi tra 12 e 16 kg/cmq, sono presenti a SE di località Nuova Sveva e a nord de La Stazzona, vicino al confine settentrionale del territorio comunale.

Per quanto riguarda gli intervalli sottostanti al 1° strato si individuano tre piccole aree, che presentano valori di Rp medio del 2° strato (4.0 – 7.0 m) e del 3° strato (7.0 – 10.0 m) inferiori ai valori di Rp medio dello strato superficiale. La prima è ubicata a SE di località Nuova Sveva; la seconda a sud di Piazzale Genova, a Milano Marittima; la terza ad ovest di Malva Nord, tra la Strada Statale Adriatica e la Salina.

### ***B.1.6.4 Resistenza meccanica dei terreni nella zona compresa tra Pinarella e Visdomina***

Anche per quest'area è presente un elevato numero di prove penetrometriche, soprattutto in corrispondenza della fascia costiera e dell'area industriale di Montaletto. Le prove si fanno più rade nella fascia intermedia e nella punta meridionale. Sono per la maggior parte prove penetrometriche statiche (alcune CPTU); seguono alcuni sondaggi e prove penetrometriche dinamiche leggere e pesanti.

Per quanto riguarda le resistenze meccaniche dei terreni del 1° stato compreso tra -1.0 m e -4.0 m di profondità, come si evince dalla figura B.1.33, si può osservare un sostanziale dominio dei valori più alti, maggiori di 20 kg/cmq, caratteristici in particolare delle sabbie più o meno addensate della fascia costiera, ma anche delle argille limose della piana alluvionale sud-occidentale.

Due aree di minore estensione, con valori di resistenza da discreti a buoni, sono presenti a nord di Montaletto e presso Visdomina.

Per quanto riguarda gli intervalli sottostanti al 1° strato, si individua un'area piuttosto estesa, con valori di Rp medio del 2° strato (4.0 – 7.0 m) e del 3° strato (7.0 – 10.0 m) inferiori ai valori di Rp medio dello strato superficiale. Comprende l'intera area di Montaletto, la sua zona industriale e la fascia compresa tra Montaletto e Visdomina.

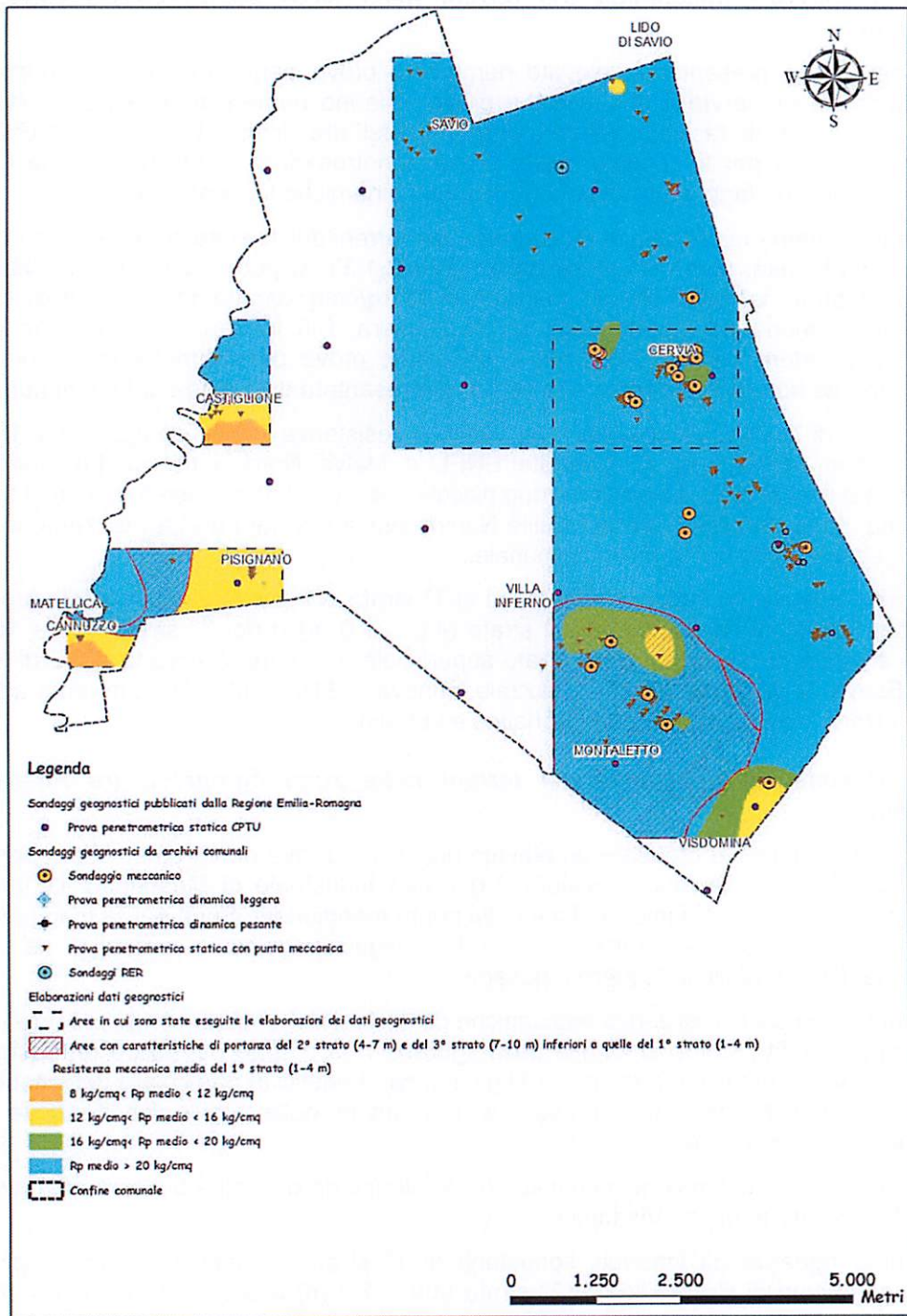


Fig. B.1.33 - Carta della resistenza meccanica dei terreni di fondazione su base semplificata.

## B.1.7 – Zonazione sismica

### B.1.7.1 – Neotettonica e sismicità

L'analisi neotettonica di un'area si esegue attraverso l'esame di una serie innumerevole di dati di natura geologica, morfoneotettonica, idrogeologica, e idrochimica, che concorrono a definire il regime tettonico di una zona, con l'individuazione di strutture geologiche rilevanti, per giungere eventualmente alla definizione del loro potenziale sismogenetico.

Sono già state precedentemente descritte le zone strutturalmente rilevanti, che caratterizzano la Pianura Padana, nel settore occupato dal territorio comunale di Cervia. In particolare, il territorio delle Province di Ravenna e di Forlì-Cesena si sviluppa sostanzialmente a cavallo di una zona in sollevamento, rappresentata dalla catena appenninica (margine pedeappenninico poco a sud di Cervia) e di una zona in subsidenza, quella della pianura, corrispondente alla Pianura Padana e, in particolare, all'area del ravennate; entrambe costituiscono settori che sono stati interessati da movimenti tettonici nel passato e tuttora in atto, come testimoniano le ricostruzioni stratigrafiche strutturali del Quaternario e la definizione dei campi di paleo-stress e di stress attuali della Carta Neotettonica della Regione Emilia-Romagna (Boccaletti e Martelli, 2004).

#### B.1.7.1.1 Determinazione dei campi di stress attivi

La determinazione dei campi di stress attivi e recenti (<1 Ma) in Emilia-Romagna è possibile grazie all'integrazione tra dati derivati dal rilevamento strutturale dei terreni quaternari affioranti lungo il margine appenninico-padano e dati di deformazione attuali relativi alla deformazione di pozzi (dati di *break-out*).

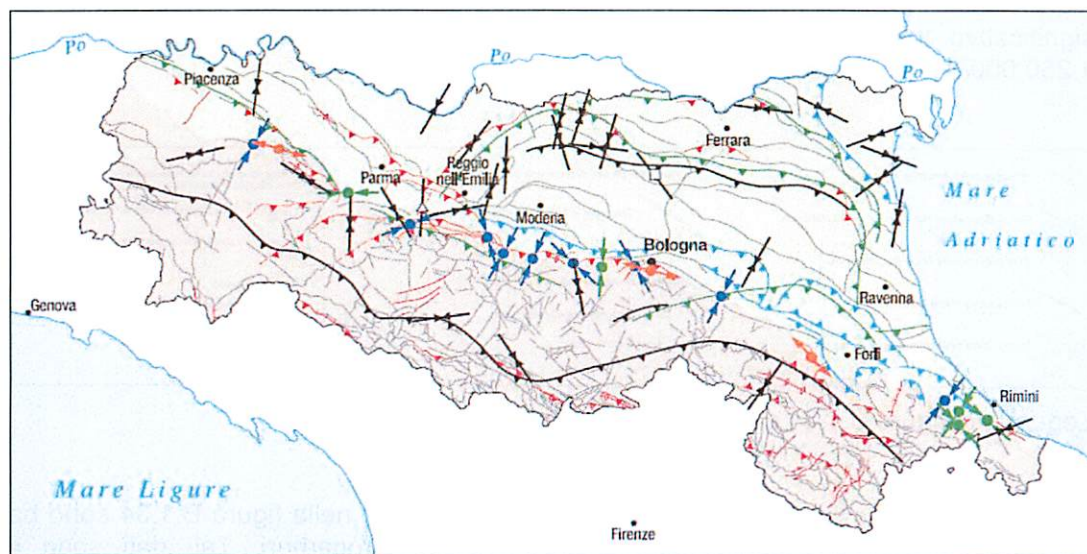


Fig. B.1.34 - Direzioni di massimo stress orizzontale (SH) dell'Emilia-Romagna – tratto dalle Note Illustrative alla Carta Sismotettonica a scala 1:250.000 della Regione Emilia-Romagna.

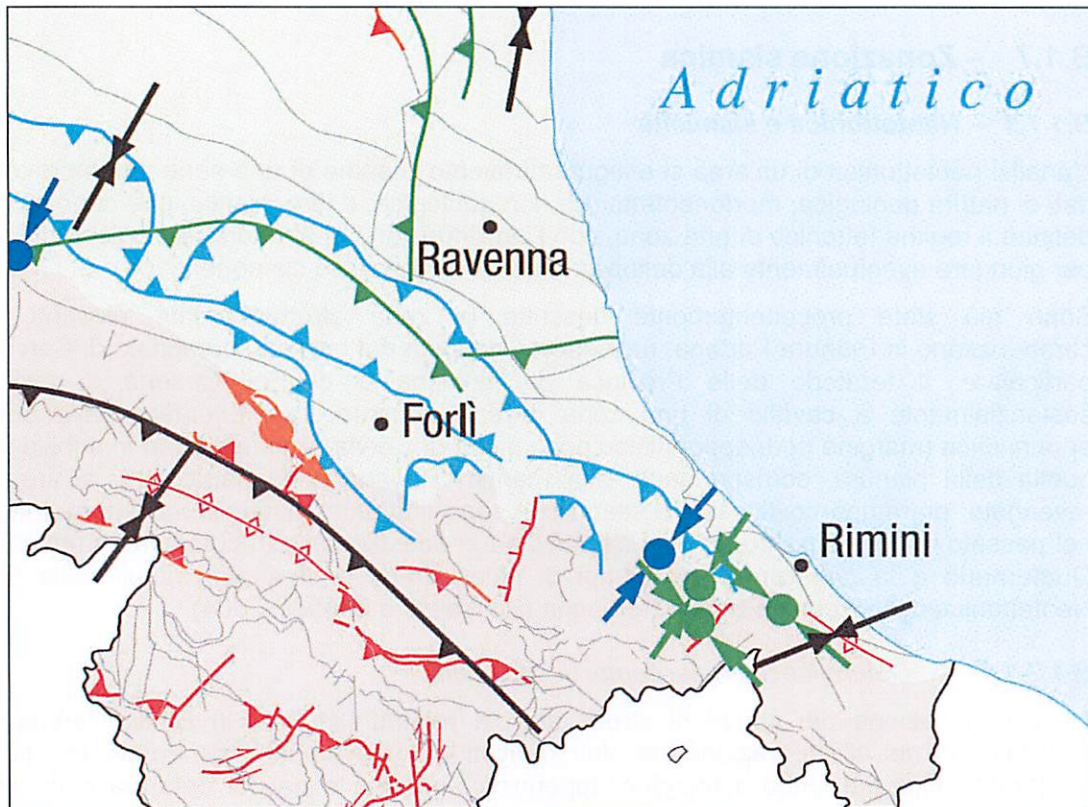
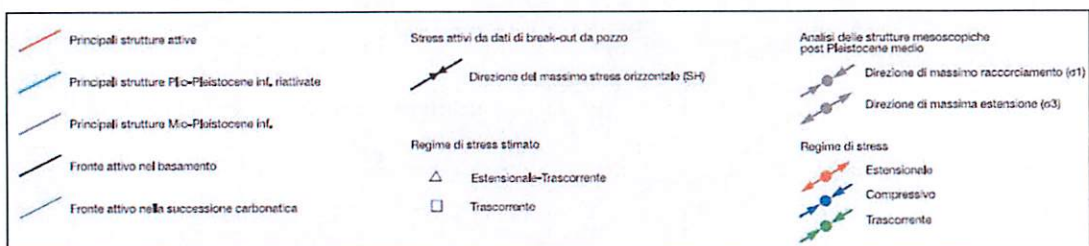


Fig. B.1.35 - Particolare della figura precedente centrato sull'area di studio e su un suo significativo intorno - tratto dalle Note Illustrative alla Carta Sismotettonica a scala 1:250.000 della Regione Emilia-Romagna.



Legenda di figure B.1.34 e B.1.35.

Le direzioni di massimo stress orizzontale (SH) raffigurate nella figura B.1.34 sono basate sull'analisi di deformazioni di pozzi per ricerca di idrocarburi. Tali dati sono infatti concentrati in Pianura Padana che rappresenta l'area di maggior interesse per la ricerca di tale fonte energetica.

Per quanto riguarda l'area di studio non sono presenti dati puntuali che hanno permesso di identificare campi di stress attualmente attivi e nemmeno l'interpretazione data dalla Carta Sismotettonica regionale evidenzia l'attività di stress tettonici. Sono evidenziate, comunque,

strutture prossime all'area di studio, ed in parte ad essa interne, che hanno interessato sedimenti del Pliocene-Pleistocene inf. e che si sarebbero riattivate. Quest'ultime sono rappresentate da sovrascorrimenti NNE vergenti. La struttura attiva più prossima all'area di studio è rappresentata dalla faglia trascorrente/normale del Fiume Savio, nel suo tratto pedecollinare.

#### B.1.7.1.2 *Determinazione dei campi di paleo-stress*

I terreni affioranti con età inferiore a 1 Ma sono rappresentati dalle Sabbie gialle, dalle Sabbie di Imola, dalle alluvioni del Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore e dai termini inferiori del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (SERS). Le Sabbie gialle (1-0,8 Ma) e le Sabbie di Imola (0,8-0,65 Ma) sono diffusamente interessate da piegamenti a scala cartografica e da frequenti strutture mesoscopiche quali faglie, sia compressive che estensionali, pieghe e sistemi di *joints*. Anche i termini più antichi dei depositi alluvionali, riferibili al Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore (SERI), localmente sono tiltati come le sottostanti sabbie costiere. Tuttavia, nei depositi alluvionali non si rilevano pieghe alla mesoscala. Sono invece presenti faglie e numerosi sistemi di *joints* e strie stilolitiche su ciottoli calcarei. In carta gli affioramenti di sabbie marine pleistoceniche e del SERI in cui si osservano piegamenti, sebbene di dimensioni non cartografabili alla scala 1:250.000, sono stati comunque evidenziati come "aree con affioramenti significativi non cartografabili". È in questi affioramenti che sono state rilevate le strutture che hanno permesso la valutazione dei paleo-stress.

Il settore compreso tra Ozzano Emilia (BO) e Cesena mostra un grado di deformazione nettamente inferiore rispetto al restante settore occidentale della Regione. La direzione di massima compressione è orizzontale e orientata NNE-SSW; questo campo di paleo-stress è stato ottenuto in massima parte dall'analisi di sistemi di *joints*. Nel Riminese, area più prossima a quella di studio, prevalgono deformazioni a carattere compressivo, con campo del paleo-stress prevalentemente trascorrente e con asse di massimo raccorciamento variabile tra NE-SW e NW-SE.

In generale le direzioni di massimo raccorciamento dei paleo-stress ( $\sigma_1$ ) e dei massimi stress orizzontali (SH) mostrano un buon grado di coerenza rispetto alla direzione delle strutture di ordine maggiore riconosciute e cartografate (figura B.1.35).

È infine possibile individuare settori che negli ultimi 450.000 anni (inizio del SERS) sono stati soggetti a diversi tassi di sollevamento e abbassamento (figura B.1.36).

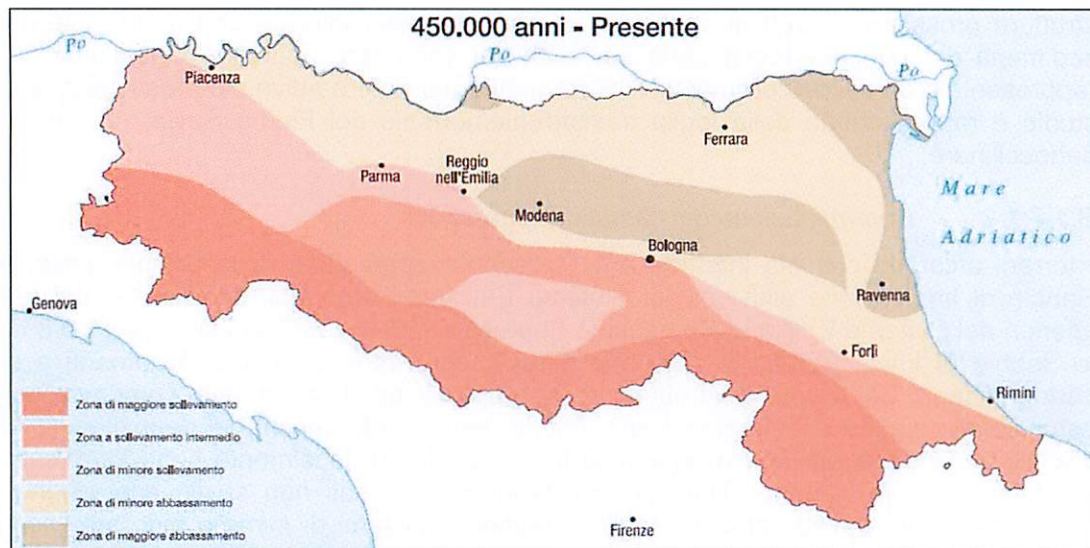


Fig. B.1.36 - Carta dei movimenti verticali che negli ultimi 450.000 anni hanno interessato la Regione Emilia-Romagna - tratto dalle Note Illustrative alla Carta Sismotettonica a scala 1:250.000 della Regione Emilia-Romagna.

Per quanto concerne la pianura, dalla carta emerge come questa sia in generale soggetta a movimenti verticali negativi tuttora in atto; tuttavia si possono distinguere zone a diverso grado di abbassamento. In particolare, i maggiori abbassamenti (circa 1 mm/anno) si registrano nella sinclinale poco a nord di Modena e Bologna, che verso est prosegue fino a Ravenna, e lungo la costa nord-orientale, ad est della dorsale ferrarese. I minori abbassamenti (<1mm/anno) si rilevano invece al di sopra e ad occidente della dorsale ferrarese; dove l'effetto della subsidenza è ridotto dal sollevamento della dorsale. In quest'ultimo range di abbassamento rientra anche il territorio comunale cervese.

Dall'analisi della carta sismotettonica regionale emerge, per il territorio cervese, una condizione di sostanziale assenza di strutture sismogenetiche particolarmente rilevanti, sia nell'ambito dei paleo-stress che degli sforzi attuali. In particolare non esistono accertate strutture attive. Nell'intorno più prossimo, l'unica struttura attiva è rappresentata dalla faglia trascorrente del tratto pedemontano del Fiume Savio. I regimi di stress più prossimi, ad ovest, nel territorio riminese, sono di tipo compressivo (direzione SO-NE) e trascorrente (SE-NO).

#### **B.1.7.2 – La sismicità del territorio**

L'Emilia-Romagna rappresenta un settore della catena appenninica esterna caratterizzato da una sismicità frequente che può essere definita media in relazione alla sismicità nazionale, con ipocentri dei terremoti localizzati non solo nella crosta superiore, ma anche nel mantello. Il confronto tra dati geologici, morfologici e sismologici ha permesso l'individuazione delle principali strutture attive in Emilia-Romagna la cui sintesi è riportata in figura B.1.37.



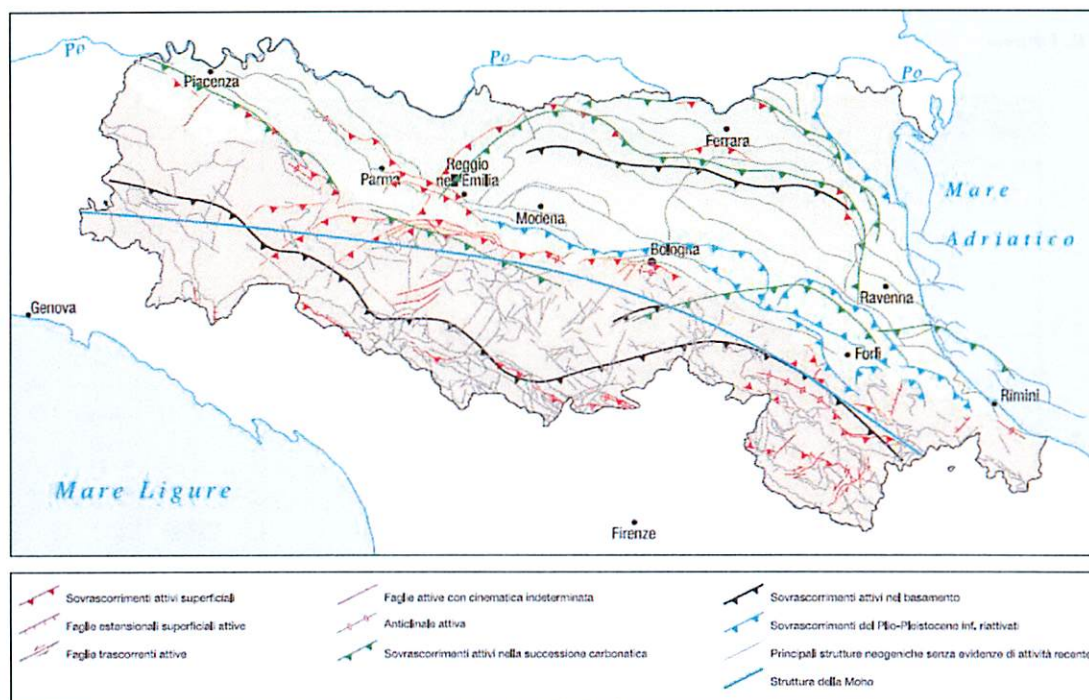


Fig. B.1.37 - Principali strutture tettoniche attive in Emilia-Romagna - tratto dalle Note Illustrative alla Carta Sismotettonica a scala 1:250.000 della Regione Emilia-Romagna.

A SE di Bologna, tra le valli dell'Idice e del Ronco-Bidente, i depositi della successione post-evaporitica si immergono a monoclinale sotto le alluvioni quaternarie e non sono dislocati in superficie da faglie attive. Le principali evidenze di attività del fronte pedeappenninico nel settore romagnolo si riconoscono in catena e sono principalmente costituite dall'anticlinale di Modigliana, dai *blind back-thrusts* localizzati alla base del Pliocene e nella Marnoso-Arenacea tra le valli del Lamone e del Montone e dall'alto di Cesena. L'assetto strutturale delle colline di Cesena si presenta più articolato, con una serie di sovrascorrimenti e pieghe ritagliati da una struttura estensionale antiappenninica localizzata nella valle del Savio. Ad est di Cesena, i depositi della successione post-evaporitica si immergono nuovamente a monoclinale sotto le alluvioni quaternarie e non appaiono dislocati in superficie da faglie attive. Le sole strutture che presentano evidenze di attività sono le pieghe che, in affioramento, deformano i depositi medio-pleistocenici tra Rimini e Cattolica. Al contrario, in Romagna sono presenti numerose evidenze di strutture attive in catena.

Nella figura B.1.37 è cartografato anche l'andamento di una struttura profonda che interessa la Moho. Dalla figura emerge come la Moho risulti mediamente più profonda di circa 5 km in pianura e sotto il margine appenninico-padano rispetto alla catena e come in corrispondenza di questo salto di profondità gli ipocentri si concentrino lungo una fascia fortemente immergente verso sud. È anche interessante notare, dal profilo sismotettonico di figura B.1.38, la maggiore frequenza di terremoti a sud di questa struttura. Inoltre, dai profili, si nota che gli ipocentri si concentrano lungo fasce allineate, immergenti verso sud, che ben si raccordano con le strutture compressive della copertura. Tali allineamenti potrebbero corrispondere alle principali strutture crostali.

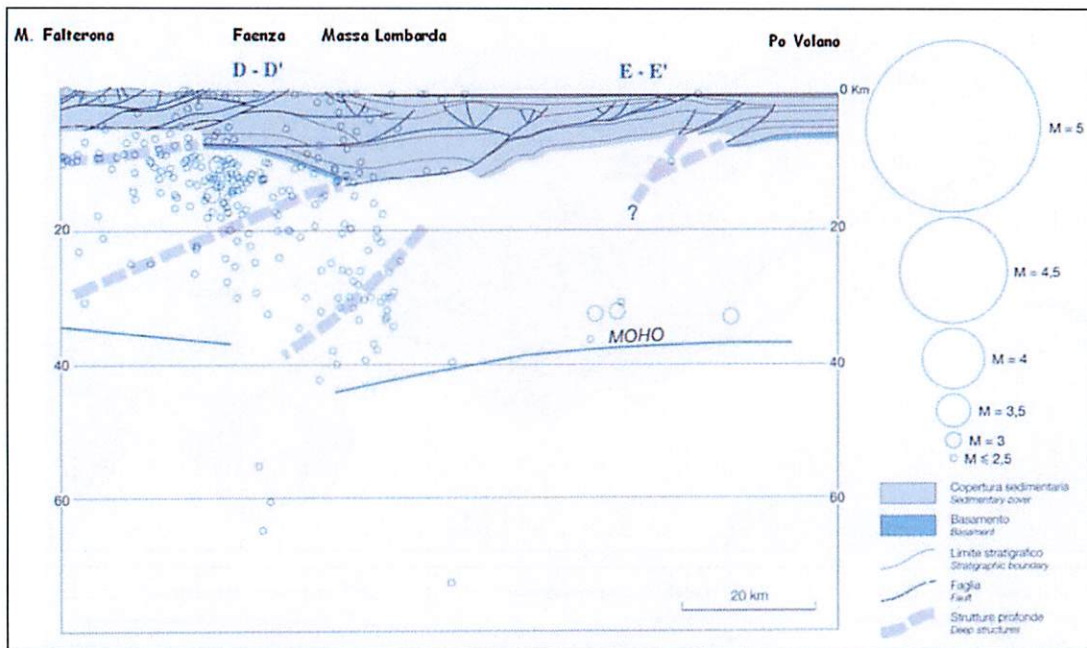


Fig. B.1.38 - Profilo sismotettonico più prossimo all'area di studio - tratto dalle Note Illustrative alla Carta Sismotettonica a scala 1:250.000 della Regione Emilia-Romagna.

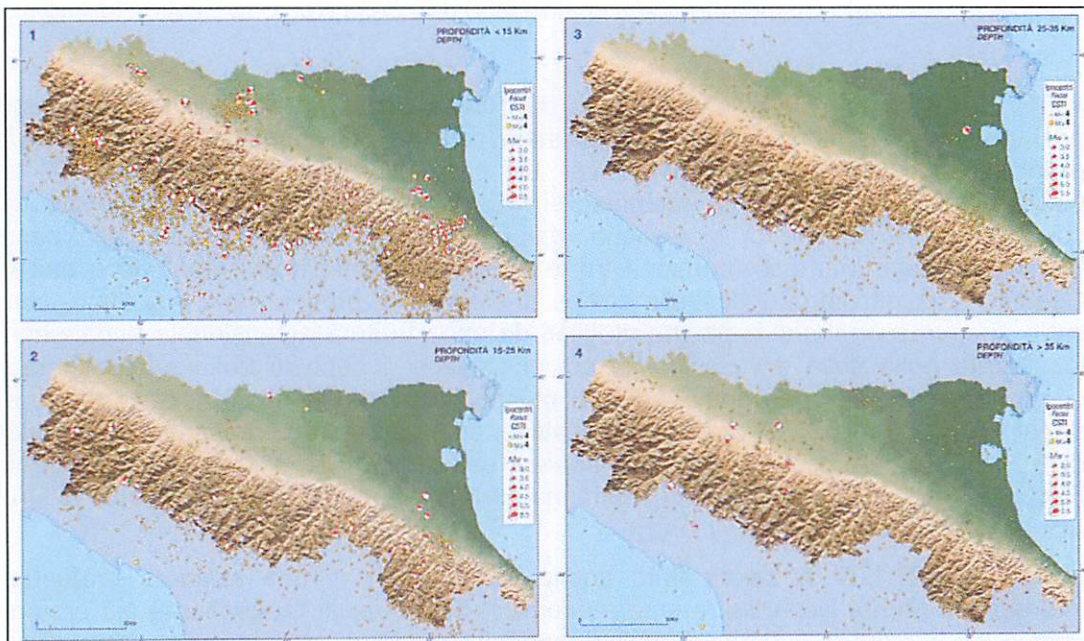


Fig. B.1.39 - Sismicità strumentale per intervalli di profondità degli ipocentri - tratto dalle Note Illustrative alla Carta Sismotettonica a scala 1:250.000 della R.E.R.

Dall'esame di figura B.1.39 emerge come la sismicità strumentale rilevata in prossimità del territorio cervese mostri una frequenza progressivamente minore con la profondità degli ipocentri, in accordo, pertanto, con il profilo sismotettonico di figura B.1.38. La massima frequenza si registra nei primi 15 km di profondità. Gli epicentri dei terremoti mostrano una

magnitudo media inferiore a 4, mentre la risoluzione dei meccanismi focali evidenzia la presenza della faglia trascorrente attiva del Savio, e di un sistema di faglie inverse/trascorrenti e inverse nel settore collinare compreso tra Forlì e Cesena.

La sismicità di un'area non è soltanto il risultato di eventi sismici il cui epicentro è localizzato all'interno del territorio stesso o di un suo limitato intorno, bensì anche di sismi che possono essersi verificati a notevole distanza, i cui effetti sono risultati percepibili, come risulta evidente se si analizza la sequenza storica degli effetti registrati nel territorio cervese dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04 dell'INGV (Stucchi et al., 2007).

Storia sismica di Cervia [44.263, 12.353]									
Numero di eventi: 16									
Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
3	1661	03	22	12	45	Appennino romagnolo	58	9	5.83
7	1672	04	14	15	45	Riminense	92	8	5.60
7-8	1875	03	17	23	51	Romagna sud-orient.	143	8	5.74
NF	1897	12	18	07	24	Appennino umbro-march.	132	7-8	5.18
NF	1898	01	16	12	10	Romagna settent.	73	7	5.03
NF	1904	11	17	05	02	PISTOIESE	204	7	5.18
5	1909	01	13	00	45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53
NF	1909	08	25	00	22	MURLO	283	7-8	5.40
3-4	1913	07	21	22	35	VALLE DEL LAMONE	43	6	5.07
6	1916	05	17	12	50	Alto Adriatico	130	8	5.85
F	1916	08	16	07	06	Alto Adriatico	256	8	5.92
2	1917	12	02	17	39	GALEATA	32	6-7	5.20
3	1920	09	07	05	55	Garfagnana	638	10	6.48
2	1983	11	09	16	29	Parmense	835	7	5.10
NF	1986	12	06	17	07	BONDENO	604	6	4.56
4	1997	09	26	09	40	Appennino umbro-march.	869	9	6.05

Fig. B.1.40 - Storia sismica di Cervia – tratto da Database Macrosismico Italiano 2004 (DBMI04) dell'INGV.

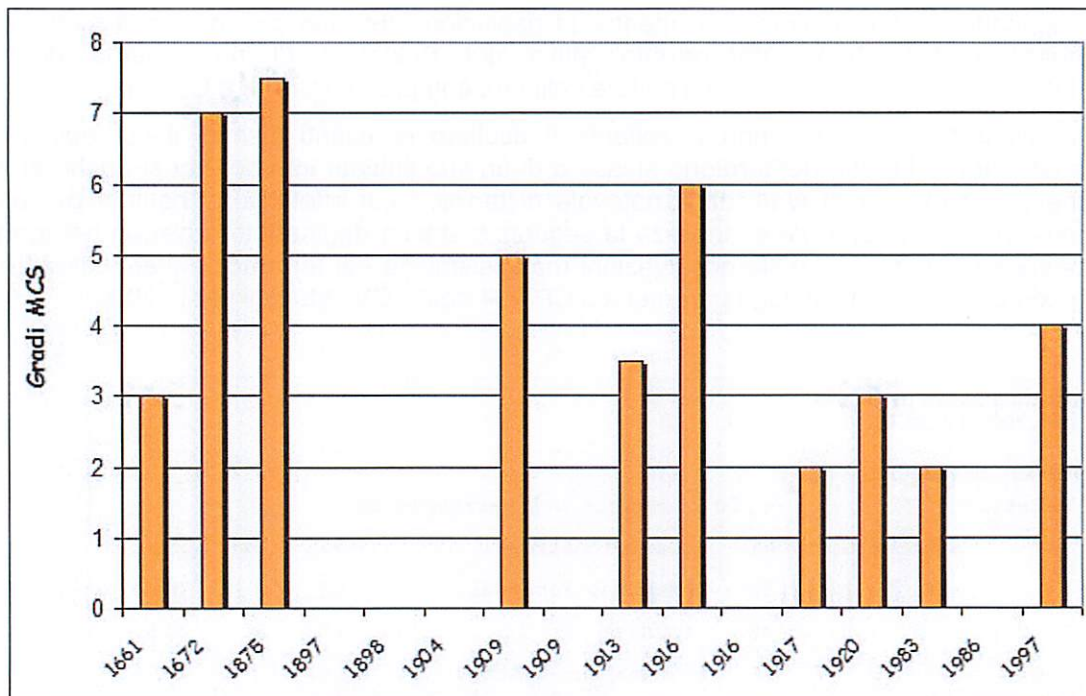


Fig. B.1.41 - Storia sismica di Cervia – tratto da Database Macrosismico Italiano 2004 (DBMI04) dell'INGV.

Dai due grafici precedenti si evince come la massima intensità macrosismica registrata al sito di Cervia (in gradi MCS) corrisponda al terremoto del 17 marzo 1875 (7.5 MCS), con area epicentrale nella Romagna sud-orientale, 143 osservazioni macrosismiche, intensità massima pari a 8 e magnitudo momento pari a 5.74. Il sisma a più alta intensità macrosismica del secolo scorso è quello del 17 maggio 1916 (6 MCS), con area epicentrale nell'Alto Adriatico, 130 osservazioni macrosismiche, intensità massima pari a 8 e magnitudo momento pari a 5.85. Anche quello di poco successivo del 16 agosto ha avuto caratteristiche e sorgente epicentrale simili, ma gli effetti non sono stati quantificati per Cervia, seppur sentiti ( $F = felt$ ). Il più recente è il sisma riferibile al territorio umbromarchigiano, del 1997, che a Cervia ha dato un grado 4 di intensità macrosismica.

#### B.1.7.2.1 Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base è quella componente di pericolosità dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area. Essa fornisce, in termini probabilistici, per una certa regione e per un determinato periodo di tempo, i valori, corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza, dei parametri che descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto. Si riferisce a condizioni ideali di suolo roccioso affiorante e privo di irregolarità morfologiche e fornisce le caratteristiche del terremoto di riferimento atteso al sito.

La pericolosità sismica di base è definita secondo una procedura basata sui risultati dello studio dell'INGV, disponibili sul sito web (<http://esse1.mi.ingv.it/>) nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica". In tali mappe, la pericolosità si sgancia dalle divisioni amministrative e viene distribuita sui 10751 nodi, a distanza reciproca non superiore a 10 km, di un reticolo geografico regolare. Ogni nodo è caratterizzato da specifiche curve di pericolosità che definiscono la frequenza media annua di occorrenza di una serie di

terremoti caratterizzati da diversi livelli di severità, espressa, ad esempio, in termini di  $a_g$  (meglio nota come PGA, accelerazione orizzontale di picco).

L'esame della mappa probabilistica di pericolosità sismica del territorio cervese (figura B.1.42) evidenzia valori di accelerazione massima al suolo, calcolati per probabilità di superamento in 50 anni del 10% (distribuzione del 50mo percentile - mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento), variabili tra 0.15g-0.175g, nella porzione settentrionale, e 0.175g-0.2g, nel settore centro-meridionale.

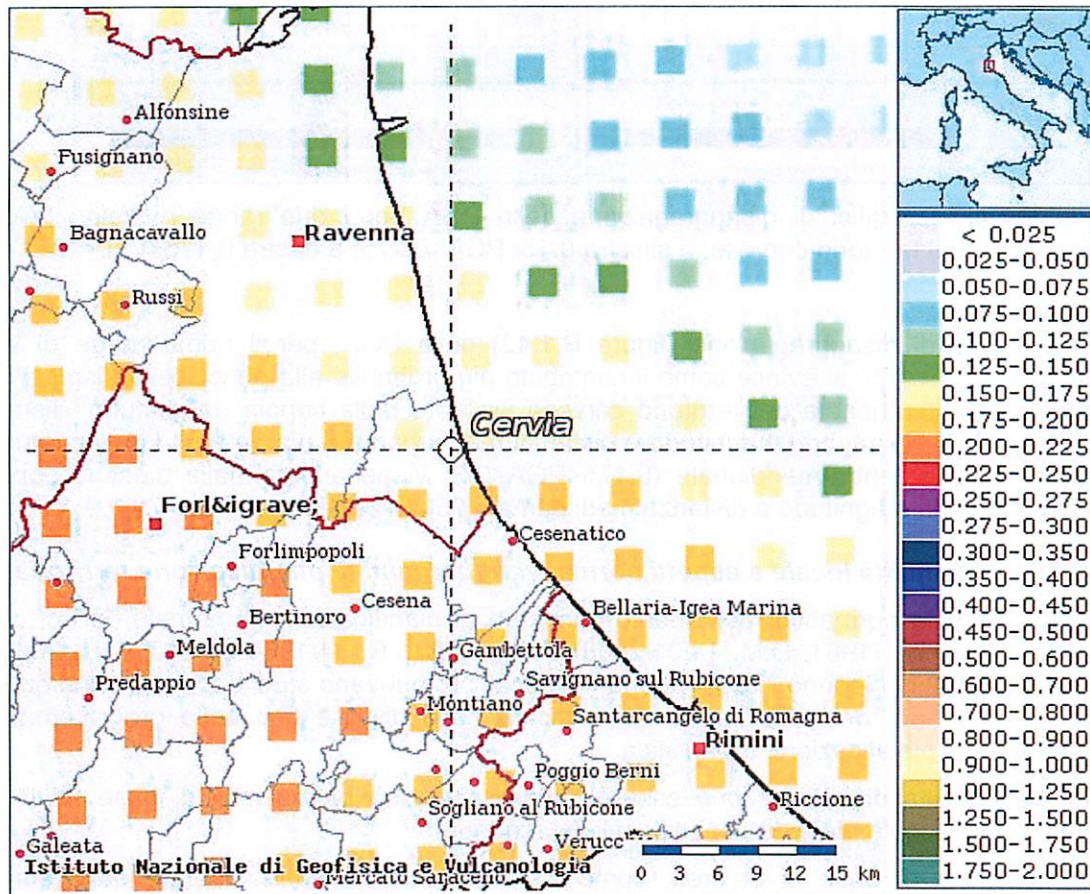


Fig. B.1.42 - Mappa probabilistica di pericolosità sismica del territorio cervese – Sito web INGV.

La disaggregazione della pericolosità sismica è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

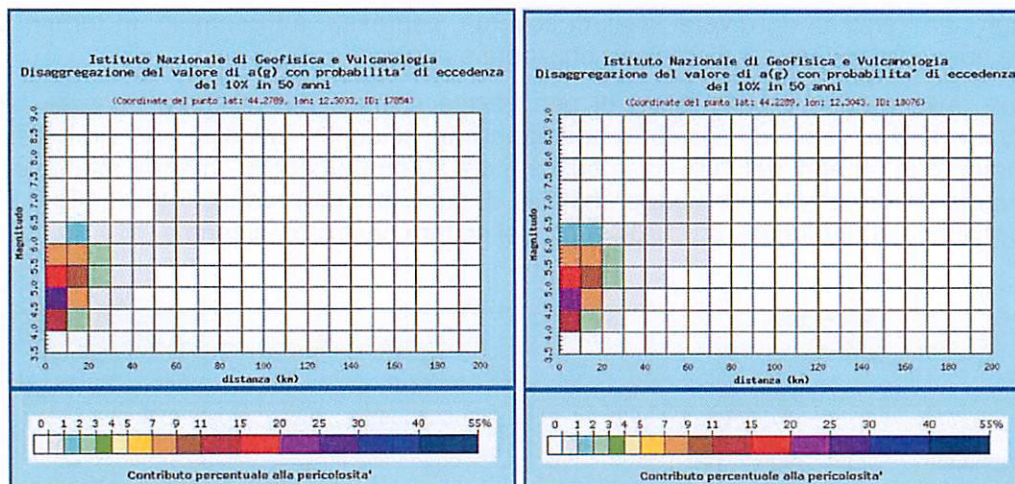


Fig. B.1.43 - Grafici di disaggregazione della PGA per i due range di valori presenti all'interno del territorio cervese: a sinistra  $0.15 < PGA < 0.175$ ; a destra  $0.175 < PGA < 0.2$ .

Dal grafico di disaggregazione (figura B.1.43) della PGA, per il primo range di valori ( $0.15 < PGA < 0.175$ ) si evince come il contributo più probabile alla pericolosità sismica della porzione settentrionale del territorio cervese sia dato dalla coppia (magnitudo; distanza) (4.5-5.0M; 0-10km), con magnitudo e distanza medie pari a 5.05M e 9.54 km; il contributo, per il settore centro-meridionale ( $0.175 < PGA < 0.2$ ) viene ancora dalla stessa coppia di valori, ma con magnitudo e distanza medi pari a 5.06M e 9.41km.

### B.1.7.3 Sismicità locale e aspetti normativi riguardanti la pianificazione territoriale

Sotto il profilo normativo, per quanto concerne la pianificazione territoriale, le normative nazionali (L. 741/1981, D.M. 14/01/2008) e regionali (L.R. 34/1984 e s.m.i., L.R. 20/2000, L.r. 3172002) richiedono che le Autonomie Locali promuovano studi e formulino indirizzi per la riduzione del rischio sismico, da applicare nelle diverse fasi della programmazione territoriale e pianificazione urbanistica.

La pericolosità di un'area può essere suddivisa in una pericolosità di base ed in una pericolosità locale, data da aspetti locali del territorio.

La sismicità di base di un'area, come visto precedentemente, dipende dalle sorgenti sismogenetiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti, aspetti che vengono comunemente indicati come "pericolosità sismica di base" e che sono presi in considerazione per definire le zone della classificazione sismica nazionale. Da tali caratteristiche deriva il moto di input atteso, per il calcolo del quale non sono valutate le caratteristiche locali ed il territorio è considerato uniforme, cioè pianeggiante e costituito da suolo rigido in cui la velocità di propagazione delle onde S è maggiore di 800 m/s ("Suolo A" dell'Eurocodice 8, dell'OPCM 3274/2003 e del D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le costruzioni").

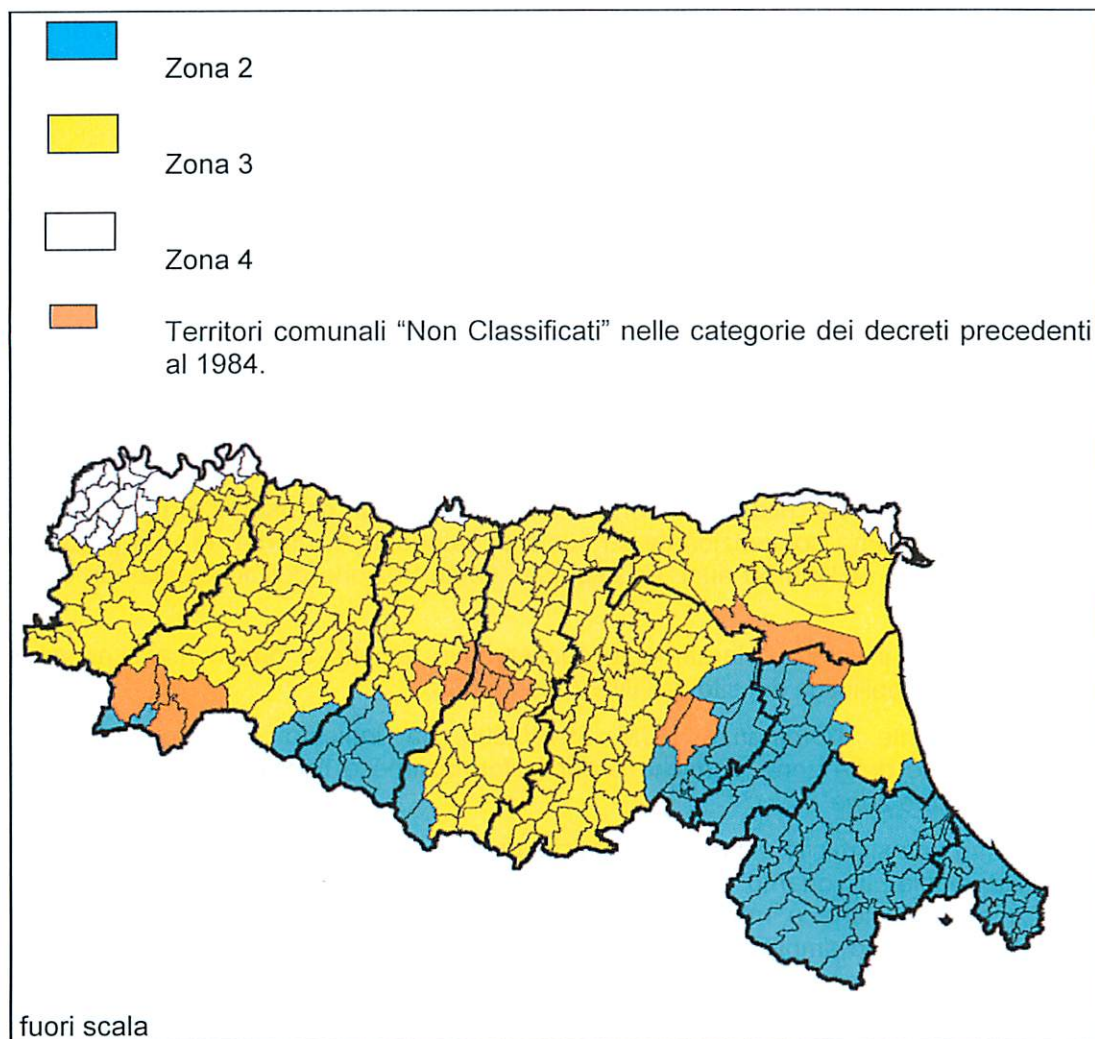


Fig. B.1.44 - Nuova classificazione sismica della Regione Emilia-Romagna.

A seguito dell'entrata in vigore del D.M. 14/01/2008 (pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 04/02/2008, n. 29, S.O.) "Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC) che recepisce la nuova classificazione sismica nazionale (O.P.C.M. 3274/2003), tutti i comuni sono classificati sismici, con diverso grado di pericolosità sismica.

La Regione Emilia Romagna, con Deliberazione della G.R. N. 1435/2003 del 21.07.2003, ha approvato una nuova classificazione sismica dei Comuni della Regione, in ottemperanza alla suddetta Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (figura B.1.44). Questa nuova classificazione, è operante dallo 08.05.2004 e conferma quella di cui alla citata Ordinanza.

Il territorio comunale di Cervia, viene classificato in categoria 2.

Con la nuova classificazione sismica (Ordinanza P.C.M. 3274 del 20/03/2003 e s.m.) il territorio nazionale è quindi stato suddiviso in 4 zone sismiche, a ciascuna delle quali è assegnato un intervallo di valori dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni; in particolare, per la determinazione delle

azioni sismiche, risulta assegnato un valore ( $a_g / g$ ), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, diverso per ogni zona sismica. I valori di  $a_g$ , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono:

Zona	Valore di $a_g$
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

Il Comune di Cervia ricade in zona sismica 2, a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A, riferita ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ed espressa come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , pari a 0,25g.

Come si vede, il valore è largamente conservativo rispetto a quello massimo generato dall'analisi probabilistica del sito dell'INGV, pari a 0,2.

Successivamente, l'Ordinanza PCM 3519/2006 ha indicato i "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

Accanto ad una sismicità di base, la sismicità di un'area risulta inoltre caratterizzata da una sismicità locale, in quanto il moto sismico in superficie può essere influenzato dalle condizioni geologiche e morfologiche locali; in particolare alcune forme e depositi del paesaggio possono amplificare il moto sismico e favorire fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione (**effetti locali**).

La zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno è perciò uno dei più importanti ed efficaci strumenti di definizione e rappresentazione della pericolosità sismica e quindi un'azione indispensabile per la prevenzione e riduzione del rischio sismico, dal momento che fornisce un contributo essenziale per l'individuazione delle aree a maggior pericolosità sismica. A tal riguardo la regione Emilia Romagna ha formulato indirizzi per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica da realizzare nelle fasi di pianificazione territoriale (Del. dell'Assemblea Legislativa n. 112 del 2/5/2007).

Tale adempimento regionale riveste particolare importanza sia con riferimento ai PTCP provinciali che ai Piani comunali in quanto si tratta di "indirizzi vincolanti per la formazione dei piani territoriali e urbanistici relativi ai Comuni dichiarati sismici, al fine di farli corrispondere alle esigenze di riduzione del rischio sismico".

In particolare con l'approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico (ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000) "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", alle Amministrazioni locali è richiesta la definizione della pericolosità sismica locale, la compatibilità degli strumenti urbanistici con la pericolosità sismica del territorio e le indicazioni per la mitigazione del rischio sismico.

Gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica concorrono alla riduzione del rischio



sismico, infatti, (art. A-2, comma 4, dell'Allegato alla LR 20/2000) attraverso analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione urbanistica ed orientano le proprie scelte localizzative, i possibili processi di trasformazione urbana e la realizzazione delle opere di interesse pubblico verso scenari di prevenzione e mitigazione del rischio sismico.

A tal fine, il quadro conoscitivo degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, deve perseguire lo scopo di migliorare la conoscenza delle componenti che determinano il rischio sismico, nonché fornire criteri di scelta finalizzati alla prevenzione e alla riduzione dello stesso, secondo un approccio graduale e programmatico alle varie scale e ai vari livelli di pianificazione.

Pertanto, nel definire il quadro conoscitivo, gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica devono avere riguardo alle parti di territorio interessate dai rischi per le opere e le attività umane determinate anche dalla pericolosità sismica.

Queste conoscenze della pericolosità sismica potenziale del territorio consentono alla pianificazione di evitare l'insorgenza di nuovi rischi attraverso la localizzazione di interventi in aree esposte a minor pericolo.

Scopo dell'atto di indirizzo di cui sopra, è quello di fornire i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica.

Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivo:

- l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, contenuti nel quadro conoscitivo, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La **prima fase** è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili in sede di elaborazione del PTCP e/o del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La **seconda fase** ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato con

due livelli di approfondimento (analisi semplificata, 2° livello di approfondimento e analisi approfondita, 3° livello di approfondimento); l'analisi deve essere condotta almeno per le aree già urbanizzate o indicate come suscettibili di urbanizzazione, ricadenti nelle aree potenzialmente soggette ad effetti locali individuate nella 1° fase.

Nell'analisi del secondo livello verranno indagate:

le aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività  $\leq 15^\circ$  in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

- un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi:
- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;
- aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica.

In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

#### ***B.1.7.4 – Microzonazione sismica – primo livello di approfondimento***

Per il PSC è stata creata una "Carta delle aree suscettibili di effetti locali" ed una "Carta degli effetti attesi", secondo quanto previsto nell'Allegato A1 dell'Atto di indirizzi della RER, dove vengono chiaramente indicate le aree che dovranno essere oggetto delle indagini di successivo e ulteriore approfondimento.

La "Carta delle aree suscettibili di effetti locali" e la "Carta degli effetti attesi" (Tavole QC-B.9 e QC-B.11, figure B.1.45 e B.1.47), hanno l'obiettivo di perseguire la riduzione del rischio sismico e di agevolare gli adempimenti comunali in materia sismica con riguardo alla trasformazione a fini edificatori delle previsioni urbanistiche. Le Carte identificano scenari di pericolosità sismica locale con riguardo all'intero territorio comunale e concorrono alla definizione delle scelte di piano fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione.

Con riferimento alla pericolosità sismica, si ricorda che alcune caratteristiche fisiche del territorio possono amplificare gli effetti in superficie dei terremoti e costituire aspetti predisponenti per fenomeni di instabilità dei terreni, quali cedimenti, liquefazione e instabilità dei versanti. L'aumento dei risentimenti sismici (amplificazione) per condizioni locali e i cedimenti per liquefazione e addensamenti causati da un terremoto vengono

comunemente definiti "effetto di sito" o "effetti locali".

Dal momento che il territorio comunale di Cervia si colloca, dal punto di vista geografico, nella bassa pianura, gli effetti di sito riguarderanno esclusivamente problemi relativi ad amplificazione per condizioni litostratigrafiche locali ed a cedimenti per liquefazione ed addensamenti dei terreni causati da un evento sismico.

Per definire la pericolosità sismica locale e gli effetti di sito, con valutazioni ancorché parziali della risposta sismica locale, si è optato in questa sede di fare riferimento alle indagini geognostiche esistenti, di cui si è trattato ampiamente nel paragrafo dedicato alla resistenza meccanica dei terreni, ed alle cartografie litologica di superficie e geomorfologica.

In questa sede viene pertanto eseguita una ricognizione dei possibili rischi connessi ad effetti locali attraverso l'analisi dei dati esistenti. In successive fasi d'intervento l'occorrenza di tali fenomeni andrà valutata puntualmente con opportune indagini geognostiche il cui scopo sarà anche quello di classificare il terreno di fondazione nelle categorie individuate dal DM 14/01/2008.

Nel territorio cervese sono state rappresentate le aree con diverse litologie affioranti, essenzialmente sulla base della granulometria prevalente:

1) Sono state rappresentate le zone in cui affiorano terreni prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; sono zone potenzialmente soggette ad amplificazione e quindi in queste aree dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione.

2) Vengono indicate le zone in cui sono presenti depositi prevalentemente sabbiosi, dati da riempimenti di canale alluvionale e di piana costiera; la presenza di sabbie, soprattutto se incoerenti e ben classate, nei primi 20 m dal p.c., unitamente alla presenza della falda acquifera a profondità inferiore a 15 m dal p.c., costituiscono caratteri predisponenti il verificarsi del fenomeno della liquefazione in caso di forti scosse sismiche (magnitudo uguale o maggiore di 5.5 e durata del sisma superiore a 15/20 secondi). In queste zone, pertanto, dovranno essere valutati, oltre all'amplificazione anche il potenziale di liquefazione e gli eventuali cedimenti post-sismici.

3) Sono state rappresentate le zone in cui affiorano terreni prevalentemente limosi ed argillosi di piana alluvionale; sono zone potenzialmente soggette ad amplificazione e cedimenti, pertanto in queste aree dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione e stimati i cedimenti.

La rappresentazione spaziale di detti elementi ha portato ad individuare, sulla "Carta delle aree suscettibili di effetti locali", aree omogenee così caratterizzate:

Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione e cedimenti;

Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a possibili cedimenti.

La prima voce corrisponde ai dossi/paleodossi/paleoalvei, ai cordoni dunosi ed alla piana costiera, in cui è accertato o molto probabile vi siano livelli limo-sabbiosi che in occasione di sollecitazioni sismiche possono dare origine a fenomeni di liquefazione, oltre all'amplificazione del segnale sismico per motivi litologici.

La seconda voce comprende tutte le parti del territorio in cui non compare la prima e sulle quali si verifica l'amplificazione del segnale sismico per motivi litologici.

In entrambe le carte, oltre agli elementi che concorrono a definire gli scenari di pericolosità

locale, sono riportati alcuni dati utili alla comprensione delle valutazioni eseguite per comporre la stessa, ovvero: l'ubicazione dei sondaggi geognostici, le isopieze e l'ubicazione dei pozzi per acqua utilizzati per la ricostruzione della soggiacenza della falda superficiale.

Nella "Carta degli effetti attesi" (Tavola QC-B.11, figura B.1.47), le aree descritte nella "Carta delle aree suscettibili di effetti locali" sono state classificate in base agli effetti che è ragionevole attendersi in caso di sisma, identificando, per ognuna di esse, un livello di approfondimento per le analisi da eseguire nelle successive fasi di pianificazione (II o III livello), sempre in base a quanto stabilito dalla Delibera Regionale.

Gli approfondimenti di II livello sono: la valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafica; quelli di III livello sono: la valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafica, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti post-sismici attesi, sia nei terreni risultati liquefacibili che nei terreni coerenti con coesione non drenata inferiore a 70 kPa.

Nel territorio cervese, le aree per cui si prevede un II livello di approfondimento coincidono sostanzialmente con le litologie coerenti della piana alluvionale retrostante il cordone flandrino, ad esclusione dei dossi fluviali. Le aree per cui è previsto un III livello di approfondimento sono, invece, le complementari, caratterizzate dalla presenza di terreni incoerenti, probabilmente in falda.

Inoltre, i risultati derivanti dall'analisi semplificata della suscettività alla liquefazione, secondo il metodo di Robertson & Wride (1998), effettuata sulle verticali penetrometriche d'archivio, hanno permesso di identificare quelle aree che, in caso di sisma, sono più suscettibili al fenomeno della liquefazione. Magnitudo e accelerazione massima utilizzate per l'analisi semplificata sono pari, rispettivamente, a: 5,7 e 0,25g.

Le aree che l'elaborazione delle prove penetrometriche ha restituito come probabili di liquefazione in caso di sisma sono concentrate, chiaramente, nella fascia costiera, in particolare nel capoluogo e tra Pinarella e Tagliata, ma anche nell'entroterra, verso il distretto industriale di Montaletto, e al limite sud-orientale, nei pressi di Vismarina.

Anche per queste aree, la "Carta degli effetti attesi" prevede approfondimenti di III livello per la definizione del coefficiente di amplificazione stratigrafica, per il calcolo del potenziale di liquefazione e dei cedimenti post-sismici attesi nei livelli risultati potenzialmente liquefacibili.

Infine, dall'analisi delle resistenze all'infissione della punta penetrometrica, sintetizzata nella Tavola QC-B.7, sono state selezionate le aree in cui tale resistenza, per quanto riguarda i primi 4 m dal piano campagna, è risultata inferiore a 8 kg/cmq. In tali aree è, infatti, ragionevole attendersi valori di coesione non drenata inferiori a 70 kPa, valore soglia al di sotto del quale potrebbero verificarsi fenomeni di densificazione (quindi cedimenti) post-sismica. Anche per queste aree sono stati previsti approfondimenti di III livello, per la determinazione del coefficiente di amplificazione stratigrafica e per la determinazione degli eventuali cedimenti post-sismici. Le aree caratterizzate da  $R_p < 8 \text{ kg/cmq}$  sono presenti solo nelle frazioni di Castiglione e Cannuzzo, con estensione molto limitata.

#### ***B.1.7.5 – Microzonazione sismica – secondo livello di approfondimento (analisi semplificata)***

Come richiesto dalla direttiva regionale, si è operato al fine di discretizzare il territorio comunale in ambiti caratterizzati da uguale amplificazione del moto sismico. Tale discretizzazione è stata effettuata in base ai risultati di una campagna geofisica ad hoc costituita da nr. 13 prospezioni sismiche MASW accoppiate ad altrettante prospezioni

HAVSR.

L'amplificazione del segnale sismico è legata essenzialmente alla natura ed alla consistenza delle litologie presenti, ma anche alla natura ed alla struttura del substrato a comportamento rigido (*bedrock* sismico).

In conformità a quanto previsto nell'Allegato n. 2 dell'Atto di indirizzi della RER, per calcolare i Fattori di Amplificazione (F.A.), oltre alla determinazione della  $V_{s30}$ , si è definita la situazione sismostratigrafica in cui si colloca il territorio comunale, per l'utilizzo delle tabelle di riferimento.

Infatti, per utilizzare le tabelle contenute nell'Atto di indirizzi della RER, occorre definire anche la profondità del *bedrock* sismico (H), inteso come lo strato in cui la velocità delle onde di taglio  $V_s$  raggiunge circa 800 m/sec o in corrispondenza del quale si ha un grande contrasto d'impedenza relativamente allo strato sovrastante.

Tutte le verticali HVSR eseguite hanno individuato una profondità del *bedrock* sismico superiore a 100 m.

Nelle definizioni precedenti,  $V_{s30}$  è la velocità media di propagazione, entro i primi 30 m di profondità, delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m dal piano campagna.

Con riferimento all'allegato 2 dell'Atto d'indirizzi della RER, per la determinazione del fattore di Amplificazione (FA) si possono individuare, per il territorio cervese, due diverse situazioni litostratigrafiche, denominate Costa 3 e Pianura 2, che, a parità di profondità del *bedrock* sismico ( $> 100$  m), si differenziano in ragione della costituzione litostratigrafica.

Ambito di Costa 3: profilo stratigrafico costituito da "alternanze, potenti anche decine di metri, di sabbie e peliti con intercalazioni di lenti e orizzonti di ghiaie (spessori metrici, fino a circa 20 m), sabbie costiere superficiali (con spessore fino a 10 m) e substrato profondo ( $> 100$  m)".

Ambito di Pianura 2: profilo stratigrafico costituito da "alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche di decine di metri), con substrato profondo  $> 100$  m dal p.c.".

A seconda che ci si ritrovi in uno dei due ambiti, si utilizzano differenti tabelle per il calcolo dei Fattori di Amplificazioni.

Nella tabella che segue vengono riassunti, oltre alla individuazione della  $V_{s30}$  e della profondità del *bedrock* sismico per ogni prova, anche i valori del fattore di amplificazione FA, espresso sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale ( $PGA/PGA_0$ ), sia in termini di rapporto di Intensità di Housner ( $SI/SI_0$ ), per prefissati intervalli di periodo, corrispondenti a  $0.1s < T_0 < 0.5s$  e a  $0.5s < T_0 < 1s$ .

Indagine MASW/HVSR	Profondità bedrock sismico	Vs30 da indagine MASW/HVSR	Valori di F.A.	Valori di F.A.	Valori di F.A.	Ambito
n	m	m/s	F.A. PGA	F.A. IS 0,1<T <sub>0</sub> <0,5	F.A. IS 0,5<T <sub>0</sub> <1	
1	>100	186	1,8	2,2	2,5	COSTA 3
2	>100	191	1,8	2,2	2,5	COSTA 3
3	>100	191	1,8	2,2	2,5	COSTA 3
4	>100	181	1,8	2,2	2,5	COSTA 3
5	>100	181	1,8	2,2	2,5	COSTA 3
6	>100	192	1,8	2,2	2,5	COSTA 3
7	>100	194	1,8	2,2	2,5	COSTA 3
8	>100	225	1,5	1,8	2,5	PIANURA 2
9	>100	196	1,5	1,8	2,5	PIANURA 2
10	>100	200	1,5	1,8	2,5	PIANURA 2
11	>100	231	1,5	1,8	2,3	PIANURA 2
12	>100	232	1,5	1,8	2,3	PIANURA 2
13	>100	186	1,5	1,8	2,5	PIANURA 2

Tabella dei fattori di amplificazione litostratigrafica determinati con metodo semplificato.

Le differenti colorazioni consentono di individuare le differenti terne omogenee di fattori di amplificazione sismica; gli stessi colori sono stati utilizzati per la rappresentazione cartografica sia delle verticali sismiche, sia delle aree stimate, tramite estrapolazione) come caratterizzate dalla stessa terna di fattori di amplificazione (Tavola QC-B.10 e figura B.1.46).

Nella Tavola QC-B.10 "Fattori di amplificazione" è riportata, oltre all'ubicazione delle indagini sismiche MASW e HVSR eseguite ad hoc, l'individuazione territoriale delle classi dei fattori di amplificazione così definite:

1<sup>a</sup> classe

F.A. PGA = 1,8

F.A. IS 0,1<T<sub>0</sub><0,5 = 2,2

F.A. IS 0,5<T<sub>0</sub><1 =2,5

2<sup>a</sup> classe

F.A. PGA = 1,5

F.A. IS 0,1<T<sub>0</sub><0,5 = 1,8

F.A. IS 0,5<T<sub>0</sub><1 =2,5

3<sup>a</sup> classe

F.A. PGA = 1,5

F.A. IS 0,1<T<sub>0</sub><0,5 = 1,8

F.A. IS 0,5<T<sub>0</sub><1 =2,3

Dai dati delle prospezioni sismiche disponibili (seppur non omogeneamente distribuite su tutto il territorio) emerge una significativa differenza tra i valori di amplificazione registrati, in particolare tra la piana costiera e l'entroterra, e chiaramente determinata dalle due situazioni litostratigrafiche completamente differenti. I maggiori fattori di amplificazione sono concentrati nella piana costiera, mentre, per quanto riguarda l'entroterra, le due terne di fattori ivi presenti sono tra loro molto simili.

#### ***B.1.7.6 – Microzonazione sismica – sintesi ai sensi della DAL 112/2007***

Infine, per dare immediatezza al quadro comunale degli approfondimenti necessari alla pianificazione operativa, è stata creata una carta di sintesi della pericolosità sismica (figura B.1.48 e Tavola QC-B.12) in cui sono state evidenziate le seguenti parti del territorio:

1) aree che non necessitano di approfondimento, in quanto si ritiene il pericolo assente o trascurabile: si tratta di parti di territorio per le quali gli studi di primo livello non hanno individuato specifiche controindicazioni all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso;

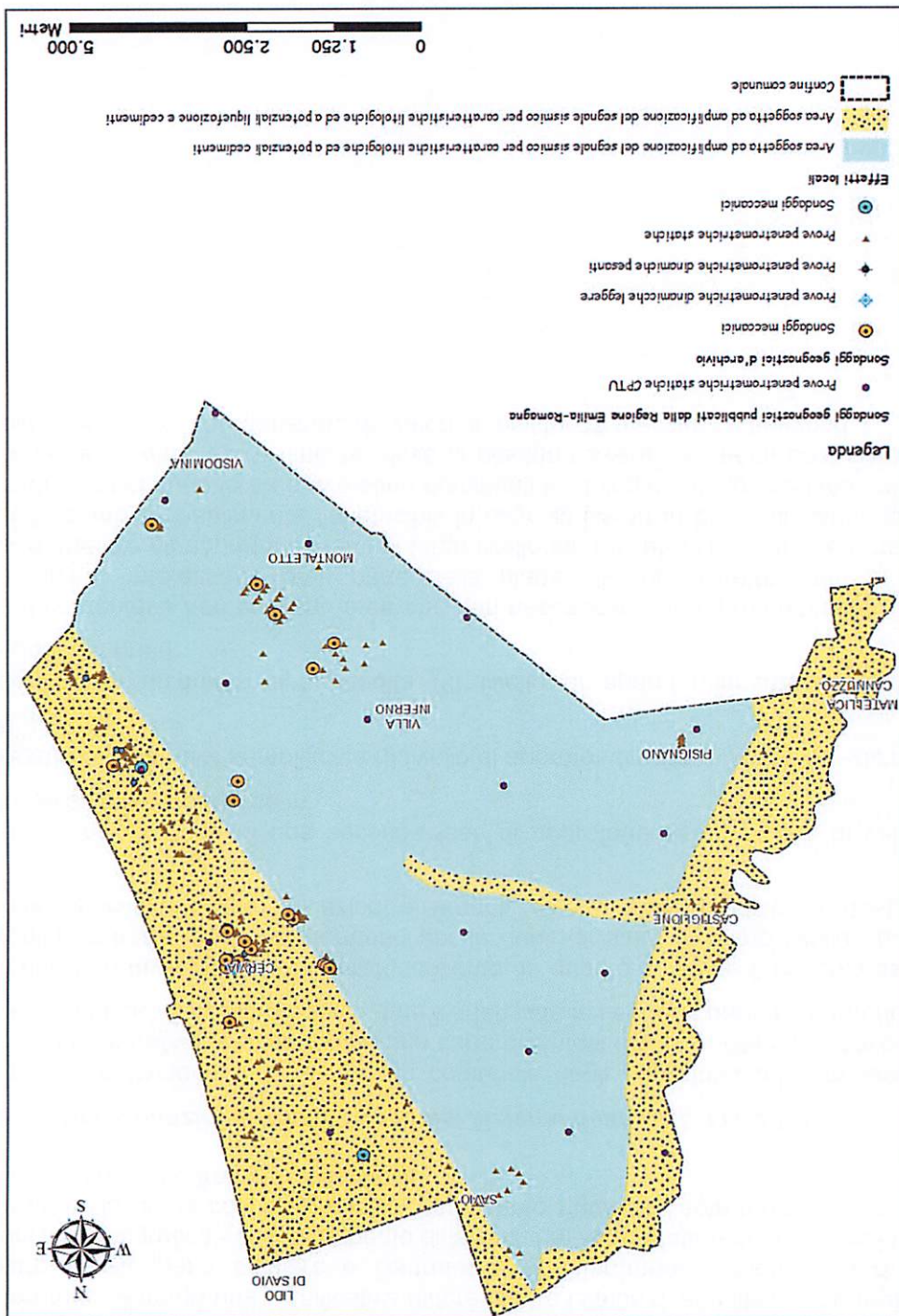
2) aree che necessitano di una seconda fase di approfondimento al fine di valutare la pericolosità sismica, suddivise in:

aree oggetto di un'analisi semplificata (II livello di approfondimento - punto 2a - disposizioni generali);

aree oggetto di un'analisi approfondita (III livello di approfondimento – punto 2b - disposizioni generali).

Nel territorio cervese non esistono aree che non necessitano di approfondimenti. Quelli di secondo livello interessano gran parte della piana alluvionale retrostante il cordone flandriano, mentre gli approfondimenti di terzo livello interessano chiaramente tutte le aree individuate come probabilmente liquefacibili in caso di sisma in base all'elaborazione dei dati penetrometrici, tutte le aree ove sono dominanti le litologie sabbiose e limo-sabbiose e le poche aree, di estensione limitata, dove si possono avere cedimenti post-sismici nello strato più superficiale, caratterizzato da valori di resistenza meccanica mediocri.

Fig. B.1.45 - Carta delle aree soggette ad effetti locali, su base semplificata.





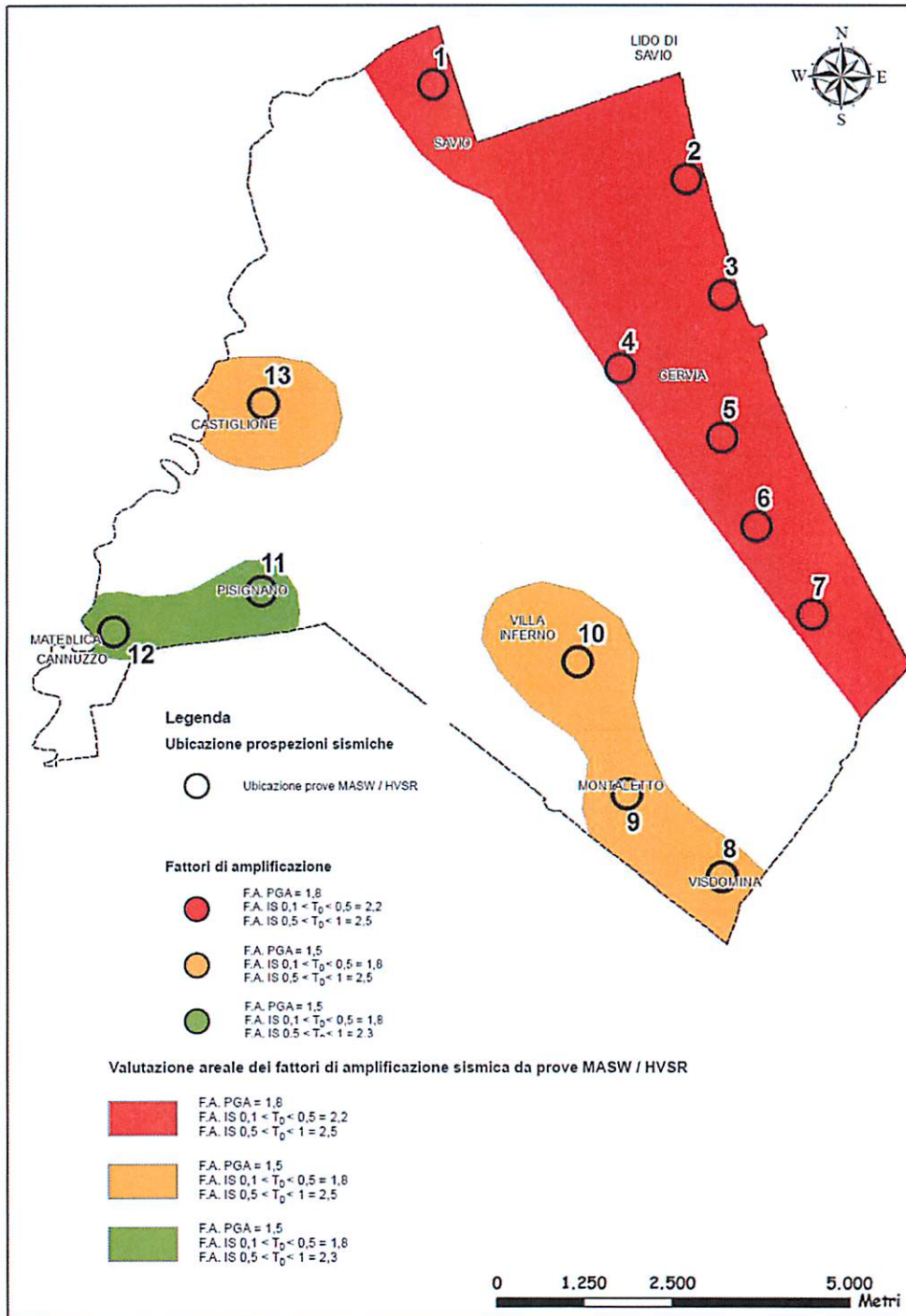


Fig. B.1.46 - Carta dei fattori di amplificazione sismica, su base semplificata.

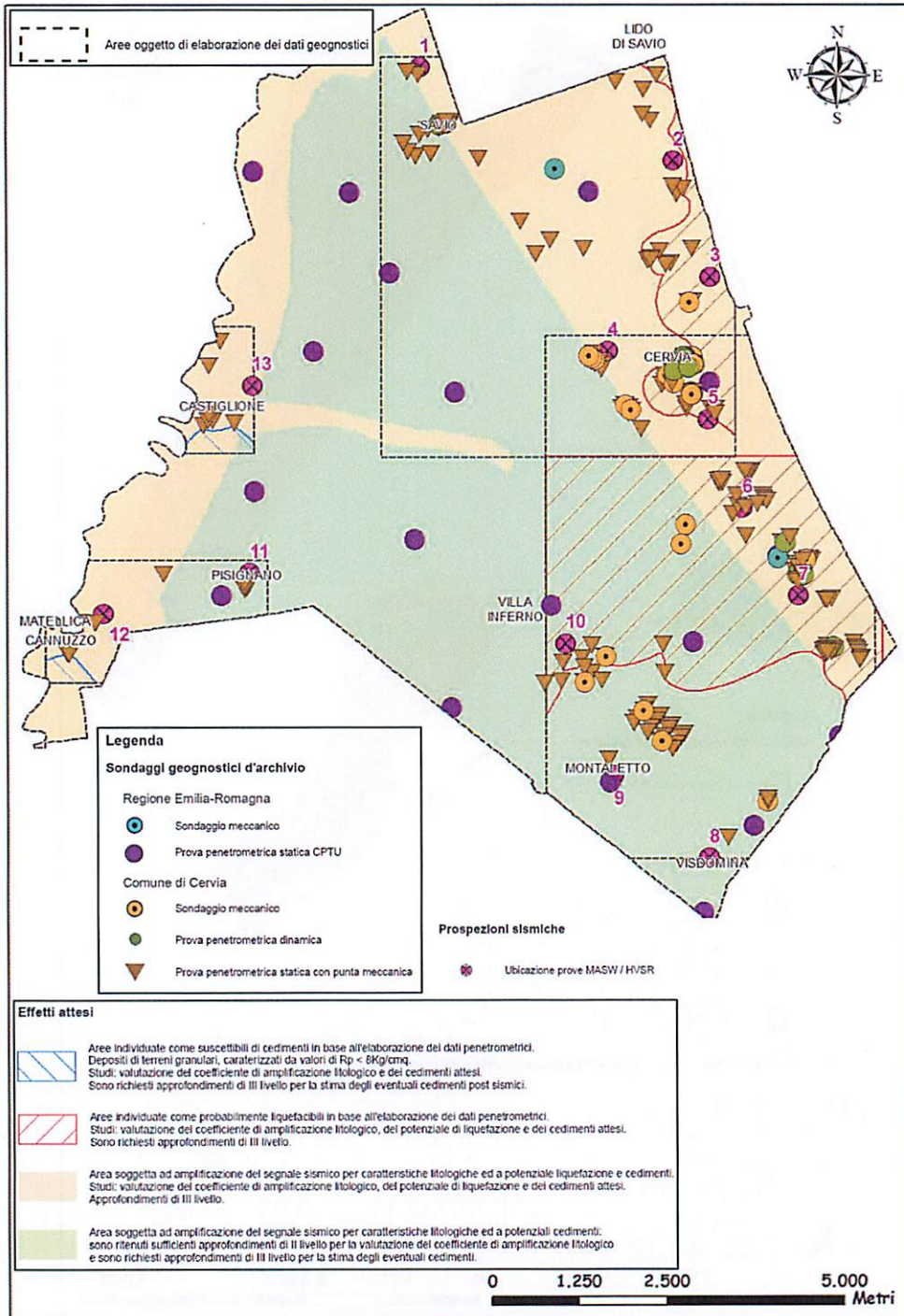


Fig. B.1.47 - Carta degli effetti attesi, su base semplificata.

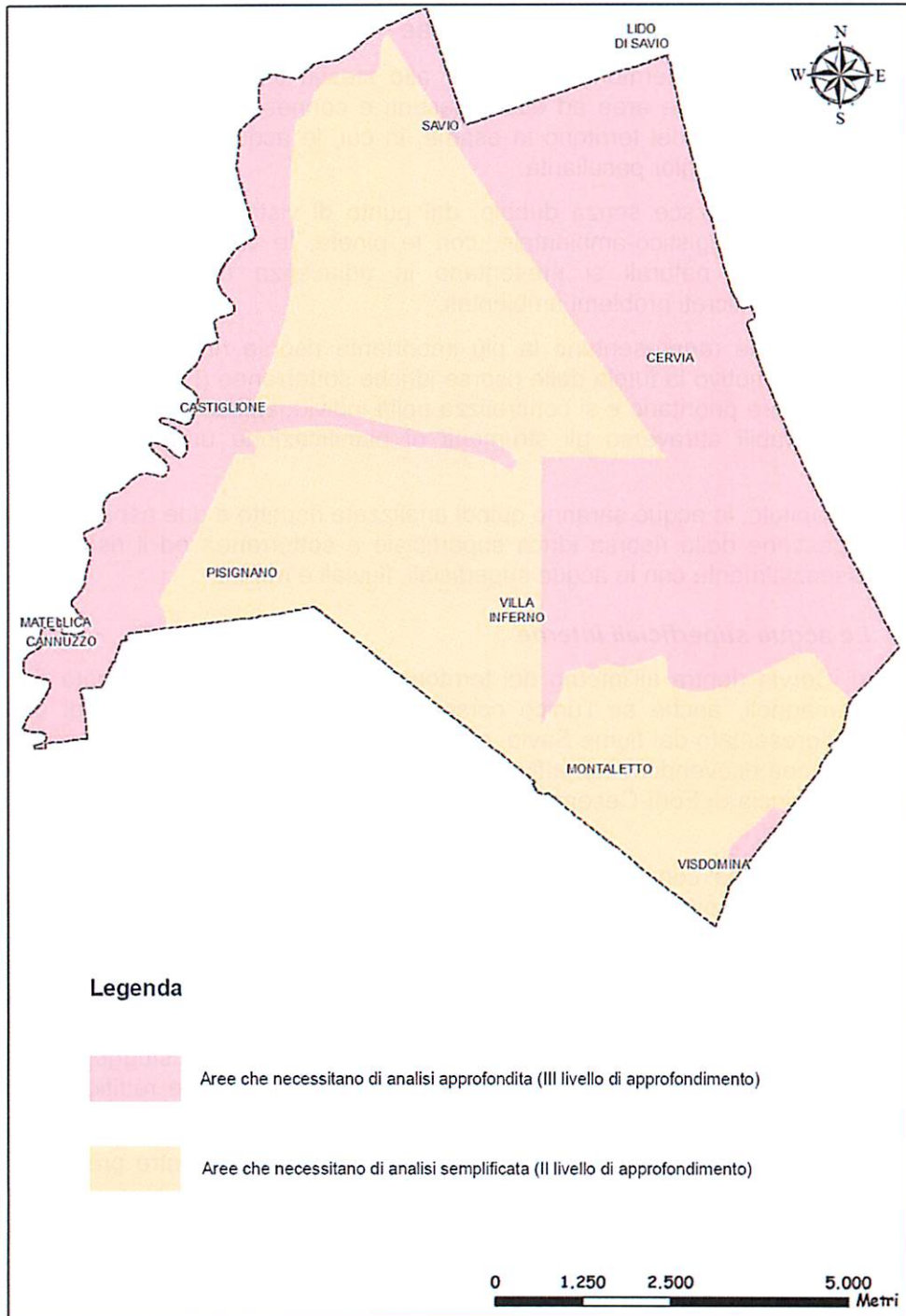


Fig. B.1.48 - Carta di sintesi della pericolosità sismica ai sensi della DAL 112/2007

## **B.1.8 – Acque superficiali e sotterranee**

L'acqua costituisce per il territorio in esame, allo stesso tempo, elemento di pregio e criticità; i corsi d'acqua e le aree ad essi adiacenti e connesse rappresentano uno degli ecosistemi più complessi del territorio in esame, in cui, le acque superficiali, definiscono uno degli elementi di maggior peculiarità.

La zona costiera costituisce senza dubbio, dal punto di vista ambientale, un areale di notevole valore paesaggistico-ambientale, con le pinete, le valli e le saline, anche se spesso, tali elementi naturali si presentano in adiacenza o frammisti a fasce di urbanizzazione con discreti problemi ambientali.

Le acque sotterranee rappresentano la più importante risorsa rinnovabile di qualunque territorio e per tale motivo la tutela delle risorse idriche sotterranee (RIS) assume in questo contesto un carattere prioritario e si concretizza nella individuazione, protezione e gestione delle aree vulnerabili attraverso gli strumenti di pianificazione urbanistico-territoriale e settoriale.

Nel presente capitolo, le acque saranno quindi analizzate rispetto a due aspetti principali: la qualità e la gestione della risorsa idrica superficiale e sotterranea ed il rischio idraulico, connesso essenzialmente con le acque superficiali, fluviali e marine.

### ***B.1.8.1 – Le acque superficiali interne***

Il comune di Cervia rientra all'interno del territorio di competenza dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli, anche se l'unico corso d'acqua a regime naturale di una certa rilevanza è rappresentato dal fiume Savio, che sul territorio comunale scorre pensile, entro argini artificiali, non ricevendo alcun affluente o canale di scolo; il suo bacino infatti, che ha origine nella provincia di Forlì-Cesena, nella Provincia di Ravenna si chiude riducendosi al solo alveo del fiume.

Il corso d'acqua nasce con il nome di Fosso Grosso a quota 1090 m s.l.m. a Monte Castelvecchio, nei pressi di Montecoronaro; la sua lunghezza è circa 126 km, di cui 16,8 Km in territorio comunale di Cervia, nel quale il corso d'acqua definisce il confine nord-occidentale con il comune di Ravenna. Dopo Cesena, il fiume scorre in una bassa piana alluvionale e il suo corso è stato arginato e rettificato in molti punti; a tratti il fiume si presenta degradato. Questa situazione rimane costante fino alla foce dove, a valle della Strada Statale n. 16 (Adriatica), oltre il confine comunale, il corso sfugge all'arginatura artificiale per snodarsi in ampi meandri, solo parzialmente regimati e rettificati, ricreando una zona umida fino allo sbocco in mare in prossimità dell'abitato di Lido di Savio.

La sua portata media a Mensa Matellica è circa pari a 7.0 m<sup>3</sup>/s, mentre presso la foce è pari a circa 6 m<sup>3</sup>/s.

Fanno parte del suo bacino, dal punto di vista amministrativo, alcuni piccoli bacini artificiali di pianura: il Canale Via Cupa, il Porto Canale di Cervia (comprensivo del bacino delle Saline) e più a Sud il Canale di scarico dell'Idrovora Tagliata, che sfocia a mare al confine tra i comuni di Cervia e Cesenatico. Il controllo periodico delle caratteristiche qualitative e quantitative delle acque del fiume Savio è affidato interamente alla Provincia di Forlì per tutte le stazioni fino alla chiusura di bacino, anche perché nella provincia ravennate il fiume scorre pensile, senza l'apporto di alcuna immissione.

Dal punto di vista della qualità delle acque, il corso d'acqua riceve lungo il proprio percorso carichi inquinanti provenienti da diversi insediamenti; nonostante ciò rileva una capacità

naturale di contenere le criticità ambientali determinate dagli impatti antropici, rilevanti lungo tutto il bacino.

Per il reperimento di dati aggiornati relativamente allo stato ambientale del fiume Savio si è fatto riferimento al PTCP della Provincia di Forlì-Cesena ed in particolare ai dati riportati nell'Allegato 2 – Parte V “2.5 I corpi idrici significativi, le reti di monitoraggio e la qualità dei corpi idrici superficiali e sotterranei” e relativi al periodo 2001/2002 – 2007; di seguito si riporta l'andamento dei dati relativi a LIM, IBE, SECA e SACA per la stazione di Mensa Matellica, presa a riferimento per il tratto fluviale d'interesse comunale.

FIUME SAVIO – STAZIONE PONTE MATELLICA									
TIPO	LIM 1999	LIM 2000	LIM 2001	LIM 2002	LIM 2003	LIM 2004	LIM 2005	LIM 2006	LIM 2007
AS	190	150	180	300	240	230	170	220	190
TIPO	IBE 1999	IBE 2000	IBE 2001	IBE 2002	IBE 2003	IBE 2004	IBE 2005	IBE 2006	IBE 2007
AS	6	7	6-7	6	6	6	6	7	8
TIPO	SECA 1999	SECA 2000	SECA 2001	SECA 2002	SECA 2003	SECA 2004	SECA 2005	SECA 2006	SECA 2007
AS	Classe 3	Classe 3	Classe 3	Classe 3	Classe 3	Classe 3	Classe 3	Classe 3	Classe 3

Indice LIM, IBE, SECA.

TIPO	SACA 01-02	SACA 2003	SACA 2004	SACA 2005	SACA 2006
AS	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente

Indice SACA.

Per il fiume Savio, corpo idrico significativo classificato con uno stato ambientale “sufficiente”, è fissato il mantenimento dello stato “sufficiente” al 2008 e il raggiungimento dello stato “buono” al 2016.

Il SECA è costante dal 2001-2002 al 2007 mantenendo costante una classe 3, raggiungendo, per la stazione di Ponte Matellica, gli obiettivi di qualità al 2008 definiti per legge; si sottolinea positivamente la classe 3 della stazione in chiusura di bacino, nonostante i diversi fattori critici rilevabili: numerosi scarichi civili non collettati, attività agricole e zootecniche molto sviluppate, rilevanti attività industriale nel cesenate e lo scolmatore di piena di Cesuola, spesso causa di impatti puntuali.

Si rileva per altro che nella stazione in esame non si risente nemmeno dei peggioramenti che si registrano nel periodo 2005 per tutte le altre stazioni, ad eccezione appunto delle stazioni di San Carlo e Mensa Matellica (sono le due stazioni di tipo AS), dove il SECA rimane costante.

I dati chimico-microbiologici e biologici registrati fanno segnalare un passaggio da livello 3 del periodo 1999 – 2001 ad un livello 2 del periodo 2003-2004, per poi tornare a peggiorare nel periodo successivo, mantenendosi sempre su un livello 3.

Il Porto Canale di Cervia, considerato assieme al Canale Via Cupa Nuovo parte integrante del bacino del fiume Savio, convoglia direttamente a mare le proprie acque; riceve le acque provenienti dalle saline di Cervia e le acque piovane dell'abitato di Cervia e Milano Marittima. Sfocia in mare fra Cervia e Milano Marittima. La foce è protetta da due moli. Il

corso d'acqua, sul territorio comunale si estende per circa 3,4 km, mentre il bacino occupa circa 0,17 km<sup>2</sup>.

Il Canale Via Cupa Nuovo è un canale consortile di bonifica nato come canale di scolo delle acque di campagna nel territorio cervese; riceve le acque provenienti dal depuratore di Cervia che, nel periodo estivo, vengono utilizzate in parte per la fertirrigazione. Sfocia in località Milano Marittima. La foce è protetta da 2 moli lunghi circa 90 m. Il corso d'acqua, sul territorio comunale si estende per circa 3,3 km, mentre il bacino occupa circa 486.000 m<sup>2</sup>. I corsi d'acqua che afferiscono al bacino del canale Via Cupa Nuovo hanno in parte un tipo di scolo naturale (zona occidentale) ed hanno come recapito il canale di Valle Felici; in parte hanno un tipo di tipo meccanico (parte orientale), ed in quest'ultimo caso fanno capo all'idrovora di Via Cupa attraverso lo Scolo Fortino.

I corsi d'acqua che afferiscono al bacino del Canale Via Cupa Nuovo sono:

NOME	LUNGHEZZA SUL T.C. (m)	TIPO DI SCOLO
FOSSO DEL BOSCO	1024	NATURALE
CANALE DUCA D'ALTEMPS	1306	NATURALE
SCOLO LUNARDA ACQUE ALTE	22,6	NATURALE
SCOLO POZZETTO I° RAMO	546,2	NATURALE
SCOLO POZZETTO II° RAMO	569,3	NATURALE
SCOLO COMANDINI	1544	NATURALE
SCOLO FORNAZZO	2229	NATURALE
SCOLO FORNAZZO I° RAMO	234	NATURALE
SCOLO OSPEDALE	977,2	NATURALE
SCOLO POZZETTO DEL COMANDINI	1738,45	NATURALE
SCOLO VIA CUPA	2860	NATURALE
SCOLO VIA CUPA NUOVO	3303	NATURALE
SCOLO VIA CUPA VECCHIO	15,57	NATURALE
SCOLO BONIFICA DELLA RAGAZZENA	1116,45	NATURALE
CANALE GIULIANI	324,47	MECCANICO
CANALE DI BONIFICA	67,66	MECCANICO
SCOLO MORETTI	1485	MECCANICO
SCOLO BASSONA	1207,34	MECCANICO
SCOLO FORTINO	2804,52	MECCANICO
SCOLO LUNARDA ACQUE BASSE	143,33	MECCANICO

Per quanto riguarda i dati disponibili sulla qualità delle acque relativamente ai due corsi d'acqua, il cui monitoraggio è stato effettuato dalla provincia di Ravenna sin dagli anni '90; i dati storici disponibili, risalenti al periodo 1993-1997 segnalavano condizioni di forte compromissione per le acque del Canale Via Cupa Nuovo e caratteri di buona qualità, invece, per il Porto Canale di Cervia. Il monitoraggio, proseguito fino ad oggi (2010), indica, per quanto riguarda la qualità delle acque superficiali del Canale Via Cupa Nuovo (Ponte Maneggio), valori dell'indice "LIM" caratteristici di una qualità chimica pressoché costantemente scadente; negli anni 1999 e 2002 la qualità chimica è risultata pessima (Fonti: Relazione di sintesi sulla qualità delle acque superficiali della provincia di Ravenna, Anno 2008 – Arpa Ravenna; Variante al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Ravenna in attuazione del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna – Sintesi del Quadro Conoscitivo, degli Obiettivi e dei Programmi, Marzo 2011 – Arpa Ravenna; Comune di Cervia, Dichiarazione ambientale – Aggiornamento annuale 2011).

A seguito dei fenomeni di eutrofizzazione provocati dalla microalga *fibrocapsa japonica* a

partire dal 2005, il Comune di Cervia ha stipulato una convenzione con ARPA (sezione di Ravenna) per un programma di monitoraggio delle acque superficiali nel territorio comunale per il biennio 2006-2007 che ha realizzato campionamenti mensili da marzo a settembre presso il Canale di bonifica Tagliata e il Canale Emissario delle Saline (il cui monitoraggio è indicativo della qualità delle acque del Porto Canale). Dalla relazione conclusiva di ARPA si evince che le due stazioni monitorate presentano le caratteristiche normali tipiche di tutti i terminali di bonifica emiliano-romagnoli: moderata eutrofia, discreta salinità (o elevata per il Canale Emissario), qualità ambientale tra sufficiente e scadente, applicando la classificazione dei macrodescrittori biologici secondo il D.Lgs n. 152/06 (e s.m.i.). L'affidamento ad ARPA per il monitoraggio delle acque superficiali del territorio comunale è stato rinnovato e previsto fino al 2012 (Fonte: Comune di Cervia, Dichiarazione ambientale – Aggiornamento annuale 2011).

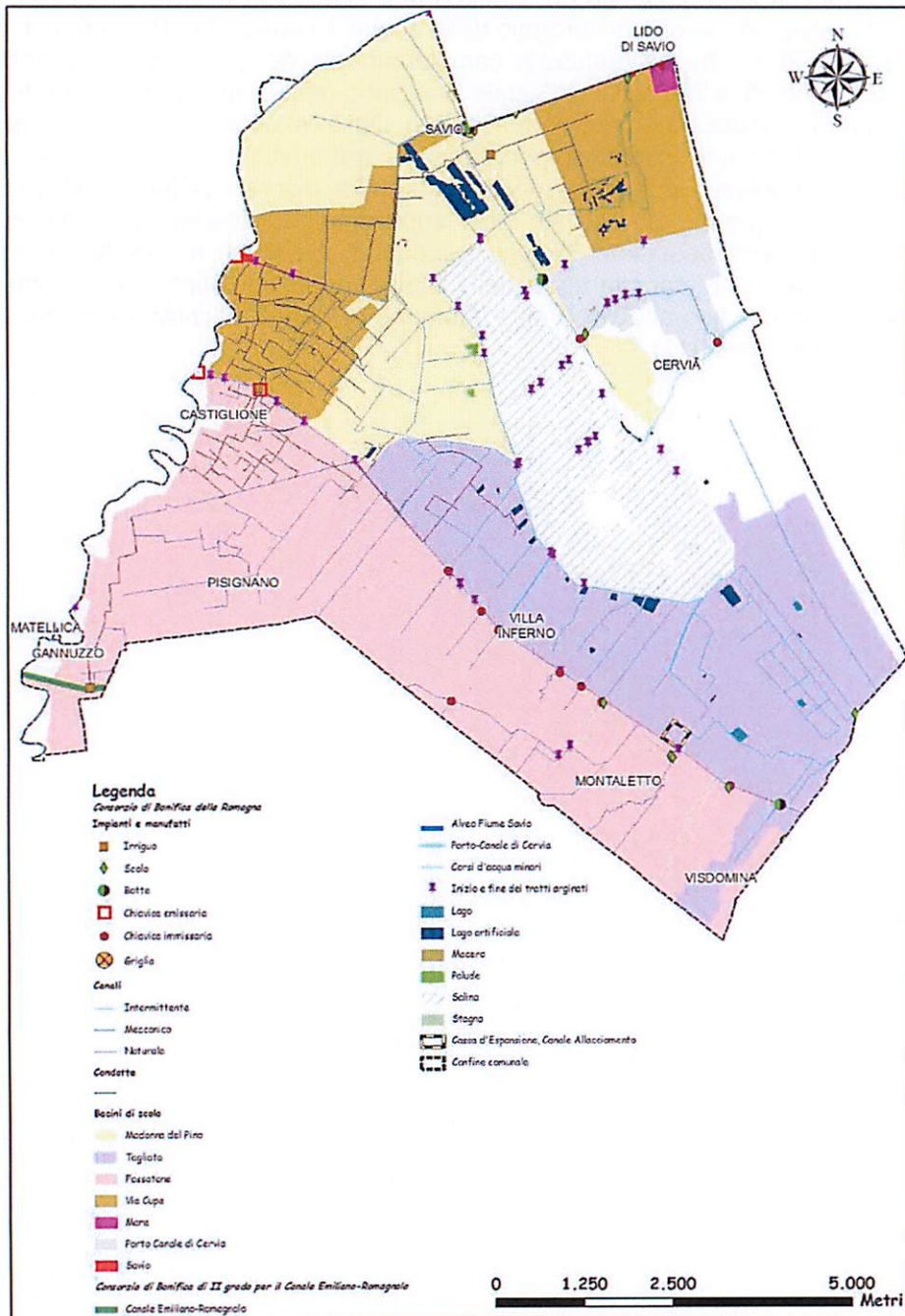


Fig. B.1.49 - Carta dell'idrografia superficiale su base semplificata.

Il resto dell'idrografia secondaria è rappresentata da scoli e canali, naturali o artificiali ad uso scolante, irriguo e promiscuo, atti al drenaggio delle acque di circolazione superficiale verso i corsi d'acqua principali e all'uso irriguo nella stagione estiva; la gestione del acque è in carico al Consorzio di Bonifica della Romagna, istituito con decorrenza 1 ottobre 2009,



dall'accorpamento del Consorzio di Bonifica della Romagna Centrale, del Consorzio di Bonifica Savio e Rubicone e del Consorzio di Bonifica della Provincia di Rimini.

Oltre ai sottobacini del canale Via Cupa Nuovo e del Porto Canale di Cervia, sul territorio comunale s'individuano altri tre bacini principali (figura B.1.49):

Il bacino del Canale di scarico idrovoro della Tagliata, che recapita le acque nell'omonimo canale e ha sul territorio comunale un'estensione di circa 0,16 km<sup>2</sup>, tale bacino convoglia le acque raccolte nelle aree agricole del Cervese, tra Cesenatico e Cesena, che vengono poi sollevate dall'idrovora di Tagliata di Cervia, sulla statale Romea, ed immesse meccanicamente nel Canale Tagliata, che è in comunicazione col Porto Canale di Cesenatico attraverso il Canale di Allacciamento, che raccoglie le acque dell'entroterra cervese e cesenate. La comunicazione è regolata da una diga posta all'inizio del Canale Tagliata, in prossimità della discarica comunale di Cesenatico. Attraverso il rio Granarolo riceve anche lo scarico del depuratore comunale di Cesena, situato a circa 10 km dalla costa, oltre ai reflui di varie case sparse e di alcune frazioni abitate non servite da sistemi centralizzati di depurazione. Le acque del Canale Tagliata hanno ricambi idrici modesti e presentano spesso, durante l'estate, un aspetto ipertrofico, con forti sviluppi di alghe bentoniche e frequenti variazioni di colore dovuto a fioriture fitoplanctoniche. A volte sono fonte di esalazioni maleodoranti derivanti dai fenomeni anossici e putrefattivi che si instaurano nei bassi fondali. A circa 100 metri dallo sbocco a mare, una chiusa artificiale, recentemente rimodernata, regola il fluire dell'acqua piovana in eccesso raccolta nell'entroterra. Il Canale Tagliata sfocia in località Zadina di Cesenatico, poco lontano dal confine col comune di Cervia; due piccoli moli accompagnano le sue acque ad una ventina di metri oltre la battigia; tutti i corsi d'acqua che, all'interno del territorio comunale di Cervia, fanno parte del bacino del Canale di scarico idrovoro della Tagliata hanno uno scolo di tipo meccanico ed in particolare sono:

NOME	LUNGHEZZA T.C. (m)	SUL	TIPO DI SCOLO
SCOLO MESOLA DEL MONTALETTO	1679		NATURALE
CANALE ARRIVO IDROVORO TAGLIATA	9124,18		MECCANICO
CANALE GARAFFONA II	2033,89		MECCANICO
CANALE VALLE FELICI II	526,16		MECCANICO
RIO DELLA VALLE ACQUE BASSE	2065,42		MECCANICO
SCOLO CAPPELLA ACQUE BASSE	1717,82		MECCANICO
SCOLO CAPPELLA ACQUE BASSE I° RAMO	537,63		MECCANICO
SCOLO CASCINA ACQUE BASSE	1259,29		MECCANICO
SCOLO CASCINA ACQUE BASSE I° RAMO	242,74		MECCANICO
SCOLO CAVALIERE ACQUE BASSE	820,91		MECCANICO
SCOLO I° AFFLUENTE	291,11		MECCANICO
SCOLO II° AFFLUENTE	507,43		MECCANICO
SCOLO III° AFFLUENTE	443,26		MECCANICO
SCOLO IV° AFFLUENTE	412,53		MECCANICO
SCOLO CERVARO II	1051,71		MECCANICO
SCOLO CERVARO III	1046,31		MECCANICO
SCOLO SBROZZI	2659,42		MECCANICO
SCOLO MESOLINO ACQUE BASSE I°	119,22		MECCANICO
SCOLO AMOLA ACQUE BASSE	1689,66		MECCANICO
SCOLO FORLIVESI	1341,98		MECCANICO
SCOLO FORNASOTTA	785,20		MECCANICO
SCOLO GARAFFONA I	1415,54		MECCANICO
SCOLO GARAFFONA III	971,60		MECCANICO
SCOLO GARAFFONA IV	165,66		MECCANICO
SCOLO GRANAROLO ACQUE BASSE	1492,86		MECCANICO

SCOLO PIGNATTA ACQUE BASSE	1496,15	MECCANICO
SCOLO S. ANDREA ACQUE BASSE	1078,19	MECCANICO
SCOLO VENEZIANA ACQUE BASSE	834,47	MECCANICO
SCOLO VENEZIANA ACQUE BASSE I° RAMO	815,31	MECCANICO
SCOLO ALLACCIATORE	1022,64	MECCANICO
SCOLO ALLACCIATORE I° RAMO	263,22	MECCANICO
SCOLO VALLE FELICI III	3796,67	MECCANICO
SCOLO PINARELLA	4384,13	MECCANICO

Il bacino del Canale Fossatone, che interessa tutta la parte sud-occidentale del territorio comunale per un'estensione di circa 0,22 km<sup>2</sup>; si tratta di un bacino che scola per deflusso naturale attraverso lo scolo Fossatone, conosciuto anche con il nome di Canale Allacciamento. I corsi d'acqua che fanno parte del bacino del Canale Fossatone, all'interno del territorio comunale di Cervia, hanno quasi tutti uno scolo naturale ed in particolare sono:

NOME	LUNGHEZZA T.C. (m)	SUL	TIPO DI SCOLO
RIO GRANAROLO	1856,54		NATURALE
RIO DELLA VALLE	2145,26		NATURALE
CANALE ALLACCIAMENTO	8979,23		NATURALE
CANALE VALLE FELICI	1681,22		NATURALE
CANALE AMOLA I°	440,12		NATURALE
SCOLO AMOLA I°	577,62		NATURALE
SCOLO COLLETTORE AEROPORTO	3374,57		NATURALE
SCOLO CIMITERO I	908,78		NATURALE
SCOLO CONCEZIONE	4,97		NATURALE
SCOLO CROCIARONE	1928,93		NATURALE
SCOLO MAIELLA	569,27		NATURALE
SCOLO MAIELLA I° RAMO	206,92		NATURALE
SCOLO POZZETTO DEL VALLE FELICI	853,78		NATURALE
SCOLO SALARA	688,59		NATURALE
SCOLO PIGNATTA	430,33		NATURALE
SCOLO BERTONI	704,77		NATURALE
SCOLO CAPPELLA I°	1144,43		NATURALE
SCOLO CASCINA	833,64		NATURALE
SCOLO CAVALIERE	1919,26		NATURALE
SCOLO CERVARO	275,46		NATURALE
SCOLO CERVARO I°	721,97		NATURALE
SCOLO PISIGNANO	2331,06		NATURALE
SCOLO PRADAZZI	1012,94		NATURALE
SCOLO SAN GIUSEPPE DELL'ALLACCIAMENTO	3279,15		NATURALE
SCOLO SANT'ANDREA	484,23		NATURALE
SCOLO SANT'ANDREA I°	670,87		NATURALE
SCOLO TRAVERSA	2914,26		NATURALE
SCOLO TRAVERSA I° RAMO	391,96		NATURALE
SCOLO TRAVERSA II° RAMO	1100,12		NATURALE
SCOLO VENEZIANA	1850,09		NATURALE
SCOLO CELLETTA	412,90		NATURALE
SCOLO DELLA VALLE RAMO DX	27,79		MECCANICO
SCOLO DELLA VALLE RAMO SX	473,64		MECCANICO
SCOLO AMOLA II	1088,16		INTERMITTENTE
SCOLO BIGATTA	2218		INTERMITTENTE
SCOLO MESOLINO ACQUE ALTE I°	2,43		INTERMITTENTE

Il bacino di drenaggio a scorrimento meccanico che fa capo all'impianto idrovoro di Madonna del Pino, che comprende le zone settentrionali del Comune e presenta sul territorio comunale un'estensione di circa 0,15 km<sup>2</sup>; le acque di tale bacino, con scolo di tipo meccanico, hanno come recapito il Canale Madonna del Pino ed in particolare sono:

NOME	LUNGHEZZA SUL T.C. (m)	TIPO DI SCOLO
CANALE MADONNA DEL PINO	2586,30	NATURALE
SCOLO CHIVICHETTA	291,71	NATURALE
CANALE BONIFICA DI BAGNO	922,49	MECCANICO
CANALE ARRIVO IDR. MADONNA DEL PINO	6245,18	MECCANICO
SCOLO CAMANE	1528,31	MECCANICO
SCOLO MACERO ACQUE BASSE	728,14	MECCANICO
SCOLO MARIONA	887,37	MECCANICO
SCOLO BAGNINO	1069,26	MECCANICO
SCOLO CASTIGLIONE ACQUE BASSE	2425,92	MECCANICO
SCOLO COMANDINI ACQUE BASSE	1203,10	MECCANICO
SCOLO MENATA NEVE	1061,19	MECCANICO
SCOLO RAGAZZENA	2638,86	MECCANICO
SCOLO SAN GIOVANNI	1047,65	MECCANICO
SCOLO VALLETTA	1386,82	MECCANICO
SCOLO VIA CUPA ACQUE BASSE	1036,30	MECCANICO
SCOLO CANALINO	644,74	MECCANICO
SCOLO FORNAZZO ACQUE BASSE	830,93	MECCANICO
SCOLO LA VIAZZA	1559,60	MECCANICO
SCOLO DI BONIFICA II°	88,89	MECCANICO
SCOLO RASPONA	708,80	MECCANICO

Per la ricostruzione del reticolo idrografico e dei relativi bacini di scolo si sono utilizzati:

- per il tracciato del fiume Savio, il grafo ottenuto dall'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli e relativo alla "**Variante al Titolo II - Assetto della rete idrografica**" del "Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico", approvato con Delibera della Giunta Regionale n. 1877 del 19 dicembre 2011;
- i dati forniti dal Consorzio di Bonifica della Romagna, per il tracciato dei canali di Bonifica e dei relativi bacini (aggiornamento 2012);
- i dati forniti dall'UTC del Comune di Cervia, per il tracciato del Porto Canale e dei corsi d'acqua minori afferenti al suo bacino idrografico.

Nella cartografia vengono individuati, oltre al reticolo idrografico superficiale anche gli specchi d'acqua, che, se si esclude l'apparato della Salina, sono costituiti da laghetti, per lo più di tipo artificiale e naturale, che si sviluppano principalmente nei pressi della Salina, in aree di ex-cava o in zone depresse allagate; da maceri, presenti soprattutto nella zona meridionale dell'area comunale; da paludi e stagni, che si sviluppano essenzialmente in corrispondenza di zone umide e morfologicamente depresse, dove più facile è il ristagno di acque.

Nella cartografia viene inoltre individuata la delimitazione dei tratti arginati dei corsi d'acqua e la cassa di espansione del Canale Allacciante; i manufatti, in particolare chiaviche immissarie ed emissarie, botti, griglie e sbarramenti irrigui; vengono inoltre individuati gli impianti irrigui del Cannuzzo, e gli impianti di scolo in gestione al Consorzio di Bonifica della Romagna.

#### *B.1.8.1.1 La rete irrigua*

Per quanto riguarda il settore irriguo, il territorio comunale, così come tutto il territorio posto a valle dell'autostrada A14 è potenzialmente servibile dal Canale Emiliano - Romagnolo (CER), rifornito attraverso i prelievi dal Po a Palantone, poco a valle dell'immissione del Panaro. Le stesse, una volta immesse nell'Attenuatore delle piene del Fiume Reno (Cavo Napoleonico), vengono da questi vettorate fino a S. Agostino. Qui, dalla sponda est dell'Attenuatore, parte il CER, propriamente detto, che con una lunghezza attuale di circa 120 km arriva fino in prossimità del T. Pisciatelo. Il sistema sottende vaste aree della pianura appartenenti alle Province di Ferrara, Bologna, Ravenna e Forlì-Cesena.

Una piccola porzione del territorio comunale (1212,46 m all'estremità sud-occidentale) è attraversata dal tracciato della Condotta Emiliano-Romagnola (CER).

Benché concepito 50 anni fa, il Canale Emiliano-Romagnolo risponde ad una visione molto attuale dei problemi ambientali, rispetto ad un territorio caratterizzato da un'intensa attività agricola e da diffusi insediamenti urbani ed industriali, ma povero di acque superficiali. I corsi d'acqua appenninici hanno infatti carattere torrentizio, con forti magre estive, mentre il massiccio sfruttamento delle acque sotterranee ha determinato l'impoverimento delle falde di pianura e la subsidenza. Il CER, è in grado di assicurare, attraverso alternanze di sollevamenti e deflussi a gravità, la risorsa alternativa, di superficie, necessaria per sgravare gli acquiferi dall'attuale condizione di squilibrio.

Fino a non molti anni fa, quando il CER non era ancora utilizzabile, l'unico areale di rilievo servito dal Consorzio del Savio e Rubicone era in destra Savio e si alimentava, attraverso una chiusa posta a Castiglione di Cervia, dallo stesso Fiume Savio, nei limiti delle sue scarse portate estive naturali; per la restante parte, salvo piccoli attingimenti sugli esigui o spesso inesistenti deflussi estivi degli altri corsi d'acqua dell'area, l'approvvigionamento irriguo era legato interamente agli emungimenti dalle falde e quindi quasi tutte le aziende disponevano e dispongono attualmente di un pozzo. E' utile indicare al riguardo che le aziende agricole sono, sull'area, di dimensioni medio piccole, con estensioni più frequenti dell'ordine dei 2-2.5 ha. Con l'arrivo del CER, entro il Savio possono essere scaricate delle portate integrative prelevabili a valle, per l'alimentazione della zona interessata dall'impianto pluvirriguo di Castiglione di Cervia (700 ha territoriali) e quando serve, attraverso un canale, anche di una seconda area, l'impianto pluvirriguo Ragazzena (circa 1100 ha territoriali), che come alimentazione primaria ha quella delle acque reflue del depuratore di Cervia. Oltre il Savio, verso est, il CER alimenta attualmente, a gravità, una serie di scoli consorziali (rete originariamente di solo dreno, ora mista), anche sul territorio comunale (Veneziana, Cappella, Cervaro, Granarolo, Predazzi ecc.). Lungo tali scoli le aziende agricole pongono delle chiuse, realizzando dei piccoli "invasi" tracimabili, nei quali pescano gli impianti pluvirrigui dei singoli utenti, i quali comunque non hanno abbandonato i pozzi aziendali, che continuano in molti casi ad impiegare, almeno in parte.

Le acque residue degli scoli finiscono nel Canale Allacciante posto sulla direttrice Castiglione di Cervia – Villa Inferno – Cesenatico, con scarico a mare (per lo scolo) tra Pinarella e Cesenatico. Fra tale canale e la costa non vi sono rifornimenti irrigui consorziali, anche perché qui gli usi attuali del suolo sono prevalentemente extra agricoli e quindi le necessità irrigue risultano limitate.

#### *B.1.8.1.2 Le Saline di Cervia*

L'utilizzazione del sale e la scoperta dei metodi per estrarlo hanno costituito uno dei primissimi elementi di civilizzazione; non a caso nell'antichità, oltre che per salare e conservare cibi, questo prodotto veniva usato come moneta, ed anche nel linguaggio

moderno è rimasto l'uso del termine "salario".

L'importanza della cittadina di Cervia, oggi legata soprattutto ad attività turistiche e termali, è sempre stata indissolubilmente legata alle sue Saline. È noto che fin dalla preistoria le coste dell'alto Adriatico erano utilizzate per la produzione del sale; si hanno notizie delle Saline di Aquileia, Grado, Chioggia, Venezia, Cervia, Comacchio (giunte fino ai giorni nostri) Cesenatico (interrate nel 1775) e Ravenna, la cui attività fu fatta cessare dai veneziani nel 1441.

La prima datazione delle Saline di Cervia è fatta risalire al tempo degli Umbri, popolazioni seminomadi che, durante la buona stagione, scendevano verso il mare per rifornirsi del sale depositato in modo spontaneo nelle bassure argillose. Coloro invece che costruirono le prime vasche per migliorare la produzione naturale furono, presumibilmente, quei coloni greci che fondarono Ficocle, scalo commerciale che dovette proprio al sale la sua fama e la sua notorietà.

Nei secoli l'importanza di Cervia e delle sue Saline si accrebbe, nonostante la concorrenza, prima dei ravennati e poi dei veneziani, nel monopolio salino dell'Adriatico e la storia della città attuale di Cervia è inesorabilmente legata alla storia delle saline stesse.

Oggi le Saline di Cervia, inserite all'interno del Parco Regionale del Delta del Po, si estendono su una superficie di 828 ha, a 1600 metri di distanza dal mare; sono abbracciate da un canale perimetrale lungo 14,2 km e intersecate da una rete di canalizzazione che si sviluppa per quasi 50 km. Sono collegate al mare da un canale immissario (Canale del Pino) e da un emissario (Canale Bova). Il numero delle vasche è stato soggetto a variazioni nel corso del tempo: nel 1699 se ne contavano 182 paia, alla fine del XIX secolo raggiungevano la soglia massima delle 200 paia e nel 1959, anno in cui furono radicalmente modernizzate, furono ridotte a 144 paia. Attualmente i bacini sono una decina, tuttavia di grande estensione.

Tale trasformazione, a seguito dell'introduzione di sistemi di produzione e di raccolta meccanizzati, ha consentito un notevole aumento del prodotto (circa 600.000 q.li/anno), anche se, in un certo qual modo, a discapito della sua qualità.

Il metodo di lavorazione per l'estrazione del sale, attento a raggiungere risultati di pregio nella qualità, sfrutta la cristallizzazione frazionata dei diversi tipi di sale presenti nell'acqua marina, approfittando del fatto che la deposizione dei vari componenti salini è in funzione della densità dell'acqua. Come è noto, l'acqua di mare entra in salina a circa 3,5 gradi Baumè di concentrazione salina. Ciò significa che in un metro cubo d'acqua di mare, vi sono circa 35 Kg di sostanza salina in soluzione, che precipitano in cristalli in modo differenziato, man mano che cresce la concentrazione dell'acqua a seguito dell'evaporazione provocata dal sole e dal vento. Quando la concentrazione dell'acqua di mare supera i 26° Baumè, i cristalli di cloruro di sodio cominciano a precipitare e fino a 30,5° Baumè è solo questo sale che si deposita nei bacini. Quando l'acqua passa a concentrazioni più elevate, cominciano a precipitare il solfato e il cloruro di magnesio e il cloruro di potassio, cioè quelle sostanze che danno al sale quel retrogusto amarognolo meno gradito al palato. I salinari sono attenti a regolare il flusso delle acque ad alta concentrazione salina nei bacini salanti e far defluire, appena depositato il cloruro di sodio, le acque madri in cui sono presenti i cloruri più amari, utilizzati poi alle Terme di Cervia, assieme ai fanghi della salina, per le cure termali.

In sostanza quindi, l'acqua, attinta dal mare mediante il cosiddetto "canale della foce" (Canale del Pino), passa in una serie di vasche dove si libera, per decantazione, dei materiali eterogenei presenti in sospensione; viene fatta defluire poi nella seconda serie di

bacini dove si depositano i sali di ferro e il carbonato di calcio, quindi in altre vasche in cui precipita il gesso. Infine, l'acqua residua passa nelle vasche di raccolta, dove avviene il deposito del cloruro di sodio nella proporzione del 95-97 per mille.

Il periodo di tempo che occorre per la produzione del sale è di circa tre mesi e corrisponde alla stagione estiva; in ottobre, finita la campagna salifera, si provvede al trasporto con autocarri, serviti da nastri trasportatori.

#### ***B.1.8.1.3 Aree richiedenti specifiche misure di prevenzione dall'inquinamento e di risanamento***

Ai sensi dell'art. 91 del D.lgs 152/06 nella provincia di Ravenna sono aree sensibili, fra le altre:

le zone umide individuate ai sensi della convenzione di Ramsar del 2 febbraio 1971 (DPR 13 marzo 1976, n.448) (Saline di Cervia);

le aree costiere dell'Adriatico e i corsi d'acqua ad esse afferenti per un tratto di 10 km dalla linea di costa verso l'interno.

All'individuazione come area sensibile consegue, ai sensi del Decreto, la necessità di "specifiche misure di prevenzione dall'inquinamento e di risanamento".

Le Saline di Cervia, per la loro natura da salata ad iper-salata, sono apparentemente più refrattarie alle pressioni ambientali; tuttavia il tipo di circolazione idrica (ricevono acqua dal mare antistante Milano Marittima e la reimmettono nel Porto Canale di Cervia), la loro collocazione presso strade di viabilità intensa ed alcune scelte di gestione, rendono anche questo ambiente piuttosto labile, e bisognoso di specifiche indagini e di adeguate misure di protezione e prevenzione.

#### ***B.1.8.2 – Le acque marino-costiere***

Nel presente paragrafo gli aspetti delle acque marine costiere verranno discussi, sia in relazione al sistema fisico costiero, per la valutazione dell'impatto degli eventi naturali e degli interventi antropici, che sotto l'aspetto qualitativo, anche se le considerazioni relative alle caratteristiche del contesto marino costiero riguardano, più genericamente, tutto il tratto costiero emiliano-romagnolo, in quanto gli elementi caratterizzanti superano la dimensione meramente locale (comunale o provinciale).

La fascia costiera è costituita dalla zona a cavallo della linea di riva, compresa tra il limite verso terra della duna e l'elemento morfologico più esterno della spiaggia sommersa, la barra longitudinale esterna, le opere di difesa distaccate e i basso fondali.

A Cervia, la fascia costiera si estende per una lunghezza di circa 9 km, dal confine nord con Lido di Savio al confine sud con Pineta Zadina (Cesenatico), presenta una morfologia relativamente omogenea, con coste basse e sabbiose corrispondente ad un tipo di spiaggia definita "sottile" cioè lievemente degradante verso il mare aperto, tanto che l'isobate dei -5 m corre a circa 1 km al largo; la spiaggia è costituita da sabbie fini con quarzo, feldspati e carbonati. La sua continuità è interrotta in corrispondenza dallo sbocco in mare del Canale di Via Cupa Nuovo, dal canale delle Saline (Canale del Pino) e dal Porto Canale. Il litorale è interamente privo di opere di difesa rigide.

Le conoscenze relative agli aspetti fisici e dinamici della costa del territorio di Cervia, ma più in generale della costa romagnola, derivano dai numerosi studi e ricerche che la Regione Emilia-Romagna ha attivato sin dai primi anni '80 e che hanno prodotto due edizioni successive del Piano Costa (1981-1993, 1993-1996); nel corso del '900 il sistema

costiero della riviera romagnola ha infatti subito una trasformazione radicale ad opera dell'uomo, che ha portato alla scomparsa di gran parte dei caratteri paesaggistico-ambientali originari: le dune sono state in gran parte spianate, diverse zone vallive bonificate e le aree boschive e incolte fortemente ridotte.

Le ricadute in termini ambientali hanno iniziato a farsi sentire in maniera sostanziale fin dal secondo dopoguerra, con crescenti fenomeni di erosione delle spiagge ed eutrofizzazione, che hanno rischiato di compromettere l'industria turistico-balneare.

Sulla scorta di tale situazione, nel 1979 la Regione ha così deciso di occuparsi dell'erosione delle spiagge, pur essendo la tematica di competenza dello Stato, affidando alla società regionale IDROSER l'incarico per effettuare uno studio generale di tutta la costa.

Da tale studio è scaturito il primo Piano Costa, che ha segnato di fatto la chiave di volta delle politiche di intervento per la difesa del litorale regionale, seguito da un secondo Piano nel 1993-1996; sulla base degli studi svolti sono state individuate le cause responsabili dei fenomeni erosivi, identificate nella diminuzione del trasporto solido da parte dei fiumi, nella subsidenza e nelle opere di difesa costruite a mare, negli anni del secondo dopoguerra, nel tentativo di bloccare la dinamica costiera e di proteggere la superficie territoriale e le infrastrutture che vi erano state edificate.

Visti gli impatti paesaggistico-ambientali di queste opere, il Piano Costa ha suggerito di abbandonare la difesa con le scogliere e di sostituirla con il ripascimento; dal momento che i fiumi non alimentavano più la spiaggia con la loro sabbia, occorre portarla artificialmente. Nel 1983 la Regione ha così dato il via al primo grande intervento di ripascimento realizzato in Italia. Pur con difficoltà e intermittenza, questa tecnica è stata portata avanti nei decenni successivi utilizzando prevalentemente sabbie di cava a terra o di altre fonti litoranee, fino al 2002, quando è stato realizzato il primo grande intervento con sabbia prelevata da accumuli sabbiosi sottomarini individuati al largo della costa fin dal 1984.

Questo tipo di intervento, a basso impatto paesaggistico-ambientale, si dimostra efficace nello smorzamento del moto ondoso cui consegue una riduzione dei rischi per infrastrutture e abitati. Determina inoltre effetti positivi anche sui litorali limitrofi grazie alla redistribuzione della sabbia dalla zona d'intervento.

Per quanto riguarda la costa di Cervia, il Piano Coste del 1993-1996 evidenziava fenomeni erosivi in due zone: all'estremità settentrionale, in prossimità del confine con Ravenna e nella parte meridionale in località Tagliata, a ridosso col Comune di Cesenatico (si veda a proposito la Carta del rischio idraulico riportata nella figura B.1.92 al paragrafo B.1.9 e nella Tavola QC-B.8). Il fenomeno risultava presente da maggior tempo (circa un ventennio) nella zona settentrionale, nella quale, per contenere gli effetti dell'erosione, già dal 1981 il Comune di Cervia aveva predisposto un progetto di difesa basato sul ripascimento artificiale protetto, così come indicato dal Piano Coste del 1981-1993.

Tale progetto fu attuato nel 1983 dalla Regione Emilia-Romagna, in corrispondenza del tratto che va dal Canalino delle Saline al Canale di Via Cupa, per una lunghezza di circa 2.2 km; tale intervento pur risultando efficiente non si è rilevato risolutivo della problematica, a causa dell'insufficienza degli interventi di manutenzione da attuare con apporti periodici di sabbia.

Le osservazioni relative alla linea di riva, nel periodo 1978, 1983 e 1991 evidenziavano per l'area di Cervia variazioni modeste, se riferite ad altre località della costa regionale. Ciò è dovuto in particolare ai bassi valori del trasporto litoraneo in zona che si riducono sino ad

azzerarsi a sud del porto di Cervia.

Tra il 1943 ed il 1996 nella zona a nord di Milano Marittima, al confine settentrionale del territorio comunale, la linea di riva è arretrata di circa 30-35 m, nella zona della Colonia Varese. Nello stesso periodo l'arretramento della linea di costa è stato di 15-20 m, con valori in attenuazione spostandosi verso sud; tale arretramento è riconducibile principalmente alle scogliere di difesa presenti a Lido di Savio.

Nel tratto compreso tra il canale immissario delle Saline e grosso modo Pinarella, si registra al contrario, nel periodo suddetto, una progradazione della linea di costa verso il mare con valori che, a partire dal Porto Canale e lungo il litorale cittadino, raggiungono valori anche superiori a 30 m. Avvicinandosi al confine con Cesenatico, l'avanzamento della linea di costa, rispetto al 1943, diviene meno marcato.

Dati relativi alla regione costiera sono reperibili e consultabili all'interno del "Sistema informativo geografico della costa" creato dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna; è lo strumento di consultazione on-line delle principali Banche Dati cartografiche prodotte dal Servizio sulle tematiche legate alla difesa della costa, ed organizzate nel Sistema Informativo della Costa.

Di seguito si riporta un esempio di informazioni attinte dal SIT ed in particolare relative alle linee di costa ed alla geomorfologia costiera.



Fig. B.1.50 - Geomorfologia della costa e posizione della linea di riva (tratto da SIC – regione Emilia-Romagna) – Settore 1.

Legenda - Linea fucsia: linea di costa al 1943; linea blu: linea di costa al 1982; linea grigio-verde:



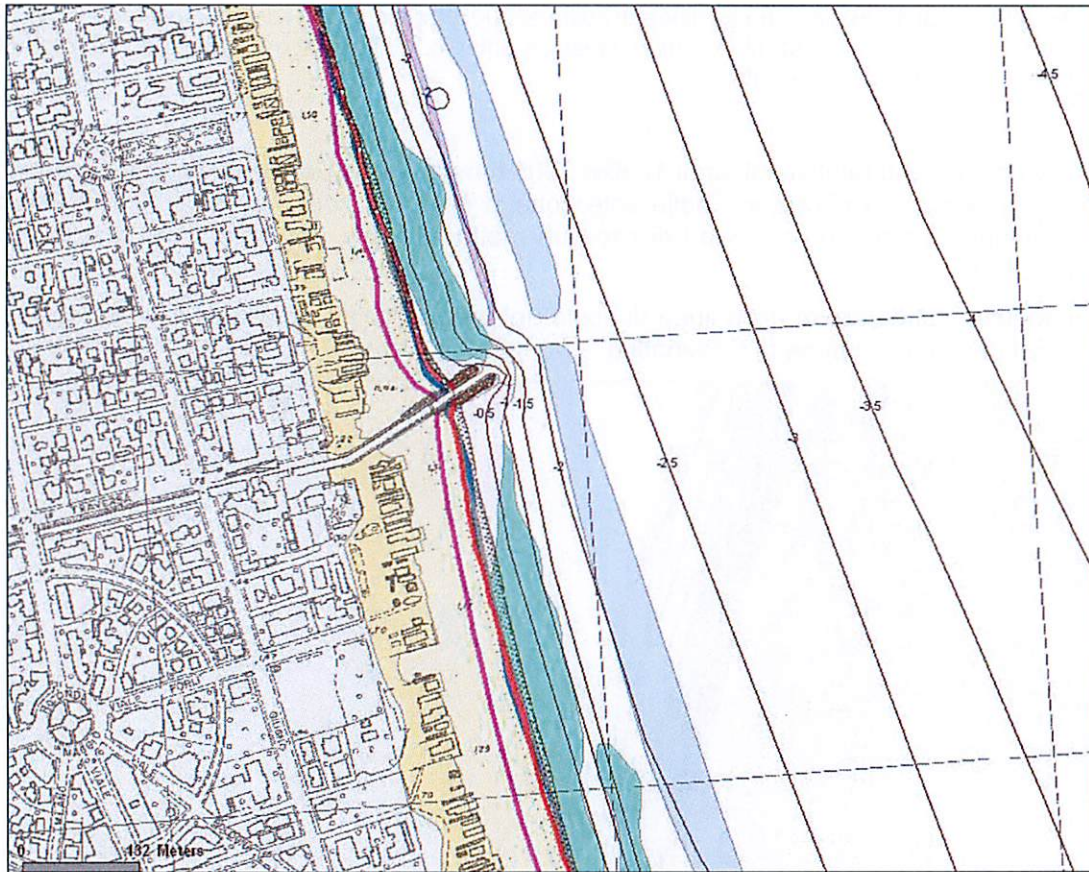
linea di costa al 1996; linea rossa: linea di costa al 2005; poligoni rosa: difesa mista soffolta al 2005; azzurro: basso fondo misto; giallo tenue: spiaggia emersa; giallo opaco: spiaggia con infrastrutture; marrone: duna semi-stabilizzata.

Rilievi più recenti relativi agli anni 1996 e 2005 hanno evidenziato una complessiva stabilità della spiaggia, ad eccezione delle sole zone a nord del comune, dove l'arretramento è comunque continuato con valori di circa un metro all'anno, per un valore complessivo di circa 10 m.

Di seguito, l'andamento della linea di costa nel tempo per gli altri 9 settori della costa, fino al confine con il Comune di Cesenatico.

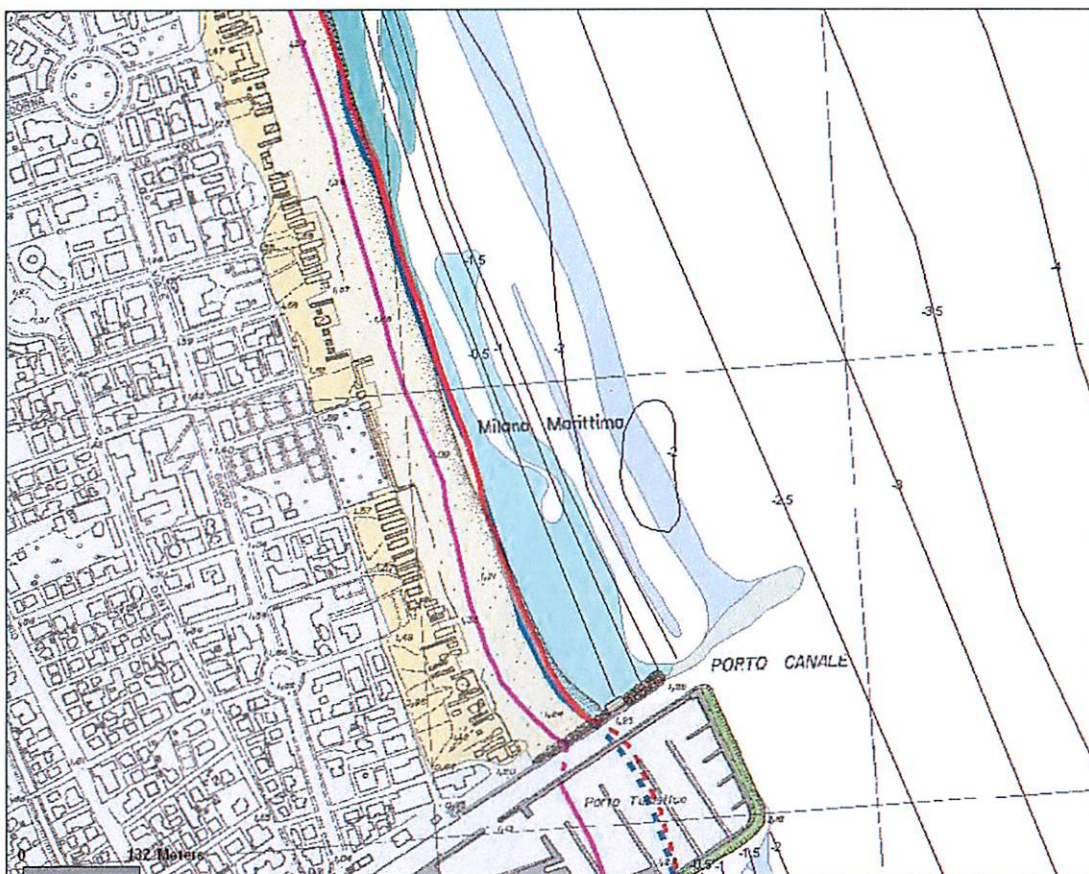


Settore 2 - Per questo settore non si registrano evidenti variazioni della linea di costa nel periodo indagato, se non nella parte più a nord, in continuità con la figura precedente. Legenda - Linea fucsia: linea di costa al 1943; linea blu: linea di costa al 1982; linea grigio-verde: linea di costa al 1996; linea rossa: linea di costa al 2005; poligoni rosa: difesa mista soffolta al 2005; azzurro: basso fondo misto; giallo tenue: spiaggia emersa; giallo opaco: spiaggia con infrastrutture; marrone: duna semi-stabilizzata.



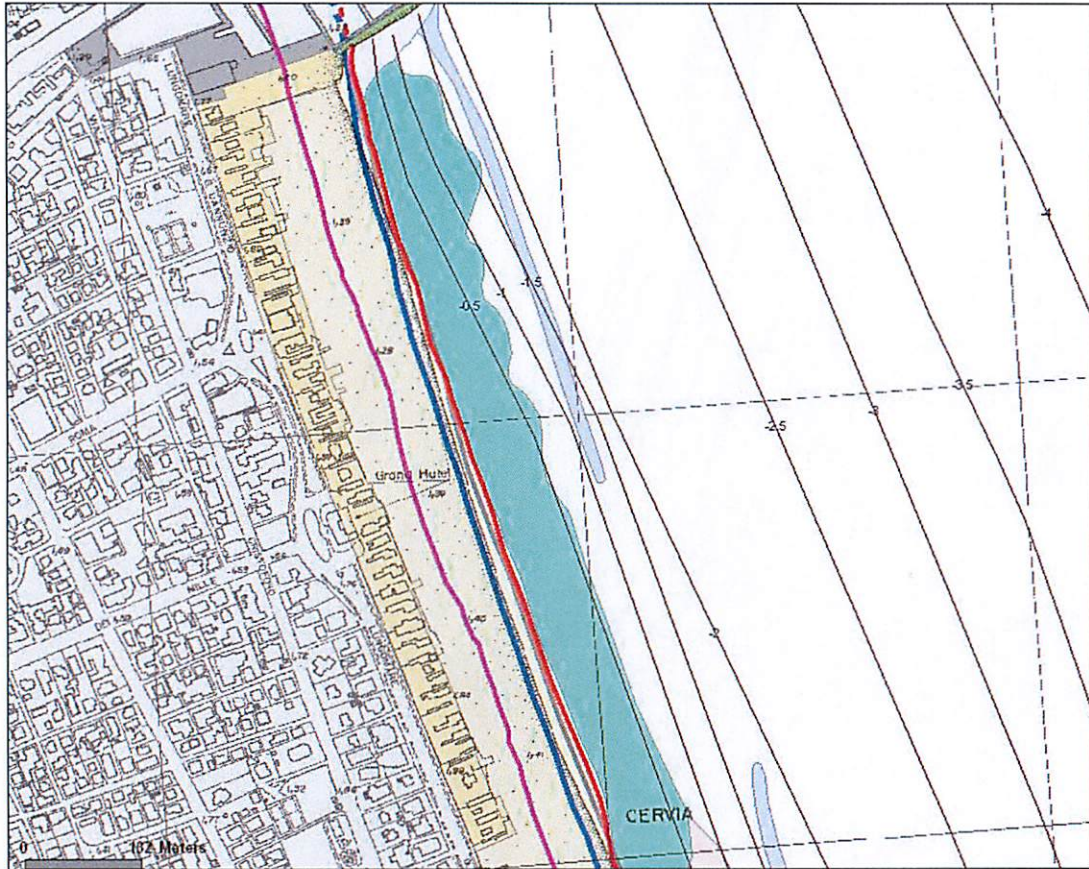
Settore 3. Si veda il commento nella successiva figura.

Legenda - Linea fucsia: linea di costa al 1943; linea blu: linea di costa al 1982; linea grigio-verde: linea di costa al 1996; linea rossa: linea di costa al 2005; poligoni rosa: difesa mista soffolta al 2005; azzurro: basso fondo misto; giallo tenue: spiaggia emersa; giallo opaco: spiaggia con infrastrutture; marrone: duna semi-stabilizzata.



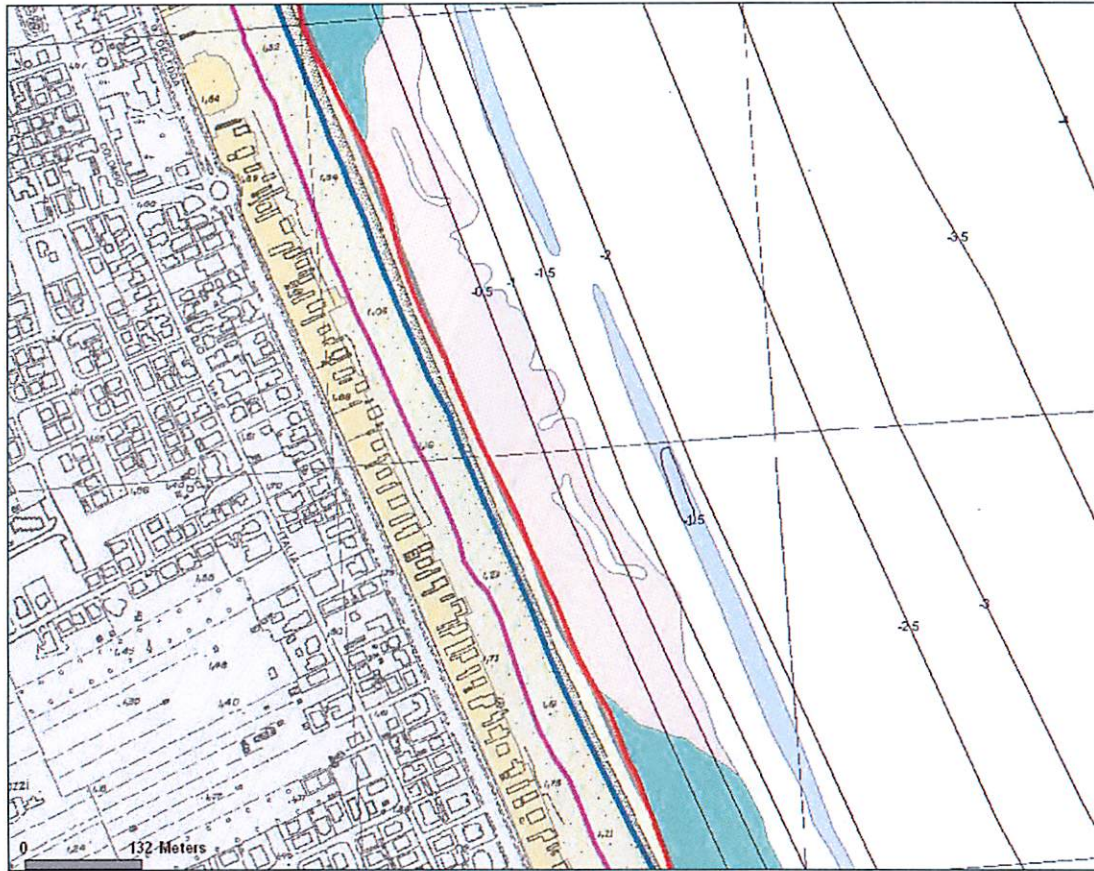
Settore 4 - In questi due settori (3 e 4) è evidente un avanzamento della linea di costa post-1943 ed una stazionarietà a partire già dal 1982.

Legenda - Linea fucsia: linea di costa al 1943; linea blu: linea di costa al 1982; linea grigio-verde: linea di costa al 1996; linea rossa: linea di costa al 2005; poligoni rosa: difesa mista soffolta al 2005; azzurro: basso fondo misto; giallo tenue: spiaggia emersa; giallo opaco: spiaggia con infrastrutture; marrone: duna semi-stabilizzata.



Settore 5. Si veda il commento nella didascalia relativa al Settore 8.

Legenda - Linea fucsia: linea di costa al 1943; linea blu: linea di costa al 1982; linea grigio-verde: linea di costa al 1996; linea rossa: linea di costa al 2005; poligoni rosa: difesa mista soffolta al 2005; azzurro: basso fondo misto; giallo tenue: spiaggia emersa; giallo opaco: spiaggia con infrastrutture; marrone: duna semi-stabilizzata.



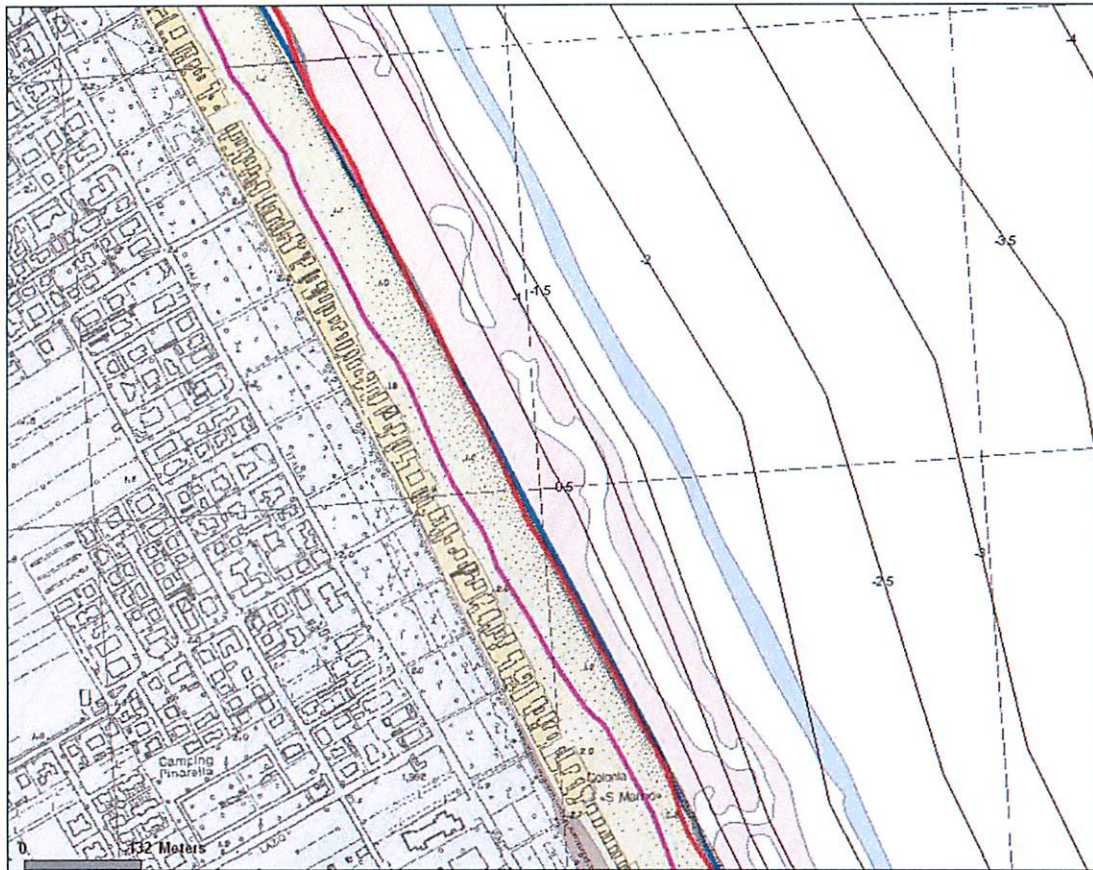
Settore 6. Si veda il commento nella didascalia relativa al Settore 8.

Legenda - Linea fucsia: linea di costa al 1943; linea blu: linea di costa al 1982; linea grigio-verde: linea di costa al 1996; linea rossa: linea di costa al 2005; poligoni rosa: difesa mista soffolta al 2005; azzurro: basso fondo misto; giallo tenue: spiaggia emersa; giallo opaco: spiaggia con infrastrutture; marrone: duna semi-stabilizzata.



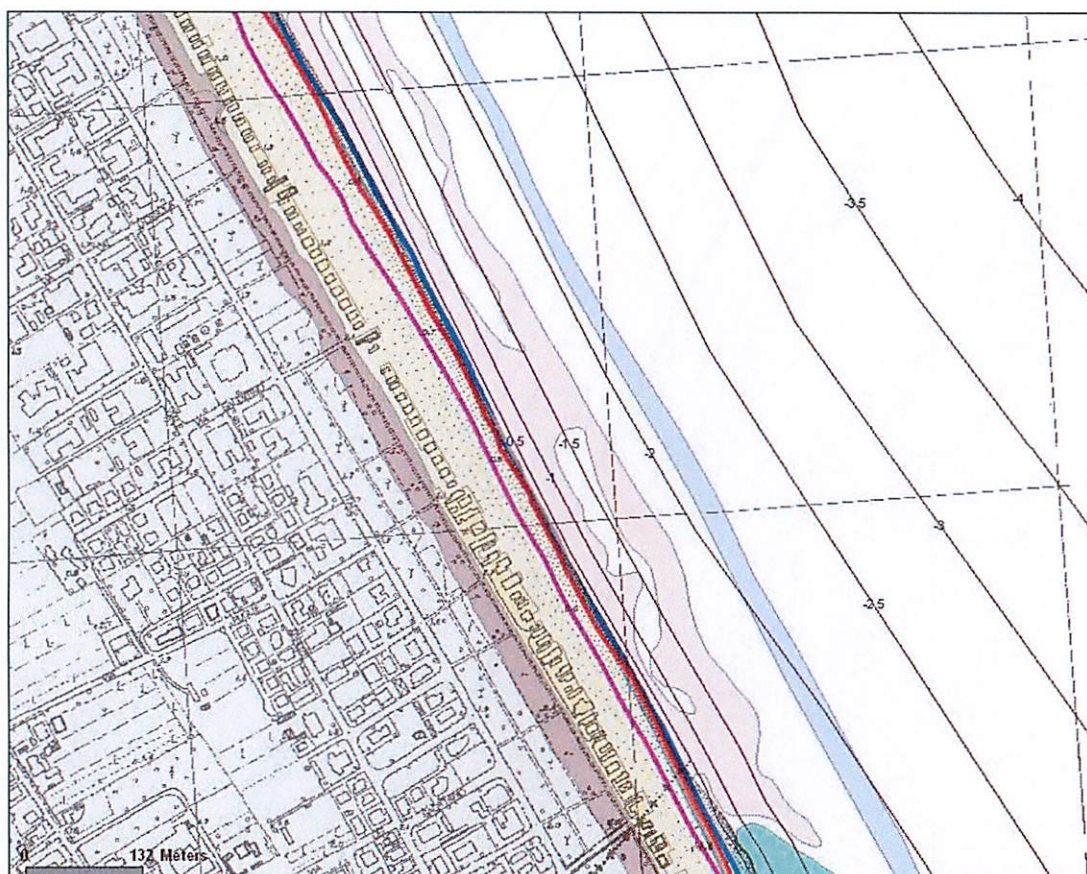
Settore 7. Si veda il commento nella didascalia relativa al Settore 8.

Legenda - Linea fucsia: linea di costa al 1943; linea blu: linea di costa al 1982; linea grigio-verde: linea di costa al 1996; linea rossa: linea di costa al 2005; poligoni rosa: difesa mista soffolta al 2005; azzurro: basso fondo misto; giallo tenue: spiaggia emersa; giallo opaco: spiaggia con infrastrutture; marrone: duna semi-stabilizzata.



Settore 8 - Nelle quattro figure precedenti (settori 5-8) è ancora marcato l'avanzamento della costa post-1943 ed un minore avanzamento post-1982, con stazionarietà a partire dal 1996; stazionarietà che per l'ultimo settore comincia già a partire dal 1982.

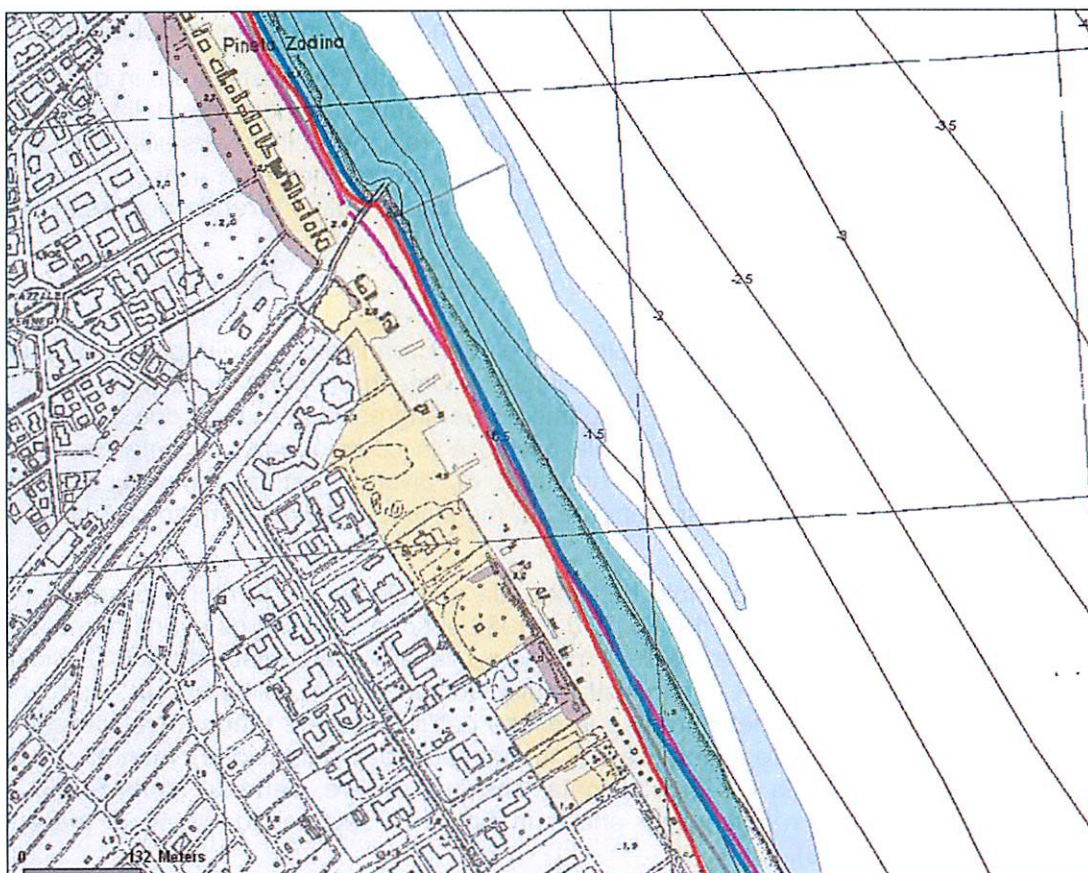
Legenda - Linea fucsia: linea di costa al 1943; linea blu: linea di costa al 1982; linea grigio-verde: linea di costa al 1996; linea rossa: linea di costa al 2005; poligoni rosa: difesa mista soffolta al 2005; azzurro: basso fondo misto; giallo tenue: spiaggia emersa; giallo opaco: spiaggia con infrastrutture; marrone: duna semi-stabilizzata.



Settore 9. Si veda il commento nella didascalia relativa al Settore 10.

Legenda - Linea fucsia: linea di costa al 1943; linea blu: linea di costa al 1982; linea grigio-verde: linea di costa al 1996; linea rossa: linea di costa al 2005; poligoni rosa: difesa mista soffolta al 2005; azzurro: basso fondo misto; giallo tenue: spiaggia emersa; giallo opaco: spiaggia con infrastrutture; marrone: duna semi-stabilizzata.





Settore 10 - Nelle ultime due figure (settori 9 e 10) l'avanzamento post-1943 si fa più ridotto, così come quello post-1982, che arriva quasi a coincidere con le linee del 1996 e del 2005.

La Regione ha assunto, su indicazione dei Piani Costa 1981 e 1996, altre importanti iniziative a favore della costa; in particolare è stata bloccata l'escavazione di materiali inerti dagli alvei fluviali per ristabilire l'apporto solido fluviale drasticamente diminuito dagli anni 50-60 in poi, sono stati introdotti diversi interventi per contrastare il fenomeno della subsidenza, riducendo di fatto gli emungimenti di acque di falda e realizzando infrastrutture idrauliche che utilizzassero acque superficiali (Acquedotto di Romagna, CER), sono state bloccate le espansioni urbanistiche delle aree costiere, sono state introdotte politiche normative ed interventi per la salvaguardia della qualità dell'acqua marina. L'insieme di tutte queste azioni ed interventi legislativo-normativi ha portato a un netto miglioramento della situazione degli arenili, anche se resta il problema della subsidenza ancora troppo elevata, mediamente pari a circa 1 cm/anno su 100 km di costa. Questo abbassamento del terreno costituisce una seria minaccia per la stabilità del litorale nei prossimi decenni, tanto più se si verificherà il previsto innalzamento del livello del mare dovuto ai cambiamenti climatici in corso.

In particolare, con riferimento ai dati di Arpa Regione Emilia-Romagna relativi al tema della subsidenza costiera, emerge come nella zona litoranea meridionale di Pinarella di Cervia, si abbiano abbassamenti di 7-8 mm/anno, con una sostanziale continuità rispetto al periodo precedente, mentre da Cervia sino al limite settentrionale, gli abbassamenti si attestano mediamente intorno a 10 mm/anno (con qualche punta di 13 mm a Milano Marittima),

facendo registrare, rispetto al periodo precedente, un leggero incremento del fenomeno.

Se si pensa che la subsidenza per cause naturali, al netto dell'eustatismo, in questo tratto costiero è pari a circa 1 mm/anno, si capisce come il fenomeno della subsidenza costituisca ancora un serio problema, soprattutto in ragione dell'irreversibilità che assume nelle zone costiere; il fenomeno della subsidenza, inoltre, aumenta il rischio ed i danni dell'ingressione marina, favorisce l'ingressione del cuneo salino e rende necessari onerosi interventi di difesa dal mare.

#### B.1.8.2.1 - L'ingressione marina

Le ricerche di carattere geomorfologico e geocronologico, sviluppatesi soprattutto nell'ultimo ventennio, hanno messo in evidenza come gran parte delle pianure costiere italiane siano soggette al rischio di allagamento per ingressione marina dovuta alla risalita relativa del livello medio del mare. Tale rischio è la conseguenza dell'interazione tra la presenza di elementi antropici e fenomeni di diversa natura, spesso difficilmente discriminabili e quantificabili, caratterizzati da magnitudo e velocità molto diverse tra loro (Silenzi, 2007).

Come già evidenziato nel capitolo dedicato alla morfologia del territorio comunale, negli anni 1949, 1951, 1963, 1977, 1978, 1979 e 1982 si sono verificati gli eventi di mareggiata più importanti. L'evento eccezionale è riconducibile alla mareggiata del 21-22 dicembre 1979, a seguito del quale l'Amministrazione Comunale ha deliberato di preservare il cordone dunoso recente per garantire la difesa dall'ingressione marina. Nell'occasione di quella eccezionale mareggiata, l'area interessata dall'ingressione marina è quella cartografata nella Tavola QC-B.8, allegata, che può essere, pertanto, considerata come l'estensione massima raggiungibile anche in futuro in seguito ad eventi di mareggiata estremi (figura B.1.106).

Un recente studio dell'impatto delle mareggiate sulla morfologia costiera (Ciavola et al., 2008) ha eseguito una previsione statistico-modellistica che tiene in conto le forzanti meteomarine e le caratteristiche topografiche e morfologiche di dettaglio delle spiagge e dei cordoni dunosi. Nello studio si considerano le peggiori condizioni possibili (peggior scenario, vada tabella B.1.3): massima quota di risalita del livello del medio mare (sopralzo) per effetto dell'occorrenza simultanea dei fenomeni di acqua alta (*storm surge*), marea eccezionale e *run-up*. Per il tratto di costa che comprende anche il litorale cervese (figura B.1.51, in giallo), il modello previsionale ha trovato dei profili in sostanziale sicurezza, sia in presenza di duna, sia senza duna, anche con tempo di ritorno dell'evento pari a 10 anni. Per un discreto numero di profili il modello prevede, anche per l'evento con periodo di ritorno di 100 anni, l'erosione frontale della duna, ma non il suo scavalco o la sua rimozione. Ciò testimonia che laddove le dune mantengono una quota elevata rispetto al medio mare ed una notevole estensione laterale, si verificano solo condizioni di danneggiamento delle dune stesse, le quali si dimostrano ancora in grado di fungere da protezione per le aree retrostanti.

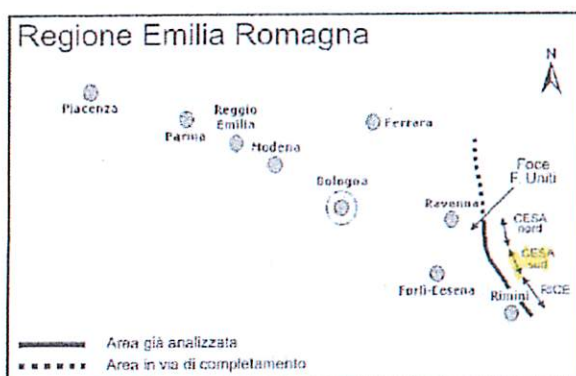


Fig. B.1.51 - Localizzazione dei tratti di costa oggetto dello studio di Ciavola et al., 2008.

Moto ondoso	T1		T10		T100	
	$H_s$ (m)	T (s)	$H_s$ (m)	T (s)	$H_s$ (m)	T (s)
Direzione 30°	3.3	7.2	4.7	8.2	5.8	9.0
60°	3.6	7.4	4.9	8.3	6.2	9.2
90°	3.5	8.4	4.9	9.6	6.2	10.7
120°	2.8	7.8	4.2	9.4	5.5	10.8
Valori medi	3.3	7.7	4.7	8.9	5.9	9.9
Sovralzo (m)	0.85		1.039		1.28	

Tab. B.1.3 - Valori di altezza d'onda ( $H_s$ ) e periodo (T) per eventi di mareggiata con periodo di ritorno di 1, 10 e 100 anni (IDROSER, 1996) e valori di sopralzo atmosferico (M) per i medesimi periodi di ritorno (Yu et al., 1998).

Effetto	CESA NORD (%)			CESA SUD (%)			RICE (%)		
	T1	T10	T100	T1	T10	T100	T1	T10	T100
Intersezione profilo	12.5	0	0	26.09	4.35	0	0	0	0
Arretramento fronte dunare	37.5	9.38	6.25	0	0	4.35	0	0	0
Intersezione fronte dunare	0	0	0	0	4.35	0	0	0	0
Intersezione/danneggiamento	0	0	0	13.04	4.35	0	11.43	0	0
Rimozione della duna	25	59.38	62.5	0	0	0	0	0	0
Danneggiamento strutture antropiche	15.63	15.63	12.5	56.52	82.61	91.3	77.14	85.71	82.86
Danneggiamento e possibile scavalciamento	0	0	3.13	0	0	0	0	2.86	5.71
Inondazione retrospiaggia	9.38	15.63	15.63	4.35	4.35	4.35	11.43	11.43	11.43

Tab. B.1.4 - Percentuale di apparizione di ciascuna classe di "effetto" del peggior scenario per ciascuna area analizzata dallo studio di Ciavola et al., 2008.

Lo studio ha permesso di individuare tipologie di impatti dovuti alle mareggiate sia per l'ambiente naturale (dune) che per quello costruito (figura B.1.52), rappresentate nel web GIS della costa della Regione Emilia-Romagna (figure B.1.53 – B.1.56).

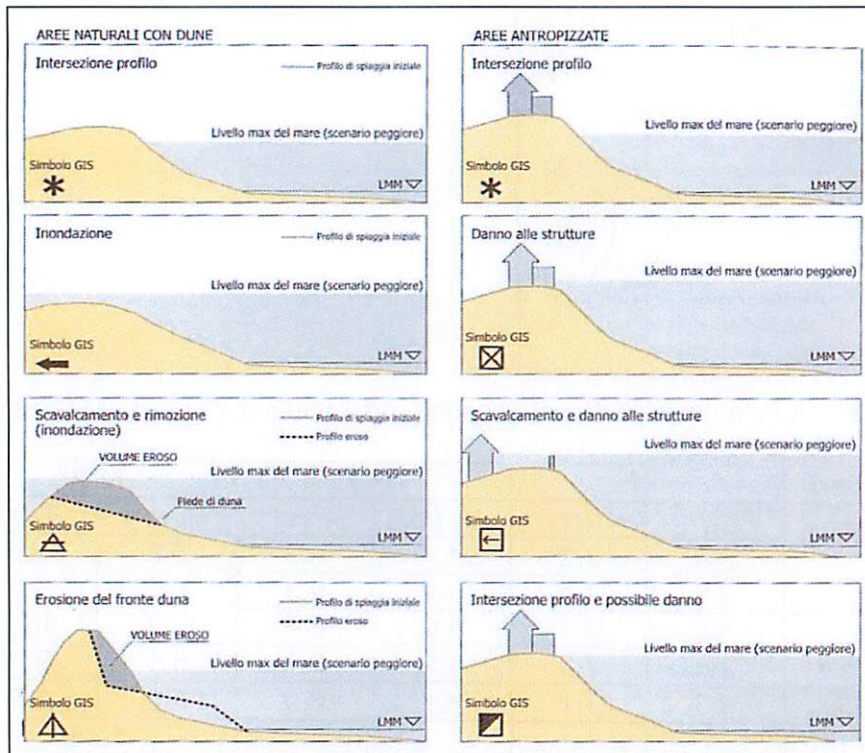


Fig. B.1.52 - Schema dei possibili impatti degli eventi di mareggiata associati a surge sui profili di spiaggia naturali e antropizzati.

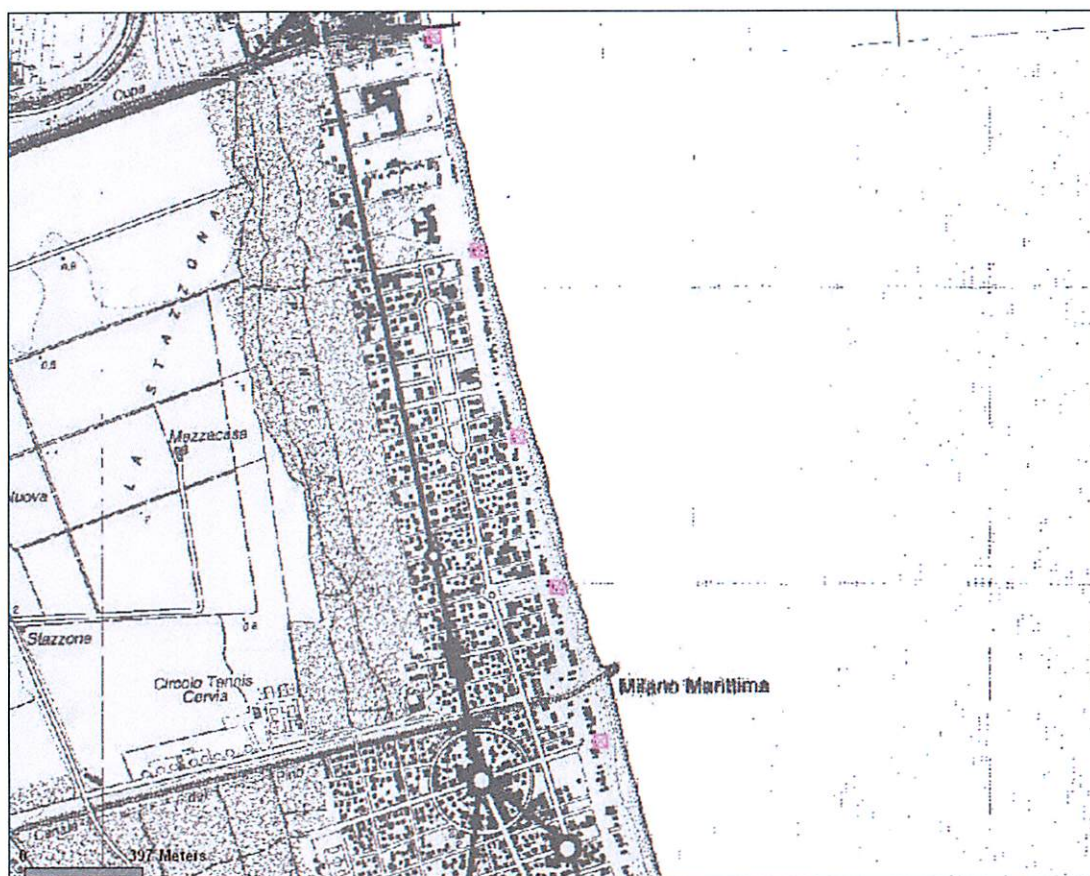


Fig. B.1.53 - Tratto di costa del territorio cervese (Milano Marittima) con individuazione puntuale di impatti puntuali (danno alle strutture) corrispondenti al tempo di ritorno del peggior scenario di 1 anno (simboli rosa).

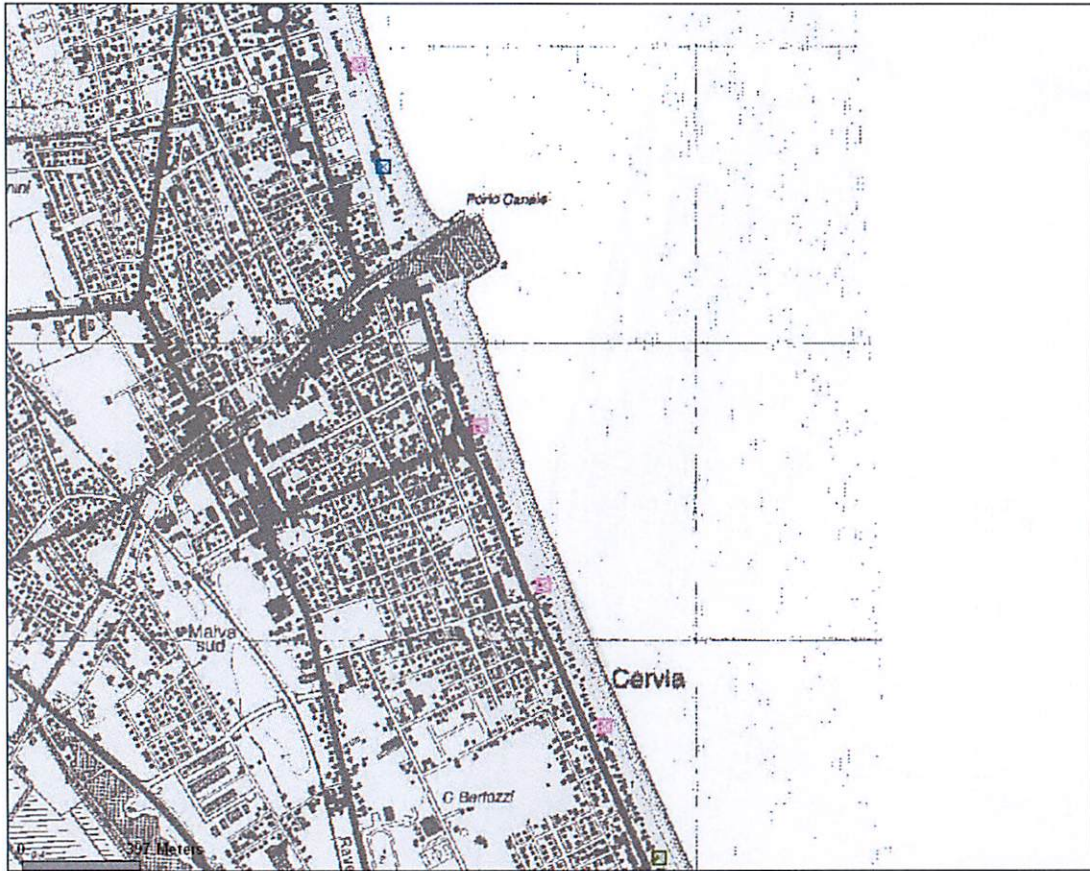


Fig. B.1.54 - Tratto di costa del territorio cervese (Cervia) con individuazione puntuale di impatti puntuali (danno alle strutture) corrispondenti ai tempi di ritorno del peggior scenario di 1 anno (simboli rosa), 10 anni (simboli blu) e di 100 anni (simboli verdi).

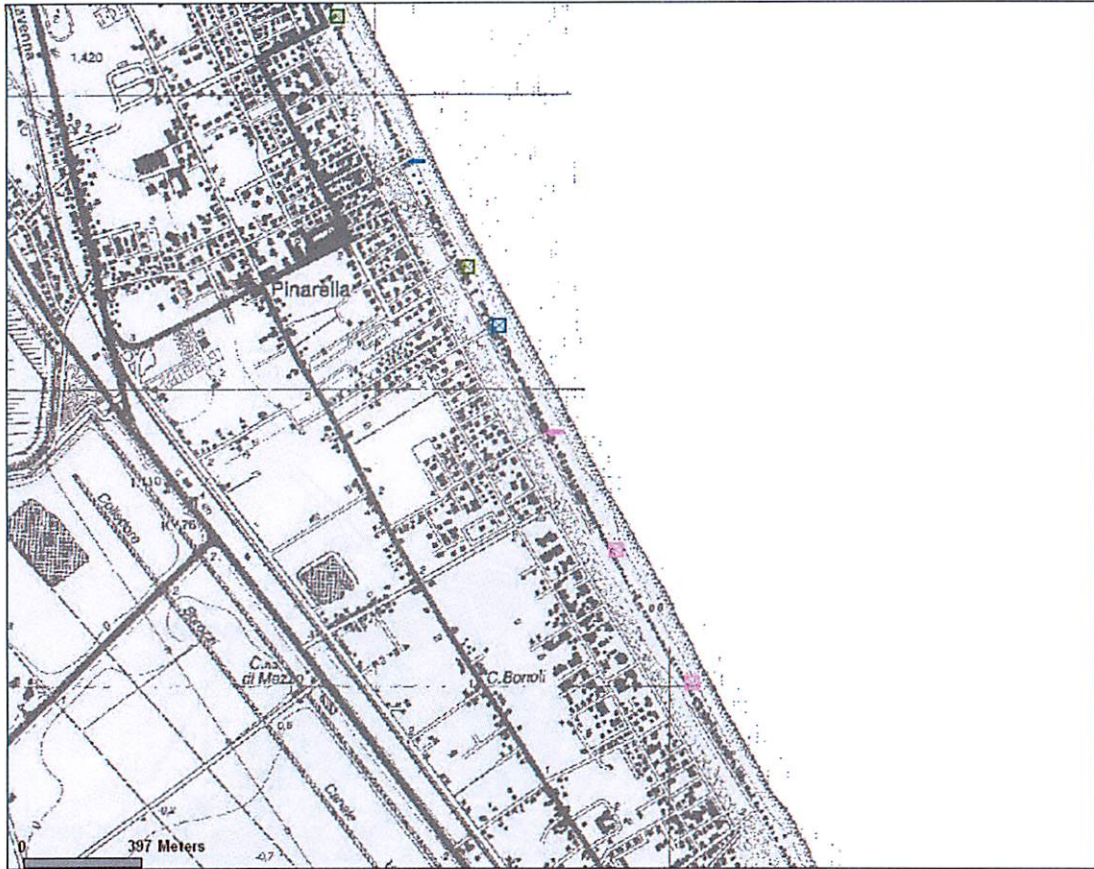


Fig. B.1.55 - Tratto di costa cervese (Pinarella) con individuazione di impatti puntuali (danno alle strutture, inondazione) corrispondenti ai tempi di ritorno del peggior scenario di 1 anno (simboli rosa), 10 anni (simboli blu) e di 100 anni (simboli verdi).

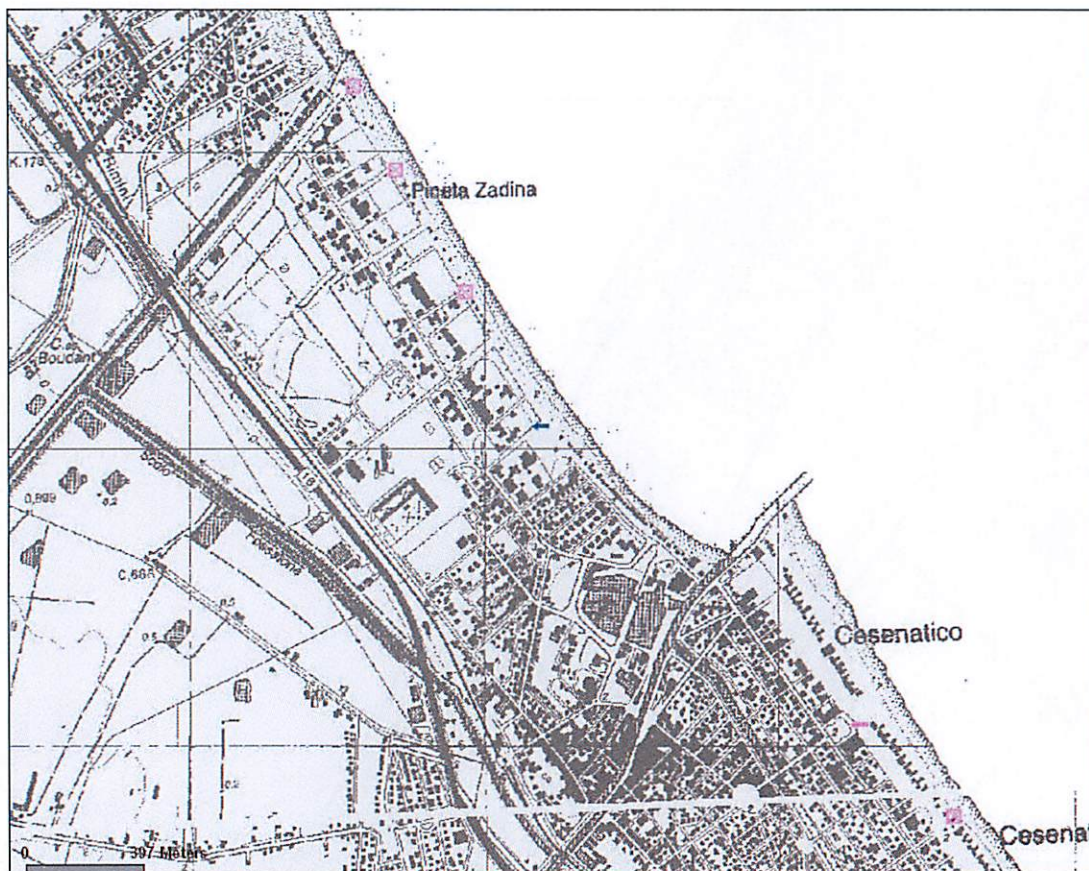


Fig. B.1.56 - Tratto di costa del territorio cervese (Zadina) con individuazione puntuale di impatti puntuali (danno alle strutture, inondazione) corrispondenti ai tempi di ritorno del peggior scenario di 1 anno (simboli rosa) e di 10 anni (simboli blu).

Infine, ai diversi tipi di impatto è stata attribuita la seguente classificazione del grado di vulnerabilità:

- classe alta: inondazione del retrospiaggia, scavalco e rimozione della duna, danneggiamento e/o scavalco di struttura antropica;
- classe media: erosione del fronte dunare, intersezione/danneggiamento di struttura antropica;
- classe bassa: intersezione della spiaggia e della duna.

L'infittimento dei profili di modellizzazione ha infine permesso di quantificare la lunghezza del litorale attribuibile alle diverse classi di vulnerabilità, attraverso l'interpolazione dei dati puntuali. Dal quadro che ne emerge (figure B.1.57-B.1.68) si nota come alcuni tratti passino da una situazione di tranquillità, per eventi con tempo di ritorno di 1 anno, a situazioni molto critiche, in occasione di eventi con tempi di ritorno di 10 e 100 anni.



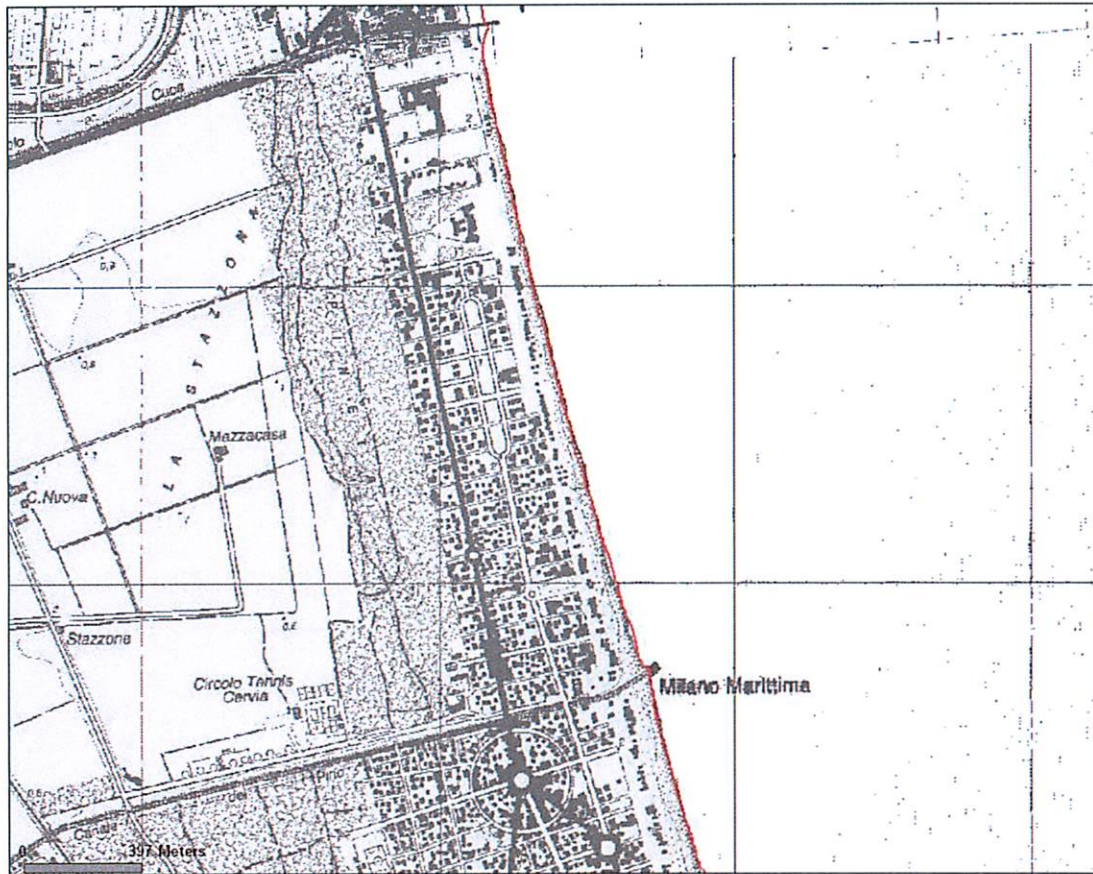


Fig. B.1.57 - Vulnerabilità, di un tratto di costa cervese (Milano Marittima), corrispondente al tempo di ritorno di 1 anno dello scenario peggiore.

Legenda - linea rossa: vulnerabilità alta; linea gialla: vulnerabilità media; linea verde: vulnerabilità bassa. (Da Sistema Informativo del Mare e della Costa della Regione Emilia-Romagna: [http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito\\_cartografia/web\\_gis\\_costa.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito_cartografia/web_gis_costa.htm)).

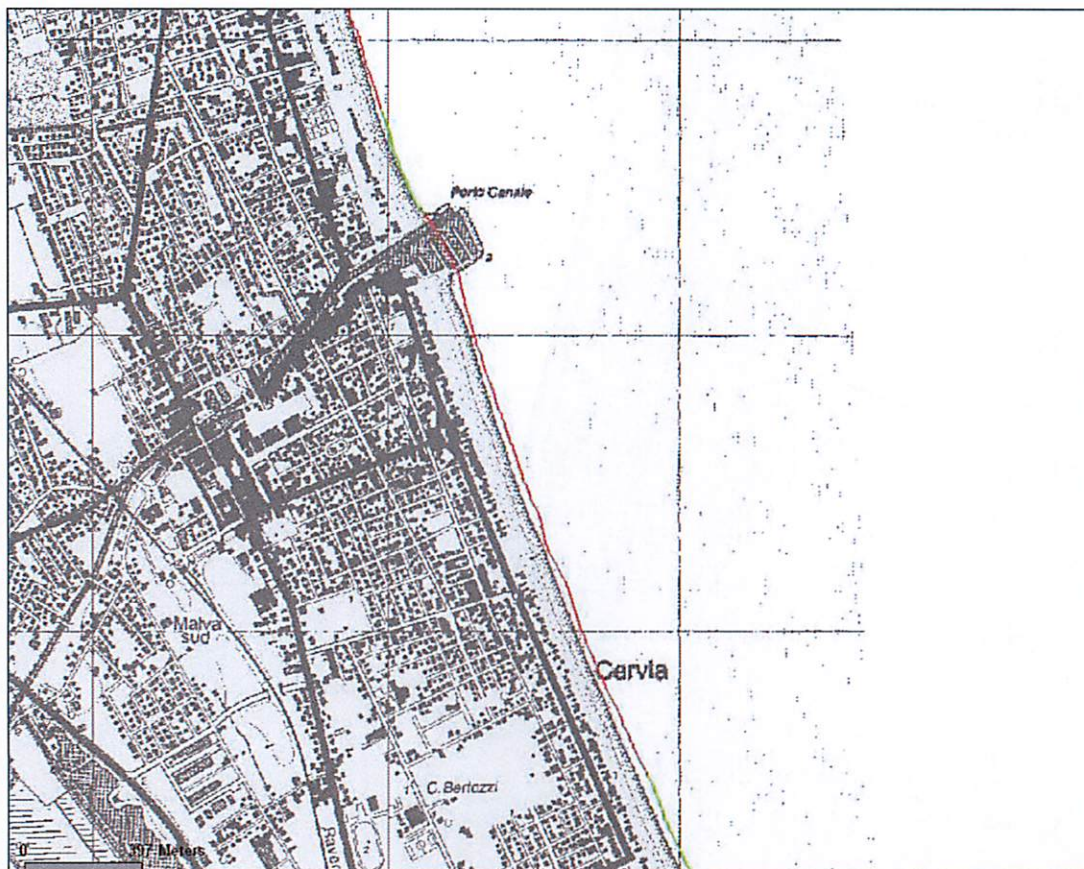


Fig. B.1.58 - Vulnerabilità, di un tratto di costa cervese (Cervia), corrispondente al tempo di ritorno di 1 anno dello scenario peggiore.

Legenda - linea rossa: vulnerabilità alta; linea gialla: vulnerabilità media; linea verde: vulnerabilità bassa. (Da Sistema Informativo del Mare e della Costa della Regione Emilia-Romagna: [http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito\\_cartografia/web\\_gis\\_costa.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito_cartografia/web_gis_costa.htm)).

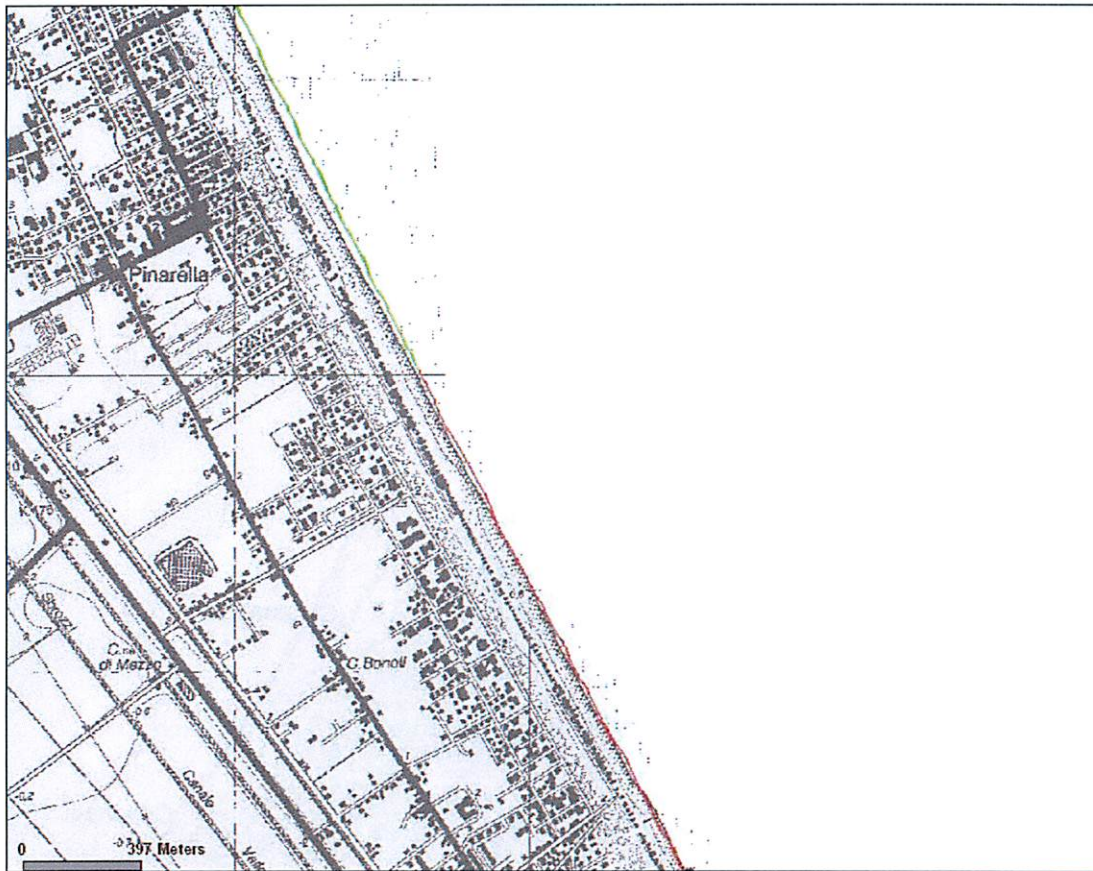


Fig. B.1.59 - Vulnerabilità, di un tratto di costa cervese (Pinarella), corrispondente al tempo di ritorno di 1 anno dello scenario peggiore.

Legenda - linea rossa: vulnerabilità alta; linea gialla: vulnerabilità media; linea verde: vulnerabilità bassa. (Da Sistema Informativo del Mare e della Costa della Regione Emilia-Romagna: [http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito\\_cartografia/web\\_gis\\_costa.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito_cartografia/web_gis_costa.htm)).

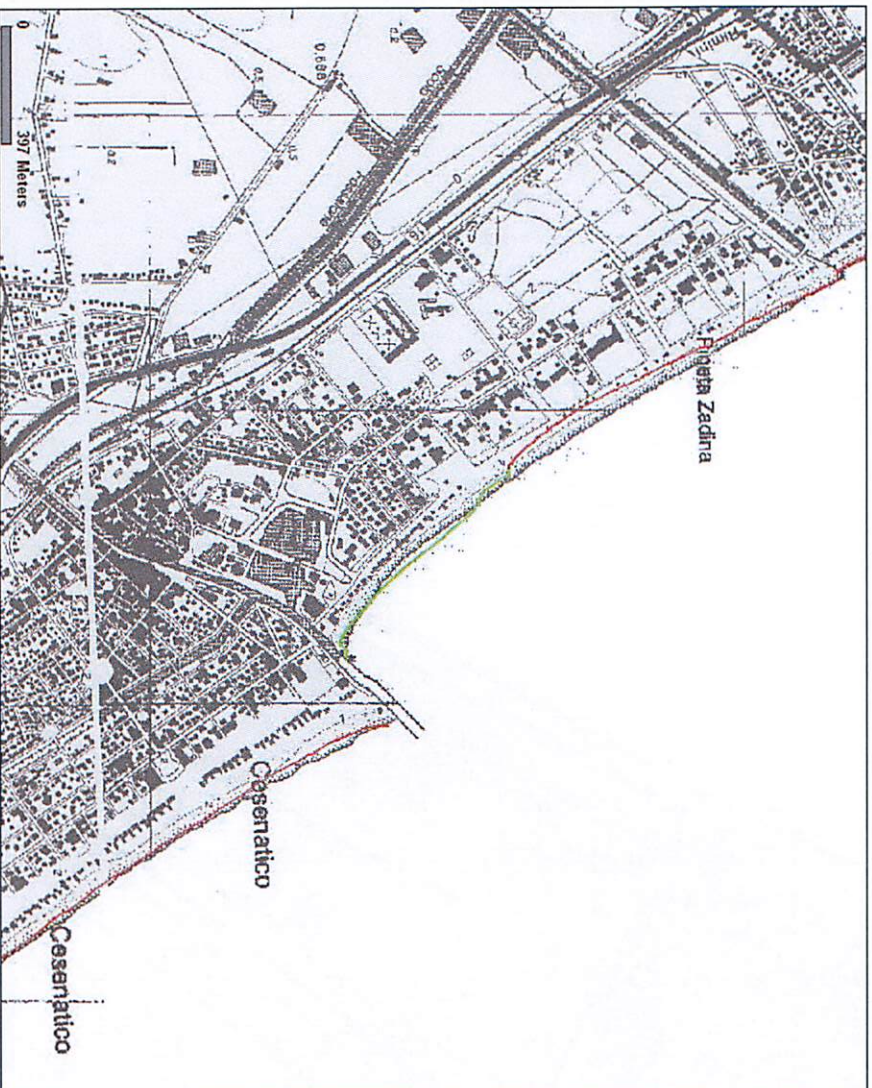


Fig. B.1.60 - Vulnerabilità, di un tratto di costa cervese (Zadrina), corrispondente al tempo di ritorno di 1 anno dello scenario peggiore.

Legenda - linea rossa: vulnerabilità alta; linea gialla: vulnerabilità media; linea verde: vulnerabilità bassa. (Da Sistema Informativo del Mare e della Costa della Regione Emilia-Romagna: [http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito\\_cartografia/web\\_gis\\_costa.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito_cartografia/web_gis_costa.htm)).

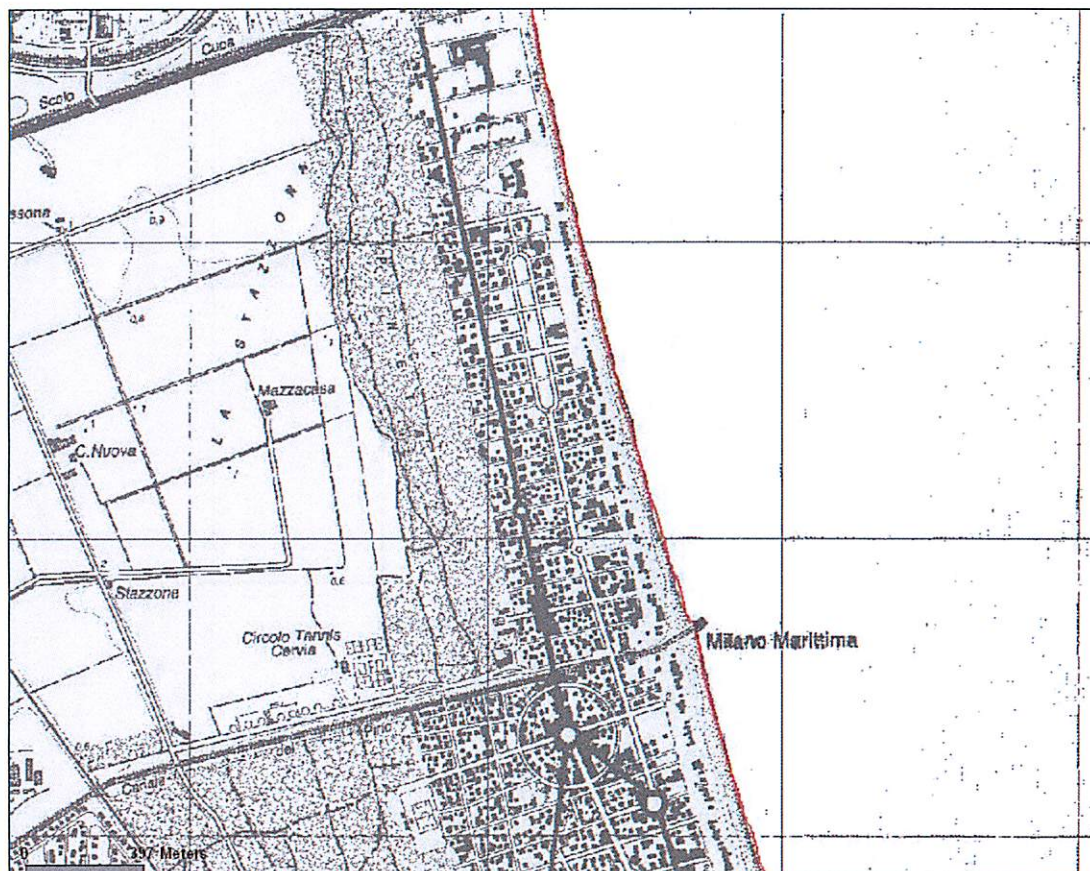


Fig. B.1.61 - Vulnerabilità, di un tratto di costa cervese (Milano Marittima), corrispondente al tempo di ritorno di 10 anni dello scenario peggiore.

Legenda - linea rossa: vulnerabilità alta; linea gialla: vulnerabilità media; linea verde: vulnerabilità bassa. (Da Sistema Informativo del Mare e della Costa della Regione Emilia-Romagna: [http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito\\_cartografia/web\\_gis\\_costa.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito_cartografia/web_gis_costa.htm)).

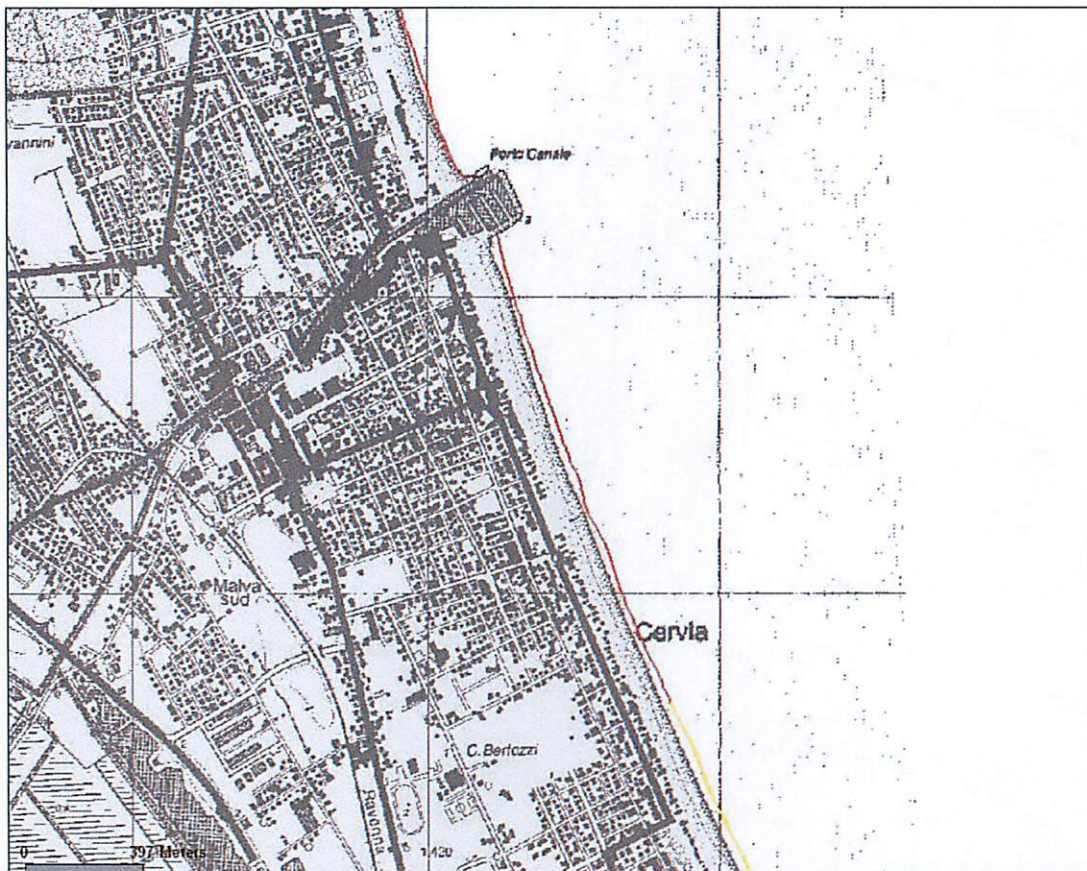


Fig. B.1.62 - Vulnerabilità, di un tratto di costa cervese (Cervia), corrispondente al tempo di ritorno di 10 anni dello scenario peggiore.

Legenda - linea rossa: vulnerabilità alta; linea gialla: vulnerabilità media; linea verde: vulnerabilità bassa. (Da Sistema Informativo del Mare e della Costa della Regione Emilia-Romagna: [http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito\\_cartografia/web\\_gis\\_costa.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito_cartografia/web_gis_costa.htm)).

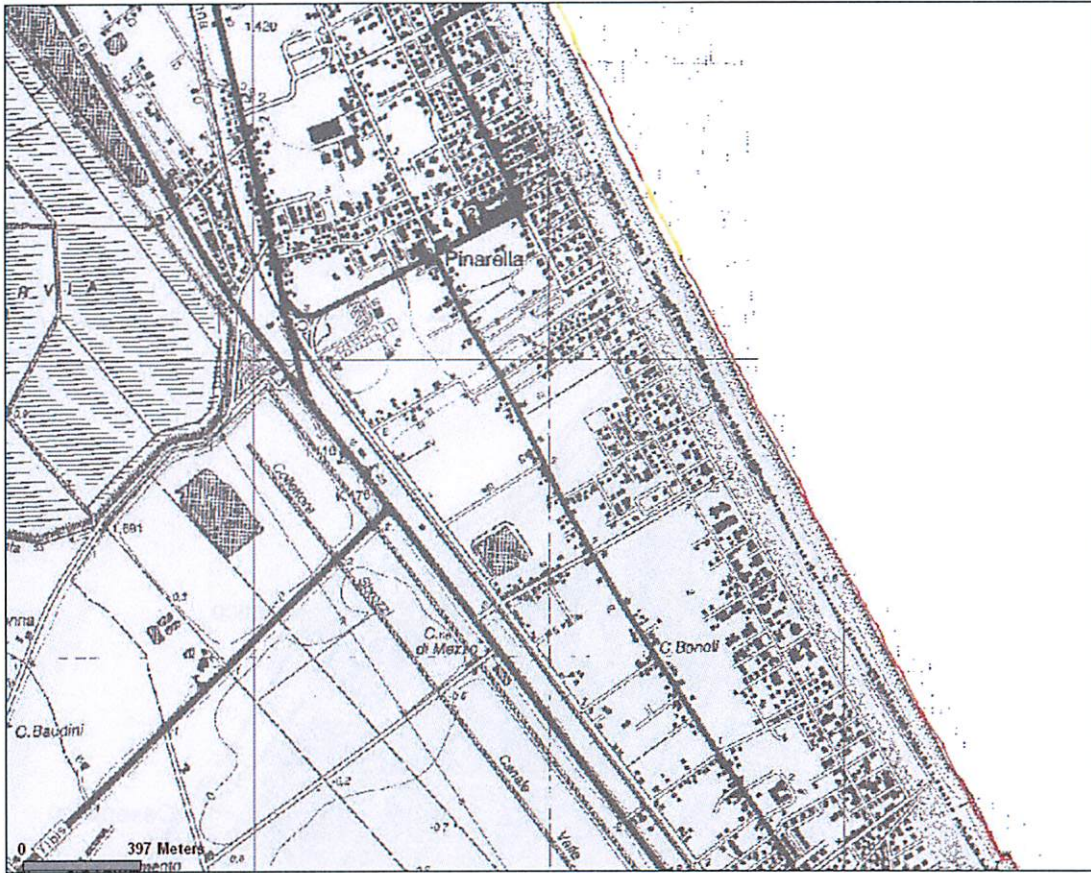


Fig. B.1.63 - Vulnerabilità, di un tratto di costa cervese (Pinarella), corrispondente al tempo di ritorno di 10 anni dello scenario peggiore.

Legenda - linea rossa: vulnerabilità alta; linea gialla: vulnerabilità media; linea verde: vulnerabilità bassa. (Da Sistema Informativo del Mare e della Costa della Regione Emilia-Romagna: [http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito\\_cartografia/web\\_gis\\_costa.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito_cartografia/web_gis_costa.htm)).



Fig. B.1.64 - Vulnerabilità, di un tratto di costa cervese (Zadina), corrispondente al tempo di ritorno di 10 anni dello scenario peggiore.

Legenda - linea rossa: vulnerabilità alta; linea gialla: vulnerabilità media; linea verde: vulnerabilità bassa. (Da Sistema Informativo del Mare e della Costa della Regione Emilia-Romagna: [http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito\\_cartografia/web\\_gis\\_costa.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito_cartografia/web_gis_costa.htm)).



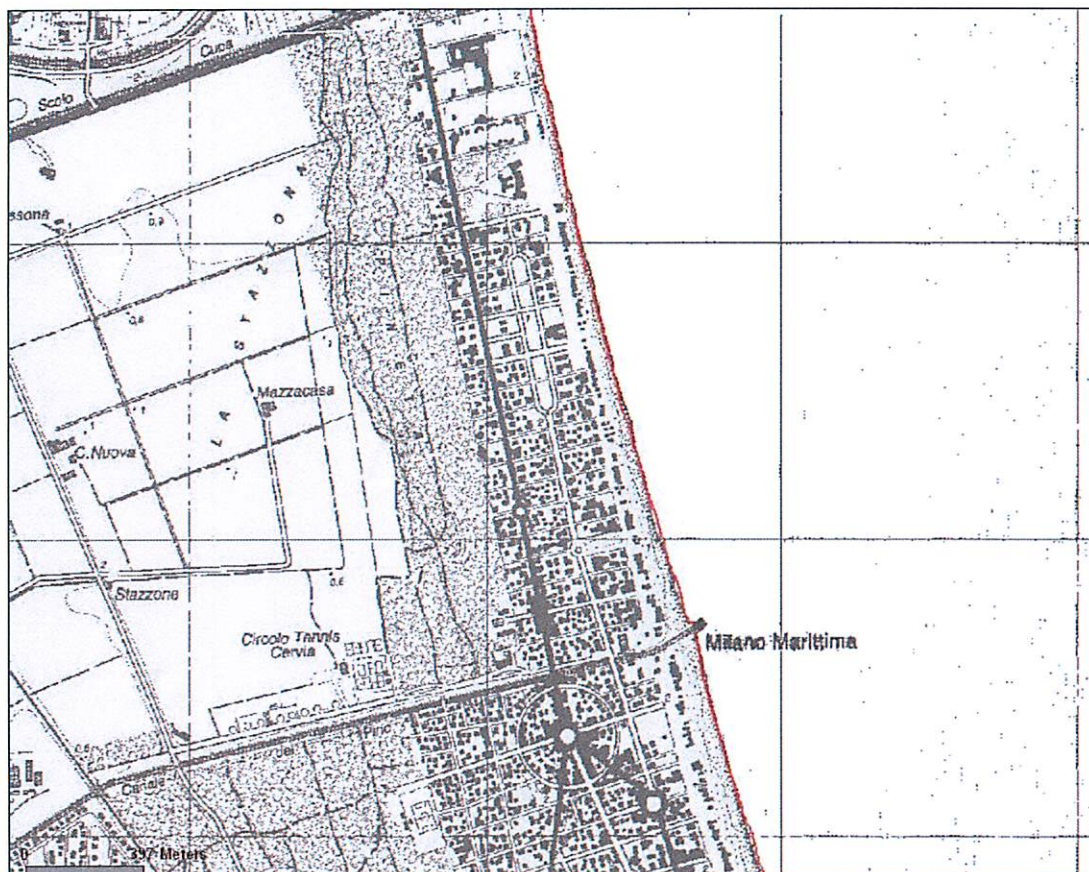
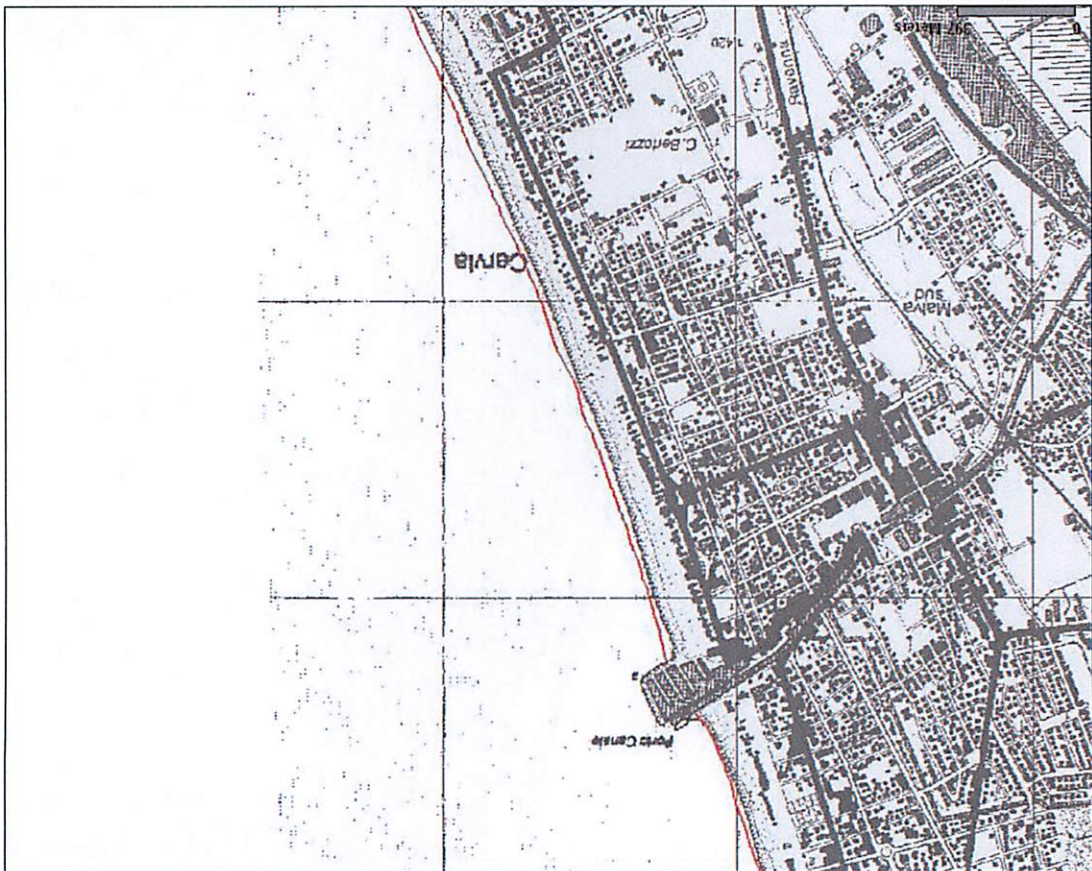


Fig. B.1.65 - Vulnerabilità, di un tratto di costa cervese (Milano Marittima), corrispondente al tempo di ritorno di 100 anni dello scenario peggiore.

Legenda - linea rossa: vulnerabilità alta; linea gialla: vulnerabilità media; linea verde: vulnerabilità bassa. (Da Sistema Informativo del Mare e della Costa della Regione Emilia-Romagna: [http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito\\_cartografia/web\\_gis\\_costa.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito_cartografia/web_gis_costa.htm)).

Fig. B.1.66 - Vulnerabilità, di un tratto di costa cervese (Cervia), corrispondente al tempo di ritorno di 100 anni dello scenario peggiore.  
Legenda - linea rossa: vulnerabilità alta; linea gialla: vulnerabilità media; linea verde: vulnerabilità bassa. (Da Sistema Informativo del Mare e della Costa della Regione Emilia-Romagna: [http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito\\_cartografia/web\\_gis\\_costa.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito_cartografia/web_gis_costa.htm)).



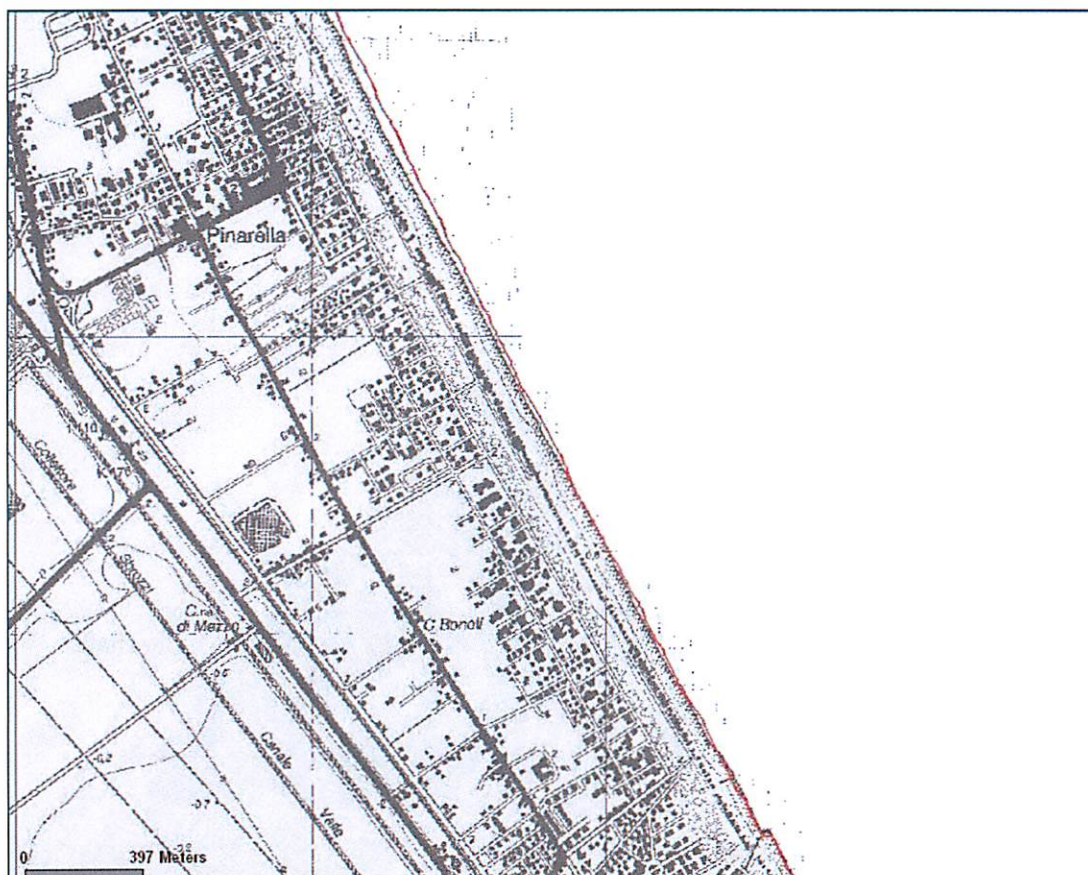


Fig. B.1.67 - Vulnerabilità, di un tratto di costa cervese (Pinarella), corrispondente al tempo di ritorno di 100 anni dello scenario peggiore.

Legenda - linea rossa: vulnerabilità alta; linea gialla: vulnerabilità media; linea verde: vulnerabilità bassa. (Da Sistema Informativo del Mare e della Costa della Regione Emilia-Romagna: [http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito\\_cartografia/web\\_gis\\_costa.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito_cartografia/web_gis_costa.htm)).

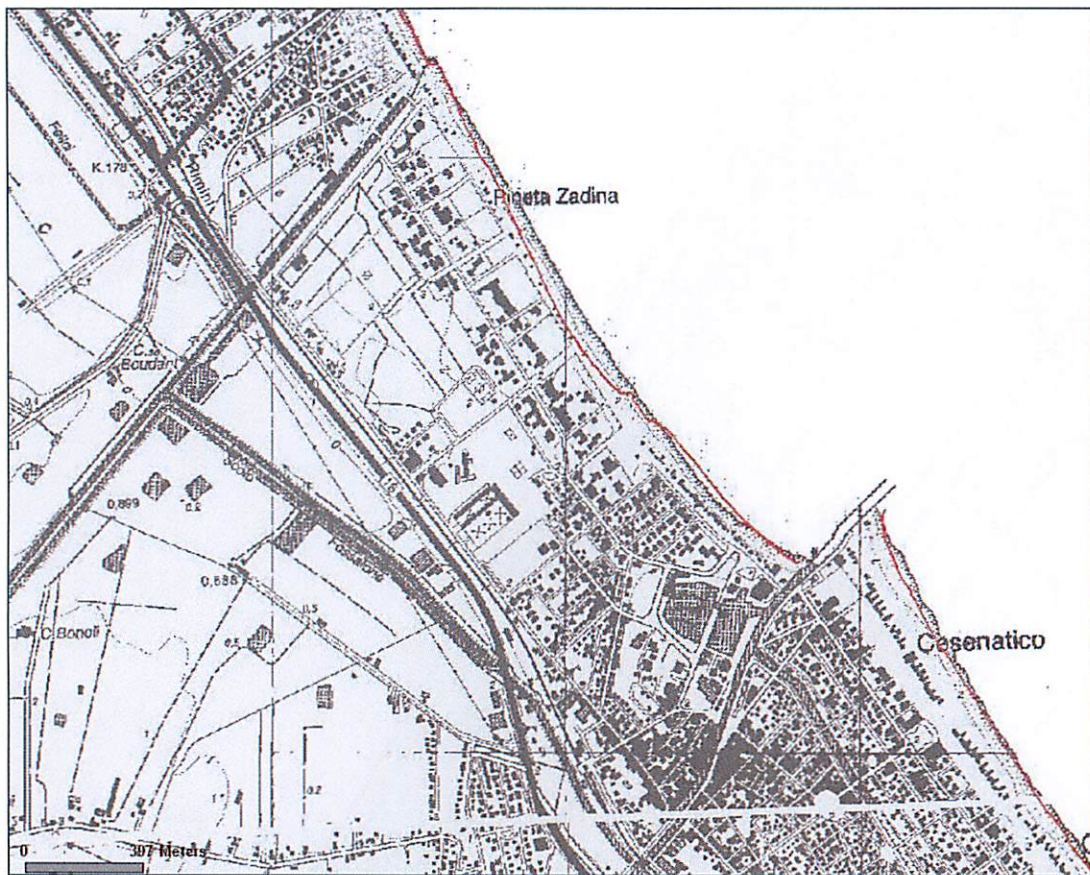


Fig. B.1.68 - Vulnerabilità, di un tratto di costa cervese (Zadina), corrispondente al tempo di ritorno di 100 anni dello scenario peggiore.

**Legenda** - linea rossa: vulnerabilità alta; linea gialla: vulnerabilità media; linea verde: vulnerabilità bassa. (Da Sistema Informativo del Mare e della Costa della Regione Emilia-Romagna: [http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito\\_cartografia/web\\_gis\\_costa.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito_cartografia/web_gis_costa.htm)).

#### B.1.8.2.2 *Il fenomeno dell'intrusione salina*

L'intrusione salina, cioè la migrazione di acqua marina all'interno dell'acquifero costiero contenente acqua dolce, costituisce, unitamente (e spesso dipendentemente) all'erosione della costa, al rischio mareggiate ed alla subsidenza, uno dei problemi più gravi che interessano il litorale dell'Alto Adriatico.

La piana costiera di Cervia è caratterizzata, come discusso nel paragrafo dedicato alla subsidenza, da un forte tasso di subsidenza (5-10 mm/anno). L'acquifero si sviluppa sul cordone litoraneo sabbioso deposto durante la trasgressione marina avvenuta 5.000-6.000 anni fa: la massima trasgressione raggiunse posizioni distanti dall'attuale linea di costa da 2 km a 1 km, procedendo da nord a sud. A monte di questa, si formò l'area lagunare su cui poi furono costruite le Saline di Cervia.

La ricostruzione della litostratigrafia dell'acquifero (figure B.1.69-B.1.70), fatta in un recente studio da Ulazzi e altri (2007), mostra una composizione prevalentemente data da sabbie da medie a molto fini (1-4  $\phi$ ), con la componente media più prossima alla costa e la componente fine prevalentemente nella zona retrostante. Si tratta comunque di sabbia con presenza di livelli limosi e/o limoso-argillosi, particolarmente abbondanti nella zona centrale

dell'area considerata. Lo spessore dell'acquifero raggiunge i valori massimi in prossimità della linea di costa attuale (circa 18 m) e decresce verso l'entroterra fino ad annullarsi in corrispondenza del cordone fiandriano (figura B.1.72). Le mappe di conduttività idraulica mostrano come la componente orizzontale sia generalmente maggiore di un ordine di grandezza rispetto a quella verticale, con un nucleo di materiale a più elevata conduttività idraulica (orizzontale e verticale) nella fascia occidentale dell'area di studio, corrispondente, probabilmente, al nucleo di ghiaie sabbiose (figura B.1.72). I valori tendono poi a diminuire gradatamente verso mare. La porosità efficace media dell'acquifero è di 0.15, mentre la trasmissività idraulica presenta un valore medio di  $3.9 \times 10^{-5}$  ( $m^2/s$ ).



Fig. B.1.69 - L'area interessata dallo studio di Ulazzi e altri (2007) è data dalle Zone 2 e 3, compresa tra il Canale del Pino e il Porto Canale.

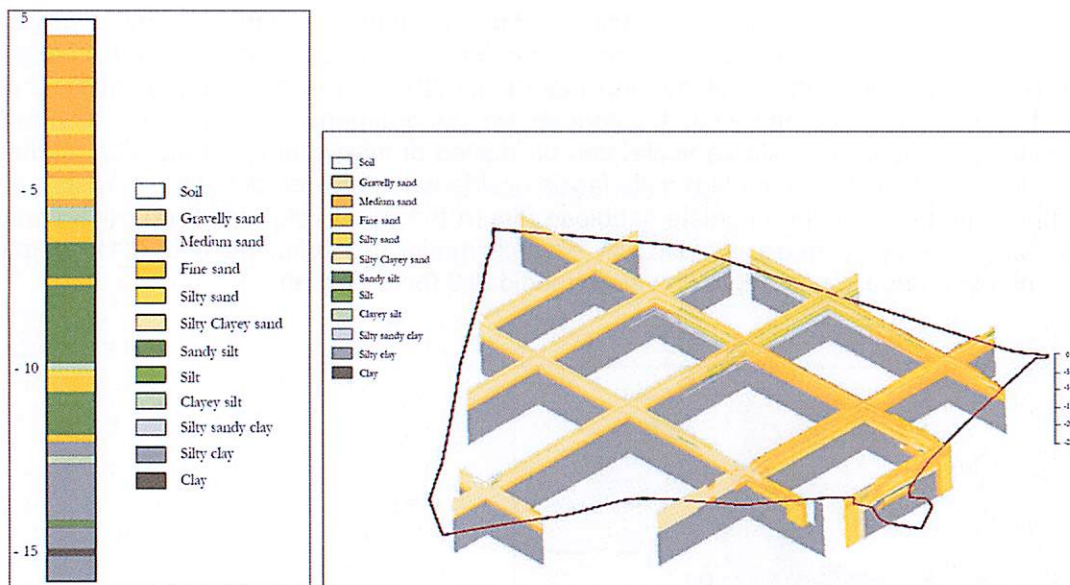


Fig. B.1.70 - Ricostruzione della colonna stratigrafica dell'acquifero (sinistra) e ricostruzione tridimensionale dello stesso (destra): il nord in alto a destra della figura di destra (Ulazzi et al., (2007).

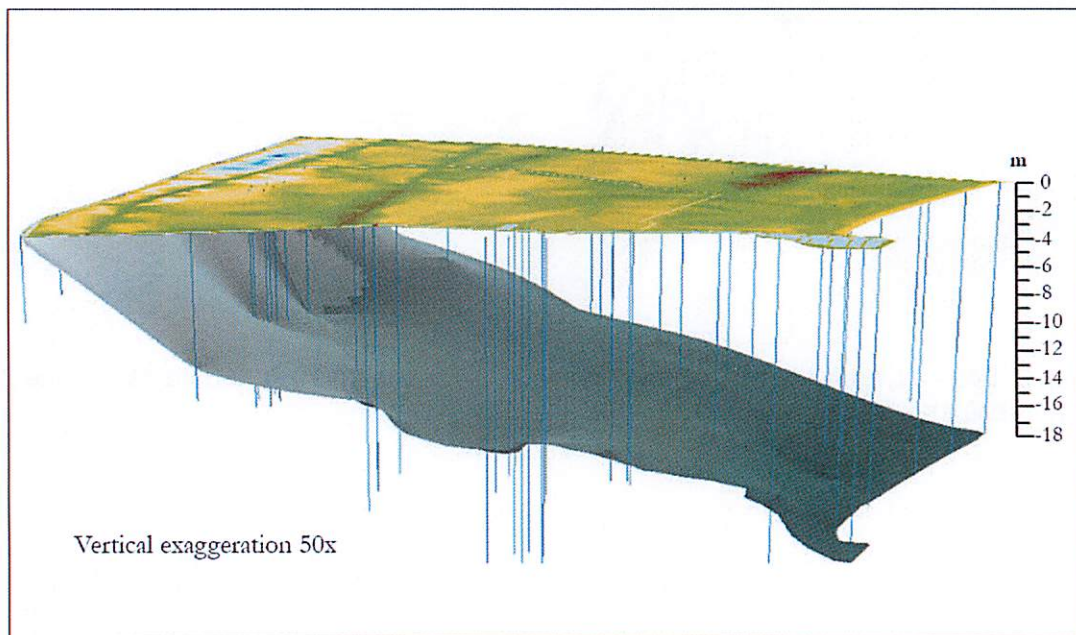


Fig. B.1.71 - Ricostruzione tridimensionale della forma dello strato argilloso sottostante l'acquifero e degli spessori dell'acquifero stesso da ovest (sinistra) ad est (destra) (Ulazzi et al., (2007).

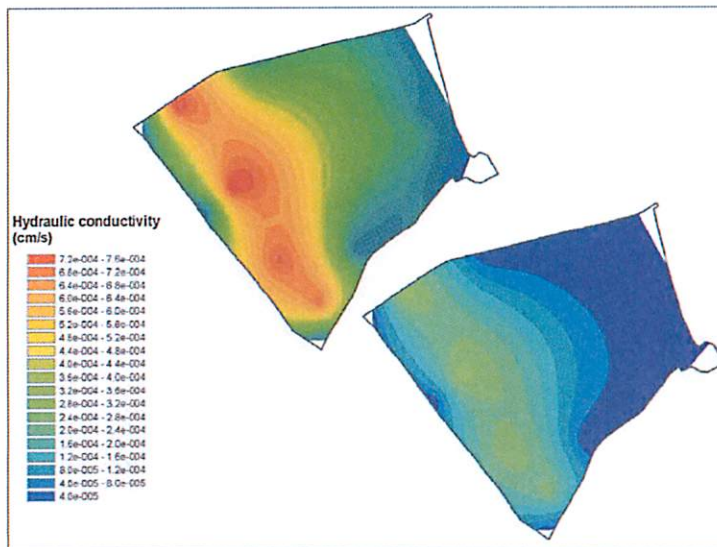


Fig. B.1.72 - Mappe di conduttività idraulica orizzontale (sopra) e verticale (sotto) (Ulazzi et al., (2007).

Le mappe delle isofreatiche hanno evidenziato che le quote freatiche sono raramente e di pochi cm sopra il livello del mare, se non lungo la linea di costa, nelle zone dunali e lungo il Canale del Pino, il Porto Canale e il Canale Mesola di Montaleto (in realtà denominato Canale Madonna del Pino dal Consorzio di Bonifica Savio-Rubicone) e solo durante i mesi invernali, caratterizzati da una maggior ricarica. La profondità della superficie freatica varia da un massimo di 0,82 m sopra il livello del mare in inverno, ad un minimo di -1,06 m in estate. Ne deriva quindi che, per la legge di Ghyben-Herzberg, l'acquifero non presenta un carico idraulico in grado di ostacolare l'entrata diretta dell'acqua di mare al fondo. Esso si presenta per lo più salato, con nuclei di acqua dolce superficiali e confinati, localizzati lungo la fascia costiera e in adiacenza ai canali di scolo, che determinano ricarica di acqua dolce durante i mesi più piovosi, mentre nei periodi di maggior siccità, a causa della risalita di acqua salata dal mare, determinano intrusione di acqua salata (figura B.1.73).

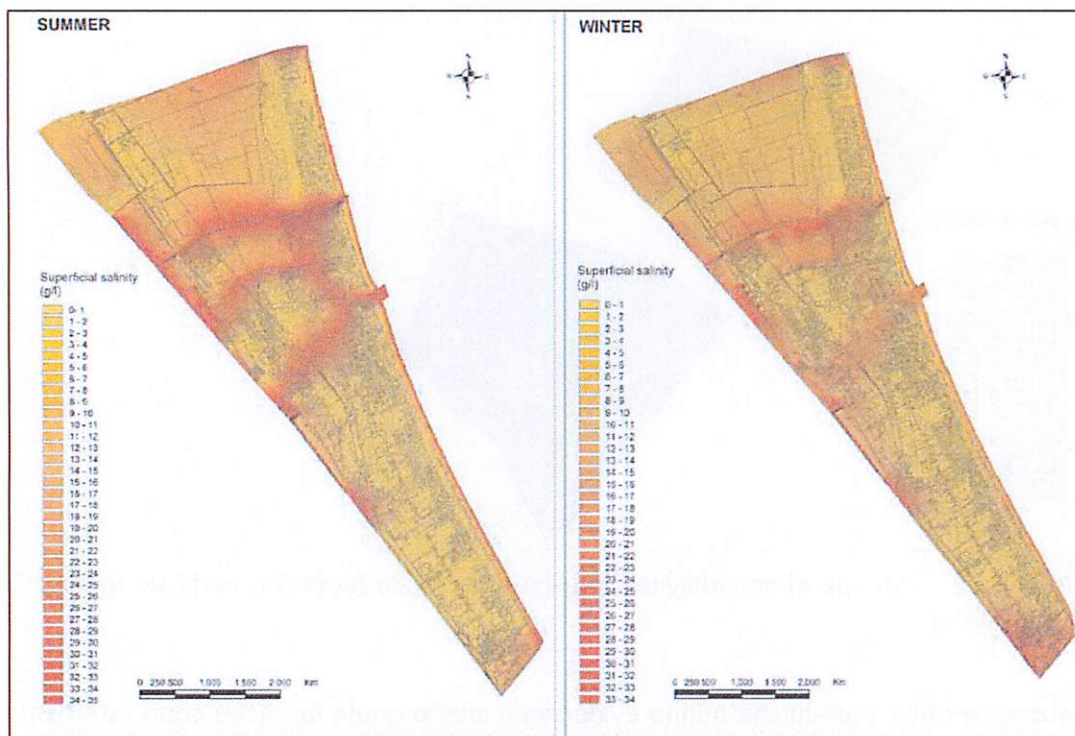


Fig. B.1.73 - Variazione stagionale (estate-inverno) della distribuzione della salinità dell'acquifero superficiale (Ulazzi et al., (2007).

Le carte di figura B.1.73 mostrano come il Canale del Pino, il Porto Canale e il Canale Mesola di Montaletto (Canale Madonna del Pino) siano la causa dell'intrusione di acqua marina, soprattutto d'estate, quando le saline sono in funzionamento: i valori di salinità nell'acquifero superficiale sono pari a 30-34 g/l (pari a quelli dell'acqua di mare), per una distanza laterale ai canali pari a 250 m e per una distanza nell'entroterra pari a 2 km. La salinità è alta anche in prossimità delle pinete e degli impianti di sollevamento in seguito del richiamo del cuneo salino causato dall'elevata evapotraspirazione dei pini e dal drenaggio dei sistemi idraulici.

Evidente è il contributo del Canale Mesola di Montaletto (Canale Madonna del Pino) alla variazione stagionale di salinità: durante l'autunno-inverno, periodo caratterizzato da più abbondanti precipitazioni, il canale ricarica l'acquifero dolce, mentre durante l'estate ricarica l'acquifero con acqua salata.

#### B.1.8.2.3 *Aspetti qualitativi*

Conoscere lo stato di qualità e lo stato di salute del mare rappresenta il presupposto indispensabile per la gestione sostenibile della fascia costiera e l'approccio migliore per avviare le dovute misure di risanamento, di protezione e di valorizzazione del patrimonio marittimo.

Le considerazioni relative alle caratteristiche del contesto marino costiero riguardano più genericamente tutto il tratto costiero emiliano-romagnolo in quanto gli elementi caratterizzanti superano la dimensione comunale, ma anche provinciale; per le valutazioni qualitative sullo stato delle acque marine si è fatto riferimento ai dati di Arpa regione Emilia-



Romagna ed in particolare ai dati pubblicati nell' "Annuario regionale dei dati ambientali 2009", ai dati di Arpa Daphne e di Arpa – rete di monitoraggio delle acque di balneazione.

Le acque marino costiere dell'Emilia-Romagna, e quindi anche del territorio comunale cervese, sono particolarmente vulnerabili ai fenomeni eutrofici. Una serie di fattori concorrono a favorire lo sviluppo di tale processo e sono, in particolare, la quantità e la qualità degli apporti eutrofizzanti (fosforo e azoto in particolare) provenienti dai bacini idrografici afferenti, le scarse profondità dell'Adriatico settentrionale, le caratteristiche idrodinamiche, la conformazione della linea di costa.

L'apporto più significativo è senz'altro quello del bacino padano; l'elevata portata del fiume Po, con la sua portata media di circa 1510 m<sup>3</sup>/sec nel periodo 1917-2002, rappresenta il motore e l'elemento caratterizzante dell'alto Adriatico ed è in grado di determinare e condizionare gran parte dei processi trofici e distrofici nell'ecosistema marino costiero.

Lo stato idrodinamico è condizionato inoltre dalla stagionalità: in inverno, prevale una distribuzione omogenea dei parametri chimico-fisici (temperatura, salinità, ossigeno disciolto ecc.) lungo tutta la colonna d'acqua, dovuta al completo miscelamento verticale, che facilita la diluizione degli apporti del Po e dei bacini costieri regionali. Nella stagione estiva, caratterizzata invece da una generale riduzione della corrente e da ridotti apporti fluviali, prevale la presenza di stratificazioni (marcati termoclini) lungo la colonna d'acqua. Generalmente la distribuzione degli apporti fluviali con effetto eutrofizzante presenta un modello di distribuzione da nord a sud, da costa verso il largo e dalla superficie verso il fondo. Analoga distribuzione è mantenuta dalle acque eutrofizzate.

Le fioriture microalgali sono sostenute prevalentemente da Diatomee nel periodo invernale ed investono anche aree al largo; in primavera, ma soprattutto in estate, a seguito della diminuzione degli apporti dai bacini, sia l'estensione che la frequenza dei fenomeni eutrofici tendono a ridursi assumendo un carattere costiero. Particolari condizioni meteorologiche (moto ondoso, vento, correnti marine) possono tuttavia modificare le condizioni dei processi eutrofici; in generale si osserva che la stabilità meteomarina favorisce lo sviluppo dei processi eutrofici, mentre al contrario, l'azione del moto ondoso, oltre a diluire e disperdere le masse d'acqua eutrofizzate concentrate negli strati superficiali, risolve condizioni ipossiche e anossiche presenti negli strati di fondo.

Con riferimento alla qualità delle acque, l'aspetto maggiormente rilevante risulta senz'altro essere quello dell'utilizzo delle acque marine costiere per scopi balneari; in Emilia-Romagna da quasi un trentennio si effettua un attento monitoraggio delle acque marine che ha consentito di attuare opportune mitigazioni degli impatti. Punto critico per la qualità delle acque destinate alla balneazione sono le foci dei fiumi e più precisamente il carico antropico che essi convogliano in mare. La verifica della qualità delle acque in riferimento al loro uso ricreativo viene effettuata per mezzo di indicatori microbiologici previsti dalla normativa nazionale vigente. La rete di monitoraggio delle acque marine di balneazione in Emilia-Romagna comprende 96 punti di campionamento dislocati lungo la costa; di essi 7 sono sul litorale del comune di Cervia:

- Milano Marittima: foce scolo Cupa (molo nord)
- Milano Marittima: foce scolo Cupa (molo sud)
- Milano Marittima: 150 m nord Canale Immissario Saline
- Milano Marittima: Porto Canale di Cervia (100 m a Nord)
- Cervia: 100 m Sud Porto Canale di Cervia

- Cervia: altezza bagno Casadei
- Pinarella di Cervia: altezza bagno Oasi

Il periodo di monitoraggio va dal primo maggio al trenta settembre di ogni anno con frequenza mensile.

Scopi principali della rete di monitoraggio sono, oltre alla tutela della salute dei bagnanti, evidenziare le zone in cui si verificano situazioni anomale di contaminazione e quindi le zone a maggiore carico antropico, valutando la necessità di interventi di mitigazione delle fonti di inquinamento.

Dal 2002 sono disponibili on line (<http://www.arpa.emr.it/balneazione/ita/index.asp>) i dati di tutti i punti della rete di monitoraggio delle acque di balneazione della costa emiliano-romagnola. Il database, che ad oggi raccoglie e mette a disposizione dati, informazioni e reportistica, copre tutto l'arco temporale che va dal 2000 al 2009.

Il controllo analitico effettuato sulle acque dalla rete di monitoraggio, al fine di verificarne l'idoneità alla balneazione, si basa, sino al 2009, sulla determinazione delle caratteristiche chimico-fisiche e microbiologiche dei campioni prelevati, fondando il giudizio di conformità sul rispetto dei valori limite stabiliti dal D.P.R. 470/1982 e s.m.i.; in particolare i parametri analizzati sono:

parametri chimico-fisici: colorazione/trasparenza, pH, ossigeno disciolto, oli minerali, fenoli, sostanze tensioattive;

parametri microbiologici: coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi fecali, salmonella.

Con riferimento all'anno 2009 a Cervia i valori di riferimento dei parametri fisico-chimici e microbiologici, sono risultati conformi ai sensi del D.P.R. 470/82, per tutte le 7 stazioni di riferimento.

È entrata in vigore di recente la nuova normativa in tema di monitoraggio delle acque di balneazione "DLgs 116 del 30.5.2008 e DMS 30.3.2010", che di fatto sostituisce il DPR 470/82. Tra le novità introdotte dalla nuova normativa si ricordano, in particolare, i seguenti aspetti:

determinazione di **solo 2 parametri batteriologici**: *Enterococchi intestinali* ed *Escherichia coli* (più specifici come indicatori di contaminazione fecale);

frequenza dei controlli almeno ogni 4 settimane durante la stagione balneare. Per ciascuna acqua di balneazione è fissato un programma di monitoraggio prima dell'inizio di ogni stagione balneare. Il campionamento è effettuato non oltre 4 giorni dopo la data indicata nel calendario di monitoraggio;

giudizio di qualità basato su un nuovo calcolo statistico: valutazione del 95° percentile (o 90° percentile) della normale funzione di densità di probabilità log10 dei dati microbiologici;

classificazione delle acque annuale sulla base dei dati delle ultime 4 stagioni balneari;

analisi integrata d'area sulla base della conoscenza del profilo di costa antistante e messa in relazione dello stato di qualità delle acque di balneazione con le possibili fonti di contaminazione;

intervento con le necessarie misure di gestione sulle fonti di impatto rilevate al fine di perseguire obiettivi di miglioramento della qualità delle acque;

informazione dettagliata ed immediata al pubblico;

razionalizzazione della rete di monitoraggio attraverso l'individuazione di aree omogenee.

I dati più recenti relativi alle acque di balneazione fanno riferimento ai bollettini pubblicati da Arpa nell'ambito del monitoraggio delle acque di balneazione, che a partire dal mese di maggio 2010 viene effettuato secondo i criteri stabiliti dal D.Lgs 116/2008. I punti di controllo e di campionamento per il comune di Cervia sono passati da sette a cinque, localizzati a:

- 1) Milano Marittima: 100 m foce scolo Cupa (Bagno Pineta)
- 2) Milano Marittima: 100 m Canale Immissario Saline
- 3) Milano Marittima: 100 m Nord Porto Canale di Cervia
- 4) Cervia: Sud Porto Canale di Cervia (Bagno Sorriso)
- 5) Pinarella: Bagno Delfino

Gli ultimi controlli di maggio/giugno/luglio hanno rilevato una qualità delle acque considerata "eccellente".

Con riferimento allo stato ambientale delle acque marine lungo la costa romagnola, i dati aggiornati sono quelli del programma di monitoraggio dell'eutrofizzazione a cura di Arpa – Daphne; il monitoraggio controlla 41 stazioni sia in situ tramite sonda multiparametrica, che mediante prelievi di campioni da analizzare nei laboratori specialistici. Per la stesura del bollettino vengono inoltre utilizzati i dati chimico-fisici (temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, clorofilla "a" e trasparenza) di 14 stazioni poste a 500 m di distanza da riva. Nel corso di 20 anni di elaborazioni dati, sono state individuate tre zone omogenee (A, B e C) che si diversificano tra loro per condizioni chimico-fisiche ed entro le quali viene fatta l'elaborazione mediata dei dati; Cervia rientra nell'area B. Ad integrazione dello stesso bollettino tutti i dati di temperatura, salinità, clorofilla "a" e ossigeno sul fondo rilevati durante il monitoraggio vengono elaborati per la produzione di mappe tematiche.

Di seguito si riporta un esempio di bollettino e mappe relative al monitoraggio del 20-21 luglio 2010 per i parametri analizzati; i bollettini aggiornati sono consultabili nel sito [www.arpa.emr.it/pubblicazioni/mare/generale\\_42.asp](http://www.arpa.emr.it/pubblicazioni/mare/generale_42.asp) nella sezione "bollettino mare informa".

Struttura Oceanografica Dapnipe

MARE IN - FORMA

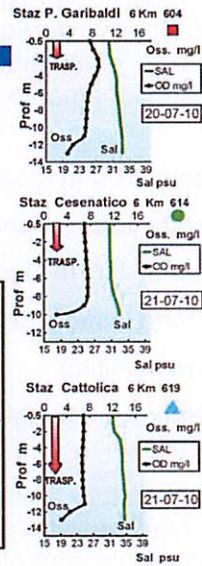


VARIABILI	MEDIE ZONA A	Val. an.	MEDIE ZONA B	Val. an.	MEDIE ZONA C	Val. an.
Temperatura °C	26.65		26.78		27.70	
Salinità psu	28.90		30.66		30.85	
O. D. super. mg/l	7.35		6.78		6.33	
O. D. fondo mg/l	4.92		4.58		5.45	
pH	8.46		8.43		8.42	
Trasparenza m	1.36		1.48		2.76	
Clorofilla a µg/l	17.60		9.05		3.54	

OSSERVAZIONI

Dai controlli effettuati questa settimana risulta migliorata la qualità ambientale dell'ecosistema marino costiero antistante l'Emilia Romagna. I venti da Nord-Est, spirati tra domenica e lunedì, hanno contribuito ad un generale rimescolamento della colonna d'acqua che ha fatto aumentare i valori di ossigeno disciolto sul fondo, infatti non si registrano situazioni di anossia del fondale, in particolare vicino a costa anche se, rimangono zone tendenti all'ipossia circoscritte tra i 6-10 Km nell'area più centrale lungo la costa e tra i 3-6 Km davanti a Cattolica. Risultano in leggera diminuzione le temperature delle acque superficiali nelle zone A e B. In aumento anche i valori di salinità soprattutto nell'area centro-settentrionale rimanendo però compresi tra i 29-30 psu e quindi al di sotto della media normalmente registrata in questo periodo. Nella zona meridionale gli indici di biomassa microalgale risultano diminuiti rispetto ai controlli della settimana scorsa con valori medi pari a 3.5 µg/L mentre è aumentata la trasparenza, delle acque sia nelle stazioni in costa sia in quelle più distanti.

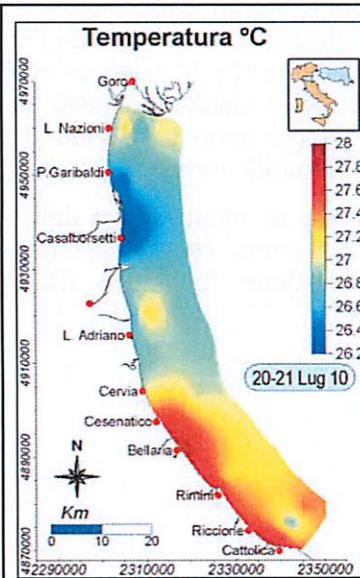
Valori di Clorofilla "a" elevati sono registrati nella zona più settentrionale della costa tra Porto Garibaldi e Bagni di Volano ed indicano un processo eutrofico ancora in alto sostenuto da microalghe appartenenti in prevalenza al gruppo Diatomee (genere *Thalassionema*) e da altre Fitoflagellate di acque dolci.



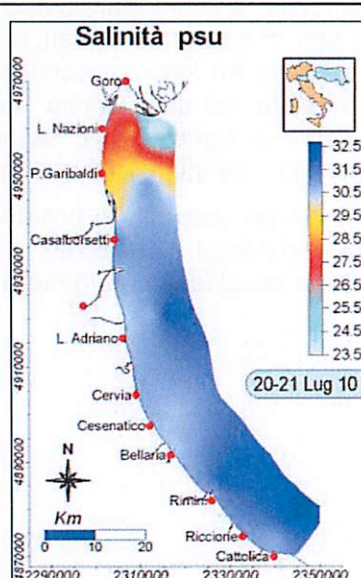
Distribuzione delle stazioni costiere (0.5 Km) divise per subarea

NOTE:

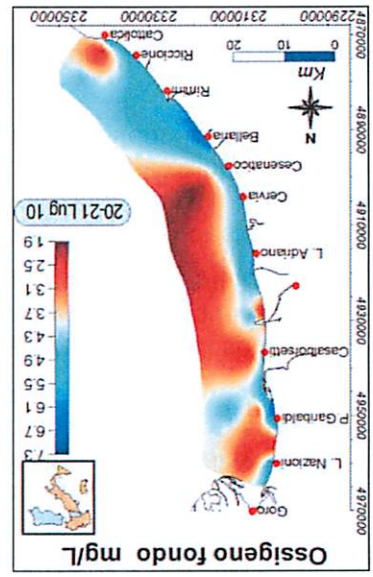
OSSIGENO DISC. NELLE ACQUE DI FONDO  
 - da 0 - 1.0 mg/l Situazione tendente all'anossia  
 - da 3.0 - 1.0 mg/l Ipossia  
 - > 3.0 mg/l Condizione normale  
 CLOROFILLA "a" (indice di biomassa algale)  
 - > 10 µg/l Ambiente eutrofico



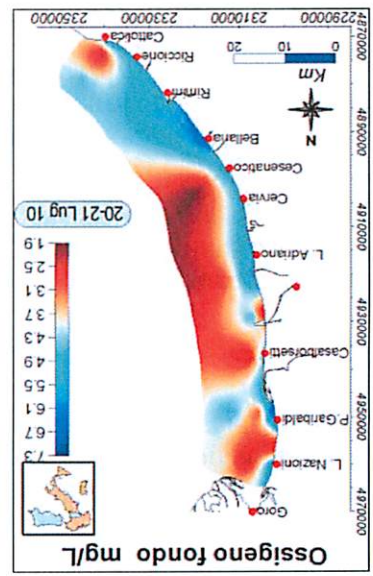
Distribuzioni, rilevate dal Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, della temperatura dell'acqua marina in gradi centigradi.



Distribuzioni, rilevate dal Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, della salinità in superficie. La salinità è espressa come n° di grammi di sali disciolti per Kg di acqua ed è misurata in psu, abbreviazione di Practical Salinity Unit (unità di misura standard ottenuta misurando la conducibilità). I valori più elevati nelle nostre acque costiere sono compresi tra 34-36 psu.



Distribuzioni, rilevate dal Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, dell'ossigeno disciolto nell'acqua prossima al fondale. La quantità di ossigeno è espressa in mg/L. Nelle acque di fondo valori > a 3 mg/L sono nella norma, valori da 1 a 3 mg/L determinano una condizione di ipossia mentre valori inferiori a 1 mg/L comportano una condizione di anossia.



Distribuzioni, rilevate dal Po a Cattolica e dalla costa fino a 10 Km al largo, dell'ossigeno disciolto nell'acqua prossima al fondale. La quantità di ossigeno è espressa in mg/L. Nelle acque di fondo valori > a 3 mg/L sono nella norma, valori da 1 a 3 mg/L determinano una condizione di ipossia mentre valori inferiori a 1 mg/L comportano una condizione di anossia.

### **B.1.8.3 Le acque sotterranee**

Ancora di più, rispetto alle acque marino-costiere, le caratteristiche e gli elementi che descrivono il sistema delle acque sotterranee superano ampiamente il confine provinciale. Per l'inquadramento si richiama quanto riportato dalla Relazione Generale del Piano di Tutela Acque Regionale.

#### **B.1.8.3.1 - Struttura idrogeologica regionale**

La struttura stratigrafica è la conseguenza di vicende che trovano la loro giustificazione nell'evoluzione tettonica e climatica che ha portato alla formazione dell'intera pianura e che trovano nel Po un importante punto di riferimento per far comprendere gli elementi fondamentali di questa evoluzione.

Il dominio della sedimentazione padana non è stato costante nel tempo, infatti in relazione al sollevamento strutturale della catena appenninica il limite tra depositi appenninici e depositi padani ha migrato nel tempo progressivamente verso nord.

Prendendo come riferimento il solo *gruppo acquifero A*, che comprende la porzione superficiale dei sedimenti che costituiscono il bacino padano, lo spostamento verso nord dei depositi dal basso stratigrafico verso l'alto è stato, nella zona più orientale della regione, anche di alcune decine di chilometri.

La migrazione tridimensionale del Po a partire dalla posizione iniziale, molto più a sud e molto più in basso, altimetricamente, dell'attuale è un importante elemento per la comprensione dell'idrogeologia padana; tale migrazione ha consentito la deposizione differenziata di sedimenti (ed acque coeve) secondo una direttrice verso l'alto e verso nord. Il perno di questo movimento può essere fatto coincidere con il punto di ingresso del Po in Emilia-Romagna, nei dintorni dell'alto strutturale di Stradella.

Entro questo quadro dinamico generale è possibile riconoscere gli episodi sedimentari che hanno differenziato le fasi di deposito prevalentemente grossolane da quelle più fini che corrispondono, considerate assieme, alle unità idrostratigrafiche fondamentali.

Dal punto di vista della circolazione idrica generale, tuttavia, l'episodio di maggiore rilievo per gli effetti che ha sulla circolazione attuale è la netta separazione tra i depositi di conoide e quelli di pianura, sia essa appenninica che padano-alpina; tale separazione è mostrata in quasi tutte le sezioni studiate e in quasi tutti i sistemi acquiferi. Questo è il limite fondamentale da cui derivano:

il passaggio da condizioni di tipo freatico/confinato a condizioni di tipo prevalentemente confinato (lateralmente e verticalmente);

il passaggio da una condizione di tempo relativamente basso per lo scambio ionico acqua sedimento, a condizioni invece opposte di scambio basate su tempi molto elevati;

il passaggio infine, sul piano della fruibilità delle risorse, da risorse relativamente rinnovabili a risorse pressoché non rinnovabili.

Nel proporre un nuovo assetto strutturale, quindi, è stato necessario operare su due fronti:

da un lato identificare e consolidare gli elementi di conoscenza strutturale derivati da tutti gli studi compendati nello studio "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia - Romagna" (RIS - ENI-AGIP/1998) per fornire una lettura "verticale" dell'intero complesso;

dall'altro, inserire una chiave di lettura di tipo "orizzontale", meno nota nella letteratura

specifica disponibile.

La composizione di entrambe le chiavi di lettura genera l'assetto tridimensionale del modello concettuale ed apre la strada alla classificazione per complessi idrogeologici, la cui sintesi è riportata in figura B.1.74.

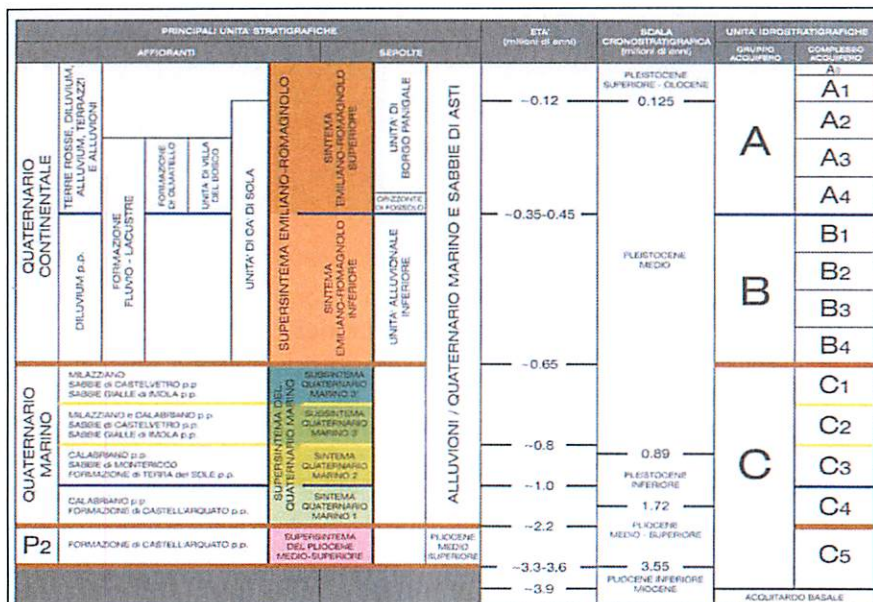


Fig. B.1.74 - Schema stratigrafico del margine appenninico e della pianura emiliano – romagnola (Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998).

Per quello che riguarda la chiave di lettura strutturale “verticale”, gli aspetti fondamentali sono:

una successione di unità geologiche principali, codificate nel RIS con i codici A, B e C ad identificare i gruppi acquiferi principali corrispondenti a tali macro episodi;

le superfici di discontinuità che segnano il passaggio dall’uno all’altro di questi episodi e, in certi casi, le superfici di discontinuità che consentono anche una lettura più definita dei gruppi acquiferi principali.

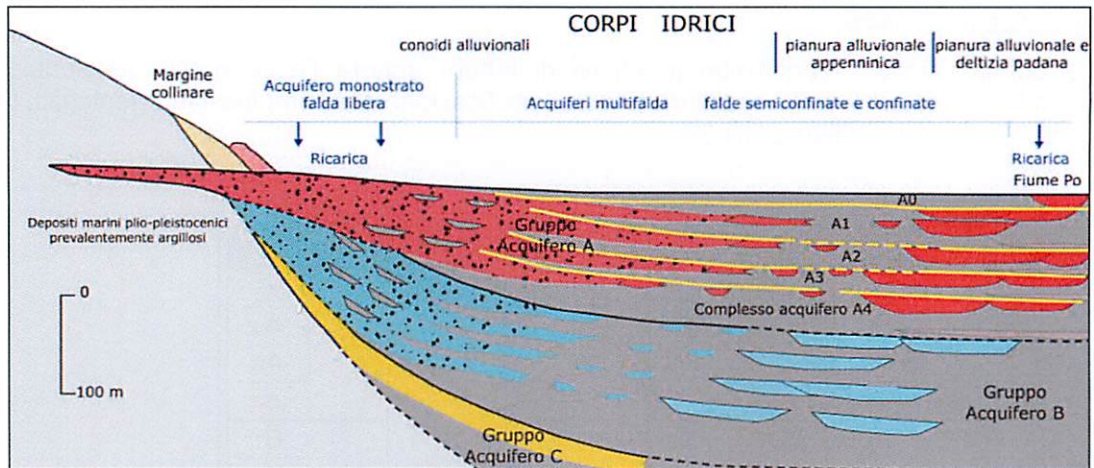


Fig. B.1.75 - Distribuzione verticale, schematica, dei corpi idrici, e delle unità idrostratigrafiche nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola.

La seconda codifica, quella “orizzontale”, attiene maggiormente, invece, alle caratteristiche degli ambienti deposizionali, quindi a cause di tipo più eminentemente idraulico e climatico. I sistemi deposizionali saturati in acqua dolce e costituenti i principali complessi idrogeologici sono:

- conoide alluvionale appenninica;
- pianura alluvionale appenninica;
- pianura alluvionale e deltizia padana.

Questo assetto generale può essere descritto in modo sintetico, e quindi meglio comprensibile, tenendo conto anche dell’evoluzione tridimensionale del reticolo idrografico; l’accrescimento della pianura emiliano-romagnola può infatti essere fatto coincidere:

con lo spostamento nel tempo dell’asta del Po, che ha migrato progressivamente verso nord, con il perno del movimento idealmente posto nei dintorni dell’alto di Stradella, all’estremità Ovest della Regione;

con il progressivo sviluppo di un drenaggio appenninico via, via più maturo che ha prodotto la costruzione di conoidi alluvionali posizionate a valle della cerniera strutturale posta al margine appenninico e costituenti il complesso idrogeologico maggiormente sfruttato.



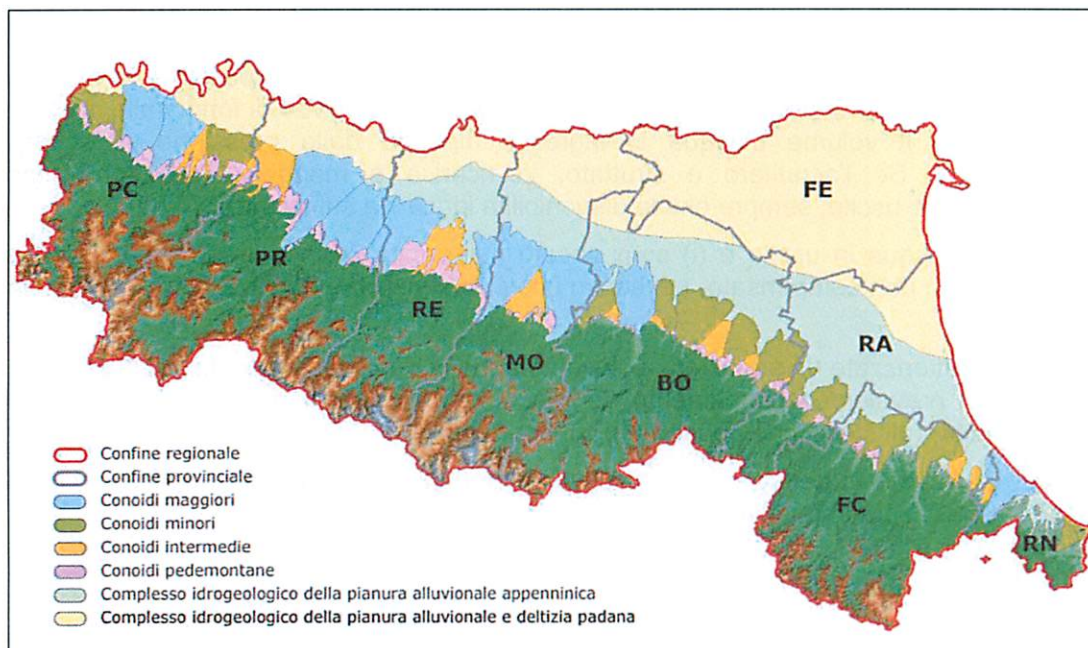


Fig. B.1.76 - Principali complessi idrogeologici dell'Emilia-Romagna.

Questo schema generale ha consentito la formazione degli ambienti descritti sopra e dei serbatoi idrici elementari che costituiscono il sistema acquifero in senso lato.

Il comportamento idraulico di questi serbatoi è quello già descritto e non è altro che la conseguenza della lettura strutturale; alcuni serbatoi (o sistemi acquiferi) sono in equilibrio con l'atmosfera quando sono in prossimità della superficie e in assenza di coperture impermeabili, altri sono sepolti e confinati, ma in connessione con una porzione apicale non confinata, altri ancora, infine, sono completamente confinati, nel senso che non vi è connessione idraulica significativa (almeno in condizioni di assenza di stress artificiale) con alcun altro serbatoio.

Le caratteristiche del flusso sono, di conseguenza, di due tipi:

nei sistemi a pelo libero il moto è limitato al deflusso superficiale e per la sola porzione dell'acquifero (in senso verticale) in cui la velocità è significativa, in genere per la presenza di scambi con gli alvei fluviali o con la superficie topografica;

in tutti gli altri casi, il flusso è sostanzialmente governato dagli stress dovuti all'estrazione dell'acqua con i pozzi. Poiché questo stress è molto elevato, come è ben noto, il flusso è effettivamente molto elevato, ma questa non è una condizione naturale del sistema.

Ragionando in sezione, per comodità, le conseguenze sul piano pratico sono:

il flusso è diretto genericamente da monte a valle con velocità orizzontale più elevata al tetto del sistema (acquiferi a pelo libero) che tende a divenire nulla alla base del sistema;

il flusso assume una componente verticale significativa in corrispondenza dei pozzi attivi, che costituiscono di fatto l'unica uscita possibile dal sistema (salvo ovviamente i casi di connessione con i fiumi, gli acquiferi freatici della media e bassa pianura non connessi con quelli profondi e la maggior parte dei sistemi costieri).

In termini di bilancio idrologico, le altre conseguenze sono:

l'ingresso naturale d'acqua al sistema (ove ciò è idraulicamente possibile) avviene nelle aree di alimentazione pedeappenninica, sia attraverso il subalveo di fondovalle, sia lungo le aste fluviali. Il volume d'acqua in ingresso dipende dalla pressione nei complessi idrogeologici. Se l'acquifero è sfruttato, la ricarica è maggiore, dato che tende a compensare le uscite, sempre che la disponibilità idrica sia sufficiente;

il volume d'acqua in uscita è (i) compensato nelle unità connesse idraulicamente con la superficie, (ii) non compensato, nel senso che è una perdita definitiva per il sistema, in tutti gli altri casi.

le aree caratterizzate da subsidenza elevata hanno la duplice concomitanza di sfruttamento elevato, di prevalente confinamento degli acquiferi, di diffusa presenza di sedimenti fini compressibili (gli stessi che generano il confinamento).

Le caratteristiche di dettaglio dei complessi idrogeologici del gruppo acquifero A possono essere sintetizzate in tabella seguente.

	Caratteristiche geologiche	Caratteristiche quantitative	Caratteristiche qualitative
<b>CONOIDI ALLUVIONALI APENNINICHE</b>			
<b>conoidi maggiori</b>	Nelle zone apicali: ghiaie affioranti ed amalgamate per spessori decametrici, ed estensione chilometrica.  Più a valle: livelli di ghiaie estesi per decine di chilometri quadrati e spessi fino a 20 - 30 metri alternati a depositi fini.	Elevata circolazione idrica  Marcato rapporto idrico da fiume a falda  Scarsa compartimentazione del sistema acquifero nelle parti apicali  Settori di falda libera e falde confinate più a valle	Contaminazioni puntuali / diffuse  Composti azotati presenti (nitrati) in misura contenuta/abbondante  Contaminanti di origine naturale
<b>conoidi intermedie</b>	Nelle zone apicali: ghiaie affioranti ed amalgamate per spessori ed estensione minori che al punto precedente.  Più a valle: livelli di ghiaie meno estesi e meno spessi che al punto precedente, alternati a depositi fini.	Discreta circolazione idrica  Rapporto idrico da fiume a falda non sempre evidente  Compartimentazione del sistema acquifero anche marcata  Settori prevalenti di falda confinata	Contaminazioni puntuali / diffuse  Nitrati presenti generalmente in misura assai abbondante  Debole presenza di contaminanti di origine naturale (ferro, manganese)
<b>conoidi minori</b>	Nelle zone apicali: ghiaie affioranti e amalgamate scarse o assenti.  Più a valle: livelli di ghiaie alternati a depositi fini prevalenti.	Scarsa circolazione idrica  Rapporto idrico da fiume a falda sostanzialmente poco rilevabile  Compartimentazione del sistema acquifero  Falda confinata	Contaminazioni diffuse  Nitrati presenti generalmente in misura abbondante  Presenza di contaminanti di origine naturale (ferro, manganese, ammoniaci)
<b>conoidi distali</b>	Livelli di ghiaie o sabbie presenti in corpi tabulari passanti sotto corrente a corpi isolati, alternati a prevalenti depositi fini.	Scarsa circolazione idrica  Rapporto idrico da fiume a falda localizzato nella parti superficiali non connesse con le sottostanti  Compartimentazione del sistema acquifero  Falda confinata	Nitrati generalmente assenti  Abbondante presenza di contaminanti di origine naturale (ferro, manganese, ammoniaci)
<b>PIANURA ALLUVIONALE APENNINICA</b>	Dominanza di depositi fini, alternati a corpi sabbiosi isolati spessi pochi metri	Scarsa circolazione idrica  Falda confinata	Abbondante presenza di contaminanti di origine naturale (ferro, ammoniaci, arsenico)  Nitrati assenti  Assenza di contaminazioni di origine puntuale
<b>PIANURA ALLUVIONALE E DELTIZIA PADANA</b>	Livelli di sabbie di spessore decametrico ed estensione plurichilometrica, localmente amalgamati, generalmente alternati a depositi fini.	Scarsa circolazione idrica  Rapporto idrico da fiume a falda visibile in relazione al Po  Compartimentazione del sistema acquifero  Falda confinata	Contaminazioni occasionali di origine puntuale  Nitrati generalmente assenti  Presenza di contaminanti di origine naturale (ferro, manganese, ammoniaci)

Tab. B.1.5 - Caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dei complessi idrogeologici distinti all'interno del gruppo acquifero A.

La sintesi fino a qui condotta può essere ulteriormente completata con:

- l'estensione dei criteri idrostrutturali contenuti nella tabella precedente ai gruppi acquiferi B e C;
- una lettura integrale degli effetti che le condizioni di flusso hanno avuto sul fluido nell'ambito delle strutture descritte.

Attraverso il dato strutturale è possibile interpretare anche aspetti particolari come l'assenza di nitrati nei complessi di pianura e certe età delle acque non compatibili con la profondità, aspetti questi che è sempre stato difficile riprodurre nella taratura dei modelli matematici di flusso. La logica con cui è possibile approfondire lo schema precedente si basa sulle seguenti evidenze:

- il passaggio da ambiente ossidante ad ambiente riducente, al limite tra conoide e pianura; di norma si osserva che la presenza di nitrati (ambiente ossidante), associata alla presenza di acque giovani anche in profondità, non oltrepassa mai questo limite, salvo qualche caso di acquiferi freatici di pianura, al tetto di tutta la struttura, e in diretto contatto con l'atmosfera e le acque superficiali;
- la parte apicale e meno profonda delle conoidi è oggi satura con acqua di recente provenienza, a causa della circolazione idrica intensa dovuta ai prelievi da falda;
- il passaggio da ambienti sedimentari caratterizzati da apporti appenninici prima (conoide e piana alluvionale) e dall'ambiente padano poi. Questo passaggio è stato abbastanza ben definito, anche cartograficamente, per la parte più alta dell'intero sistema (gruppo acquifero A);
- la presenza di sedimenti di origine padana anche in posizione molto avanzata verso il bordo dell'Appennino (si veda la sezione Montone - Ronco, gruppo acquifero C);
- l'ambiente idrico riducente che caratterizza gli ambienti sedimentari delle piane alluvionali, con ammoniaca ubiquitaria e ferro spesso presente;
- il passaggio ad acque sempre più antiche sia in verticale, sia da monte a valle.

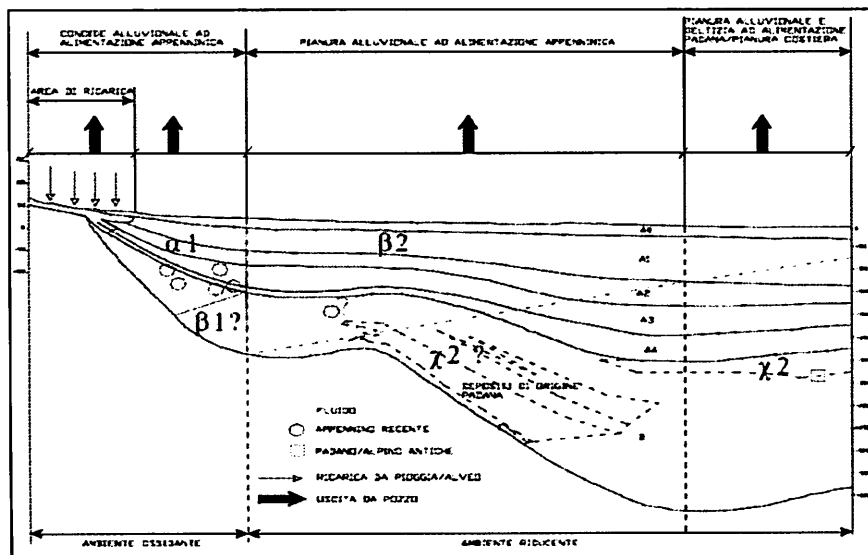


Fig. B.1.77 - Esempio di modello concettuale locale: sezione fiumi Montone e Ronco (PTA regionale).

Inoltre si può citare il rinvenimento di sedimenti padani, o anche decisamente alpini, individuati nel sottosuolo profondo della parte più orientale della regione, attraverso l'analisi petrografica delle sabbie campionate nei sondaggi realizzati per la cartografia geologica di pianura da parte del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.

Alle evidenze sopra elencate si possono associare alcune ipotesi abbastanza consequenziali, quali:

- dove oggi vi sono acque recenti dell'Appennino dovevano essere ospitate a suo tempo, soprattutto nelle parti più profonde, acque con la medesima origine, ma molto più antiche; ne segue che oggi si deve utilizzare un approccio dinamico per poter tenere conto sia di questa evoluzione, sia della probabilità evidente che il ricambio dell'acqua sia in fase di estensione, vista l'intensità del prelievo;
- poiché la presenza in conoide dei due ambienti di acqua dell'Appennino (recente e antica) è fatto certo, e poiché vi è la segnalazione di sedimenti padani fin in prossimità del margine Appenninico (vedi sezione Montone - Ronco, ma anche segnali isotopici di acque padane poco a valle del limite della conoide nella sezione sul Secchia e sul Savio), allora si può ipotizzare che le acque in assoluto più antiche, quelle del gruppo C, possano essere anch'esse di origine padana anche in posizioni non troppo lontane dal margine appenninico;
- l'ipotesi precedente consente di assumere una geometria coerente con l'evoluzione dell'intero quadro padano dominata dalla migrazione dell'asta del Po nel senso già accennato.

In definitiva, lo schema che si può proporre (tabella B.1.6) si basa sulla integrazione dei complessi idrogeologici (sistemi deposizionali) con il dinamismo antico e recente delle acque che saturano i sedimenti. Questo dinamismo è evidente in conoide, dove il prelievo ha provocato il totale ricambio delle acque originali.

Tutte queste considerazioni sono state applicate e verificate, su un certo numero di sezioni idrogeologiche, sulle quali è stato ricostruito il modello concettuale locale basato sullo schema generale sintetizzato nella tabella B.1.6.

Complesso idrogeologico	Origine del fluido		
	Appennino, recente	Appennino, antica	Padano-alpina, antica
"Conoidi alluvionali appenniniche" e "delta conoidi e spiagge appenniniche"	$\alpha 1$ acquiferi freatici	$\beta 1$ acquiferi freatici/confinati	$\chi 1$ (in ipotesi) acquiferi confinati
Pianura alluvionale appenninica		$\beta 2$ acquiferi confinati	$\chi 2$ (in ipotesi) acquiferi confinati
Pianura alluvionale e deltizia padana			$\chi 2$ acquiferi confinati

Tab. B.1.6 - Schema dei complessi idrogeologici e origine del fluido (PTA regionale).

Lo schema generale prevede una doppia chiave di lettura, l'una deposizionale, l'altra idrodinamica, essendo quest'ultima meglio espressa dalle caratteristiche chimico isotopiche del fluido. Le caratteristiche chimico isotopiche, proprio per il maggior dinamismo delle conoidi, hanno consentito di distinguere tre possibili ambienti in conoide e rispettivamente due ed uno nella pianura Appenninica e nella pianura alluvionale e deltizia Padana.

Infatti, la porzione più superficiale e più prossimale delle conoidi contiene acque

completamente rinnovate con fluido recente proveniente dall'Appennino ( $\alpha 1$ ) fino alla profondità interessata dai prelievi; più in profondità e distalmente vi sono acque antiche di origine appenninica ( $\beta 1$ ). Ancora in profondità al di sotto dei depositi di conoide alluvionale sono localmente presenti, in ipotesi, acque di origine padano-alpina ( $\chi 1$ ). La parte distale delle conoidi può avere questo stesso schema o al tetto acque di tipo  $\beta 1$  se il processo di rinnovamento non è arrivato così avanti.

I dati isotopici mostrano che vi sono relativamente pochi segnali di commistione fra acque antiche di origine appenninica ed acque antiche di origine padano-alpina; tenendo conto di questo e dell'assetto strutturale è stato possibile confermare l'associazione tra il sistema deposizionale di pianura Appenninica e le acque di origine appenninica ( $\beta 2$ ), a meno di alcuni segnali dovuti alla presenza in tale sistema di acque di origine padana o alpina ( $\chi 2$  in ipotesi), e tra il sistema deposizionale di origine padano alpina con le acque di origine padano alpina ( $\chi 2$ ).

Questa schematizzazione consente di superare le difficoltà sopra accennate e relative alla frequente non congruenza tra struttura sedimentaria e caratteristiche del fluido in conoide e la non rilevabile capacità di rinnovamento delle acque di pianura nonostante l'intensità dei prelievi.

Il complesso idrogeologico della pianura alluvionale e deltizia padana, che interessa anche il territorio cervese, può essere descritto, nelle sue caratteristiche principali, nel modo seguente.

La struttura non consente la ricarica da pioggia e lo scambio con il reticolo idrografico, e l'estrazione dell'acqua da pozzo costituisce l'unico possibile output dal sistema. Il gradiente generato dai pozzi consente lo scambio tra le porzioni distali delle falde, ma le condizioni "naturali" dell'acqua sono di completa immobilità.

All'interno di questo complesso idrogeologico, sulla base dei dati chimici ed isotopici si può distinguere il seguente ambiente:

$\chi 2$  i nitrati sono assenti, mentre sono presenti sistematicamente ferro e ammoniaca (ambiente riducente spesso associato a sostanza organica). L'ossigeno mostra acque di provenienza padano-alpina, spesso marcatamente alpina, ed età sempre elevate, con  $^{14}\text{C}$  completamente decaduto.

#### *B.1.8.3.2 L'acquifero romagnolo*

Il sistema acquifero dell'areale emiliano-romagnolo della Pianura Padana è costituito da un insieme di falde che trovano sede nei sedimenti alluvionali costituiti da ghiaie, sabbie, limi e argilla, trasportati e depositati in tempi geologicamente recenti dai fiumi che solcano l'area e dall'azione del mare.

In prossimità del margine appenninico, nella cosiddetta fascia delle conoidi, dove sono depositati i materiali più permeabili, le falde che permeano i sedimenti si trovano a diretto contatto con la superficie e l'acquifero può essere pertanto definito a pelo libero.

Procedendo verso la media-bassa pianura, gli acquiferi profondi diventano isolati dalla superficie per effetto della copertura di strati di materiali scarsamente permeabili che mantengono in pressione le acque sottostanti. Qui le falde superficiali risultano quindi sostanzialmente separate dal resto del sistema.

Nelle zone di conoide avviene la principale ricarica dell'acquifero, attraverso una rapida e diretta infiltrazione delle acque presenti sulle aste fluviali e, sia pure in misura più limitata,

di quelle piovane, favorita dalla particolare composizione litologica dei suoli.

Le acque residenti negli acquiferi profondi, via, via più distanti dalla fascia di alimentazione, rappresentano la continuazione laterale, nel senso della direzione di flusso idrico, di quelle site nell'alta pianura.

Per il territorio della provincia di Ravenna, l'areale montano-collinare è alquanto ridotto, mentre vasta è l'estensione riferibile alla media e bassa pianura; conseguentemente gran parte dell'areale provinciale è caratterizzato dalla presenza di acquiferi confinati. Zone di acquifero libero si osservano nella ristretta fascia pedecollinare presso Castel Bolognese e Faenza; in tale fascia lo spessore degli strati poroso permeabili non appare particolarmente consistente. Nella vasta area di media e bassa pianura lo spessore utile degli acquiferi è invece spesso elevato.

Dal punto di vista qualitativo le acque potenzialmente migliori sono quelle degli acquiferi liberi dell'alta pianura; procedendo verso valle e in profondità, i lunghi tempi di permanenza, le reazioni chimiche con le sostanze naturali presenti, i fenomeni di soluzione e di precipitazione e altro ancora peggiorano progressivamente lo stato di qualità naturale delle acque profonde.

Nelle aree di qualità naturale migliore il principale fattore di inquinamento degli acquiferi sotterranei è solitamente rappresentato dall'uso agricolo dei suoli nella zona di ricarica e dalla presenza di inquinanti di origine civile, agro-zootecnica e industriale nelle acque superficiali che si infiltrano nei tratti di conoide ad elevata permeabilità. Allo stato attuale il maggiore rischio qualitativo nell'area di conoide è rappresentato dall'inquinamento da nitrati, essendo presenti zone in cui, seppure con differenziazioni anche notevoli nei diversi strati acquiferi sovrapposti, si superano i limiti di legge per l'uso idropotabile.

Quando localmente gli emungimenti per i diversi usi superano significativamente la capacità naturale di ricarica, la piezometria dei corrispondenti acquiferi assume una tendenza all'abbassamento che, soprattutto in presenza di strati a granulometria fine, si ripercuote negativamente sull'entità dei processi di subsidenza.

#### B.1.8.3.2.1 Caratterizzazione geomorfologica degli acquiferi ravennati

Nella provincia di Ravenna le aree di ricarica diretta degli acquiferi interessano una non ampia fascia pedecollinare a sud della Via Emilia, nella ristretta porzione più ad ovest del territorio provinciale che raggiunge l'areale montano-collinare. Nella restante parte della pianura ravennate l'acquifero è ovunque confinato; si evidenzia come il gruppo acquifero inferiore (C) risulti assente su ampi areali.

Dei tre "macrostrati" presenti nel territorio provinciale di Ravenna, quelli maggiormente sfruttati sono l'A e più limitatamente il B; gli acquiferi relativi a detti gruppi costituiscono complessivamente quasi il 95% del volume utile degli strati poroso-permeabili, stimabile in poco meno di 120 km<sup>3</sup>. I complessi acquiferi riferibili al gruppo A risultano presenti pressoché su tutto il territorio di pianura, con uno spessore complessivo utile maggiormente significativo nella zona a sud di Lugo (dove supera i 60 m) e, in prossimità della costa, tra Savio e Fiumi Uniti (dove raggiunge e supera i 100 m). Il gruppo B presenta i maggiori spessori utili cumulati (oltre 60 m) nell'ampia fascia compresa fra l'autostrada A14 e la S.S. 16 Adriatica, mentre per il gruppo C i livelli poroso-permeabili presentano complessivamente uno spessore significativo solo nella zona di Lugo e Bagnacavallo, risultando invece assenti (o saturi di acqua salmastra) in tutta l'ampia porzione nord orientale della provincia, nonché nell'area di media e alta pianura compresa fra Lamone e Montone. La profondità del limite basale del gruppo acquifero A, rispetto al piano

campagna, aumenta significativamente allontanandosi dalla zona pedecollinare in direzione nord est, raggiungendo 100 m all'altezza della A14 e 250 m all'altezza della direttrice Cervia - Conselice, mantenendosi poi su questi valori a nord di Ravenna e Alfonsine. Un andamento non dissimile si evidenzia per il gruppo B, per il quale la profondità supera 200 m a nord di Faenza e, facendo riferimento all'interfaccia acqua dolce/acqua salmastra, raggiunge e oltrepassa 500 m nella fascia centrale del territorio provinciale, riducendosi sensibilmente oltre Ravenna e Alfonsine.

La quasi totalità dei prelievi da falde stimati per la porzione della provincia di Ravenna è riferibile ai comuni di Faenza e Ravenna; peraltro anche prendendo in esame l'intero territorio provinciale, in detti comuni vengono estratti, in base alle elaborazioni effettuate, oltre il 50% dei volumi complessivi emunti. Nei due comuni i macrostrati più significativi in termini di spessore utile degli acquiferi risultano essere l'A per Faenza e l'A e il B per Ravenna.

#### B.1.8.3.3 Acquiferi del territorio cervese

Il dettaglio dell'idrografia sotterranea cervese è descrivibile dall'esame delle sezioni geologiche ed idrogeologiche contenute nel database cartografico on-line della Regione Emilia-Romagna (Sezioni geologiche e prove geognostiche – pianura) (figura B.1.78).



Fig. B.1.78 - Estratto carta delle sezioni geologiche e delle prove geognostiche di pianura (da: database cartografico on-line della Regione Emilia-Romagna).

Se, in particolare, si esamina la sezione nr. 97 (figura B.1.79), parallela alla linea di costa e situata nell'entroterra comunale, emerge da subito la situazione compartimentata (tramite



barriere di permeabilità regionali) degli acquiferi del gruppo A e B e l'assenza del gruppo C. Lo spessore dell'acquifero A raggiunge il suo minimo (circa 150 m) in corrispondenza della struttura tettonica positiva (anticlinale di Cervia), ove non è presente il complesso acquifero più profondo (A4), e il suo massimo nelle porzioni adiacenti (circa 200 m in prossimità di Pisignano), ove sono presenti tutti i complessi A1-A4. In corrispondenza dell'anticlinale di Cervia, l'acquifero B è presente con il solo complesso più superficiale (B1) oltre il quale, in profondità, le argille sabbiose che compongono la struttura tettonica registrano già la presenza di acque salmastre. Procedendo verso Pisignano, lo spessore dell'acquifero B presenta l'intera sequenza di complessi acquiferi B1-B4. La base dell'acquifero B in corrispondenza del pozzo AGIP di Pisignano è a circa 425 m, per uno spessore pari a circa 245 m. I livelli saturi d'acqua dolce, per entrambe le verticali di Pisignano e Cervia 1, sono composti da sabbie, in prevalenza, e da sabbie e ghiaie. La separazione tra i vari livelli acquiferi è data da argille e limi.

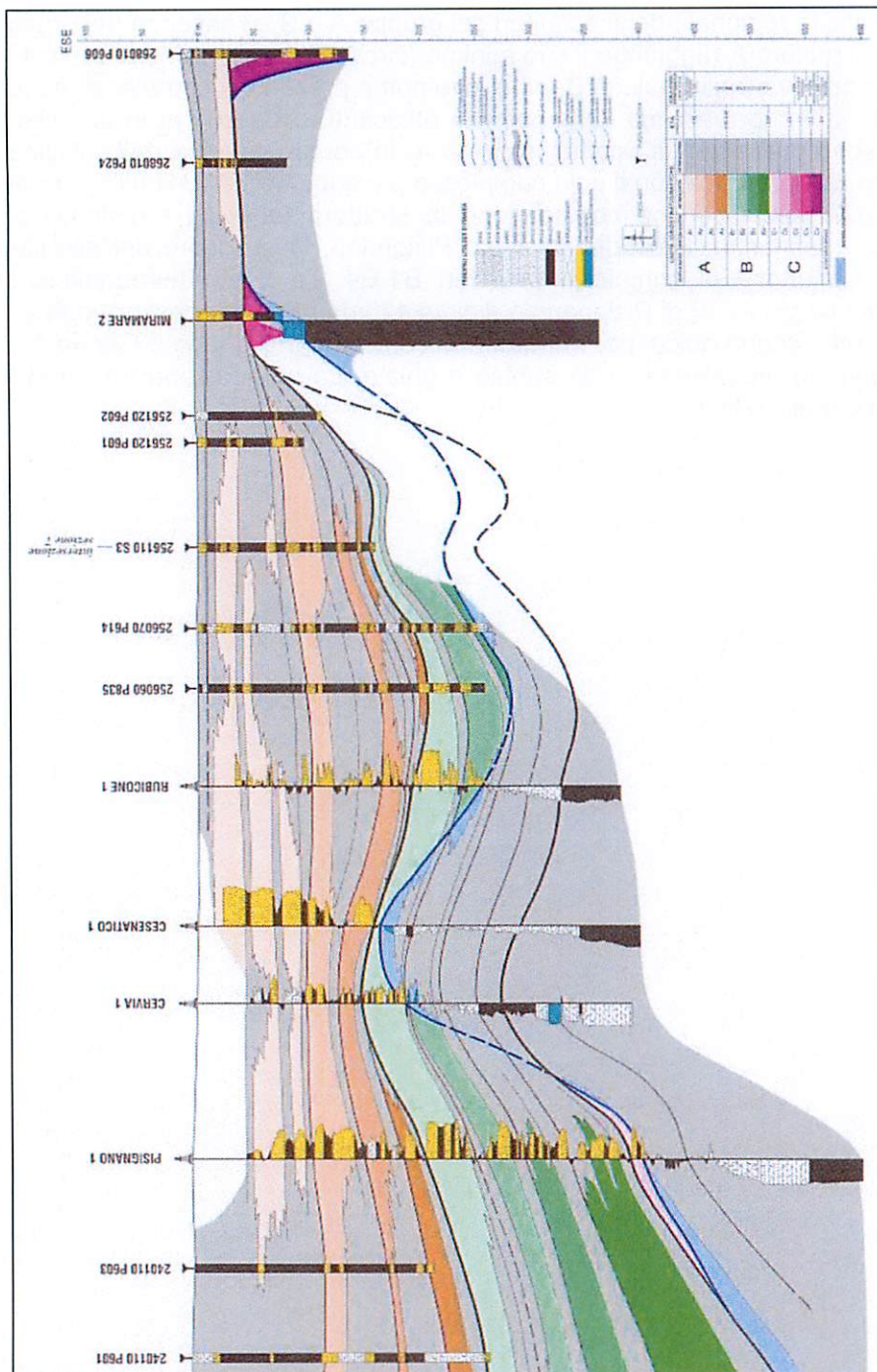
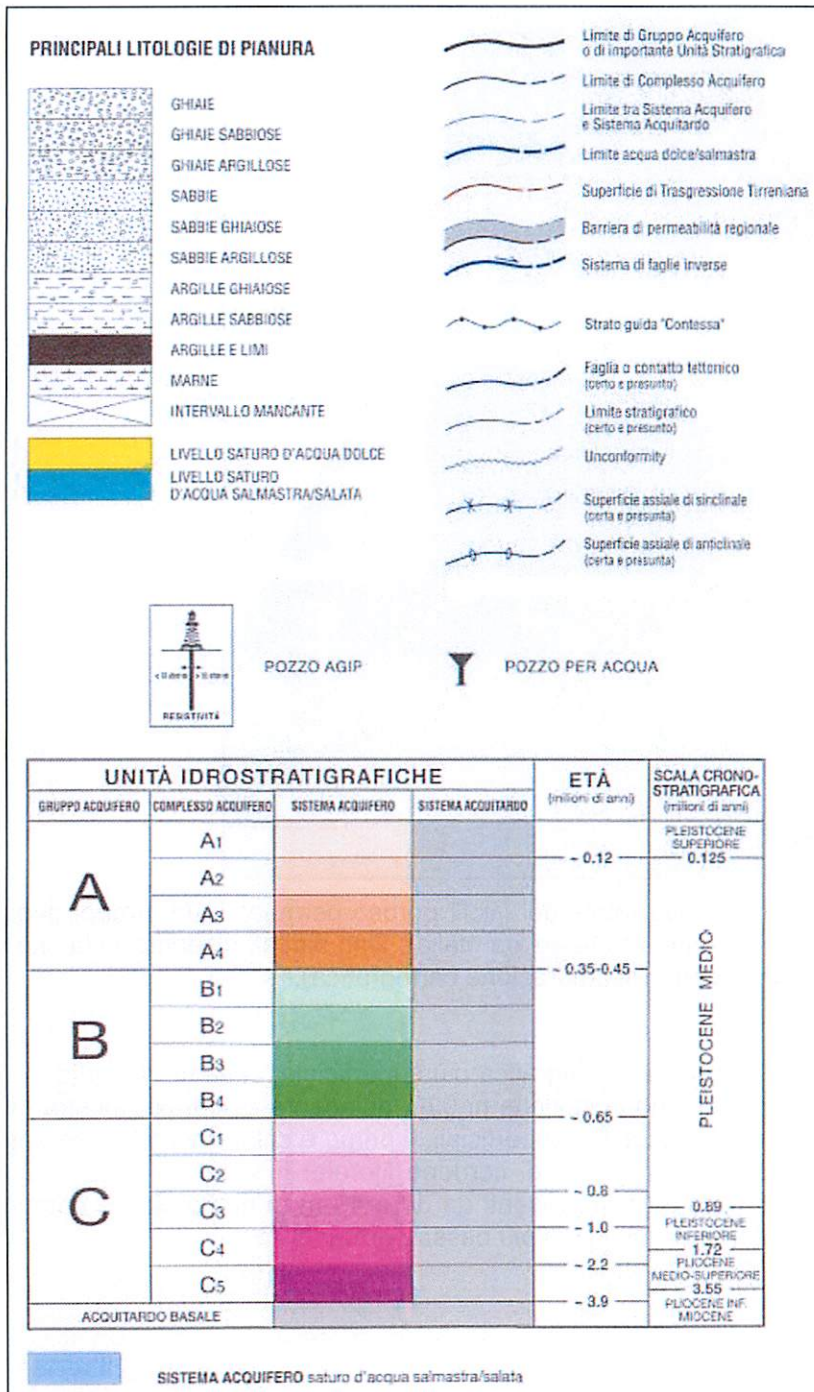


Fig. B.1.79 - Sezione idrogeologica nr.97 di figura B.1.78. (a seguire legenda).



Legenda di figura B.1.79.

Lo spessore cumulativo totale dei livelli poroso-permeabili dei gruppi acquiferi A, B e C raggiunge i valori più alti (tra 80 e 120 m) nelle porzioni centrale e settentrionale del territorio comunale; valori compresi tra 40 e 80 m si registrano nelle restanti aree (figura B.1.80).

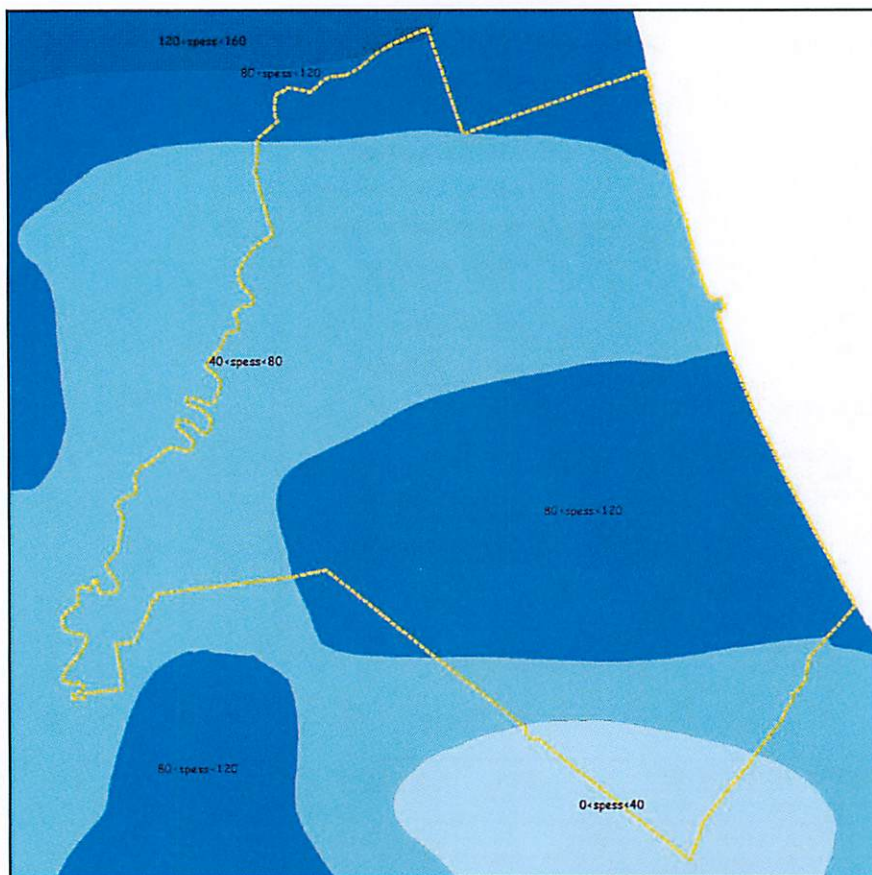


Fig. B.1.80 - Spessore cumulativo totale dei livelli poroso-permeabili dei gruppi acquiferi A, B e C nel territorio cervese (linea tratteggiata gialla). Dati digitali disponibili sul sito web dell'Autorità dei Bacini Romagnoli. (Rielaborazione cartografica).

Entrando nel dettaglio della porzione stratigrafica più superficiale, l'esame di figura B.1.81, in cui è descritta la stratigrafia lungo la sezione nr.020, adiacente al litorale, mostra i livelli più permeabili, sede di potenziali acquiferi superficiali. Il primo è chiaramente rappresentato dallo spessore di circa 10-18 m di sabbie di cordone litorale. Il secondo dalle sabbie di riempimento di canale e di rotta fluviale presenti da 30 a 40 m di profondità, e comunque ampiamente confinati all'interno di litologie a più bassa permeabilità.

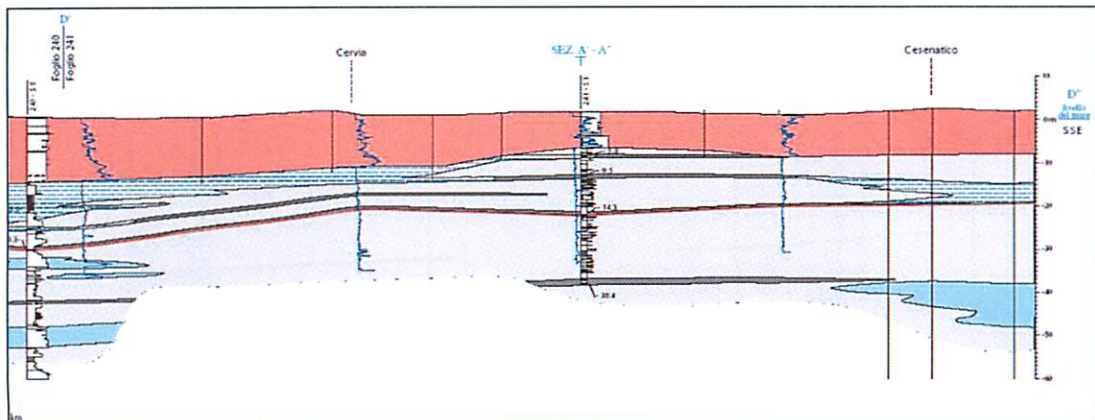


Fig. B.1.81 - Porzione di sezione stratigrafica nr.020 e relativa legenda - da: database cartografico on-line della Regione Emilia-Romagna.

In sezione nr. 084 (figura B.1.82), si può invece osservare la stratigrafia dei primi 40 m in direzione ortogonale al profilo nr.020 da cui è evidente il limite sud-occidentale dei depositi di sabbia dei cordoni litorali e la presenza di lenti di sabbie di riempimento di canale e rotta fluviale ad una profondità variabile da 20 a 40 m e progradanti verso est.

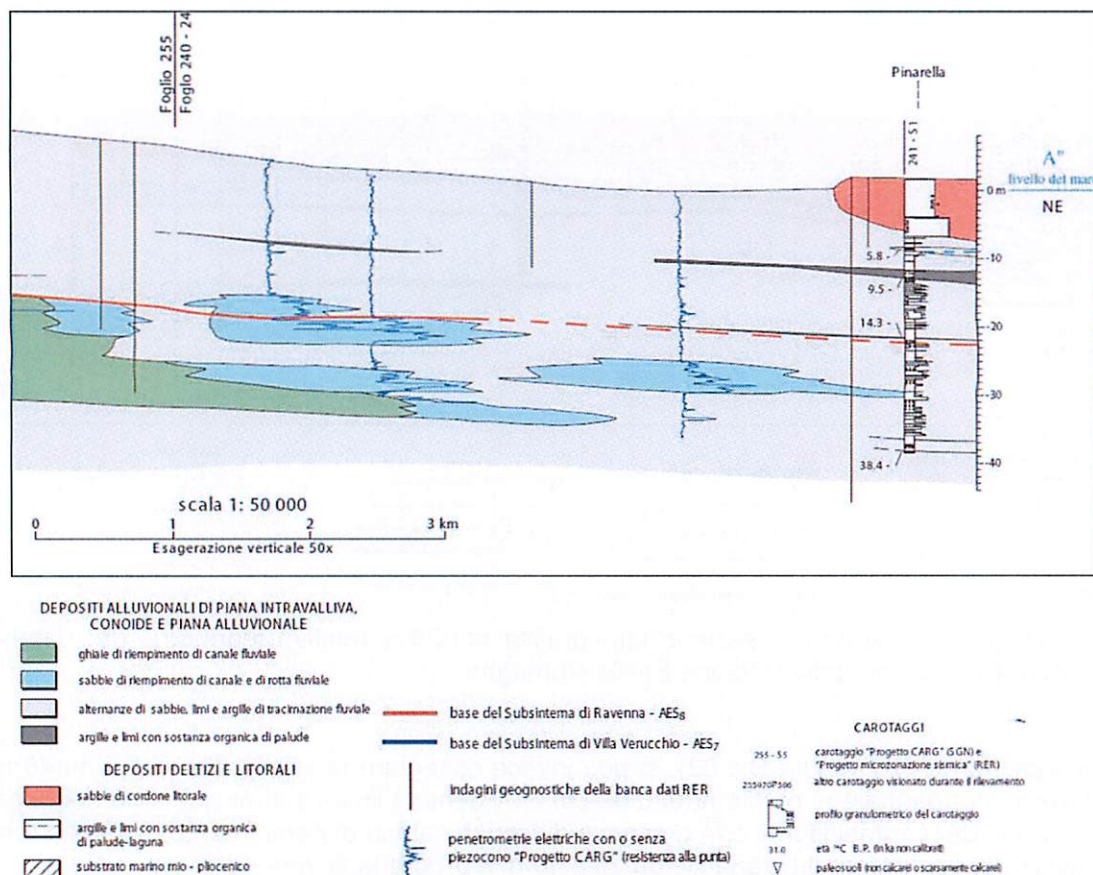
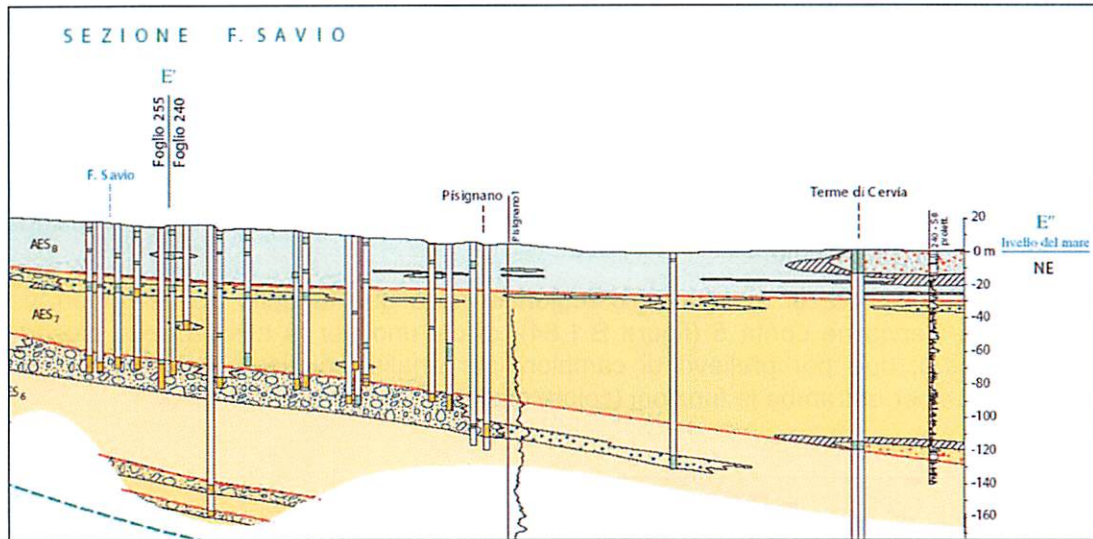


Fig. B.1.82 - Porzione di sezione stratigrafica nr.084 e relativa legenda - da: database cartografico on-line della Regione Emilia-Romagna.

Infine, la sezione nr.057 (figura B.1.83), parallela alla nr.084, ma passante per la porzione centrale del territorio cervese, mostra un profilo stratigrafico che raggiunge 180 m di profondità, toccando i terreni di AES6 (Subsistema di Bazzano). Da qui si evidenzia immediatamente come, al di là dell'acquifero costiero, i livelli acquiferi più significativi sono rappresentati dalle lenti discontinue di sabbie, confinate, comprese tra 20 e 40 m. Solo a profondità superiori a 100 m si possono trovare, soprattutto nella parte più sud-occidentale, livelli di ghiaie di alcune decine di metri di spessore, potenzialmente ricchi di acque dolci, in connessione con le aree di ricarica di conoide; essi rappresentano la transizione alla piana alluvionale di una conoide sepolta riferibile al Fiume Savio, che è ben sviluppata nel foglio meridionale (Foglio 255 della carta Geologica d'Italia). Interessante è notare come, esattamente al di sotto del litorale post-flandriano, a circa 120 m di profondità si presenti un simile ambiente deposizionale costiero, a testimonianza della ciclicità dei fenomeni trasgressivo-regressivi che hanno caratterizzato la sedimentazione quaternaria.



**UNITA' STRATIGRAFICHE**

- a Elementi proiettati lungo la traccia della sezione dai fianchi vallivi
- AES<sub>8</sub> - Sussistema di Ravenna
- a AES<sub>7</sub> - Sussistema di Villa Verucchio
- a AES<sub>6</sub> - Sussistema di Bazzano
- a AES<sub>5</sub> - Sussistema di Torre Stagni
- a AES<sub>4</sub> - Sussistema di Liano
- AES - Sistema Emiliano Romagnolo Superiore indifferenziato
- AEI - Sistema Emiliano Romagnolo Inferiore
- IMO - Sabbie di Imola
- a Substrato marino mio-plio-pleistocenico
- Area di amalgamazione delle ghiaie (AES indiff.)
- Limite di Sussistema e/o di ciclo trasgressivo-regressivo
- Limite di Sistema
- Inclinazione degli strati

**LITOLOGIE DEI PRINCIPALI AMBIENTI DEPOSIZIONALI DEPOSITI ALLUVIONALI**

- ghiaie di canale fluviale
- sabbie di canale fluviale
- argille organiche di palude

**DEPOSITI DELTIZI E LITORALI**

- Sabbie di cordone litorale
- argille organiche di palude - laguna

**POZZI E CAROTAGGI**

- argille, limi e limi sabbiosi
- sabbie e sabbie ghiaiose
- ghiaie, ghiaie sabbiose ed argilose
- fossili marini
- 240 - S8 carotaggio progetto CARG
- Log di resistività pozzi AGIP

Fig. B.1.83 - Porzione di sezione stratigrafica nr.057 e relativa legenda - da: database cartografico on-line della Regione Emilia-Romagna.

**B.1.8.3.4 - Idrochimica**

La qualità delle acque sotterranee è determinata sia dall'infiltrazione di inquinanti sia, per le falde più profonde, dai meccanismi idrochimici e idrobiologici naturali.

Le possibilità di inquinamento antropico sono presenti quasi esclusivamente nell'alta pianura, in condizioni di acquifero libero, dove avviene la maggiore alimentazione, mentre

nella media e bassa pianura, in condizioni di acquifero confinato, la qualità è connessa principalmente ai processi evolutivi naturali delle acque sotterranee, di infiltrazione più antica. Particolare e degna di una nota specifica è la situazione degli acquiferi freatici superficiali di pianura, la cui contaminazione proviene da diverse fonti difficilmente indagabili e monitorabili. I territori di alta pianura di Ravenna, corrispondenti alle principali conoidi pedeappenniniche, sono comunque quelli più vulnerabili; la situazione spesso diviene critica per la sovrapposizione di più elementi antropici che concorrono alla determinazione del rischio.

Tra i pozzi della rete di monitoraggio regionale della qualità delle acque sotterranee, il Comune di Cervia ne conta 5 (figura B.1.84), di cui uno per la misura della piezometria (colore rosso), due per prelievo di campioni per analisi chimico-batterologiche (colore verde) e due per entrambe le funzioni (colore giallo).

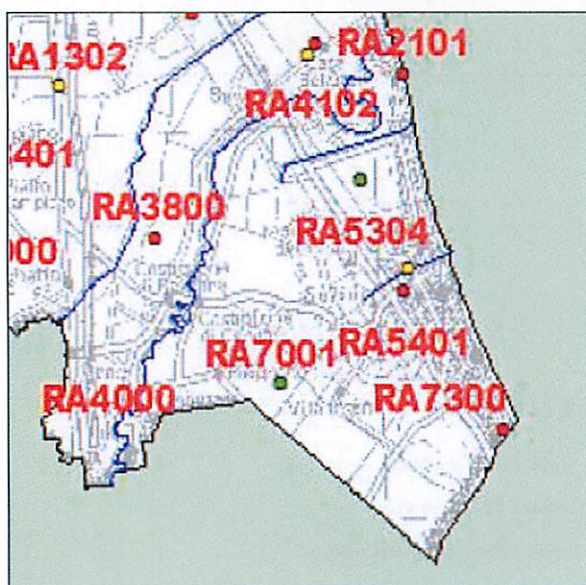


Fig. B.1.84 - Pozzi della Rete regionale di Monitoraggio delle Acque Sotterranee: particolare per il territorio cervese. Da: Variante al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Ravenna in attuazione del Piano di Tutela delle Acque della regione Emilia-Romagna – Relazione Generale, Quadro Conoscitivo).

Nello specifico, il pozzo RA53-04 è ubicato in località La Bassona. Le sue caratteristiche sono:

- profondità 120 m,
- livello sul piano campagna 2 m,
- acquiferi intercettati A1,
- tipi di misura: analisi chimica e livello piezometrico,
- usi: irriguo



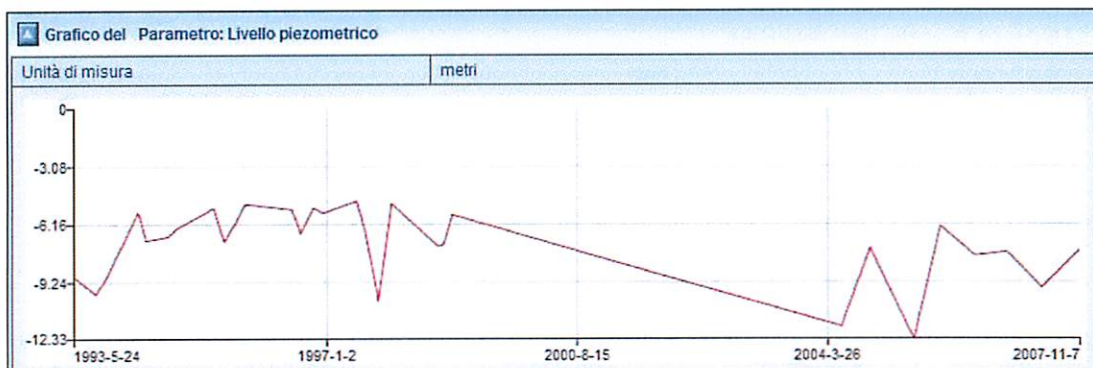


Fig. B.1.85 - Andamento del livello piezometrico nel pozzo RA53-04 dal 24/05/1993 al 07/11/2007. Da: Cartografia on-line delle Piezometrie e qualità delle acque sotterranee nella pianura emiliano-romagnola, Regione Emilia-Romagna.

Analisi chimica Data prelievo: 2006-10-25		
Data analisi	2006-10-25	
Nome del laboratorio	Laboratorio ARPA	
Parametro	Valore	Unità di misura
AEROMONAS	860.0	UFC/100 mL
Alcalinità totale	522.2	mg/L
Arsenico	23.0	µg/L
Boro	1240.0	µg/L
Calcio	50.8	mg/L
Cloruri	323.3	mg/L
Conducibilità	1519.0	µS/cm
Cromo totale	< 2.0	µg/L
Durezza	300.0	mg/L
Escherichia coli	< 1.0	UFC/100 mL
Ferro	1557.0	µg/L
Fluoruri	2200.0	µg/L
IONE AMMONIO	3.64	mg/L
Magnesio	42.0	mg/L
Manganese	27.0	µg/L
Nichel	3.0	µg/L
Nitrati	2.1	mg/L
Nitriti	< 30.0	µg/L
Ossidabilità	12.5	mg/L
Piombo	< 2.0	µg/L
Potassio	2.3	mg/L
Rame	< 5.0	µg/L
Sodio	242.0	mg/L
Solfati	11.7	mg/L
TEMPERATURA ACQUA	16.6	°C
Zinco	60.0	µg/L

Fig. B.1.86 - Più recente (25/10/2006) analisi chimica disponibile delle acque del pozzo RA53-04. Da: Cartografia on-line delle Piezometrie e qualità delle acque sotterranee nella pianura emiliano-romagnola, Regione Emilia-Romagna.

Il pozzo RA53-01 è ubicato in corrispondenza del capoluogo. Le sue caratteristiche sono:

- profondità 350 m,
- livello sul piano campagna 1,3 m,
- acquiferi intercettati B,
- tipi di misura: livello piezometrico,
- usi: inattivo

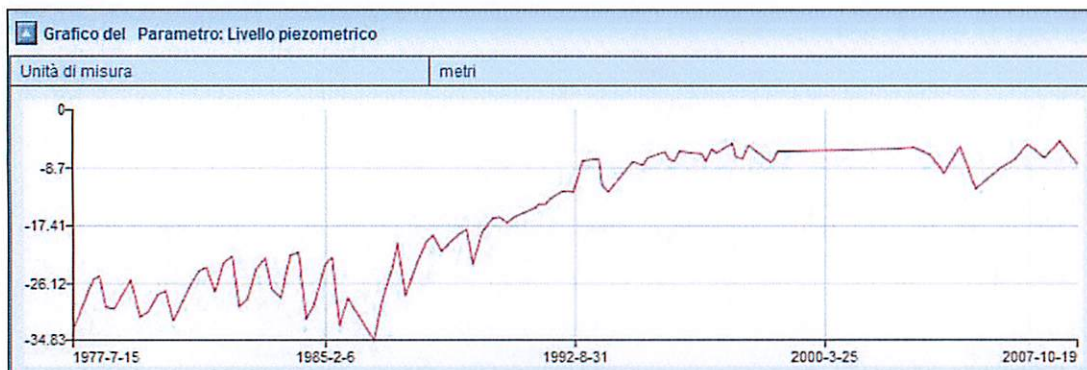


Fig. B.1.87 - Andamento del livello piezometrico nel pozzo RA54-01 dal 15/07/1977 al 19/10/2007. Da: Cartografia on-line delle Piezometrie e qualità delle acque sotterranee nella pianura emiliano-romagnola, Regione Emilia-Romagna.

Il pozzo RA54-02 è ubicato in corrispondenza del capoluogo. Le sue caratteristiche sono:

- profondità 280 m,
- livello sul piano campagna 1,2 m,
- acquiferi intercettati A0, A1, A2, A3
- tipi di misura: analisi chimica e livello piezometrico,
- usi: inattivo

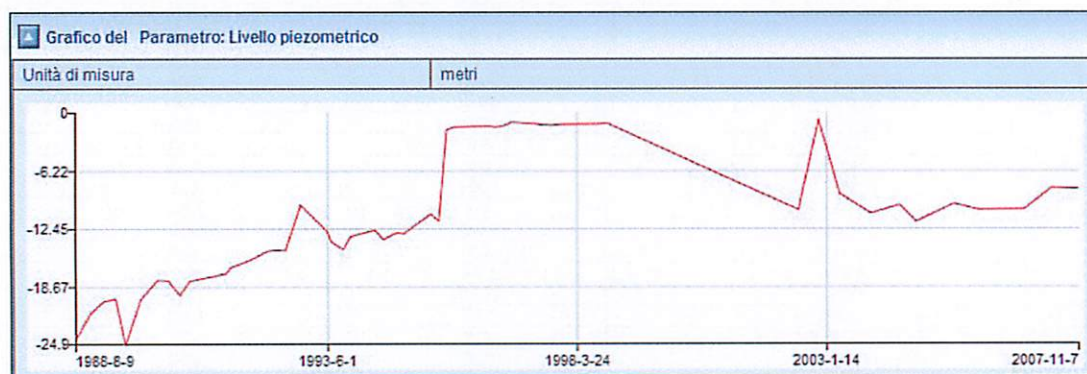


Fig. B.1.88 - Andamento del livello piezometrico nel pozzo RA54-02 dal 09/08/1988 al 07/11/2007. Da: Cartografia on-line delle Piezometrie e qualità delle acque sotterranee nella pianura emiliano-romagnola, Regione Emilia-Romagna.

Analisi chimica Data prelievo: 2006-10-25		
Data analisi	2006-10-25	
Nome del laboratorio	Laboratorio ARPA	
Parametro	Valore	Unità di misura
AEROMONAS	< 1.0	UFC/100 mL
Alcalinità totale	517.3	mg/L
Arsenico	< 1.0	µg/L
Boro	600.0	µg/L
Calcio	52.4	mg/L
Cloruri	143.0	mg/L
Conducibilità	1078.0	µS/cm
Cromo totale	< 2.0	µg/L
Durezza	271.0	mg/L
Escherichia coli	< 1.0	UFC/100 mL
Ferro	1216.0	µg/L
Fluoruri	890.0	µg/L
IONE AMMONIO	4.96	mg/L
Magnesio	34.0	mg/L
Manganese	48.0	µg/L
Nichel	2.0	µg/l
Nitrati	< 1.0	mg/L
Nitriti	< 30.0	µg/L
Ossidabilità	3.4	mg/L
Piombo	5.0	µg/L
Potassio	3.6	mg/L
Rame	29.0	µg/L
Sodio	137.8	mg/L
Solfati	11.8	mg/L
TEMPERATURA ACQUA	16.1	°C
Zinco	1510.0	µg/L

Fig. B.1.89 - Più recente (25/10/2006) analisi chimica disponibile delle acque del pozzo RA54-02. Da: Cartografia on-line delle Piezometrie e qualità delle acque sotterranee nella pianura emiliano-romagnola, Regione Emilia-Romagna.

Il pozzo RA70-01 è ubicato nei pressi di Villa Inferno. Le sue caratteristiche sono:

- profondità 90 m,
- livello sul piano campagna 1,7 m,
- acquiferi intercettati A1,
- tipi di misura: analisi chimica e livello piezometrico,
- usi: irriguo.

Grafico del Parametro: Livello piezometrico		
Unità di misura		metri
Data prelievo	Valore	Soggiacenza
23-10-2002	-2.72	4.42

Fig. B.1.90 - Unica misurazione del livello piezometrico nel pozzo RA70-01 del 23/10/2002. Da: Cartografia on-line delle Piezometrie e qualità delle acque sotterranee nella pianura emiliano-romagnola, Regione Emilia-Romagna.

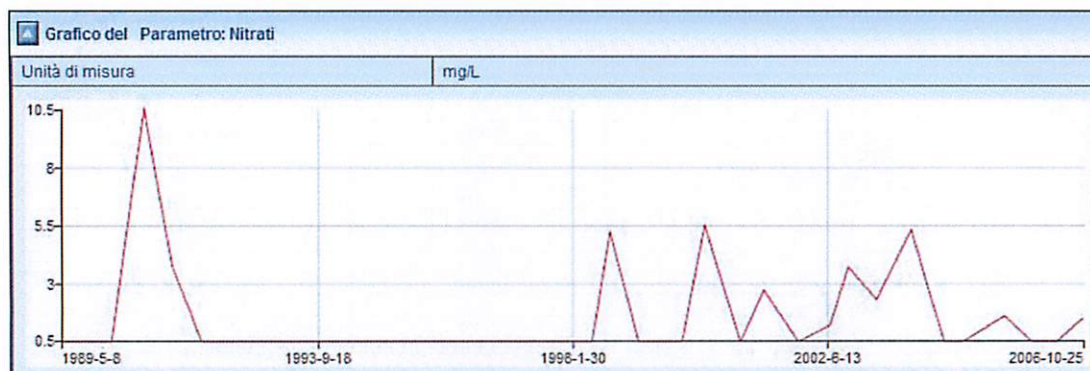


Fig. B.1.91 - Andamento dei nitrati del pozzo RA70-01 dal 08/05/1989 al 25/10/2006. Da: Cartografia on-line delle Piezometrie e qualità delle acque sotterranee nella pianura emiliano-romagnola, Regione Emilia-Romagna.

Analisi chimica Data prelievo: 2006-10-25		
Data analisi	2006-10-25	
Nome del laboratorio	Laboratorio ARPA	
Parametro	Valore	Unità di misura
AEROMONAS	< 1.0	UFC/100 mL
Alcalinità totale	642.9	mg/L
Arsenico	< 1.0	µg/L
Boro	230.0	µg/L
Calcio	110.0	mg/L
Cloruri	47.9	mg/L
Conducibilità	937.0	µS/cm
Cromo totale	< 2.0	µg/L
Durezza	449.0	mg/L
Escherichia coli	< 1.0	UFC/100 mL
Ferro	5420.0	µg/L
Fluoruri	420.0	µg/L
IONE AMMONIO	1.69	mg/L
Magnesio	42.3	mg/L
Manganese	199.0	µg/L
Nichel	< 2.0	µg/L
Nitrati	1.5	mg/L
Nitriti	< 30.0	µg/L
Ossidabilità	0.2	mg/L
Piombo	< 2.0	µg/L
Potassio	2.4	mg/L
Rame	< 5.0	µg/L
Sodio	60.2	mg/L
Solfati	20.3	mg/L
TEMPERATURA ACQUA	16.5	°C
Zinco	210.0	µg/L

Fig. B.1.92 - Più recente (25/10/2006) analisi chimica disponibile delle acque del pozzo RA70-01. Da: Cartografia on-line delle Piezometrie e qualità delle acque sotterranee nella pianura emiliano-romagnola, Regione Emilia-Romagna.

Il pozzo RA73-00 è ubicato nei pressi di Zadina. Le sue caratteristiche sono:

- profondità 180 m,
- livello sul piano campagna 2 m,
- acquiferi intercettati: A0, A1, A2,
- tipi di misura: livello piezometrico,
- usi: inattivo.

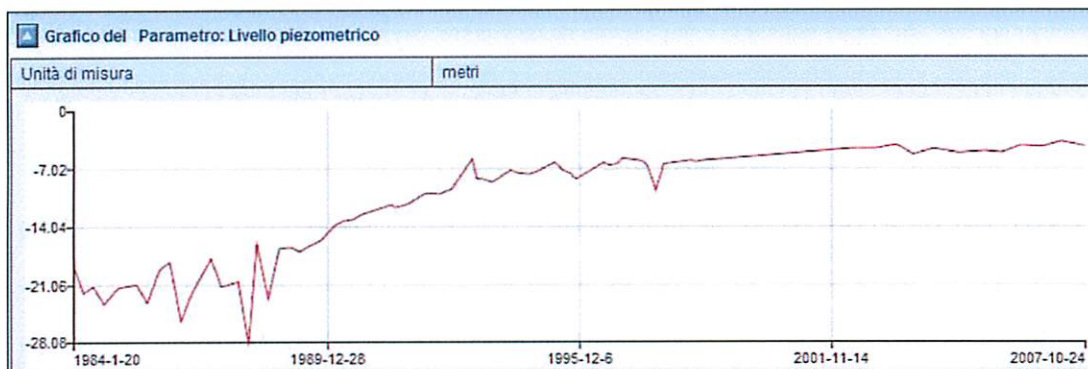


Fig. B.1.93 - Andamento del livello piezometrico nel pozzo RA73-00 dal 20/01/1984 al 24/10/2007. Da: Cartografia on-line delle Piezometrie e qualità delle acque sotterranee nella pianura emiliano-romagnola, Regione Emilia-Romagna.

Il quadro completo quali-quantitativo delle acque sotterranee del territorio cervese si è fatto riferimento alla Variante al Piano Territoriale di Coordinamento provinciale della Provincia di Ravenna in attuazione del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna, ove i dati sono aggiornati al 2002; per l'aggiornamento dei dati al 2008 si è fatto invece riferimento alla Relazione di Sintesi sulla Qualità delle Acque Sotterranee Profonde della Provincia di Ravenna del 2008.

Dalla Variante al PTCP, la figura B.1.94 delinea i confini dei corpi idrici significativi e mostra la classificazione qualitativa dei singoli pozzi riferita al 2002 (indice SCAS). Da sinistra verso destra e dal basso verso l'alto, dopo la maschera grigia, si vedono, in colore: la fascia di conoidi pedemontane, interrotta dalle conoidi di Senio e Lamone (con una piccola porzione della conoide del Santerno), la piana alluvionale appenninica e la piana alluvionale padana. Sopra le due piane il retino diagonale grigio evidenzia l'estensione dei depositi sabbiosi costieri nello strato superiore dell'acquifero A, la porzione orientale dei quali è particolarmente esposta all'influenza dell'ingressione salina. Il colore del simbolo dei singoli pozzi rappresenta la classe di qualità: classe 0 in viola (anomalie chimiche naturali), classe 4 in rosso (impatto rilevante ed idrochimica scadente), classe 2 in verde (impatto ridotto, idrochimica buona). Le classi 1 e 3 non sono presenti.

Per il territorio di Cervia, tutti i pozzi rientrano nella Classe 0, in cui sono presenti anomalie chimiche naturali, ossia, sintetizzando, aventi caratteristiche qualitative e/o quantitative che pur non presentando un significativo impatto antropico, presentano limitazioni d'uso della risorsa per la presenza naturale di particolari specie chimiche o per il basso potenziale quantitativo.

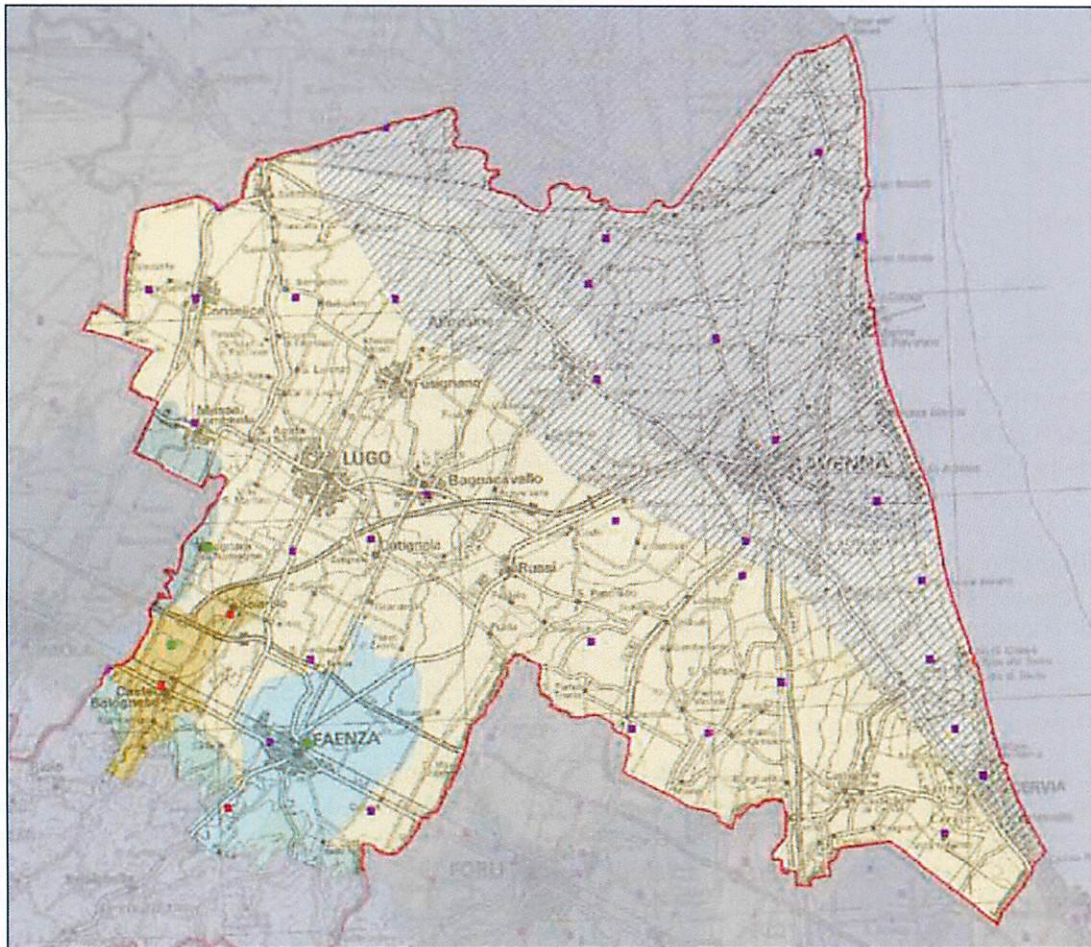


Fig. B.1.94 - Corpi idrici sotterranei significativi, e qualità dell'acqua dei singoli pozzi della rete regionale (SCAS) (dati 2002); da: Variante al Piano Territoriale di Coordinamento provinciale della Provincia di Ravenna in attuazione del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna.

Legenda: da sinistra verso destra e dal basso verso l'alto, dopo la maschera grigia, si vedono, in colore: la fascia di conoidi pedemontane, interrotta dalle conoidi di Senio e Lamone (con una piccola porzione della conoide del Santerno), la piana alluvionale appenninica e la piana alluvionale padana. Sopra le due piane il retino diagonale grigio evidenzia l'estensione dei depositi sabbiosi costieri nello strato superiore dell'acquifero A, la porzione orientale dei quali è particolarmente esposta all'influenza dell'ingressione salina. Il colore del simbolo dei singoli pozzi rappresenta la classe di qualità: classe 0 in viola (anomalie chimiche naturali), classe 4 in rosso (impatto rilevante ed idrochimica scadente), classe 2 in verde (impatto ridotto, idrochimica buona). Le classi 1 e 3 non sono presenti

La figura B.1.95 riporta i trend delle misure piezometriche (non corrette per la subsidenza) sull'intero intervallo di monitoraggio (1976-2002), che esprimono il rapporto tra ricarica ed emungimenti. I colori del simbolo dei pozzi di misura indicano: in rosso, trend di abbassamento della falda superiori a 40 cm/anno; in arancio, trend compresi tra -40 e -20 cm/anno; in verde, trend compresi tra -20 e 0 cm/anno; in azzurro, trend di risalita compresi tra 0 e 80 cm/anno; in blu, trend di risalita superiori a 80 cm/anno. I dati mostrano abbassamenti persistenti in corso nelle conoidi, e complessivamente una risalita nella

fascia centrale. Vanno però considerati con attenzione soprattutto i bilanci idrici, più che le linee di tendenza.



Fig. B.1.95 - Tendenza nel tempo dei livelli piezometrici (dati 2002); da: Variante al Piano Territoriale di Coordinamento provinciale della Provincia di Ravenna in attuazione del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna.

Legenda: i colori del simbolo dei pozzi di misura indicano: in rosso, trend di abbassamento della falda superiori a 40 cm/anno; in arancio, trend compresi tra -40 e -20 cm/anno; in verde, trend compresi tra -20 e 0 cm/anno; in azzurro, trend di risalita compresi tra 0 e 80 cm/anno; in blu, trend di risalita superiori a 80 cm/anno.

Per tutto il territorio cervese, i trend di risalita sono superiori ad 80 cm/anno; trend positivo confermato anche per gli ultimi anni, come si evince dai grafici piezometrici dei singoli pozzi Arpa presenti sul territorio, mostrati in precedenza in questo capitolo.

I bilanci idrici vengono rappresentati nella Variante al PTCP con la figura B.1.96 in cui è mostrata l'attribuzione ai corpi idrici sotterranei significativi del rispettivo stato quantitativo A, B, C che si fonda sui loro bilanci idrici, ossia sul grado di deficit o surplus idrico. Con il retino puntinato rosso è rappresentata la classe C (impatto antropico significativo, con

notevole incidenza dell'uso sulla disponibilità della risorsa, evidenziato da rilevanti modificazioni degli indicatori generali), in giallo la classe B (impatto antropico ridotto, moderato disequilibrio), in azzurro la classe A (impatto nullo o trascurabile in condizioni di bilancio idrogeologico).

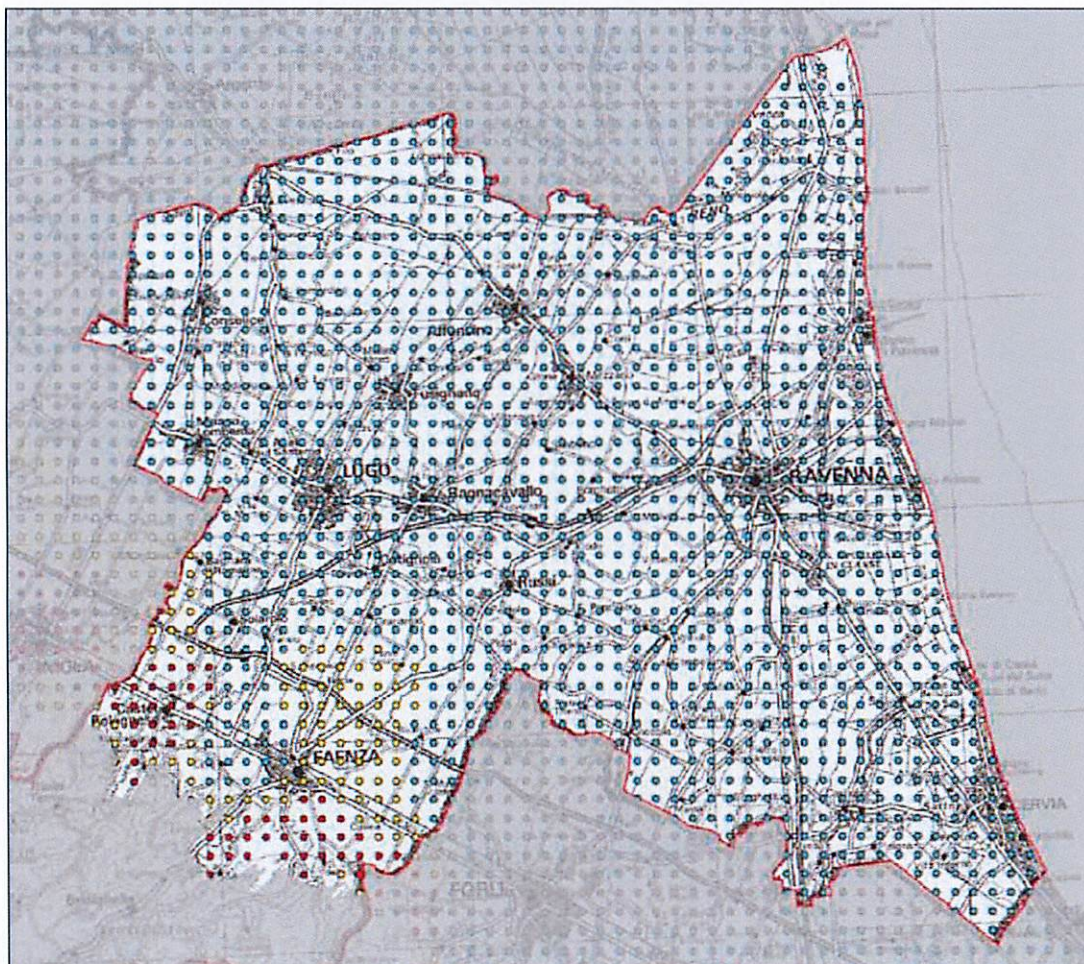


Fig. B.1.96 - Stato quantitativo (SQAS) dei corpi idrici sotterranei (elaborati 2002); da: Variante al Piano Territoriale di Coordinamento provinciale della Provincia di Ravenna in attuazione del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna.

Legenda: con il retino puntinato rosso è rappresentata la classe C (impatto antropico significativo, con notevole incidenza dell'uso sulla disponibilità della risorsa, evidenziato da rilevanti modificazioni degli indicatori generali), in giallo la classe B (impatto antropico ridotto, moderato disequilibrio), in azzurro la classe A (impatto nullo o trascurabile in condizioni di bilancio idrogeologico).

Il bilancio idrico per il territorio cervese risulta essere di surplus idrico, rientrando quindi interamente nella classe A, ad impatto nullo o trascurabile in condizioni di bilancio idrogeologico.

Infine, con la figura B.1.97 viene rappresentato lo stato ambientale (SAAS) ottenuto incrociando ai sensi del D.lgs 152/99 i dati qualitativi SCAS e quelli quantitativi SQUAS dei



corpi idrici sotterranei significativi. La figura riferisce il dato SAAS ai singoli pozzi con i colori viola per lo Stato naturale particolare, verde per quello buono, rosso per quello scadente.

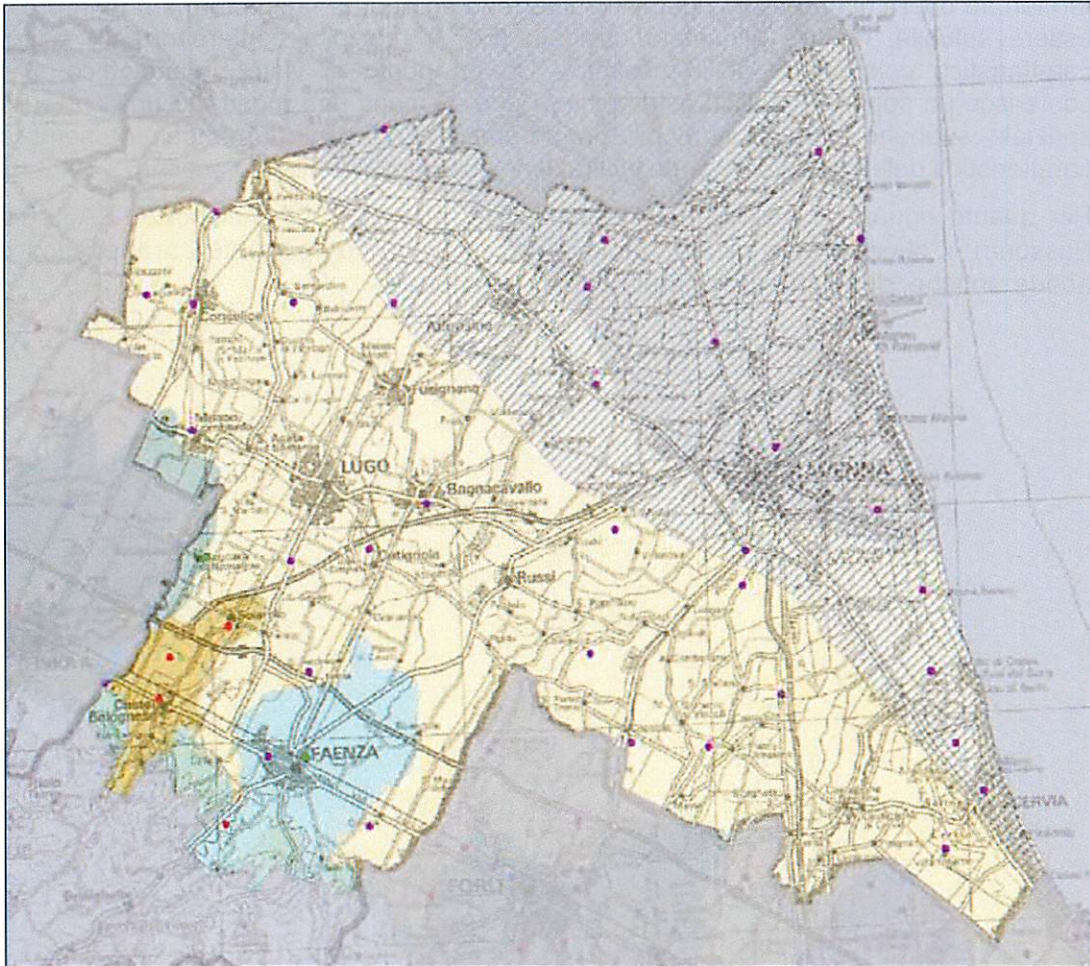


Fig. B.1.97 - Stato ambientale (SAAS) dei corpi idrici sotterranei (elaborati 2002); da: Variante al Piano Territoriale di Coordinamento provinciale della Provincia di Ravenna in attuazione del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna.

Legenda: il colore viola per lo Stato naturale particolare, verde per quello buono, rosso per quello scadente

In figura B.1.98 viene riportato il riepilogo dei pozzi monitorati nel 2006, che indirizzano la classificazione ambientale dei corpi idrici sotterranei. Dalla figura si vede come i 3 pozzi con analisi chimiche presenti nel territorio cervese restituiscono uno stato ambientale "Naturale particolare". Stato ambientale che viene riconfermato anche nel 2008 dalla Relazione di Sintesi sulla Qualità delle Acque Sotterranee Profonde della Provincia di Ravenna del 2008. L'attribuzione dello "stato particolare" è dovuta alla presenza di elevate concentrazioni di ammoniaca e/o di ferro e/o di manganese di sicura origine geologica che fanno interpretare una apparente classe qualitativa 4 come una classe 0. Secondo la Sintesi di Arpa, essendo la classificazione quantitativa di tipo A, la classe quali-quantitativa

è di tipo OA e lo stato ambientale risulta quindi "Naturale particolare".

La presenza di ferro e manganese è correlata alle condizioni di basso potenziale redox e quindi ad acquiferi a bassa permeabilità o alimentati prevalentemente dalla superficie topografica. Il ferro viene solubilizzato per alterazione dei minerali ferro-magnesi e ferriferi ad opera di organismi riducenti sul terreno agrario. È la sua forma ridotta ( $Fe^{2+}$ ) ad essere solubile, mentre allo stato ossidato ( $Fe^{3+}$ ) precipita conferendo alle acque la caratteristica colorazione giallo-rossastra. Da un punto di vista organolettico, il ferro conferisce un sapore metallico astringente. I due elementi non mostrano una correlazione spaziale, sebbene entrambi si mobilizzino in ambienti riducenti (il manganese sembra più caratteristico delle acque di recente infiltrazione che non di quelle più antiche).

Per quanto riguarda i parametri accessori, si registra, al 2008, nel pozzo RA53-04 (La Bassona), il superamento medio dei limiti dell'arsenico, componente caratteristica delle acque antiche, di origine molto probabilmente naturale.

codice	Località	Classe quantitativa	Indicatori							Classe qualità chimica calcolata	classe qualità chimica interpretata	Stato ambientale
			CE	CI	SO4	NH4	Fe	Mn	NO3			
RA 02.02	S. BERNARDINO	A	2	1	1	4	4	1	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 03.00	MASSALOMBARDA	A	-	-	-	-	-	-	-	-	0A	Natur. Partic.
RA 03.01	MASSALOMBARDA		2	2	1	4	4	4	1	4		
RA 09.01	PASSO PRIMARO	A	2	2	1	4	4	2	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 12.01	PASSO PRIMARO		-	-	-	-	-	-	-	-		
RA 13.02	MANDRIOLE	A	2	4	1	4	4	1	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 14.01	CAMPIANO	A	2	2	1	4	4	2	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 15.00	C.B.PRATI DI SOPRA	C	2	2	2	1	1	4	2	4	2C	Natur. Partic.
RA 17.01	FA.CASE COLOMBARA	B	2	2	1	4	4	4	1	4	0B	Natur. Partic.
RA 20.00	COCCOLIA	A	-	-	-	-	-	-	-	-	0A	Natur. Partic.
RA 20.02	DURAZZANO		2	2	1	4	4	2	1	4		
RA 23.01	CONVENTELLO	A	2	2	1	4	4	1	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 24.00	CASAL BORSETTI	A	-	-	-	-	-	-	-	-	0A	Natur. Partic.
RA 24.01	CASAL BORSETTI SUD		4	4	1	4	4	4	1	4		
RA 30.00	CA' BOSCO	A	2	2	1	4	4	2	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 33.00	PORTO FUORI	A	2	4	1	4	4	2	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 34.00	MADONNA DELL'ALBERO	A	-	-	-	-	-	-	-	-	0A	Natur. Partic.
RA 34.02	MADONNA DELL'ALBERO		2	2	1	4	4	4	1	4		
RA 36.00	BOCCA BEVANO	A	2	2	1	4	4	1	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 41.02	SAVIO	A	2	2	1	4	4	2	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 44.00	CONSELICE	A	2	1	1	4	4	2	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 47.00	BORGO ANIME	A	-	-	-	-	-	-	-	-	0A	Natur. Partic.
RA 47.01	MEZZANO		2	2	1	4	4	4	1	4		
RA 53.04	LA BASSONA AZ. AGR.	A	2	4	1	4	4	2	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 54.02	CERVIA	A	2	2	1	4	4	4	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 55.02	BARBIANO	A	2	2	1	4	4	4	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 59.01	BAGNACAVALLO	A	2	2	1	4	4	4	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 60.01	PALAZZONE	A	2	2	1	4	4	2	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 65.01	S. BARTOLO	A	2	2	1	4	4	1	1	4	3A	Natur. Partic.
RA 67.00	S. MICHELE	A	-	-	-	-	-	-	-	-	0A	Natur. Partic.
RA 67.01	S. MICHELE		2	2	1	4	4	2	1	4		
RA 69.01	MOLINO DI FILO	A	2	2	1	4	4	4	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 70.01	PISIGNANO	A	2	2	1	4	4	4	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 71.00	CONSELICE	A	-	-	-	-	-	-	-	-	0A	Natur. Partic.
RA 71.01	CONSELICE		2	2	1	4	4	2	1	4		
RA 74.00	BAGNARA	A	2	2	1	2	4	4	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 75.00	CONSELICE	A	2	1	1	4	4	4	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 76.03	COTIGNOLA	A	2	2	1	4	4	4	1	4	0A	Scadente
RA 77.00	CASTELBOLOGNESE	C	2	2	2	1	1	1	4	4	4C	Scadente
RA 78.00	FAENZA - VIA CHIARINI	A	2	2	2	1	2	4	3	4	3A	Sufficiente
RA 79.00	SOLAROLO	A	2	2	1	4	4	2	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 81.01	SAVARNA	A	2	2	1	4	4	4	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 84.01	S.PIETRO IN CAMPIANO	A	4	4	2	4	4	4	1	4	4A	Natur. Partic.
RA 85.00	FAENZA - COSINA	A	2	2	1	2	4	4	2	4	2A	Scadente
RA 89.00	FAENZA - OBERDAN	A	2	2	2	1	4	4	1	4	0A	Natur. Partic.
RA 90.00	SARNA	A	2	2	2	1	1	1	4	4	4A	Scadente

Fig. B.1.98 - Riepilogo dei pozzi monitorati nel 2006 e loro classificazione ambientale; da: Variante al Piano Territoriale di Coordinamento provinciale della Provincia di Ravenna in attuazione del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna.

#### B.1.8.3.5 Vulnerabilità naturale dell'acquifero

Quanto segue fa riferimento principalmente alla pubblicazione "Nuova Carta Regionale della Vulnerabilità: Aspetti metodologici" – Determinazione n.6636/2001 della Direzione

Ambiente e difesa del suolo e della costa della Regione Emilia Romagna – curata da un nutrito gruppo di specialisti di vari Servizi Regionali e di ARPA e resa pubblica a luglio 2002.

In estrema sintesi le zone vulnerabili sono state individuate incrociando le caratteristiche geologiche dell'immediato sottosuolo con le caratteristiche pedologiche, valutate queste ultime contestualmente alla grandezze climatiche, al tipo di ordinamento colturale, alla capacità di attenuazione dei suoli.

La figura B.1.99 seguente mostra il contributo del sistema suolo-clima-coltura (geologia esclusa) alla potenzialità di ricarica degli acquiferi profondi. Oltre alle potenzialità medio-alte dei terrazzi e subalvei vallivi, è da notare l'esposizione elevata degli acquiferi costieri, tra cui quello cervese. Nella restante porzione del territorio comunale, sono presenti aree di ricarica da moderatamente bassa, in corrispondenza del dosso fluviale del Savio e delle Saline, a bassa, nella restante porzione di territorio.

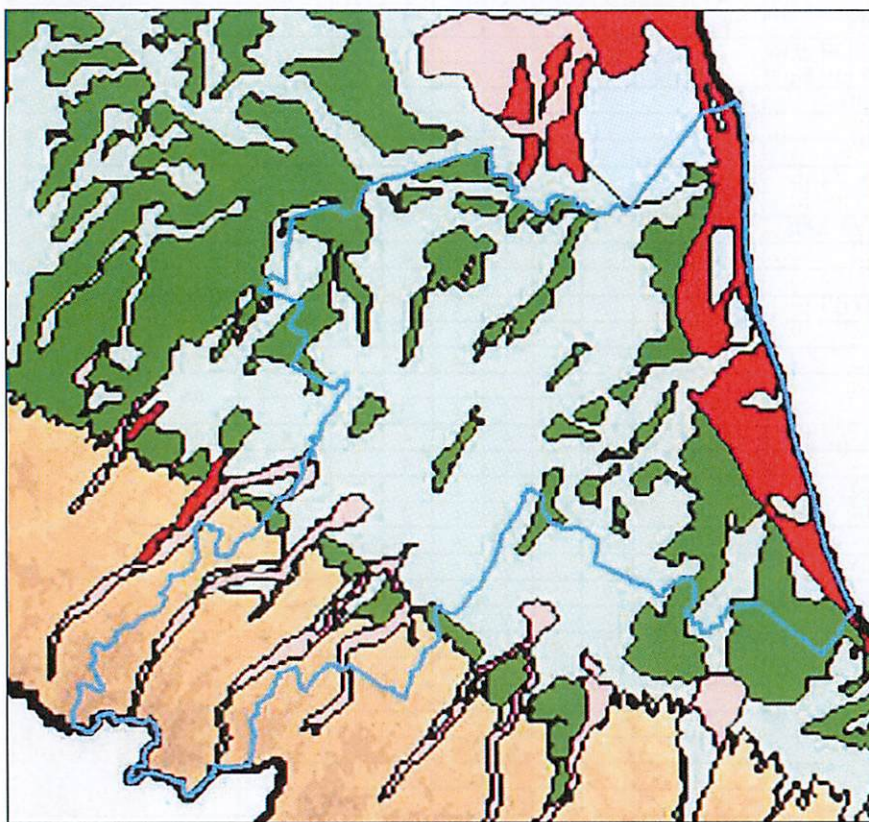


Fig. B.1.99 - Contributo del sistema suolo-clima-coltura (geologia esclusa) alla potenzialità di ricarica degli acquiferi profondi: in **rosso**: potenzialità di ricarica alta (deflusso profondo >250 mm/anno) in **rosa**: potenzialità di ricarica moderatamente alta (deflusso profondo tra 250 e 150 mm/anno) in **verde chiaro**: potenzialità di ricarica moderatamente bassa (deflusso profondo tra 150 e 50 mm/anno) in **verde scuro**: potenzialità di ricarica bassa (deflusso profondo <50 mm/anno). Da: Variante al Piano Territoriale di Coordinamento provinciale della Provincia di Ravenna in attuazione del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna.

La figura B.1.100 mostra la distribuzione media 1998-2000 dei nitrati nell'acquifero A delle zone di conoide e di alta pianura: i punti di misura non sono molti, ma ciononostante le situazioni critiche risultano bene evidenti. Per il territorio cervese, l'unica porzione in cui sono presenti nitrati è riconducibile all'alimentazione del Fiume Savio, con livelli di concentrazione bassi, variabili da un massimo di 20-30 mg/l, in corrispondenza dell'alveo a Castiglione, ad un minimo di 5-10 mg/l in prossimità della porzione centrale. Il confronto con i dati di concentrazione del periodo 1988-90 evidenzia un trend in aumento per le aree sopraccitate, con differenze positive massime in corrispondenza dell'alveo (+20mg/l) a minime nella porzione retrostante la fascia costiera (da 0 a 5 mg/l).

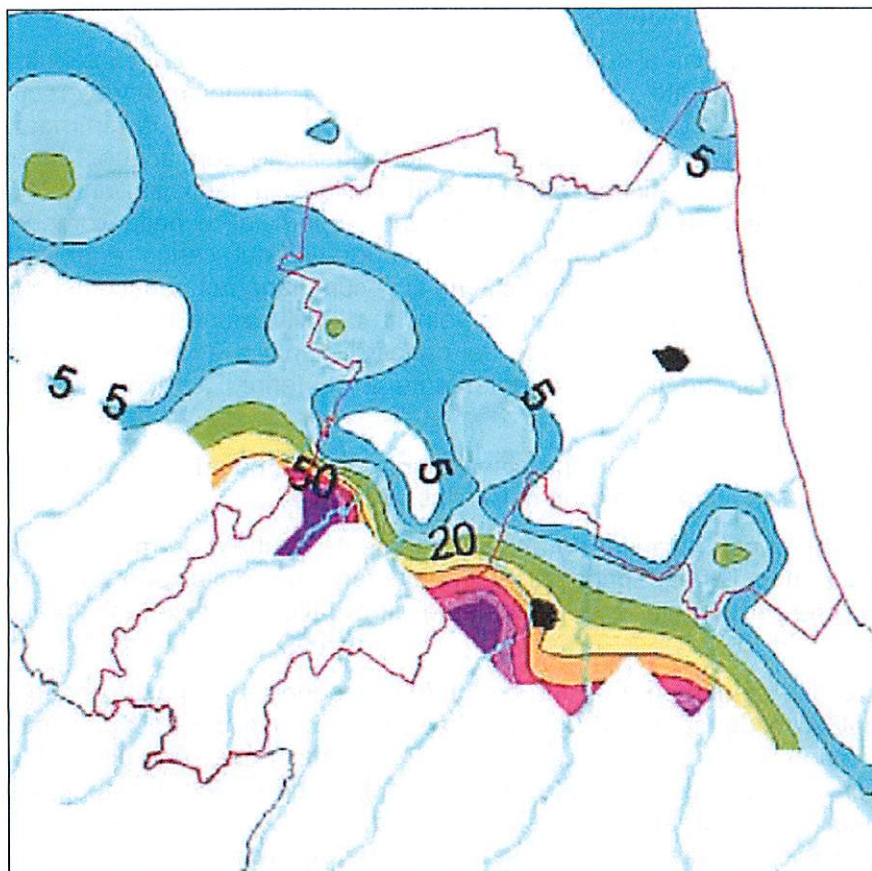


Fig. B.1.100 - Distribuzione media 1998-2000 dei nitrati nell'acquifero A delle zone di conoide e di alta pianura: **azzurro scuro**: 5 -10 mg/l (come NO<sub>3</sub>); **azzurro chiaro**: 10-20 mg/l; **verde**: 20 – 30 mg/l; **giallo**: 30 – 40 mg/l; **arancio**: 40 – 50 mg/l; **rosso**: 50 – 60 mg/l; **lilla**: 60 – 70 mg/l; **viola**: oltre 70 mg/l. Da: Variante al Piano Territoriale di Coordinamento provinciale della Provincia di Ravenna in attuazione del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna.

#### B.1.8.3.5.1 L'acquifero freatico

Con "acquifero freatico" s'intende qualsiasi acquifero confinato verso il basso, ma a falda libera verso l'alto. L'acquifero freatico di pianura è di gran lunga il più esteso nella Provincia

di Ravenna, e quello dell'immediato sottosuolo, con falda libera da sub-affiorante a relativamente poco profonda. Ha relazioni ed interscambio con il suolo e con i corpi idrici superficiali che, soprattutto se pensili o invasati fino a livelli alti, in genere lo alimentano. I materiali alluvionali che lo accolgono possono essere molto ricchi di sedimenti fini ed anche di argille.

La qualità del freatico di pianura in vicinanza di fiumi e canali è influenzata principalmente dalla qualità delle acque di questi ultimi; a maggior distanza, e per la maggior parte della sua estensione è influenzato da qualità e quantità delle acque filtrate dal suolo; in prossimità di reti tecnologiche può essere affetto dalle eventuali loro perdite; in prossimità della costa può essere eventualmente influenzato (e influenzare) dalla posizione dell'interfaccia con il cuneo delle acque saline.

Non da oggi la normativa assegna al suolo coltivato la funzione surrettizia di contribuire alla depurazione e/o smaltimento di reflui e di fanghi attraverso la fertilizzazione/ammendamento con fanghi, letami o liquami, od attraverso la fertirrigazione con acque di bonifica già ricche di nutrienti, o la fertirrigazione con acque reflue. Se correttamente gestite, queste pratiche consentono di limitare la fertilizzazione chimica contribuendo al miglioramento qualitativo dei corpi idrici superficiali e della componente organica nei suoli. Se mal gestite, comportano un aggravio del carico eutrofizzante, organico e, in taluni casi, di contaminanti chimici, che si accumulano nel freatico nel caso in cui siano applicati in eccesso, oppure qualora la velocità di infiltrazione risulti superiore a quella di assimilazione. Nei luoghi ove la rete dei canali di bonifica è drenante, le acque freatiche drenate contribuiscono poi consistentemente a conferire i carichi eutrofizzanti sversati da fonti diffuse.

In nessun caso, comunque, il freatico di una pianura antropizzata potrebbe realisticamente raggiungere classi di qualità chimica migliori della Classe 3.

Va anche ricordato che questo acquifero è abbondantemente sfruttato da migliaia di pozzi poco profondi, che hanno l'effetto principale di aumentare la circolazione delle acque sotterranee in direzione orizzontale, e di richiamarne altre dalla superficie accelerandone l'infiltrazione.

La prolungata estrazione nel tempo di acque profonde può generare e/o aver generato un peggioramento qualitativo dei suoli e delle falde freatiche a causa del trasporto verso la superficie di ferro, manganese, ammoniaca e talvolta di arsenico, che sono presenti in tali acque profonde con concentrazioni elevate di sicura origine geologica. L'estensione del fenomeno a livello di acquiferi freatici non è stata indagata in dettaglio ma, sulla base delle attuali evidenze, c'è ragione di ritenere che possa essere notevolmente estesa. Il freatico di pianura non è monitorato con sistematicità mediante una rete regionale di qualità, anche per la notevolissima labilità temporale e spaziale delle concentrazioni misurabili, che rispondono a molti agenti causali. Dalle analisi espletate in varie occasioni, tuttavia, deriva l'impressione che l'applicazione di sostanze al suolo sia molto sostenuta, e che la qualità del freatico di conseguenza vada lentamente peggiorando.

Anche le ingressioni saline, molto estese e fortemente soggette a stagionalità, sembrano presentare inasprimenti localizzati. Secondo Arpa, sarebbe quindi opportuno monitorare anche quella porzione dell'acquifero freatico di pianura che potrebbe essere chiamata "acquifero freatico costiero": pur facente parte del freatico di pianura, se ne distingue per l'elevatissima permeabilità (abbondanza di sabbie) e per la presenza di una interfaccia acque dolci/acque salate (detta cuneo salino) la cui collocazione rispetto al piano di campagna ed alla linea di costa dipende principalmente dal carico idraulico delle prime e che, come si è visto nel capitolo dedicato all'ingressione salina, risulta essere insufficiente

per contrastare tale fenomeno.

In considerazione delle indiscutibili evidenze sperimentali di subsidenza costiera e di salinizzazione delle falde idriche per ingressione di acque marine, la Variante al PTCP in attuazione del PTA regionale (Artt. 5.3 comma 2 e 5.7) individua una zona di protezione delle acque sotterranee in territorio costiero, rappresentata nella figura B.1.101. La sua delimitazione deriva in primis dalle caratteristiche geologiche del territorio, poi localmente adattata ad elementi geografici di superficie (strade, etc.) per renderne più agevole la individuazione ai fini applicativi.



Fig. B.1.101 - La zona di protezione delle acque sotterranee costiere; da: Variante al Piano Territoriale di Coordinamento provinciale della Provincia di Ravenna in attuazione del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna.

Citando la normativa provinciale:

In considerazione degli obiettivi ambientalmente rilevanti del contenimento del fenomeno della subsidenza, dei fenomeni di migrazione di acque fossili e della ingressione salina, ed

in accordo con le Linee guida per la gestione integrata delle zone costiere (GIZC) (Delib. Cons. Regionale 20/01/2005 n.645), nella zona di protezione delle acque sotterranee in ambito costiero di cui all'art. 5.3 punto 2, rappresentata in Tavola 3 valgono le seguenti disposizioni:

- è vietata la perforazione di nuovi pozzi, anche ad uso domestico. E' vietata anche la perforazione a scopo di ricerca, salvo le perforazioni finalizzate al monitoraggio del livello piezometrico e della qualità della falda idrica di cui all'art. 17 del Regolamento Regionale n.41/2001. E' consentita la perforazione di pozzi freatici (profondi non più di 15 metri) purché a distanza superiore a 2 km dalla linea di costa;
- per le estrazioni di acque freatiche in corso di cantierizzazione, nelle escavazioni che espongono la falda freatica va limitato l'impiego di pompe well-point ad esclusione delle attività finalizzate a bonifiche e simili; lo scavo deve essere circondato da dispositivi idonei a limitare l'afflusso delle acque freatiche. L'allontanamento delle sole acque estratte dovrà avvenire preferibilmente per reimmissione diretta in falda freatica mediante pozzo a dispersione;
- per i pozzi esistenti alla data di adozione delle presenti norme, i competenti Servizi tecnici regionali prescrivono limitazioni progressive nel tempo alle portate idriche emunte dalla falda sotterranea e limitazioni maggiori progressive nel tempo nelle zone con velocità di abbassamento del suolo superiore a 0,6 cm/anno;
- nei pozzi con prelievi superiori a 20.000 mc annui, entro un anno dall'entrata in vigore del presente piano, dovranno essere installati, a carico del concessionario, e mantenuti in regolare stato di funzionamento, idonei dispositivi sigillati per la misurazione delle portate e dei volumi emunti. Dovranno essere sigillati anche gli eventuali dispositivi di by-pass. A cura del concessionario i dati annuali delle misurazioni dovranno essere registrati e conservati per cinque anni a disposizione dell'Autorità concedente. I dati di riepilogo di ciascuna annata dovranno essere trasmessi entro il mese di gennaio dell'anno successivo al Servizio Tecnico di Bacino territorialmente competente, che provvederà a sua volta a trasmetterli alla Provincia, alle ATO ed alla Autorità di Bacino in forma aggregata;
- per tutti gli altri pozzi, compresi quelli ad uso domestico, tale installazione avverrà gradualmente, quando possibile all'atto del rinnovo della concessione.

La perimetrazione della zona di tutela delle acque sotterranee costiere dovrà essere riportata nella cartografia di PSC e conseguentemente normata in accordo con le NTA del PTCP; tale perimetrazione non definisce, per quanto sopra evidenziato nella citazione dell'articolo di normativa, un limite o condizione alla urbanizzazione, ma definisce limitazioni e condizioni all'utilizzo del sottosuolo nelle aree ivi ricadenti.

#### **B.1.8.3.6 - Censimento pozzi, piezometria e soggiacenza**

Per questo studio sono stati raccolti tutti i dati esistenti sui pozzi ad uso extradomestico presenti all'interno del territorio comunale di Cervia, sia relativamente ai pozzi superficiali e quindi ad uso prevalentemente civile, che a quelli profondi, prevalentemente ad uso industriale/agricolo.

I dati sono stati reperiti presso il Servizio Tecnico dei Bacini Romagnoli.

I dati, in formato cartaceo, sono stati informatizzati attraverso l'ubicazione georeferenziata dei pozzi e la creazione di un data base geografico associato nel quale sono state riportate le caratteristiche principali, ovvero:



- il numero d'ordine;
- le coordinate geografiche;
- l'ubicazione, intesa come indirizzo e individuazione catastale, dove reperita;
- l'uso;
- la profondità.

La maggiore difficoltà nella creazione del database geografico è stata l'ubicazione dei pozzi: le coordinate fornite dal Servizio Tecnico di Bacino posizionano, infatti, i pozzi su di una griglia a maglia regolare (pertanto irrealistica), da cui ne deriva una completa non coincidenza con i numeri civici. Da qui la necessità di riposizionare tutti i pozzi sulla base dello stradario e dei civici presenti nel database topografico comunale.

Una volta ubicati nel database geografico i pozzi presenti sul territorio, è stata pianificata la campagna di misura della piezometria e della soggiacenza. I pozzi sono stati selezionati al fine di ottenere una distribuzione il più possibile omogenea su tutto il territorio comunale. Il monitoraggio riguarda, in modo distinto, i pozzi profondi (profondità > 15 m) e quelli superficiali (profondità <15 m). La distinzione in base alla profondità è funzionale alla modellizzazione dell'acquifero freatico superficiale e di quello profondo.

La campagna di monitoraggio è stata effettuata nel periodo marzo-aprile 2012.

Di seguito, ad integrazione delle conoscenze passate, verrà comunque presentata anche la situazione piezometrica individuata in occasione della Variante Generale al PRG del Comune di Cervia del 1994. In particolare, nella relazione è stata misurata la piezometria della falda freatica superficiale, in quanto in relazione diretta con le attività antropiche.

In figura B.1.102 viene proposta la digitalizzazione della carta piezometrica della Variante suddetta. Da ovest a est il flusso della falda superficiale avviene chiaramente in direzione della costa, almeno nel settore compreso tra il margine orientale del dosso fluviale del Savio e il confine occidentale della Salina. Il dosso del Savio sembra costituire un acquifero capace di alimentare sia il Savio (almeno nel tratto più a monte) che la pianura orientale, con spartiacque piezometrico sub-parallelo all'alveo fluviale. La Salina crea un'evidente barriera al deflusso della falda superficiale, la cui continuità (se continuità esiste, vista la presenza sub-superficiale di terreni a grana fine) viene spezzata. Oltre la Salina inizia il dominio dell'acquifero freatico superficiale costiero, dotato di conduttività idraulica largamente superiore e per la cui piezometria si fa riferimento non tanto alla Variante del 1994, bensì al Piano Particolareggiato dell'Arenile del 1995 (figura B.1.103).

Da qui si vede come le isopieze sono sub-parallele alla linea di costa, con valori che variano da 0 a 0,5 m s.l.m. Gli alti piezometrici si rilevano in corrispondenza del settore centro-settentrionale della costa, caratterizzato dalla presenza dei paleo-cordoni dunari; i bassi si registrano lungo tutto il margine occidentale, in particolare nell'area di Pinarella e di Tagliata dove le quote raggiungono il livello del mare già a partire dalla Statale Adriatica.

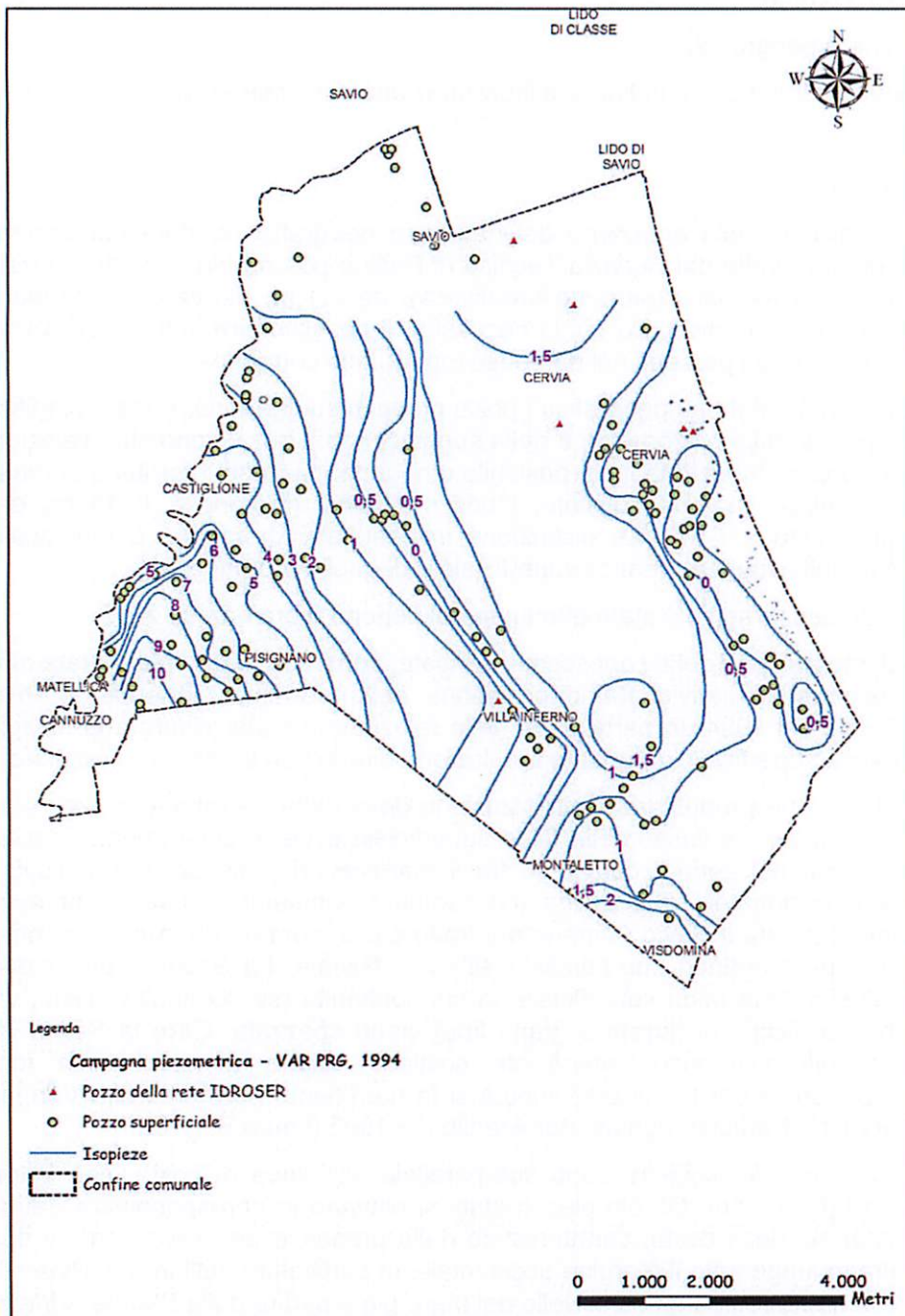


Fig. B.1.102 - Piezometria eseguita in occasione della Variante Generale al PRG del Comune di Cervia del 1994 (digitalizzata).

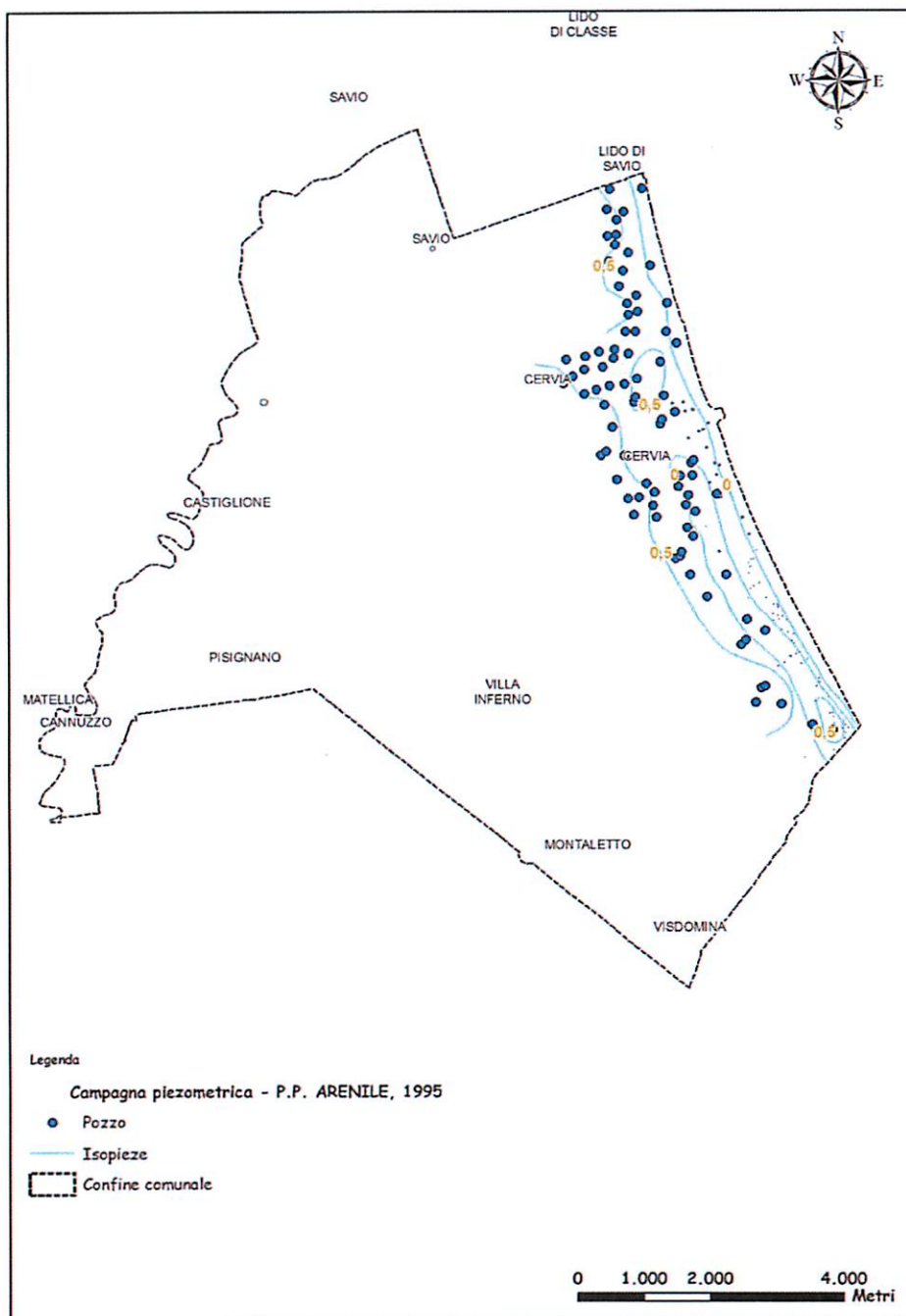


Fig. B.1.103 - Piezometria eseguita in occasione del Piano Particolareggiato dell'Arenile del 1995 (digitalizzata).

Come già evidenziato nel capitolo dedicato all'ingressione salina, anche le modellazioni più recenti hanno mostrato come le quote freatiche siano raramente e di pochi cm sopra il livello del mare, se non lungo la linea di costa, nelle zone dunali e lungo il Canale del Pino,

il Porto Canale e il Canale Madonna del Pino, e come solo durante i mesi invernali l'acquifero freatico riceve una maggior ricarica. La profondità della superficie freatica varia da un massimo di 0,82 m sopra il livello del mare in inverno, ad un minimo di -1,06 m in estate.

I risultati della modellazione dei valori di piezometria e di soggiacenza ricavati dalla campagna piezometrica del marzo-aprile 2012 sono rappresentati, rispettivamente, nelle seguenti figure B.1.104 e B.1.105, nonché nelle Tavole QC-B.3 e QC-B.4.

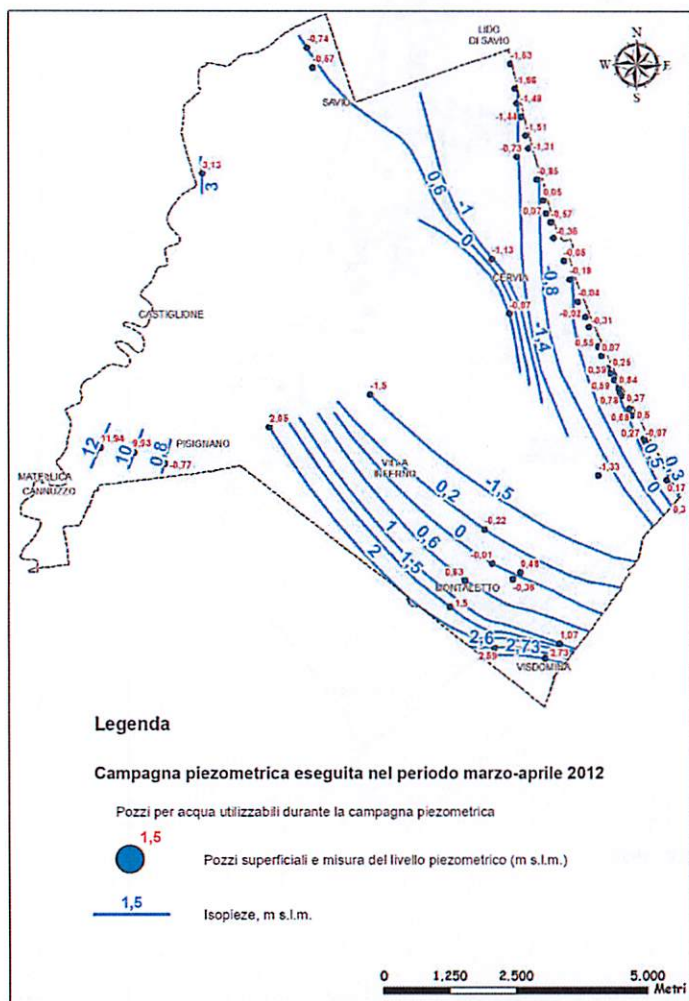


Fig. B.1.104 - Ricostruzione dell'andamento piezometrico della falda superficiale a seguito della campagna piezometrica del marzo-aprile 2012.

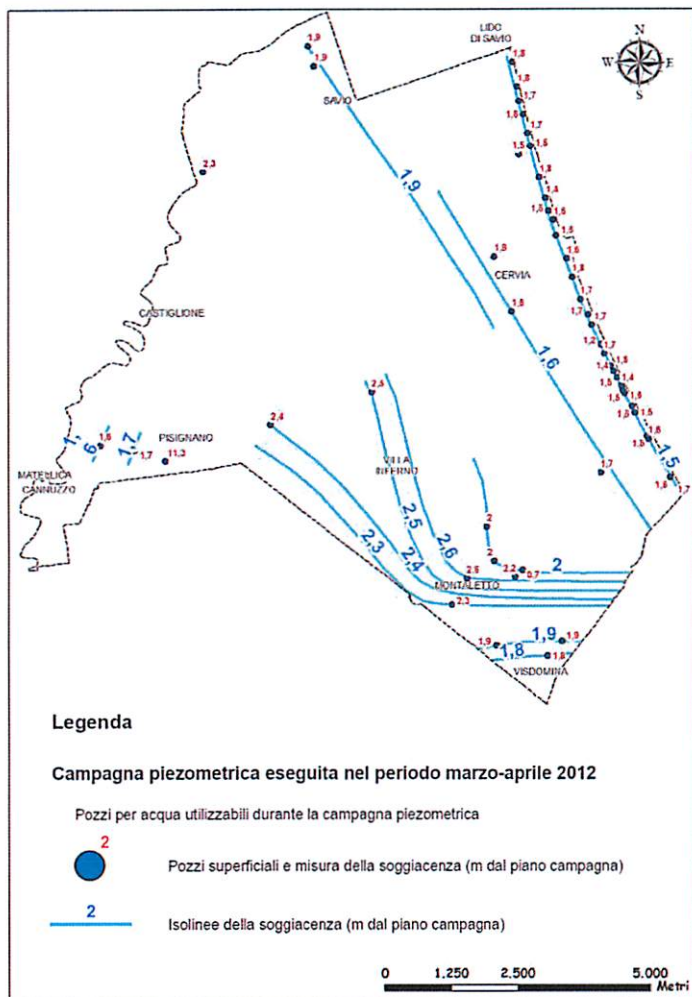


Fig. B.1.105 - Ricostruzione dell'andamento della soggiacenza della falda superficiale a seguito della campagna piezometrica del marzo-aprile 2012.

A causa dei differenti pozzi misurati e del periodo di misurazione, le due rappresentazioni della superficie piezometrica del 1994-95 e del 2012 differiscono in modo sostanziale, non tanto nella configurazione tridimensionale dell'acquifero, che rimane pressoché simile nel suo andamento generale, quanto nei singoli valori piezometrici relativi al livello medio del mare. In generale, in occasione della recente campagna piezometrica, si è registrato un discreto abbassamento della falda in ambito costiero, rispetto alla situazione del 1995, mentre nell'entroterra le differenze tra le quote piezometriche dei due periodi (1994 e 2012) non evidenziano particolari differenze.

#### B.1.8.3.7 - Centri di potenziale pericolo d'inquinamento delle acque sotterranee

La conoscenza del grado di vulnerabilità di un determinato territorio, fornisce utili indicazioni per la comprensione degli episodi d'inquinamento e consente di elaborare

strategie di uso dei suoli, nonché di programmazione delle attività antropiche, tese ad eliminare il rischio di inquinamento degli acquiferi.

Si definisce rischio d'inquinamento di un corpo idrico la sua potenzialità a ricevere un determinato inquinante, per una porzione definita di territorio, in funzione delle attività antropiche (centri di pericolo) presenti. Tale potenzialità dipende dal tipo di attività (cioè dal tipo di sostanze utilizzate), dalle sue dimensioni, dal numero di attività presenti nella porzione definita di territorio e dalla sua vulnerabilità intrinseca.

Nell'ambito del presente studio, con il termine fonti di inquinamento o centri di pericolo si è voluto intendere quelle attività, insediamento o manufatto in grado di costituire direttamente o indirettamente, fattore certo o potenziale di degrado della qualità delle acque superficiali e sotterranee.

Sulla base dello spazio occupato, le fonti di inquinamento possono essere distinte in fonti puntuali e non puntuali o diffuse, oltre che relative ad aree urbane o extraurbane.

Il Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna definisce un "elenco dei centri di pericolo e delle attività che possono incidere sulla qualità della risorsa idrica" rispetto al quale la Provincia è tenuta ad effettuare il censimento dei cosiddetti "centri di pericolo" e disporre per gli stessi le misure di messa in sicurezza o di riduzione del rischio.

L'individuazione delle fonti di pericolo presenti sul territorio comunale è stata eseguita attraverso un censimento dei centri di pericolo valutati a partire dall'Allegato 1 del PTA regionale.

In particolare sono stati presi in considerazione i seguenti elementi:

	Fonti puntuali	Fonti diffuse
In aree urbane	Depuratori (u) Fosse IMHOFF (u) Insediamenti produttivi con scarico in acque superficiali (n) Insediamenti produttivi a rischio d'inquinamento (b, j, q) Ospedali e case di cura (i) Distributori di carburante (v) Cimiteri (e) Pozzi per acqua (g) Isole ecologiche (h)	Dorsali principali collettori fognari (u) Viabilità (x)
In aree extraurbane	Allevamenti zootecnici (i) Pozzi per acqua (g) Cimiteri (e) Distributori di carburante (v)	Aree autorizzate allo spandimento dei liquami zootecnici (p) Viabilità (x)

#### Allevamenti zootecnici

L'elemento di pericolo connesso all'attività di allevamento, è costituito dallo stoccaggio dei reflui zootecnici; i contenitori per lo stoccaggio, sia dei liquami che dei letami, devono corrispondere a precisi requisiti tecnici di idoneità, come stabilito dalla normativa vigente.

## Spandimenti

Le maggiori problematiche ambientali riferibili alla pratica agronomica dello spandimento dei liquami zootecnici sono riconducibili alla protezione delle acque sia sotterranee (percolazione), che superficiali (ruscellamento), nonché alla dispersione in atmosfera di sostanze odorigene (volatilizzazione ammoniacale).

## Rete fognaria

La rete fognaria è il complesso di canalizzazioni sotterranee atte a raccogliere ed allontanare le acque reflue derivanti dagli insediamenti urbani e produttivi. Il sistema è strutturato in modo da collettare le acque reflue ad un sistema di trattamento finale o ad uno scarico. Se il collettore non è perfettamente impermeabile, o subisce nel tempo un deterioramento, può causare perdite di reflui nel livello insaturo del suolo o essere interessato da infiltrazioni di acque nelle fogne, con conseguente sovraccarico del sistema.

## Cimiteri e distributori

I cimiteri e i distributori di carburante possono costituire potenziali fonti di inquinamento delle acque sotterranee. Il percolato proveniente dalla zone di inumazione può interferire con le zone di approvvigionamento idrico, in modo particolare nel caso di vecchi cimiteri o quando le strutture cimiteriali sono disposte in modo non adeguato rispetto alle captazioni acquedottistiche. Analogamente, i serbatoi interrati, rappresentano fonti potenziali di inquinamento del suolo e delle acque superficiali e sotterranee, a causa di rotture o di inefficienze legate all'usura.

## Viabilità

La rete delle infrastrutture per il traffico costituisce una potenziale sorgente di pericolo in quanto dà luogo ad una ricaduta laterale degli agenti inquinanti, con possibile infiltrazione dalla superficie topografica.

Il grado di pericolosità è variabile in relazione al grado di protezione naturale delle strade ed all'intensità del traffico.

## Discariche

Il potenziale inquinamento deriva in massima parte dal percolato di lisciviazione dei rifiuti presenti sulla superficie esposta alle acque meteoriche; percolato che, se non completamente raccolto nella rete fognaria può infiltrarsi nel terreno o raggiungere i più prossimi collettori idrici superficiali.

## Pozzi per acqua

I pozzi per la captazione di acque sotterranee possono rappresentare fonti puntuali di potenziale inquinamento delle acque sotterranee. Questa eventualità può verificarsi ad esempio quando la testata del pozzo non è sigillata favorendo l'infiltrazione di inquinanti dalla superficie topografica o ancora quando livelli acquiferi con differenti caratteristiche qualitative vengono messi in comunicazione dalla presenza di più livelli filtranti non

adeguatamente sigillati. Sul territorio comunale sono stati georeferenziati, dagli archivi del Servizio Tecnico dei Bacini Romagnoli, 205 pozzi ad uso extradomestico, in gran parte concentrati in corrispondenza del capoluogo, di Milano Marittima e Pinarella, lungo l'arenile demaniale, lungo i principali assi viari e, in maniera più diffusa, nel territorio rurale.

#### Attività produttive

Le attività produttive, in ragione della tipologia di lavorazione eseguita, possono costituire un potenziale pericolo per l'inquinamento di acque sotterranee e superficiali, sia direttamente, per quanto riguarda le attività che scaricano in acque pubbliche, sia in modo secondario, in funzione delle tecniche di lavorazione, delle tipologie di impianti e soprattutto del grado di manutenzione e del rispetto delle norme comportamentali di sicurezza adottate dalle aziende.

Al fine di individuare le attività produttive che potenzialmente rappresentano un alto rischio d'inquinamento per le acque sotterranee, sono state prese in considerazione, tutte le attività produttive operanti sul territorio comunale. Tra tutte quelle operanti, sono state selezionate solamente quelle aziende cosiddette "ad elevato/alto rischio", perché nel proprio ciclo di lavorazione trattano materiali potenzialmente inquinanti, o perché, in modo indiretto, fanno uso di sostanze che potrebbero, se sversate accidentalmente nel suolo, provocare inquinamento della risorsa idrica sotterranea.

La rappresentazione cartografica dei dati raccolti è contenuta nella Tavola QC-B.6.

### **B.1.9 - Criticità idraulica: fattori di pericolosità ed ambiti interessati**

Le criticità idrauliche sono legate ai due principali ambienti che caratterizzano il territorio comunale: l'ambiente costiero e quello di piana alluvionale. Costante per entrambi gli ambienti è la morfologia che, con le aree depresse e quelle al di sotto del livello del mare, da un lato, e le morfologie rilevate, naturali ed antropiche, quali cordoni dunosi, dossi fluviali, assi stradali e argini, dall'altro lato, favorisce il permanere al suolo delle acque superficiali e il loro difficile smaltimento. Infine, eventuali situazioni di insufficiente officiosità del sistema fognario possono amplificare condizioni di naturale criticità idraulica.

#### ***B.1.9.1 L'ambiente costiero: fattori di criticità e pericolo***

La principale criticità dell'ambiente costiero è rappresentata dall'ingressione marina che dipende dalla dinamica del mare, dalla morfologia della costa, ma è anche significativamente influenzata dall'uso che si è fatto in passato del territorio e delle sue risorse. In particolare, l'abbassamento del suolo per effetto della subsidenza, la diminuzione dell'apporto di sabbia da parte dei fiumi, l'abbattimento delle dune costiere che costituivano il serbatoio naturale di sabbia, la presenza delle opere portuali, marittime e di difesa che modificano il trasporto del sedimento lungo costa e l'intenso processo di urbanizzazione della fascia costiera rappresentano le principali concause dell'ingressione marina.

Come già evidenziato nel capitolo dedicato alla morfologia del territorio comunale, ripreso anche nel capitolo dedicato all'ingressione marina, negli anni 1949, 1951, 1963, 1977, 1978, 1979 e 1982 si sono verificati gli eventi di mareggiata più importanti. L'evento eccezionale è riconducibile alla mareggiata del 21-22 dicembre 1979, a seguito del quale l'Amministrazione Comunale ha deliberato di preservare il cordone dunoso recente per



garantire la difesa dall'ingressione marina. Nell'occasione di quella eccezionale mareggiata, l'area interessata dall'ingressione marina è quella cartografata nella Tavola QC-B.8 e figura B.1.106, che può essere, pertanto, considerata come l'estensione massima raggiungibile anche in futuro in seguito ad eventi di mareggiata estremi.

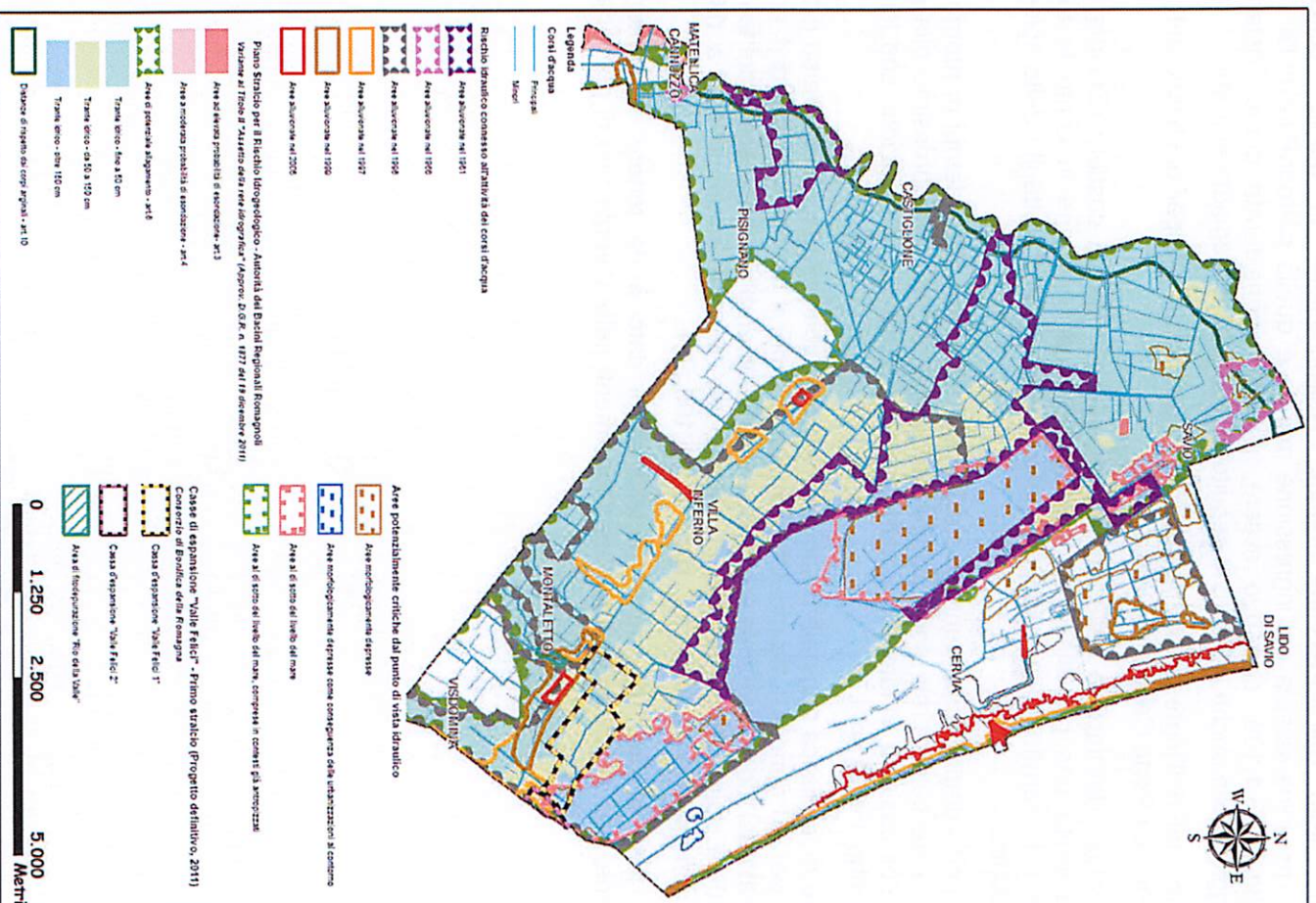
Le vie preferenziali dell'ingressione marina sono i due canali principali di sbocco al mare: il Canale del Pino e i Porto Canale di Cervia.

Un recente studio dell'impatto delle mareggiate sulla morfologia costiera (Ciavola et al., 2008) ha eseguito una previsione statistico-modellistica che tiene in conto le forzanti meteomarine e le caratteristiche topografiche e morfologiche di dettaglio delle spiagge e dei cordoni dunosi.

La maggior parte degli impatti puntuali previsti dal modello, per i 3 tempi di ritorno dello scenario peggiore considerati, sono costituiti da danni alle strutture prossime alla costa, mentre in 3 soli casi, tra Pinarella e Zadina, possono verificarsi inondazioni, con tempi di ritorno di almeno 1 e 10 anni.

La previsione modellistica puntuale ha poi permesso di individuare linee a diverso grado di vulnerabilità per i 3 periodi di ritorno. Chiaramente, se per il tempo di ritorno di 1 anno vi sono ampi tratti del litorale cervese a basso livello di vulnerabilità, al crescere del tempo di ritorno i tratti a vulnerabilità più alta divengono via, via predominanti fino a risultare ubiquitari in corrispondenza del tempo di ritorno di 100 anni.

Sebbene si tratti di una previsione modellistica, il dato è da tenere sicuramente in considerazione, per indicare eventuali approfondimenti nelle diverse fasi di pianificazione urbanistica.



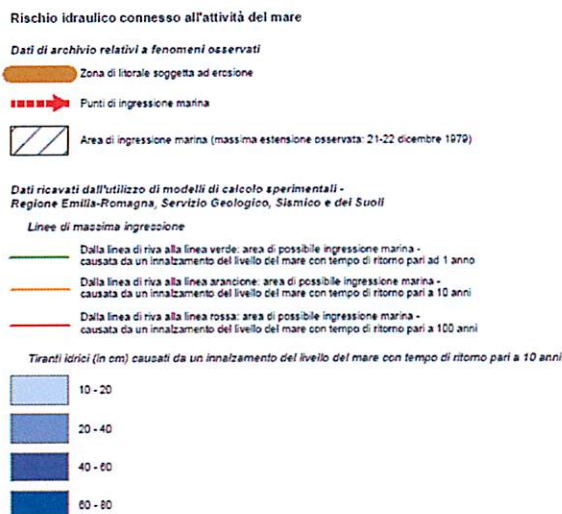


Fig. B.1.106 - Carta del rischio idraulico su base semplificata. Metodo sperimentale per la mappatura regionale della pericolosità di inondazione da parte del mare nelle aree costiere marine (Dati e testo: gentile concessione del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna)

In parte facendo tesoro dello studio di Ciavola e altri (2008), la Regione Emilia-Romagna (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli) ha sviluppato un modello semplificato - basato su un'analisi in ambiente GIS di tipo geometrico - per la mappatura della pericolosità di inondazione da parte del mare nelle aree costiere marine della Regione Emilia-Romagna, tra le quali anche il litorale di Cervia. La scelta di un metodo di analisi semplificato risponde sia alle esigenze di ottenere un primo prodotto in tempi brevi e ristretti, come richiesto dalla Direttiva e dal D.lgs. 49/2010 (disporre delle mappe di pericolosità e di rischio al giugno 2013), che alle scarse risorse economiche attualmente disponibili.

Il metodo proposto, pur non consentendo la piena definizione dei parametri previsti dalla direttiva (es. velocità di propagazione del flusso), ha indubbi vantaggi in termini di semplicità e rapidità di utilizzo e può beneficiare di un certo numero di studi pregressi quali: l'analisi storica delle mareggiate e alcune applicazioni locali di un modello idraulico bidimensionale, che permettono di collaudare sufficientemente gli elaborati prodotti.

Nella definizione della procedura per l'analisi della pericolosità da inondazione delle aree costiere in Emilia-Romagna si è cercato di caratterizzare adeguatamente sia i fenomeni meteo-marini, che la configurazione fisica della costa e i sistemi di difesa costiera. Per quanto riguarda il primo aspetto, i fenomeni meteo-marini che in alto Adriatico possono provocare inondazione sono (i) le onde prodotte dall'azione del vento sulla superficie del mare, (ii) l'innalzamento della superficie del mare, causata da un insieme di fattori astronomici e meteorologici, (iii) l'effetto ostacolo delle acque marine sullo scarico di fiumi e canali.

Dai dati storici è emerso che il fattore che determina maggiori impatti è l'innalzamento della superficie del mare che è la risultante di più fattori di natura astronomica e meteorologica, ovvero: marea astronomica, storm surge e wave set-up (figura B.1.107).

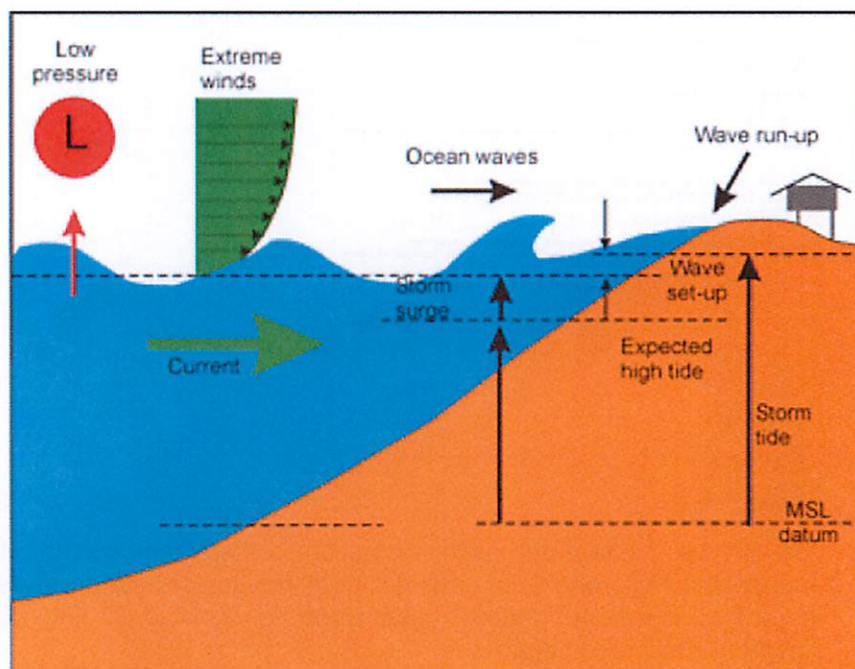


Fig. B.1.107 - La marea di tempesta (storm tide) è un parametro complesso ed è uguale alla quota di marea astronomica attesa (expected high tide), incrementata dalla pressione barometrica e dal vento sotto costa (storm surge), nonché dall'accumulo dell'acqua nella zona di frangimento delle onde (wave set-up).

Per quanto riguarda l'analisi dei tempi di ritorno, sono presenti in letteratura numerosi studi che prendono in considerazione singolarmente le diverse le variabili che possono determinare inondazioni sulla costa (onde e marea, piene fluviali) mentre, fino ad oggi, non è stato ancora possibile effettuare un'analisi combinata dei tempi di ritorno di tutti i parametri in gioco.

Nell'ambito della metodologia semplificata adottata dalla Regione, si è deciso di considerare gli scenari di inondazioni come causa dell'innalzamento del livello del mare, a sua volta generato dalla concomitanza del sollevamento meteorologico (storm-surge), della marea astronomica e del set-up. Per la definizione dei valori di riferimento per i massimi livelli del mare probabili nell'arco di tempo rispettivamente di 1, 10 e 100 anni si è considerato lo scenario peggiore sommando ai valori di storm-surge calcolati per Tr1, Tr10 e Tr100 (Masina e Ciavola, 2011), il valore medio dell'alta marea astronomica (Idroser, 1996) e il valore del set-up calcolato per lo stesso tempo di ritorno (Decouttere et al, 1997). Nell'analisi non è stato invece preso in considerazione il 'run-up' che necessita di un'apposita modellistica morfodinamica. Tale parametro è stato comunque analizzato in un precedente lavoro che ha portato alla realizzazione di mappe puntuali utilizzate solo come confronto nell'ambito del presente lavoro.

#### Scenari di riferimento

Per quanto riguarda l'altezza del livello del mare si è deciso di analizzare i valori combinati di storm-surge (o rialzo) + marea astronomica + set-up dovuto all'onda, con tempi di ritorno Tr1, Tr10 e Tr100, trascurando il dato di run-up in quanto estremamente variabile e di difficile computazione (attualmente disponibile solo per transetti distanziati circa 500m).

L'assunto è che i tre fenomeni siano concomitanti. Di fatto nel caso dell'alto Adriatico la sovrapposizione del rialzo (storm surge) alla marea astronomica è abbastanza frequente solamente nei mesi invernali e autunnali, determinando eventi di "acqua alta". Fortunatamente è piuttosto rara la concomitanza di un massimo rialzo con un massimo di alta marea di sigizia (Canestrelli et al, 2001). Per questo motivo si è deciso di utilizzare come dato di marea astronomica il valore medio di alta marea (40 cm).

I valori utilizzati allo scopo sono stati dedotti da bibliografia, non essendo stato possibile aggiornare l'analisi nell'ambito dello studio.

In sintesi, i termini considerati per la determinazione del massimo livello del mare sono (tabella B.1.7):

- 1) Storm surge (rialzo): questo parametro è stato recentemente verificato nell'ambito del progetto MICORE, dove è stata fatta una re-analisi dei livelli di marea degli ultimi 10 anni e sono stati calcolati i valori residui attribuibili alla componente di storm-surge ovvero del rialzo meteorologico (Masina e Ciavola, 2011). I valori residuali per i 3 tempi di ritorno sono rispettivamente:  $Tr_1$ : 0.61 m ;  $Tr_{10}$  = 0.79 m ;  $Tr_{100}$  = 1.02 m
- 2) Marea astronomica: per questo valore si fa riferimento al lavoro di Mosetti et al., 1987 (riportati in Idroser, 1996), che riporta come massima escursione di marea valori medi di 80 cm in sizigia e 30 cm in quadratura. Pertanto il valore medio di alta marea utilizzato è pari a 40 cm.
- 3) Rialzo da onda (wave set-up): i valori di riferimento sono quelli calcolati, attraverso l'uso di un modello nel progetto Cenas 1997 (Decouttere et al., 1997). I valori, relativi a 3 scenari, sono stati calcolati per 13 località distribuite lungo la costa regionale. Nello studio della Regione sono state calcolate le medie relative ai 3 scenari.

Tempo di ritorno (anni)	Valori di Storm-Surge (m s.l.m) <i>(Masina e Ciavola, 2011)</i>	Valore medio di massima marea astronomica (m) <i>(Idroser, 1996)</i>	Valore medio di set-up (m) <i>(Decouttere et al 1997)</i>	Altezza massima del livello del mare (m)
$Tr = 1$	H critica = 0,61	0,40	0,22	1,23
$Tr = 10$	H critica = 0,79	0,40	0,30	1,49
$Tr = 100$	H critica = 1.02	0,40	0,39	1,81

Tab. B.1.7 - Calcolo dell'altezza massima del livello del mare nei tre scenari considerati (livello marino estremo) – calcolato come sommatoria dei valori di storm- surge, marea astronomica e set-up.

Poiché tali valori si discostano sensibilmente dalle quote calcolate nell'ambito del Piano Costa 1982, e confermati in ambito Cenas, si è deciso di effettuare l'analisi anche utilizzando tali valori di innalzamento del livello del mare, ovvero:

$Tr_1 = 1.38$  m

$Tr_{10} = 1.81$  m

$Tr_{100} = 2.25$  m

Per l'individuazione spaziale delle aree inondabili sono state utilizzate in prima approssimazione le metodologie indicate nel Report T03-08-02 'Guidelines on Coastal Flood Hazard Mapping', basate essenzialmente sul confronto tra altezze critiche e condizioni morfologiche.

Le morfologie osservabili nello spazio regionale risultano però poco adatte all'utilizzo del suddetto metodo: la presenza di ampie porzioni depresse (soprattutto nella porzione settentrionale del territorio costiero) determinano un marcato sovradimensionamento dei fenomeni di allagamento che non ha riscontro nei dati storici. Si è pertanto optato per l'introduzione di un fattore correttivo per tenere conto della perdita di carico dell'acqua nel corso di un evento di inondazione. Questo fattore è stato determinato sperimentalmente confrontando i risultati del modello con alcune misure di run-up reali e con la perimetrazione di aree inondate in corrispondenza di centri abitati effettuata in occorrenza di mareggiate reali. L'analisi di questi dati ha fornito un range di possibili valori, tra i quali è stato scelto quello maggiormente cautelativo: il modello assume che lo smorzamento dell'allagamento possa essere espresso da un angolo d'inclinazione verso terra della superficie dell'elevazione totale del mare la cui cotangente ha come valore 0,002.

La semplice applicazione di una correzione basata sulla distanza lineare dalla linea di costa generava comunque interpretazioni del fenomeno sovradimensionate, soprattutto in contesti con aree elevate distribuite longitudinalmente alla linea di costa, subito seguite da aree depresse. Per evitare queste sovrastime, il modello utilizza una distanza dalla linea di riva non di tipo euclideo, ma di tipo "pesato" che tiene conto dei percorsi minimi possibili effettuati dalle acque per raggiungere le diverse aree (dunque quasi sempre maggiore rispetto alla distanza euclidea).

Il risultato del modello è una matrice raster in cui ciascuna cella assume un valore in funzione della distanza dalla linea di riva. Questa distanza viene utilizzata per smorzare le altezze d'acqua fino all'intersezione con la superficie morfologica. Lo smorzamento è minimo per piccole distanze e alti valori di profondità (traducibili come grande spessore della lama d'acqua) mentre è massimo per grandi distanze e basse profondità (sottile lama d'acqua).

Questo tipo di approccio permette di individuare le porzioni della fascia costiera potenzialmente inondabili per ciascuno dei diversi scenari considerati. L'analisi di distribuzione delle aree individuate permette poi di delimitare quelle zone, morfologicamente depresse, che presentano "varchi" e che consentono l'ingresso marina, escludendo così quelle 'isolate', che non verrebbero interessate dalle inondazioni.

Una prima validazione del metodo è stata fatta confrontando i risultati ottenuti con quelli derivanti dall'applicazione di modelli idraulici sperimentati in alcune zone limitate della costa, ottenendo risultati compatibili.

Nella Tavola di PSC QC-B.8 "Rischio idraulico", si è deciso di inserire, con simbologia lineare, il massimo run-up modellato per i tre scenari di riferimento dal metodo semplificato adottato dalla Regione Emilia-Romagna. Solo per lo scenario con tempo di ritorno 10 anni si è deciso di rappresentare anche i rispettivi tiranti idrici, al fine di avere una stima quantitativa del livello d'acqua che è ragionevole attendersi, dato quest'ultimo importante in relazione alle strutture presenti ed a quelle in previsione.

E' interessante notare come la massima run-up modellata per il tempo di ritorno di 100 anni approssimi molto bene la massima estensione effettivamente osservata in occasione della mareggiata del dicembre 1979.

Un'ulteriore nota interessante è che in corrispondenza delle tre run-up modellate, nonché

della mareggiata massima osservata, il cordone dunoso di Pinarella-Tagliata rivela la sua estrema efficacia nel contrastare l'ingressione marina.

I risultati di tale modellizzazione non sono ancora stati tradotti in termini normativi dalla Regione Emilia-Romagna, ma si è comunque voluto tenerne conto, in questa relazione, quale elemento importante conoscitivo nella valutazione dei possibili scenari di ingressione marina che è ragionevole attendersi lungo il litorale cervese.

#### ***B.1.9.2 I processi fluviali: fattori di criticità e di pericolo***

Quanto descritto in questo paragrafo è stato tratto dal Piano Stralcio di Bacino per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli – Variante al Titolo II "Assetto della rete idrografica", approvata con Delibera Giunta Regionale n. 1877 del 19 dicembre 2011).

Il **Fiume Savio** mostra tratti insufficienti per portate con tempo di ritorno superiore a 30 anni (contrariamente a quanto ipotizzato dal PAI), ma inferiore a 200 anni, nei tratti immediatamente a monte della via Emilia antica (Ponte Vecchio in Cesena), nonché nei tratti a valle del centro di Cesena, da Martorano a Castiglione di Cervia. Tali insufficienze configurano un rischio per i centri abitati che richiede interventi di carattere strutturale a due livelli:

potenziamento della laminazione delle piene attraverso la realizzazione di casse di espansione in linea e fuori linea; allo scopo l'Autorità di Bacino ha completato specifici studi che forniscono il supporto necessario alla progettazione in corso presso il Servizio Tecnico di Bacino;

adeguamento dell'alveo con interventi di manutenzione straordinaria e con l'acquisizione a proprietà pubblica di golene oggi private, su tutto il tratto di pianura ed in particolare presso Castiglione.

Gli interventi sono da considerare tutti a carico dell'Ente pubblico, e da finanziare con i fondi della programmazione degli interventi di difesa del suolo, nei limiti del possibile. È opportuno accoppiare a fondi di tale provenienza altri finanziamenti da associare a parchi fluviali ed alla fruizione/rinaturazione del territorio, anche sull'onda dell'interesse suscitato nei comuni di Cervia, Cesena e Ravenna dall'idea di costituire un Parco fluviale del Savio che estenda quello già oggi istituito a Cesena. L'acquisizione delle golene a proprietà pubblica deve essere perseguita anche attraverso strumenti perequativi all'interno dei piani comunali.

Per quanto riguarda il **reticolo di bonifica**, la strategia che la Regione ha seguito dopo l'alluvione del 1996 è stata di adeguare i canali principali a tempi di ritorno elevati (attorno ai 100 anni) e favorire in generale i potenziamenti delle capacità di smaltimento (con argini e sollevamenti meccanici) in tutte le aree da considerare urbanizzate. In futuro occorrerà procedere nell'opera di adeguamento degli impianti di sollevamento e dei canali, nei soli casi in cui si configurino effettivi rischi idraulici. Per tutti gli altri casi, sarà necessario ricorrere a strategie di protezione passiva dei beni esposti alle alluvioni, che generalmente potranno essere estese ma di entità relativamente modesta e comunque con tempi di ritorno prossimi al trentennale. Il finanziamento di opere di adeguamento del reticolo di bonifica con fondi pubblici è da considerarsi subordinato all'individuazione di effettivi rischi idraulici, individuazione di cui il piano di bacino dà mandato ai Consorzi di bonifica competenti. A tal fine l'Autorità rende disponibile uno studio preliminare di inquadramento che raccoglie i dati disponibili e li organizza in un modello di calcolo di prima

approssimazione. A partire da tale modello i Consorzi potranno avviare in tempi brevi le proprie valutazioni.

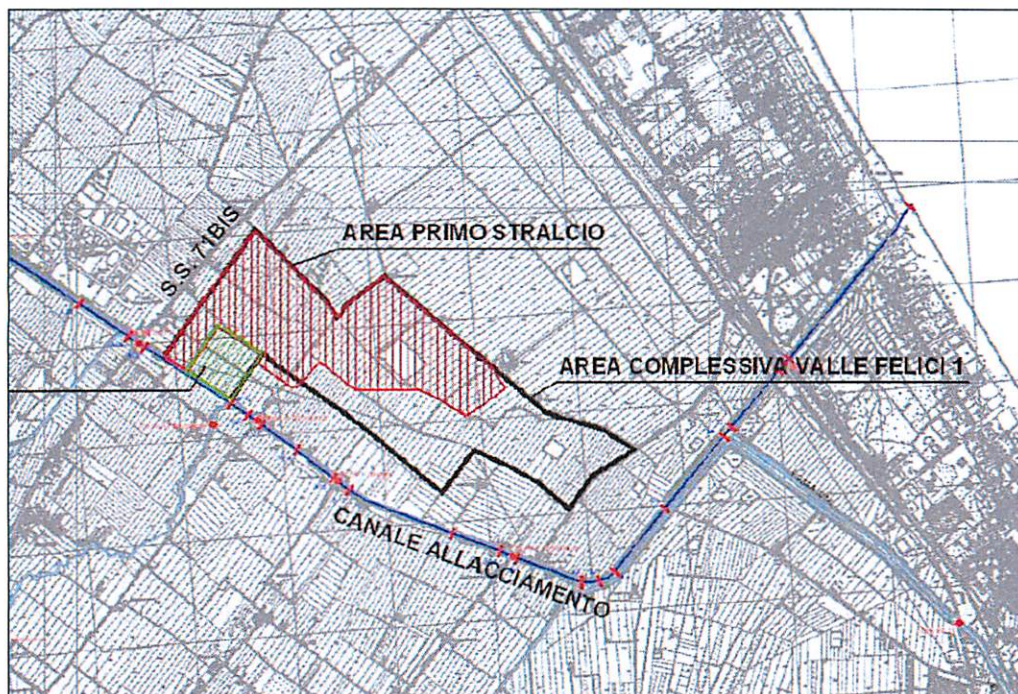
Su fondi di protezione civile è finanziato un primo stralcio di interventi per l'adeguamento del Canale Tagliata, che verrà trasformato in scolmatore di emergenza, cui si dovranno associare aree di espansione (circa 130 ha) nell'entroterra per trattenere le piene in condizioni di deflusso a mare impedito. L'intervento nel complesso suscita forti perplessità nella popolazione, ma è stato riconosciuto come la virtualmente unica strada percorribile per conseguire la sicurezza idraulica della "città della costa" e dell'entroterra nel tratto fra il Fiume Pisciatello e il Fiume Savio.

A seguito della realizzazione degli interventi di messa in sicurezza, è importante ricordare che il territorio costiero compreso fra il Fiume Savio e il Fiume Pisciatello conserva una fragilità intrinseca legata all'assetto idraulico (soprattutto per la presenza di manufatti inofficiosi e della complessiva dipendenza da sistemi di bonifica) e al fenomeno della subsidenza; su entrambi gli aspetti, che concorrono alla configurazione di un "rischio residuo" che non è possibile interamente coprire con gli interventi strutturali, occorre mantenere un'elevata attenzione a tutti i livelli, dalle scelte di pianificazione agli accorgimenti progettuali sui singoli interventi, al monitoraggio e all'analisi delle criticità locali e di sistema. Un atteggiamento di attenzione come quello richiesto viene attuato attraverso gli strumenti normativi, conoscitivi e tecnico-operativi propri della pianificazione di bacino.

#### *Progetto di casse di laminazione – "Valle Felici – primo stralcio"*

Nel senso della diminuzione del rischio idraulico nell'entroterra cervese, ma anche, di conseguenza, nella fascia costiera, è diretto il progetto di primo stralcio delle casse d'espansione "Valle Felici", messo a disposizione del Consorzio di Bonifica della Romagna nel 2011. La cassa di laminazione delle piene, studiata e dimensionata nell'ambito del progetto, fa parte di un complesso di casse di espansione già individuato come uno fra gli interventi più importanti per la messa in sicurezza idraulica del territorio compreso fra la costa e i canali Allacciamento, Vena Madonnina e Mesola del Montaletto, nei comuni di Cesenatico, Cervia e Cesena.





La geometria del complesso delle casse di laminazione, progettata per eventi di piena aventi tempo di ritorno di 200 anni, è stata disegnata in modo da poter entrare in funzione anche in occasione di eventi idrologici intensi, ma non catastrofici, in modo da apportare benefici effetti, in termini di riduzione del rischio idraulico, anche per eventi di piena aventi tempo di ritorno sensibilmente inferiore a quello di riferimento.

Nello specifico, la cassa in progetto per il primo stralcio non consente, da sola, di ottenere l'obiettivo di mitigazione di un evento di piena di 200 anni. Per il suo dimensionamento si è avuto cura di prevedere un'opera quanto più possibile compatibile col quadro di insieme individuato dal precedente studio di fattibilità. Nel dimensionare la geometria dell'opera, si è avuto quale principale riferimento il funzionamento della stessa per un evento di tempo di ritorno 10-ennale. Per definire compiutamente il comportamento idraulico dell'opera, sono stati considerati comunque differenti scenari di funzionamento dell'opera stessa relativi, oltre che all'onda di piena avente tempo di ritorno  $T = 10$  anni, anche alle onde caratterizzate da  $T = 30$  e 200 anni.

Il funzionamento idraulico dell'opera è quello tipico delle casse di espansione poste in derivazione rispetto al corso d'acqua: quando il deflusso in Allacciamento cresce raggiungendo il livello fissato dalla soglia dello sfioratore di alimentazione, una parte del deflusso comincia ad entrare nella cassa, sottraendo in tal modo volumi idrici al canale e garantendo, mediante tale processo di laminazione, la riduzione del colmo dell'onda di piena transitante a valle della cassa. Alla riduzione del colmo di portata si accompagna un abbassamento dei livelli idrici e dunque un generale beneficio per i territori di valle.

La perimetrazione della cassa di laminazione "Valle Felici" – primo stralcio è stata riportata, come da disegno progettuale, nella Tavola QC-B.8 "Rischio idraulico", come elemento di mitigazione del rischio idraulico legato alla dinamica del reticolo idrografico superficiale.

### Progetto di riassetto idraulico ed ambientale del Canale Madonna del Pino

Il Consorzio di Bonifica Savio e Rubicone (ora Consorzio di Bonifica della Romagna) ha commissionato, nel 2007, un progetto di risezionamento, arginatura e riqualificazione ambientale del Canale Madonna del Pino, nell'ambito del "Programma urgente di manutenzione ordinaria e straordinaria delle aste fluviali. Nota del presidente del Consiglio dei Ministri n. 457 del 29/09/2005". Il canale demaniale di bonifica si sviluppa in territorio cervese per una lunghezza complessiva di 2600 m, ha origine presso l'impianto di sollevamento denominato anch'esso "Madonna del Pino" e ha la funzione di convogliare le acque sollevate dalle idrovore dell'impianto verso il Porto Canale di Cervia. Sfocia nel Porto Canale di Cervia in sinistra idraulica, all'altezza di Via Vittorio Veneto. Il manufatto di foce è dotato di paratoia piana telecontrollata che si chiude in occasione forti mareggiate, per evitare il ritorno a monte di acqua di mare che potrebbe causare sia fenomeni di esondazione che di ingressione del cuneo salino. Il canale scorre in buona parte all'interno della pineta e del Parco Naturale di Cervia, per poi addentrarsi all'interno della frazione densamente urbanizzata di Milano Marittima.

La modellizzazione delle portate del canale, per diversi tempi di ritorno, nonché recenti fenomeni di allagamento localizzati, hanno confermato la criticità idraulica del canale stesso che il progetto commissionato dal Consorzio di Bonifica intende mitigare attraverso: il risezionamento e dragaggio dell'alveo inciso, l'innalzamento delle arginature ed il ripristino delle fasce di transito (quest'ultime compromesse, nella loro funzione di mitigazione idraulica e di corridoio ecologico, da interventi antropici). Inoltre, il progetto prevede la realizzazione di una porta vinciana all'immissione nel Porto Canale di Cervia, con il duplice scopo di limitare i fenomeni di intrusione del cuneo salino e di mitigare l'ingressione marina in occasione di mareggiate intense.

#### **B.1.9.2.1      *Manutenzioni***

I principali problemi di tipo manutentivo sono connessi alla gestione della vegetazione negli alvei. Altri aspetti di rilievo sono quelli che riguardano la ripresa di frane di sponda e il mantenimento in efficienza delle opere di consolidamento delle frane, ed in particolare delle opere di drenaggio. La vegetazione in alveo costituisce un pericolo nel caso degli alvei arginati di pianura, ove si configura la possibilità di esondazioni che si manifestano nella forma di dam break con componente dinamica accentuata. Il piano individua le fasce a maggiore pericolosità connesse a tale fenomeno. I tratti critici per la manutenzione degli alvei sono evidenziati dal raffronto fra i volumi che potrebbero esondare in condizioni di vegetazione sviluppata rispetto a quelli in condizioni di buona manutenzione. Per tale stima, si è confrontato il calcolo per tempo di ritorno di 200 anni, fra volume fuoriuscito con scabrezza pari al valore calibrato e volume che fuoriuscirebbe per scabrezza pari a 0.035 m-1/3 s (condizioni di buona manutenzione).

Allo scopo, nell'ambito del completamento delle analisi idrauliche sui fiumi principali (Lamone, Montone, Ronco, Savio) è stato effettuato il calcolo anzidetto e si è pervenuti alla cartografia illustrata nella figura B.1.108. La classificazione dei risultati è avvenuta su base qualitativa, poiché le stime di volume di per se sono poco significative a causa delle ipotesi restrittive adottate. Infatti, si è ipotizzato che gli argini fossero indeformabili (mentre è noto che in caso di sormonto si verifica quasi con certezza una breccia arginale) e che le fuoriuscite di monte non riducessero i volumi di piena a valle. Nonostante queste ipotesi restrittive, il calcolo conserva un valore orientativo e permette di identificare le situazioni più critiche.

Dalla carta si evince che tra i tratti più critici vi sono anche i tratti del Savio a Cannuzzo e a

Castiglione di Cervia: nel secondo tratto è da considerare che la manutenzione si dovrebbe associare al recupero di funzionalità delle pertinenze fluviali di cui si è già evidenziata la funzione di aree di espansione.

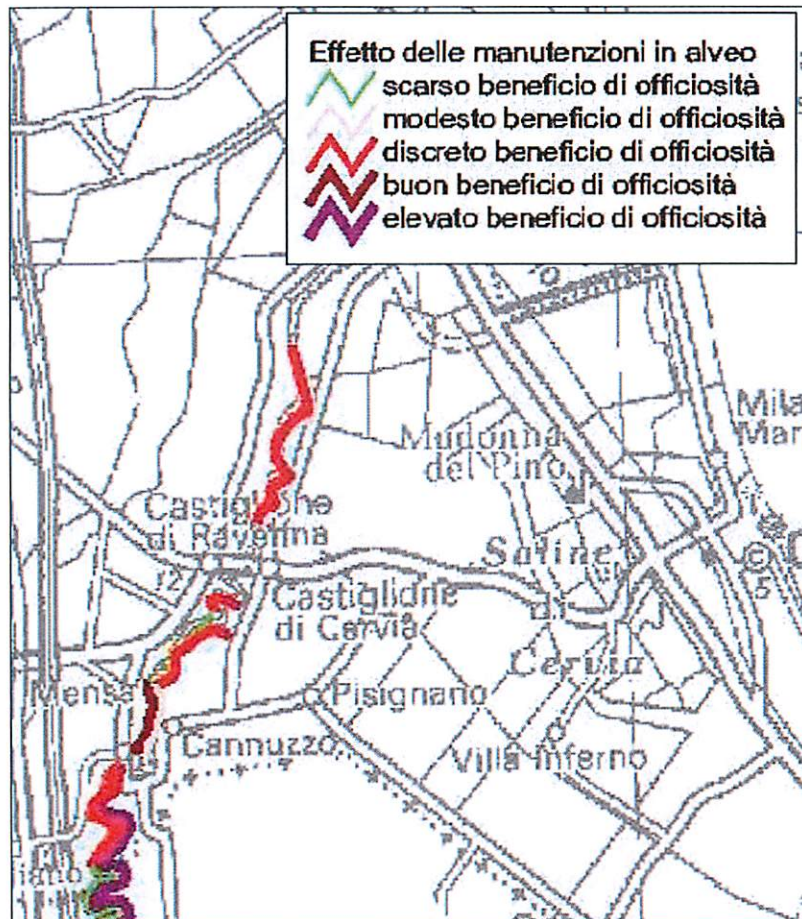


Fig. B.1.108 - Tratti prioritari per la manutenzione della vegetazione in alveo. Da: Piano Stralcio di Bacino per il Rischio Idrogeologico dell’Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli – Variante al Titolo II “Assetto della rete idrografica” approvata nel 2011.

#### B.1.9.2.2 Argini e rischio residuo

Anche a seguito della rimozione del rischio idraulico connesso all’insufficienza di sezioni e volumi di espansione, permane il problema dell’affidabilità delle opere di difesa. Un problema particolare è al proposito rappresentato dagli argini dei corsi d’acqua principali, che per la loro altezza e per l’entità delle piene che li sollecitano potrebbero dar luogo a cedimenti con le conseguenti esondazioni a carattere decisamente catastrofico. L’Autorità di Bacino ha predisposto una specifica campagna geognostica per la caratterizzazione delle arginature. A tale campagna ha potuto seguire un’approfondita analisi modellistica che ha consentito di individuare le fasce di rispetto all’interno delle quali si risente di possibili effetti dinamici della esondazione (forti velocità ed alti livelli dell’acqua sul piano di campagna) che configurano un forte rischio, detto “rischio residuo”.

L'indicazione del piano è quella di evitare nuove previsioni urbanistiche all'interno della fascia di rischio residuo, e di sottoporre le arginature a continuo monitoraggio mediante ispezioni visive allo scopo di rilevare con prontezza problemi connessi a:

- sifonamento per cause idrauliche (filtrazione accelerata dell'acqua);
- sifonamento a causa di tane e scavi dovuti ad animali (nutrie, istrici, tassi...);
- instabilità dei corpi arginali e frane di sponda.

La figura B.1.109 mostra la distribuzione, sui punti di sondaggio o prova geognostica, della combinazione di saturabilità (tempo di semisaturazione, TSS) e fattore di sicurezza rispetto al collasso arginale (FS).

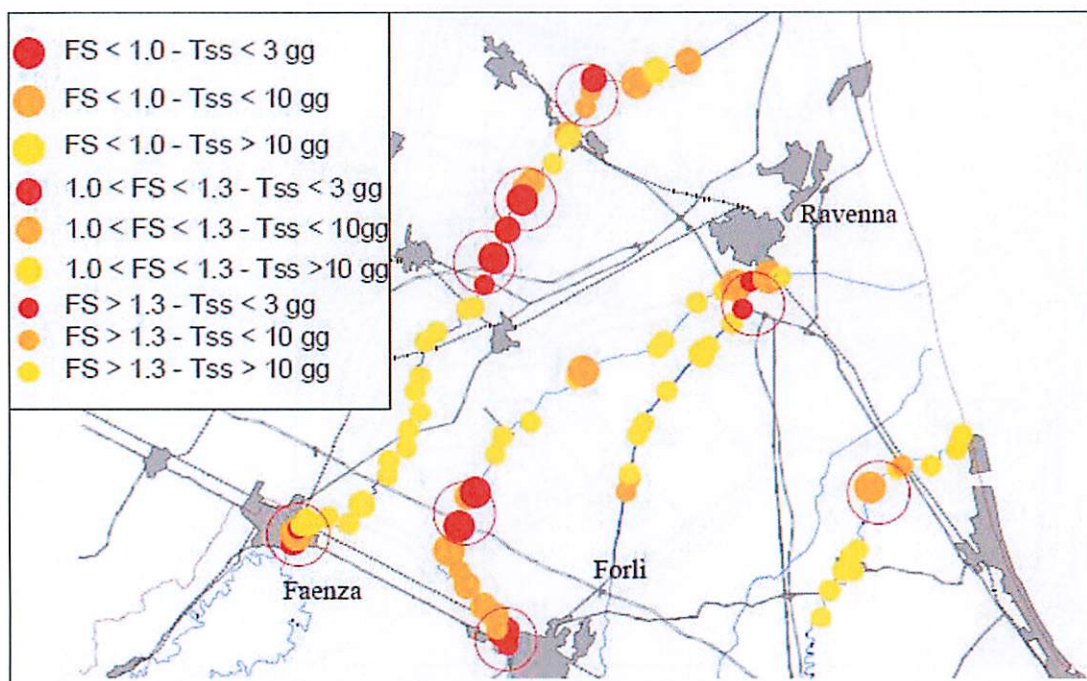


Fig. B.1.109 - Distribuzione, sui punti di sondaggio o prova geognostica, della combinazione di saturabilità (tempo di semisaturazione, TSS) e fattore di sicurezza rispetto al collasso arginale (FS). Da: Piano Stralcio di Bacino per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli – Variante al Titolo II "Assetto della rete idrografica" approvata nel 2011.

Sul tratto del Savio del territorio cervese, il punto più critico appare essere quello in prossimità del drizzagno, con una combinazione di  $FS < 1$  e  $TSS < 10$  giorni. Gli altri punti indagati mostrano un  $FS > 1,3$  e  $TSS > 10$  giorni.

Il rischio di collasso imputabile a meccanismi di instabilità globale corrisponde a condizioni di sollecitazione delle arginature molto gravose. Un indicatore più appropriato, in quanto rappresentativo delle condizioni più ricorrenti che prefigurano possibili rotte arginali, è la velocità di sifonamento di un argine. Tale velocità viene stimata nell'ipotesi che l'argine abbia raggiunto condizioni di saturazione, che è una condizione necessaria per l'innescarsi del fenomeno.

Da analisi numeriche condotte dall'Autorità di bacino in collaborazione con l'Università di Bologna (Brath et al., 2004), è emerso che le velocità di sifonamento, intese come velocità di allargamento di una cavità cilindrica in un materiale erodibile sotto assegnate condizioni idrauliche, sono correlabili in modo molto stretto al gradiente idraulico che governa il flusso nella cavità. Rappresentando il gradiente idraulico  $J$  con la pendenza del rapporto  $DH/L$  fra l'altezza dell'argine rispetto ad una quota di riferimento  $DH$  e la sua larghezza  $L$  a tale quota (generalmente il piano campagna, e comunque il piano di presunta maggiore debolezza), secondo la relazione:

$$v = 157.34 J^{1.868}$$

dove  $v$  è espressa in cm/min di incremento di diametro.

Si deve sottolineare che, mentre l'affidabilità del modello è limitata e richiederebbe ulteriori valutazioni e calibrazioni sperimentali, qualora si volesse pervenire a stime quantitative affidabili della velocità di rottura, tuttavia il modello è utile nello stabilire che un buon indicatore della propensione al sifonamento in caso di saturazione è data da una potenza poco inferiore al quadrato del gradiente idraulico  $J$ , approssimato come detto. Mappando il valore di  $(DH/L)^{1.868}$  per ogni sezione di corpo arginale rilevata sui corsi d'acqua principali, e suddividendo i valori in classi qualitativamente corrispondenti a rischio crescente, si ha un'indicazione di un certo interesse sui rischi di sifonamento in caso di saturazione dell'argine. La figura B.1.110 mostra il risultato ottenuto.



Fig. B.1.110 - Distribuzione qualitativa del rischio di sifonamento. Da: Piano Stralcio di Bacino per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli – Variante al Titolo II "Assetto della rete idrografica" approvata nel 2011.

Dall'analisi si evince che esistono tratti classificabili a rischio di sifonamento piuttosto alto, evidenziati nella precedente figura B.1.109 da cerchi rossi. In tali circostanze è opportuno approfondire il quadro conoscitivo con specifici monitoraggi ed azioni manutentive sui corpi arginali, e subordinare previsioni urbanistiche e la realizzazione di manufatti a verifiche di maggiore dettaglio in ordine agli elementi evidenziati.

A livello generale, si evidenzia l'importanza di sottoporre ad adeguati controlli soprattutto, per il Savio, il tratto di Castiglione di Cervia e di Castiglione di Ravenna e quello a cavallo della SS 16 Adriatica.

#### B.1.9.2.3 *Elenco dettagliato delle criticità idrauliche rilevate per il Fiume Savio*

Si riportano sotto le criticità idrauliche inerenti il Fiume Savio in riferimento alla definizione di "rischio" idraulico che contempla oltre alla probabilità di accadimento dell'evento di piena anche la vulnerabilità ed il valore esposto "esterno" al fiume. Tali criticità conseguono agli studi idraulici intrapresi dall'AdB Fiumi Romagnoli e dall'STB in seguito ai rilievi generali dei corsi d'acqua romagnoli (1998-2002).

Per i tratti di monte si specificano le portate di riferimento (Q30, Q200) che mandano in crisi il tratto o ponte in oggetto. Per i tratti di valle (arginati) si indicano le officiosità massime e i ponti più stretti, senza entrare nel merito dei tempi di ritorno, perché per avere le portate di riferimento occorre definire le laminazioni a monte. Si riportano le criticità delle aste fluviali, allo stato attuale, in ordine da sud verso nord e da valle verso monte. Le criticità sottolineate sono quelle di maggiore rischio idraulico (probabilità evento x valore esposto).

- Tratto arginato in loc. Bottega della Guarniera (Q200) – sx e dx idr.;
- Tratto arginato in loc. C.Righini – C.Fantini (Q30) – sx e dx idr.;
- Chiusa di Castiglione di Cervia (Q200);
- Abitato Castiglione di Cervia(Q30) con ponti (passerella e SP);
- Argine sx in loc. Barberina-Armaia (Q200);
- Argini in loc. Fornace Pedrali (Q30);
- Edifici loc. Matellica (Q200) – dx idr.

#### ***B.1.9.3 Aree storicamente allagate***

Nella carta del rischio idraulico sono state cartografate anche le aree interessate da alluvionamenti nel passato. In particolare quelle legate alle alluvioni del 1961 e del 1966, così come cartografate già nella Variante generale al P.R.G. del Comune di Cervia del 1994, a sua volta derivate dal Servizio Idrografico e pubblicate negli Annali Idrologici. Inoltre, il Consorzio di Bonifica della Romagna ha messo a disposizione, per questo studio, la perimetrazione delle aree allagate in occasione degli eventi alluvionali degli anni: 1996, 1997, 1999 e 2005. Questo perché, proprio perché testimoni del rischio idraulico passato, le aree allagate possano rappresentare un riferimento spaziale importante anche per la gestione del rischio idraulico futuro. Sono i tratti del Fiume Savio prossimi a Matellica e a Castiglione di Cervia quelle dove nel 1961, in seguito a rotta arginale e successive tracimazioni, si sono originati gli alluvionamenti che hanno portato all'inondazione di ampie aree in direzione ESE, arrivando, a luoghi, a lambire il margine sud-orientale delle Saline. Le aree inondate meno estese sono riferibili agli eventi del 1966 (tracimazioni) e corrispondono alla zona di Savio e di Cannuzzo. Gli eventi più recenti, relativi agli anni Novanta e 2005, mostrano una particolare criticità, con alta probabilità di accadimento, riferibile a diversi tratti del Canale Allacciamento; nel tempo, si nota una sensibile riduzione delle aree allagate.

#### ***B.1.9.4 La morfologia del territorio: fattori di criticità e pericolo***

Le aree morfologicamente depresse a deflusso idrico difficoltoso e le aree contraddistinte da quote al di sotto del livello del mare, già evidenziate nel capitolo sulla geomorfologia, rappresentano le caratteristiche morfologiche del territorio cervese che più di altre possono determinare situazioni di criticità e pericolo dal punto di vista idraulico. In entrambi i casi si tratta di aree riconoscibili per le minori quote possedute rispetto alle aree circostanti e, in particolare, le prime sono contraddistinte da morfologia chiusa a catino, mentre le seconde da quote altimetriche ribassate rispetto al livello del mare. Esse rappresentano le aree di maggior rischio idraulico, non solo in caso di esondazione, ma anche nel caso di eventi pluviometrici di eccezionale durata e/o intensità, che possono mettere in crisi la rete

scolante o produrre ristagni di acqua, specialmente laddove siano favoriti anche dalla scarsa permeabilità della litologia di superficie; all'interno di tali aree infatti, l'acqua tenderebbe a ristagnare, se non allontanata dai canali di bonifica.

Oltre a parte dell'area della salina di Cervia, le aree morfologicamente depresse si concentrano principalmente nella zona settentrionale del territorio comunale.

Le aree con quote inferiori al livello del mare o di poco superiori allo stesso, contraddistinguono invece in maniera diffusa tutta la fascia retrostante l'antica linea di costa flandriana; si tratta di aree storicamente occupate dalle valli e paludi nelle quali hanno avuto origine le saline naturali.

In alcuni casi, aree depresse e quote inferiori al livello del mare coincidono arealmente, creando la situazione morfologica in assoluto meno favorevole allo smaltimenti naturale delle acque di ruscellamento superficiali.

Sebbene non legata strettamente alla morfologia, la subsidenza agisce peggiorando situazioni morfologiche già sfavorevoli come quelle appena citate. Se si osserva, infatti, la carta dei trend evolutivi della subsidenza, nel capitolo ad essi dedicato, si può notare come le aree a tasso di subsidenza maggiore coincidano proprio con quelle già depresse e/o al di sotto del livello del mare nelle porzioni settentrionali e sud-orientali del territorio. Questo porta a credere che ancor più queste aree, in futuro, possano determinare criticità idrauliche ancora più serie e da analizzare nel dettaglio.

### **B.1.10 Valutazione delle criticità e delle emergenze geologico-ambientali**

L'analisi complessiva del sistema ambientale suolo, sottosuolo e acque ha avuto, quale risultato conclusivo, l'individuazione degli elementi di criticità e peculiarità del territorio comunale, che si è valutato definiscano, seppur con diversi gradi, limiti e condizioni alla trasformazione del territorio (figura B.1.111).

A tal fine è stata elaborata la carta delle "Emergenze, criticità, limiti e condizioni alla trasformazione" (Tavola QC-B.13), nella quale sono stati individuati gli elementi di criticità e di emergenza, distinti a seconda che definiscano fattori escludenti la trasformazione o semplicemente fattori che condizionano e/o limitano la trasformazione del territorio.

Con riferimento all'elaborato prodotto sono stati individuati:

1) Elementi che escludono la trasformazione del territorio:

Aste dei corsi d'acqua principali;

Reticolo idrografico minore;

Aree morfologicamente depresse e al di sotto del livello del mare;

Aree morfologicamente depresse.

2) Elementi che condizionano e/o limitano la trasformazione del territorio:

Aree al di sotto del livello del mare, ovvero aree idraulicamente sfavorite per il naturale deflusso delle acque.

Aree caratterizzate da terreni con resistenza meccanica del II° strato (4-7 m) e III° strato (7-10 m) inferiori a quelle del I° strato (1-4 m), ovvero aree sulle quali sono necessarie in



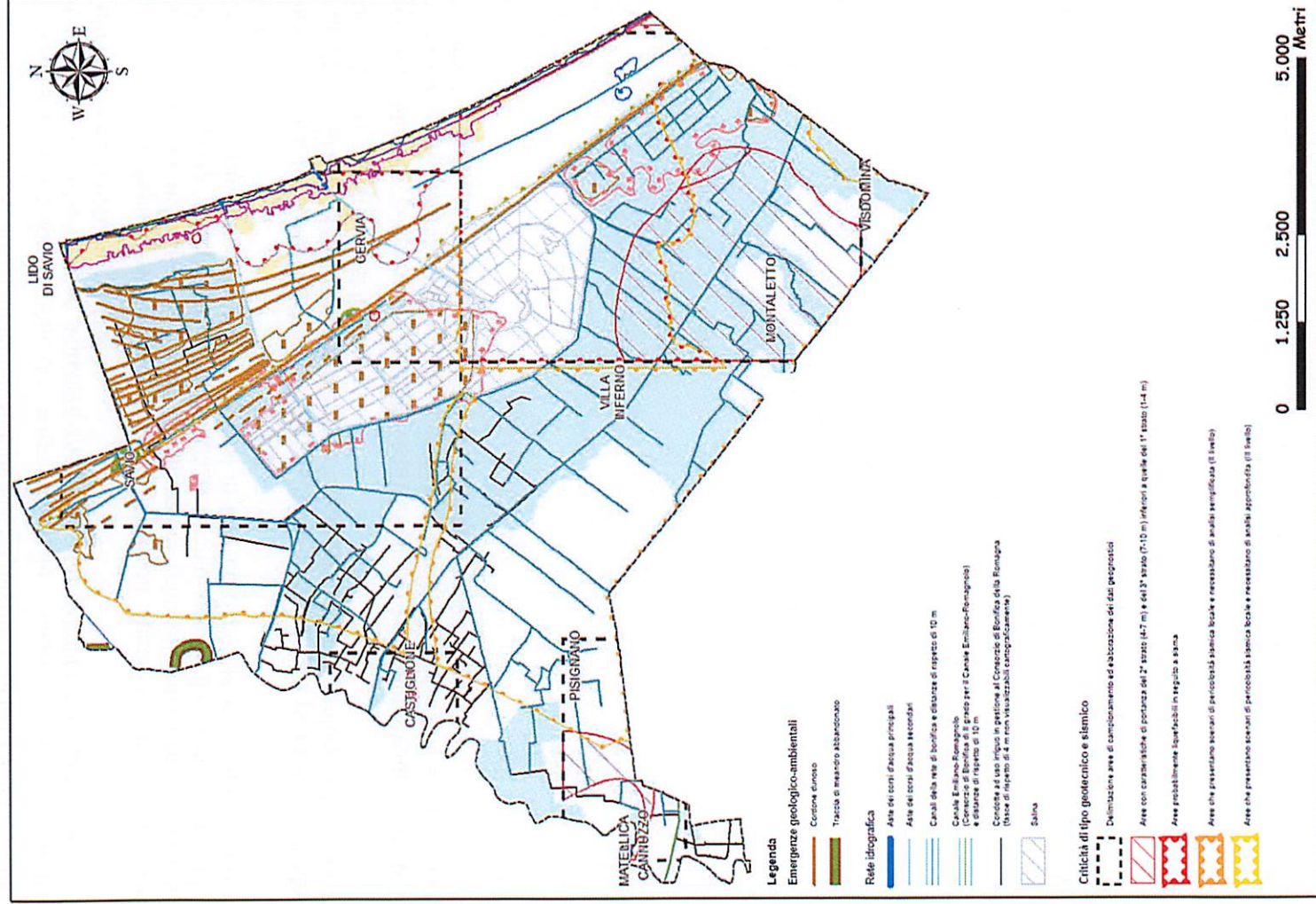
fase attuativa maggiori approfondimenti diagnostici ed attente valutazioni dei cedimenti.

Aree caratterizzate da liquefazione dei terreni probabile in caso di sisma, ovvero aree sulle quali sono necessarie in fase attuativa maggiori approfondimenti diagnostici e verifica dell'effettiva occorrenza del fenomeno.

Saline, ove il particolare ambiente naturale, ormai da secoli modificato dall'uomo per l'industria del sale, necessita di particolari attenzioni volte al mantenimento di una buona qualità delle acque superficiali, in parte già a rischio per la fitta rete di strade che le attraversano, e degli habitat naturali creatisi in loro corrispondenza e nelle aree palustri limitrofe.

Cordoni dunosi e tracce di meandri abbandonati, testimoni di una paleo-geomorfologia, da salvaguardare ai fini sia della conservazione delle testimonianze geologiche, sia della tutela idraulica ed idrogeologica del territorio.

Aree potenzialmente critiche, dal punto di vista idraulico, perché interessate, in passato, da processi fluviali e marini: sono le aree interessate da inondazioni fluviali e marine, punti preferenziali di ingressione marina e tratti di costa in maggiore erosione.



Aree potenzialmente critiche, dal punto di vista idraulico, perché interessate, in passato, da inondazioni fluviali e da ingressioni marine


 Aree di inondazione fluviale


 Area di esondazione marina


 Punti di ingresso marina

 Zona di litorale soggetta ad erosione

Aree potenzialmente critiche, dal punto di vista dell'ingresso marina, in base all'applicazione di modelli di calcolo sperimentali

 Dalla linea di riva alla linea blu: area di possibile ingresso marina - causata da un innalzamento del livello del mare con tempo di ritorno pari a 1 anno

 Dalla linea di riva alla linea viola: area di possibile ingresso marina - causata da un innalzamento del livello del mare con tempo di ritorno pari a 10 anni

 Dalla linea di riva alla linea fucsia: area di possibile ingresso marina - causata da un innalzamento del livello del mare con tempo di ritorno pari a 100 anni

Aree potenzialmente critiche, dal punto di vista idraulico, per morfologia

 Aree morfologicamente depresse

 Aree morfologicamente depresse come conseguenza delle urbanizzazioni al contorno

 Aree al di sotto del livello del mare

 Aree al di sotto del livello del mare, comprese in contesti già antropizzati

Aree potenzialmente critiche, dal punto di vista idraulico, relativamente al contrasto dell'intrusione salina

 Zona di protezione delle acque sotterranee in ambito costiero (Art. 5.7 PTCP var PTA - 2011)

Fig. B.1.111 - Carta, su base topografica semplificata, delle emergenze, criticità, limiti e condizioni alle trasformazioni del territorio cervese.

Nella cartografia elaborata, sopra riportata, non sono stati indicati i limiti e vincoli alle trasformazioni derivanti da strumenti sovraordinati, per i quali si rimanda al capitolo relativo, ad esclusione del reticolo idrografico.

L'analisi geologica e geomorfologica del territorio di Cervia ha quindi permesso l'individuazione di alcuni elementi e forme di particolare rilevanza o interesse ai fini della conservazione delle testimonianze geologiche, della tutela idraulica ed idrogeologica del territorio, nonché degli insediamenti esistenti e futuri.

Sotto il profilo geomorfologico, gli elementi di particolare rilevanza ai fini della conservazione delle testimonianze geologiche, oltre che della tutela idraulica ed idrogeologica del territorio sono:

- i meandri abbandonati e i cordoni dunosi recenti e relitti,
- le aree depresse e quelle al di sotto del livello del mare.

In tutti i casi si tratta di forme che, per quanto poco appariscenti, rappresentano comunque importanti testimonianze della storia geologica e del paesaggio, oltre che elementi di controllo di componenti ambientali, in stretta correlazione con le attività antropiche.

I meandri abbandonati sono le tracce residue dell'antico tracciato fluviale del Fiume Savio, rimaste in seguito alla creazione dei drizzagni in epoca storica per scongiurare le frequenti rotture d'argine e tracimazioni che, proprio nel punto di maggior curvatura dei meandri,

tendono a concentrarsi. Spesso ricchi di materiale limo-argilloso e limo-sabbioso, i meandri abbandonati divengono sede di ambienti palustri ove proliferano una vegetazione ed una fauna particolare. Gli interventi programmabili dovranno essere rispettosi delle "forme", evitandone una completa alterazione sia percettiva che funzionale, nonché degli habitat naturali che vi si sono innestati; in questo senso, preservarne forma e condizioni ambientali naturali può rafforzare il contributo qualitativo e quantitativo di tali elementi all'efficienza della rete ecologica locale e regionale.

I cordoni dunosi sono dossi stretti ed allungati, generalmente costituiti da sabbie pulite accumulate dall'azione del mare e dal vento e per questo potenzialmente sede di acquiferi seppur limitati in estensione verticale, ma comunque in connessione con i sottostanti depositi sabbiosi di spiaggia. La loro forma allungata e rilevata e il loro ripetersi in sequenza parallela procedendo dalla Salina verso l'attuale linea di costa conferisce loro anche un'importanza idraulica, costituendo, di fatto, una barriera naturale alla diffusione delle acque di alluvionamento fluviale e marino mediante una sorta di "compartimentazione" del territorio. Sebbene in gran parte sepolti da sedimenti più recenti, gli interventi programmabili dovranno rispettare l'integrità lineare ed altimetrica delle porzioni maggiormente rilevate rispetto alla topografia circostante.

Per quanto riguarda le aree depresse e quelle al di sotto del livello del mare, individuate mediante l'elaborazione modellizzata delle quote del terreno naturale, esse sono aree particolarmente sensibili ai fini idraulici, in cui, non solo eventi alluvionali, ma anche eventi meteorici intensi possono generare difficoltà di drenaggio superficiale, con conseguenti ristagni d'acqua. Particolare attenzione dovrà essere posta alle aree morfologicamente depresse e contemporaneamente al di sotto del livello del mare (ma anche alle sole aree depresse), all'interno delle quali è preferibile evitare l'edificazione.

Dette aree sono infatti particolarmente sensibili da un punto di vista idraulico ed una loro, benché parziale, modificazione, potrebbe generare scompensi per le aree poste a monte. È per tale motivo che, nelle aree morfologicamente depresse, si ritiene necessario non edificare in modo diffuso per evitare di costituire barriere morfologiche/idrauliche per le aree poste a monte e garantire la continuità di scolo delle acque superficiali; se singoli interventi edilizi potrebbero infatti essere ammessi, previo recupero di quote compatibili con la sicurezza idraulica, interventi estesi potrebbero peggiorare, amplificandole, le condizioni di criticità idraulica delle zone poste a monte. In linea generale, in tali aree dovrà essere fortemente limitata la realizzazione di vani interrati e seminterrati, il piano di calpestio del piano terreno dovrà essere impostato ad una quota superiore al tirante idrico di riferimento e dovranno essere previsti gli accorgimenti atti a limitare od annullare gli effetti prodotti da allagamenti nelle reti tecnologiche ed impiantistiche.

Anche le infrastrutture lineari di superficie, nel caso dovessero interferire con tali strutture morfologiche, specie se trasversali alla direzione di scolo, dovranno prevedere accorgimenti diretti a mantenere la continuità idraulica, di per sé già carente in tali aree.

Caso particolare è rappresentato dall'area depressa, ma con quote superiori al livello del mare, individuata a sud di Pinarella. Detta area, in realtà suddivisa in due porzioni da via Pinarella, di fatto si presenta come area morfologicamente depressa in quanto racchiusa entro aree già urbanizzate e che per tale motivo possiedono quote leggermente superiori. Le aree sono infatti delimitate dall'urbanizzato prossimo alla costa ad est, dalla ferrovia ad ovest da aree edificate ed urbanizzate in modo discontinuo a sud e a nord, nonché separate da via Pinarella con gli edifici ad essa addossati.

In sintesi l'area risulta morfologicamente depressa in quanto: raccolta entro aree urbanizzate sulle quali l'azione antropica ha alterato le quote naturali, innalzandole, oppure

reliquata di un'area morfologicamente depressa più vasta ormai quasi completamente innalzata artificialmente. Quale che sia l'origine della depressione relativa che caratterizza l'area in questione, la stessa è comunque compatibile con una sua trasformazione urbanistica, prevedendo ovviamente un adeguato recupero di quote al pari delle aree circostanti.

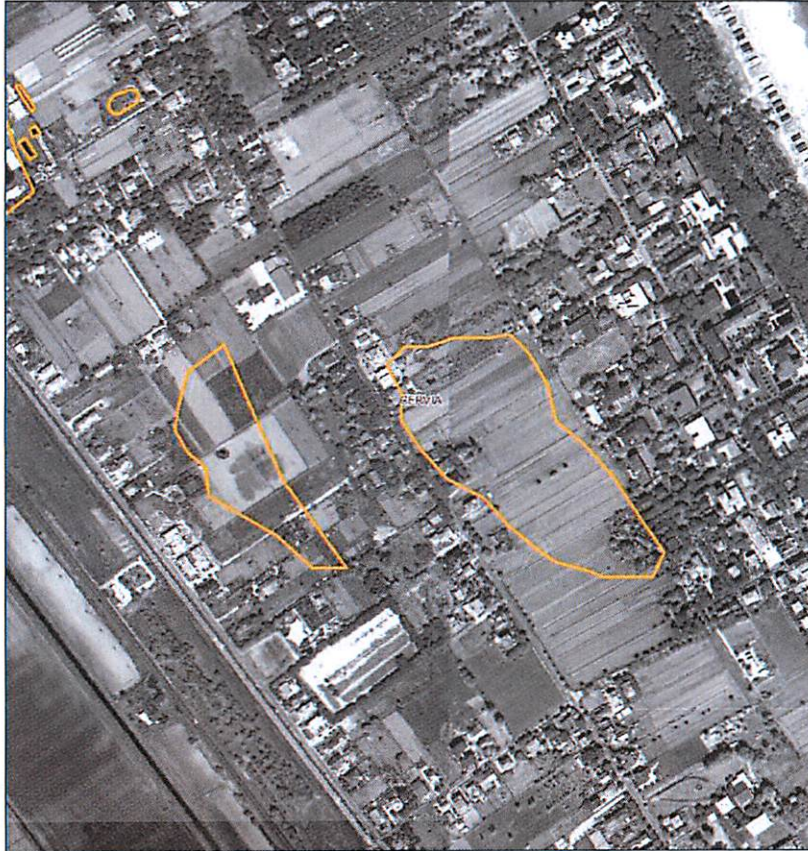


Fig. B.1.112 - Individuazione su Ortofoto delle aree morfologicamente depresse di Pinarella.

Nelle aree al di sotto del livello del mare, si ritengono ammissibili trasformazioni del territorio, anche se, con particolare riferimento a eventuali rilevanti nuovi insediamenti, dovranno essere individuati gli accorgimenti tecnici da adottare sia per ridurre l'effetto della impermeabilizzazione delle superfici nei confronti dell'incremento dei tempi di corrivazione dei deflussi idrici superficiali, sia per mantenere una ottimale capacità di smaltimento del reticolo di scolo sia principale che minore.

Sotto il profilo litotecnico e sismico, gli elementi rilevati ai fini della riduzione dei rischi connessi con le trasformazioni del territorio, sono riconducibili a:

- terreni con caratteristiche meccaniche scadenti,
- aree a diversi scenari di pericolosità sismica locale.

L'elaborazione delle caratteristiche meccaniche dei terreni, resa possibile grazie al

reperimento, presso gli uffici tecnici comunali, di un numero consistente di indagini geognostiche (205 prove penetrometriche), ha consentito di evidenziare come non esistano aree caratterizzate dalla presenza di terreni con valori di resistenza meccanica scarsa ( $R_p < 8 \text{ Kg/cm}^2$ ) entro il primo strato, ossia entro i primi 1-4 m di profondità, considerata come la profondità normalmente interessata dalle strutture fondali della maggior parte degli interventi edilizi.

Parallelamente a questa elaborazione del primo strato (1-4 m di profondità) si sono aggiunte elaborazioni riguardanti le porzioni di terreno sottostanti (4-7 m e 7-10 m di profondità); il confronto tra i risultati ottenuti dalle elaborazioni ha permesso di individuare quelle aree in cui vi sono terreni sottostanti al primo strato con caratteristiche meccaniche peggiori a quelli sovrastanti. In tali aree non potranno pertanto essere considerate solamente le caratteristiche dei livelli direttamente interessati dalle strutture fondali degli interventi, bensì anche i termini più profondi all'interno dei quali si propagano comunque i bulbi di pressione e che possono fornire contributi importanti ai cedimenti complessivi del terreno. Per tali aree sarà necessario maggiore attenzione e maggiori approfondimenti diagnostici nelle fasi operative della pianificazione.

Coerentemente con quanto stabilito dall'Atto d'indirizzo ed ordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c.1, della L.R. 20/2 per "Indirizzi per studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" n. 112 del 2 maggio 2007, si è provveduto ad effettuare un'analisi sismica di primo e secondo livello diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, individuando, come **effetti di sito**:

- aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a possibili cedimenti - le aree di cui al presente punto prevedono studi per la valutazione del coefficiente litologico e dei cedimenti post-sismici attesi, nonché approfondimenti di II livello. Tali aree coincidono con la porzione centrale del territorio comunale, complementare a quella di cui al punto successivo;
- aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione e cedimenti - le aree di cui al presente punto prevedono studi per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione, dei cedimenti post-sismici attesi ed approfondimenti di III livello. Tali aree coincidono con i dossi fluviali, il litorale e i cordoni dunosi;

Quale ulteriore approfondimento circa la presenza di terreni liquefacibili, è stata eseguita una valutazione territoriale sulla base dei dati acquisiti dalle indagini geognostiche reperite presso l'Ufficio tecnico comunale.

L'analisi delle prove penetrometriche così reperite ha permesso di discriminare il territorio indagato sulla base della presenza di terreni a diverso coefficiente di liquefazione.

L'elaborazione dei dati è stata eseguita utilizzando il Metodo di Robertson e Wride 1997 – C.N.R. – GNDT – coefficiente di sicurezza relativo alle varie zone sismiche I-I-III-IV cat. Nel caso in esame è stata eseguita la verifica a liquefazione facendo riferimento all'Accelerazione sismica massima ( $g$ )=0,25 prevista per la zona 2, nonché ad una magnitudo attesa di 5,7 mcs.

La liquefazione è in relazione al coefficiente di sicurezza nel seguente modo:

$F_s \geq 1,25$  LIQUEFAZIONE ASSENTE

$1,0 < F_s < 1,25$  LIQUEFAZIONE POSSIBILE

$F_s < 1$  LIQUEFAZIONE PROBABILE

Si è ritenuto di considerare a rischio solo quelle aree che presentano un coefficiente di sicurezza inferiore a 1, ovvero le aree dove la liquefazione è probabile. L'analisi del territorio, con riferimento a questo aspetto, si è limitata alle sole aree sulle quali si era in possesso di dati geognostici; pertanto le considerazioni sviluppate sono riferite alle sole aree indagate. Va anche aggiunto che l'indagine svolta è puramente ricognitiva e che livelli successivi di pianificazione o intervento dovranno verificare in modo più specifico quanto qui riportato. In tali aree le trasformazioni del territorio dovranno prevedere l'esecuzione di indagini approfondite per verificare quanto in questa sede ipotizzato e, se confermato, definire l'esatta probabilità di liquefazione dei terreni per procedere ad una corretta progettazione degli interventi al fine di ridurre il rischio sismico.

Sotto il profilo idraulico sono invece state riconosciute attraverso dati storici, oltre a quelle già descritte in precedenza (vedi aree morfologicamente depresse), le aree maggiormente a rischio, relativamente all'occorrenza di fenomeni di pericolosità fluviale o marina.

Oltre alla cartografia dello PSAI dell'Autorità di Bacino Regionale dei Fiumi Romagnoli, in cui è riportata la perimetrazione delle aree interessate da rischio idraulico (con relativo apparato normativo che il PSC dovrà recepire), la cartografia delle aree potenzialmente critiche, dal punto di vista idraulico, poiché interessate, in passato, da processi fluviali e marini, ha permesso di identificare le aree ed i punti che nel passato si sono dimostrati più critici rispetto alle inondazioni fluviali e marine ed all'erosione della costa. Pertanto, tali aree possono essere considerate come maggiormente soggette al ripetersi di tali processi, anche se con magnitudo ed estensioni che possono essere differenti, ma verso le quali, in ogni caso, devono essere indirizzati studi maggiormente approfonditi nelle fasi operative di pianificazione.

Nella cartografia allegata a questa relazione si è scelto di riportare anche i risultati delle più recenti modellizzazioni riguardanti i pericoli di ingressione marina, effettuate dal servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, quale elemento conoscitivo importante per la futura pianificazione ed alle quali, entro il 2013, dovrebbe essere associata una normativa regionale con ricadute sulla pianificazione stessa. E' possibile che, da qui al momento dell'approvazione della normativa regionale, i risultati possano essere modificati rispetto alla rappresentazione cartografica che ne viene data in questo Quadro Conoscitivo. In attesa di quello che la futura normativa regionale prevedrà, nelle aree a rischio idraulico della fascia costiera il PSC dovrà dare, in particolare, indicazioni in merito alla possibilità (ed alla modalità) di realizzare vani interrati e semi-interrati, nonché alle quote al suolo che i manufatti dovranno avere in relazione ai tiranti idrici di riferimento.

### **B.1.11 Vincoli e tutele esistenti**

Nel presente capitolo vengono analizzati i vincoli e le tutele di natura geologico-ambientale, derivanti da Piani di tutela sovraordinati e/o da disposizioni di legge; tali vincoli e tutele sono stati restituiti cartograficamente, nella figura B.1.113).

Il presente capitolo vuole quindi essere un raccogliitore sintetico e quanto più possibilmente aggiornato, dei vincoli di natura geologico-ambientale che regolano lo sviluppo e le trasformazioni del territorio, da cui nessun strumento di pianificazione comunale può prescindere. Per la rappresentazione cartografica a scala 1:15.000, si rimanda agli elaborati di PSC.

#### ***B.1.11.1 Vincoli derivanti da PSAI Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli – Variante***

***al Titolo II "Assetto della rete idrografica", approvata nel 2011.***

Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art. 3.18 PTCP) (vedi Art. 2 ter Variante Rete Idrografica PSAI Bacini Romagnoli a seguire): sono previste solo opere difesa idraulica; risanamento di edifici storici; limitate escavazioni di materiali litoidi ecc. Il vincolo, che interessa tutto il tratto d'alveo del fiume Savio, è stato valutato escludente per le previsioni insediative, sia residenziali che produttive. La Variante alla Rete Idrografica dell'Autorità di Bacino dei Bacini Romagnoli (del 2011) ha operato una nuova e più precisa individuazione delle aree da considerarsi "alveo", pertanto, le prescrizioni del presente articolo si applicano a tale individuazione (vedi sotto).

Alveo (Art. 2 ter Variante Rete Idrografica PSAI Bacini Romagnoli): per questo elemento valgono le prescrizioni del precedentemente citato Art. 18 del PTCP – La Variante adottata apporta alle perimetrazioni della Provincia gli aggiustamenti cartografici derivanti dall'aggiornamento delle basi topografiche disponibili e delle modifiche morfologiche occorse.

Aree ad elevata probabilità di esondazione (Art. 3 Variante Rete Idrografica PSAI Bacini Romagnoli): la normativa della Variante adottata identifica tali aree come quelle per cui si riconosce la possibilità di espansione del corso d'acqua in corrispondenza di piene con tempo di ritorno non superiore a 30 anni, valutato convenzionalmente con le procedure di analisi adottate dall'Autorità di Bacino. In esse non sono prevedibili nuove costruzioni. L'elemento, che interessa il tratto del Fiume Savio nell'angolo sud-occidentale del territorio comunale, è stato valutato escludente per le previsioni insediative, sia residenziali che produttive.

Aree a moderata probabilità di esondazione (Art. 4 Variante Rete Idrografica PSAI Bacini Romagnoli): l'uso delle aree a moderata probabilità di inondazione andrà regolamentato in sede di revisione degli Strumenti Urbanistici dai Comuni tenendo conto, compatibilmente con la presenza di centri abitati, di salvaguardare ed eventualmente ampliare le aree di naturale espansione. Sono inoltre previsti accorgimenti tecnico-costruttivi. L'elemento, che interessa il tratto del Fiume Savio nell'angolo sud-occidentale del territorio comunale, è stato valutato fortemente condizionante per le previsioni insediative, sia residenziali che produttive.

Aree di potenziale allagamento (Art. 6 Variante Rete Idrografica PSAI Bacini Romagnoli): in tali aree, al fine di ridurre il rischio, la realizzazione di nuovi manufatti edilizi, opere infrastrutturali, reti tecnologiche, impiantistiche e di trasporto di energia sono subordinate all'adozione di misure in termini di protezione dall'evento e/o di riduzione della vulnerabilità. I Comuni il cui territorio ricade in tali aree provvedono a definire e ad applicare tali misure in sede di revisione degli strumenti urbanistici comunali vigenti, e nel caso di adozione di nuove varianti agli stessi. L'elemento, che interessa quasi tutto il territorio comunale, è stato valutato lievemente condizionante per le previsioni insediative, sia residenziali che produttive.

Distanze di rispetto dai corpi arginali (Art 10 Variante Rete Idrografica PSAI Bacini Romagnoli): I Comuni del territorio di pianura attraversato da corpi idrici arginati, in sede di revisione dei propri strumenti urbanistici, devono localizzare le previsioni insediative ad una distanza minima dal piede esterno delle arginature dei corsi d'acqua principali di pianura, come definiti nell'art. 2, tale per cui risultino esterni alla zona di rischio per effetto dinamico del crollo arginale. Per una distanza dal piede esterno degli argini dei corsi d'acqua principali di pianura, come definiti nell'art. 2, pari a metri 30, è comunque vietata ogni nuova costruzione. Tale elemento, che interessa l'intero tratto comunale del Fiume Savio, è stato valutato escludente per le previsioni insediative, sia residenziali che produttive.



Se entro la fascia di 30 m dal piede arginale, è assolutamente vietata la costruzione, tra 30 m e 300 m (distanza alla quale terminano le disposizioni di questo articolo), ancorché l'edificazione sia vietata, eventuali deroghe potranno essere concesse in sede di approvazione del Piano Strutturale Comunale e sono subordinate alla verifica delle arginature secondo modalità da concordare di concerto fra il Comune e l'Autorità idraulica competente.

#### ***B.1.11.2 Vincoli legislativi***

Fiumi, torrenti e corsi d'acqua (D.Lgs. 42/2004, art. 142 comm 1 lett c): si intendono i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna. In tali aree non sono previste nuove costruzioni. Tale elemento, che interessa l'intero tratto comunale del Fiume Savio, il tratto del Canale Allacciamento che va dall'incrocio con la SS 71 bis al confine sud-orientale del Comune e lo Scolo Mesola del Montaletto, è stato valutato mediamente condizionante per le previsioni insediative, sia residenziali che produttive.

Reticolo idrografico minore: lungo le reti di scolo di bonifica esiste un vincolo di inedificabilità da applicare per una fascia di larghezza pari a 10 metri esterna a ogni sponda o piede dell'argine e un vincolo che prevede una fascia della larghezza di 5 metri esterna a ogni sponda o dal piede dell'argine, al fine di consentire interventi di manutenzione con mezzi meccanici, di mantenere comunque libera da ogni elemento che ostacoli il passaggio. L'elemento, all'interno di tali aree, è stato valutato escludente per le previsioni insediative, sia residenziali che produttive.

#### ***B.1.11.3 Vincoli da PTCP della Provincia di Ravenna, Approvato con D.C.P nr. 9 del 28/02/2006***

Sistema costiero (Art. 3.12 PTCP): è l'insieme delle aree, naturali o interessate da interventi antropici, collocate ad est della prima linea di costa documentabile in epoca storica. In esse deve essere perseguita la conservazione della conformazione naturale dei territori meno interessati da processi insediativi antropici, mentre in quelli più interessati da tali processi deve essere promossa e favorita, anche mediante interventi di sperimentazione, la ricostituzione di elementi di naturalità; i nuovi manufatti edilizi ad uso residenziale, turistico-ricettivo e di servizio, eventualmente necessari in aggiunta a quelli esistenti, ove sia dimostrata la indispensabilità della loro localizzazione all'interno degli ambiti territoriali di cui al presente articolo, devono essere localizzati prioritariamente in aree già urbanizzate. L'elemento, comprendente l'intera fascia costiera e l'area occupata dalle saline, è stato valutato mediamente condizionante per le previsioni insediative, sia residenziali che produttive.

Zone di riqualificazione della costa e dell'arenile (Art- 3.13 PTCP): la nuova edificazione è ammessa solo nelle porzioni più arretrate delle aree connesse all'arenile ed esclusivamente come trasferimento di volumi da aree incongrue rappresentate dalla zona ricompresa tra la battigia e la prima strada ad essa parallela e dai varchi a mare; nelle zone di cui al presente articolo non devono essere previsti nuovi complessi turistici all'aperto. L'elemento, comprendente tutta la fascia costiera per un'estensione di circa 150 m dalla linea di riva, è stato valutato escludente per le previsioni insediative, sia residenziali che produttive.

Zone urbanizzate in ambito costiero (Art. 3.14 PTCP): sono le zone urbanizzate in ambito

costiero caratterizzate da un'elevata densità edificatoria con prevalenza di strutture non connesse alla residenza stabile e da un'insufficiente dotazione di standard urbani collegabili alle attività di fruizione turistica. La norma prevede la riduzione della occupazione delle aree; la valorizzazione delle aree libere residue come elementi strategici per la qualificazione del tessuto edificato esistente e per un globale miglioramento della qualità urbana; l'incentivo all'accorpamento degli edifici a destinazione ricettiva - turistica; nelle aree libere intercluse ricadenti nelle zone urbanizzate in ambito costiero aventi carattere di continuità con superficie superiore a 8.000 mq consente interventi di nuova edificazione comprensivi di eventuali quote derivanti da operazioni di trasferimenti di volumi ricadenti in aree incongrue di cui all' Art.13 o in altre aree. L'elemento, che occupa una fascia di circa 300 m della zona costiera parallela all'intera linea di costa, è stato valutato fortemente condizionante per le previsioni insediative, sia residenziali che produttive.

Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art. 3.17 PTCP): la normativa non prevede, in tali zone, nuove costruzioni; impone limiti all'ampliamento di edifici industriali esistenti e al transito di automezzi; prevede la dislocazione dei centri turistici all'aperto; incentiva le naturalizzazioni, limita le opere di bonifica e la sistemazione degli alvei. L'elemento, che interessa l'area dei meandri sud-occidentali del territorio comunale, è stato valutato escludente per le previsioni insediative, sia residenziali che produttive.

Dossi di ambito fluviale recente (Art. 3.20b PTCP): sono permesse nuove urbanizzazioni, avendo attenzione di preservare:

- da ulteriori significative impermeabilizzazioni del suolo, i tratti esterni al tessuto edificato esistente;
- l'assetto storico insediativo e tipologico degli abitati esistenti prevedendo le nuove edificazioni preferibilmente all'interno delle aree già insediate o in stretta contiguità con esse;
- l'assetto morfologico ed il microrilievo originario.

Le attività produttive di tipo artigianale o industriale dovranno garantire la qualità e la protezione della risorsa idrica; a tal fine la previsione di nuove attività di cui sopra o l'ampliamento di quelle esistenti, dovranno essere corredate da apposite indagini e relative prescrizioni attuative che garantiscano la protezione della risorsa idrica. Non sono ammessi:

- nuove discariche per lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani, speciali ed assimilati;
- gli impianti di smaltimento o di stoccaggio per le stesse tipologie di materiali, salvo che detti impianti ricadano all'interno di aree produttive esistenti e che risultino idoneamente attrezzate.

L'elemento, che si sviluppa lungo gran parte del tratto comunale del fiume Savio, è stato valutato lievemente condizionante per le previsioni insediative, sia residenziali che produttive.

Paleodossi di modesta rilevanza (Art. 3.20c PTCP): solo per quelli ritenuti meritevoli dal punto di vista della rilevanza percettiva e/o storico-testimoniale la normativa prescrive quanto esposto al precedente Art. 3.20b. L'individuazione cartografica di tali dossi costituisce documentazione analitica di riferimento per i Comuni che, in sede di adeguamento dello strumento urbanistico generale alle disposizioni di cui al presente Piano, dovranno verificarne la diversa rilevanza percettiva e/o storico-testimoniale attraverso adeguate analisi. L'elemento, che occupa una stretta fascia E-O tra il Fiume

Savio e l'area delle saline, è stato valutato lievemente condizionante per le previsioni insediative, sia residenziali che produttive.

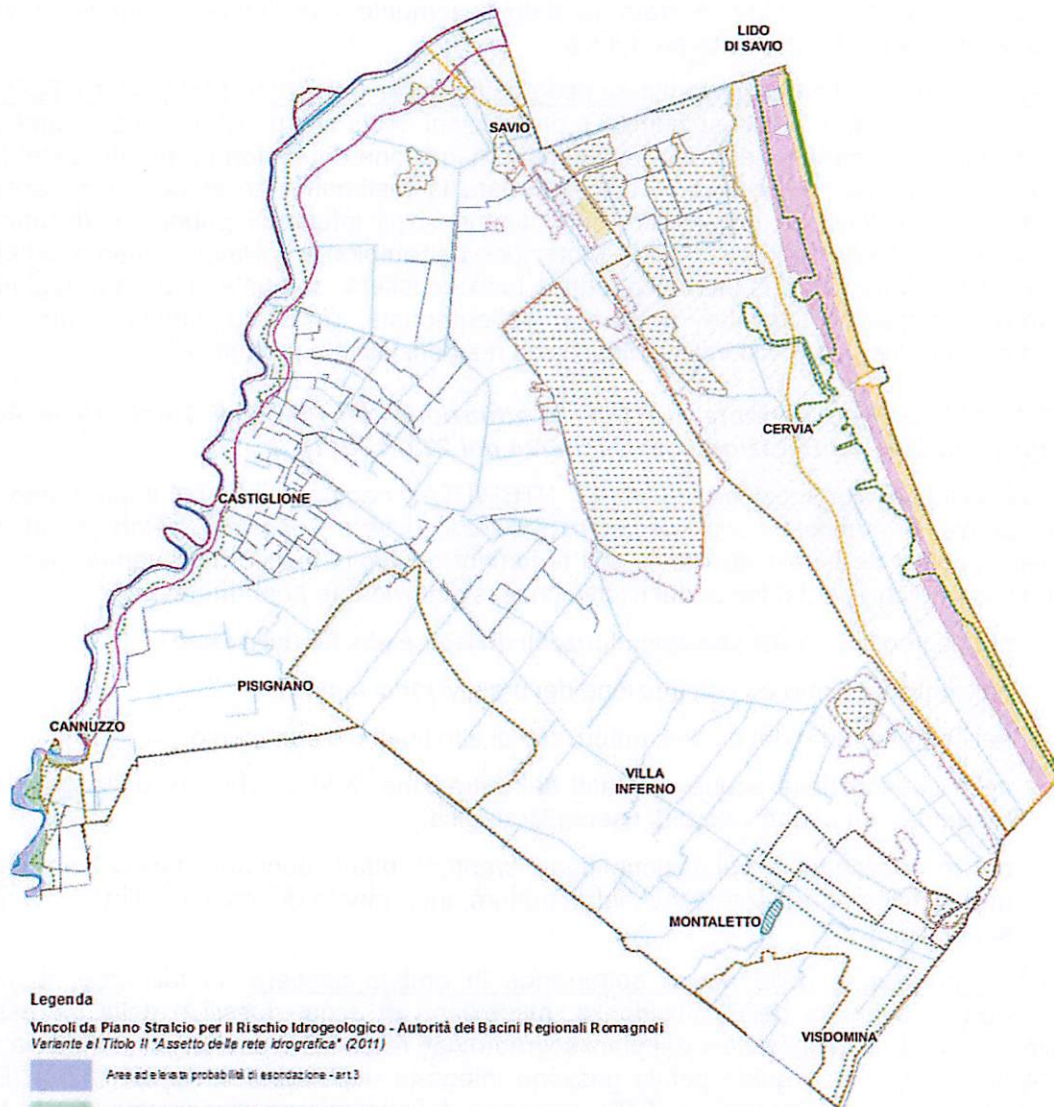
Sistemi dunosi costieri di rilevanza storico documentale paesistica (Art. 3.20d PTCP): per tali aree si applicano gli stessi indirizzi e prescrizioni di cui all'Art. 19 del PTCP; spetta alla pianificazione comunale generale l'eventuale emanazione di ulteriori norme di tutela. In tali zone, fermo restando l'obbligo di salvaguardare la testimonianza storico-documentale e paesistica dell'elemento individuato, sono ammessi gli interventi pubblici e di interesse pubblico miranti alla conservazione e protezione dell'ambiente dall'avanzamento del cuneo salino. Tale elemento, che interessa tutta la fascia costiera, con un'ampiezza maggiore nel settore meridionale rispetto a quello settentrionale, è stato valutato fortemente condizionante per le previsioni insediative, sia residenziali che produttive.

***B.1.11.4 Vincoli da Variante al PTCP in attuazione del Piano di Tutela delle Acque (approvato con deliberazione del C.P. n. 24 del 22.03.2011).***

Rischi connessi alla subsidenza (Art. 4.7 PTCP/PTA): negli ambiti in cui il fenomeno della subsidenza si manifesta con maggiore rilevanza, ovvero supera i valori propri di un abbassamento del suolo dovuto ai soli fenomeni geologici indisturbati, vanno perseguite azioni strategiche per la difesa dai rischi connessi, 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 delle acque risultanti dall'estrazione di idrocarburi in unità geologiche profonde non aventi valore di riserva strategica;
- nel monitoraggio e valutazione degli eventuali effetti derivanti dalle trasformazioni urbanistiche ed edilizie (scavi, infrastrutture, incremento dei carichi edilizi gravanti sul suolo, ecc.).

Zona di protezione delle acque sotterranee in ambito costiero: in tali aree, ai fini di contenere i fenomeni della subsidenza, migrazione di acque fossili e della ingressione salina, secondo le disposizioni dei piani sovraordinati regionali e provinciali in materia ed in accordo con le Linee guida per la gestione integrata delle zone costiere (GIZC) (Delib. Cons. Regionale 20/01/2005 n. 645), vengono definite misure di salvaguardia e tutela quantitativa della risorsa idrica sotterranea, quali il divieto di realizzazione di pozzi per qualunque utilizzo, il divieto di utilizzo di pompe well-point per l'estrazione di acque freatiche in corso di cantierizzazione, l'adozione, nell'esecuzione di scavi, di misure atte ad evitare la formazione del cono di depressione dovuto al pompaggio che causerebbe l'ingressione di acqua salata, oltre all'adozione di misure volte al risparmio idrico, in accordo con quanto definito anche per il resto del territorio comunale.









**Legenda**



Vincoli da Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico - Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli  
 Variante al Titolo II "Assetto della rete idrografica" (2011)

-  Aree ad elevata probabilità di esondazione - art.3
-  Aree a moderata probabilità di esondazione - art.4
-  Aree di potenziale allagamento - art.5
-  Distanze di rispetto dai corpi arginali - art. 10

**Vincoli del PTCP della Provincia di Ravenna**

-  Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua - art.3.18
-  Zone di riqualificazione della costa e dell'arenile - art.3.13
-  Zone urbanizzate in ambito costiero - art.3.14
-  Dossi di ambito fluviale recente - art.3.20b
-  Paleodossi di modesta rilevanza - art.3.20c
-  Sistemi dunali costieri di rilevanza storico documentale paesistica - art.3.20d

Var. PTCP al PTA della Regione Emilia-Romagna, marzo 2011





-  Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini e corsi d'acqua - art.3.17
-  Zone di protezione delle acque sotterranee in ambito costiero - art.5.7

#### Vincoli derivanti da progetti pianificati

Casse di espansione "Valle Felici" - Primo stralcio (Progetto definitivo, 2011)

-  Area di fitoriduzione "Rio della Valle"
-  Cassa d'espansione "Valle Felici 1"
-  Cassa d'espansione "Valle Felici 2"



#### Vincoli legislativi

-  Aree pubbliche ai sensi del R.D. 1175/1933 e relative fasce di rispetto (150 m)
-  Canali della rete di bonifica e distanze di rispetto di 10 m
-  Canale Emiliano-Romagnolo (Consorzio di Bonifica di II grado per il Canale Emiliano-Romagnolo) e distanze di rispetto di 10 m
-  Condotte ad uso irriguo in gestione al Consorzio di Bonifica della Romagna (fasce di rispetto di 4 m non visualizzabili cartograficamente)

#### Vincoli legati alla presenza di siti inquinati

-  Vecchia discarica comunale

#### Aree interessate da rischio idraulico nella fascia costiera

-  Area di esondazione marina
-  Zona di litorale soggetta ad erosione

#### Aree potenzialmente interessate da rischio idraulico per caratteristiche morfologiche



-  Aree morfologicamente depresse
-  Aree al di sotto del livello del mare

Fig. B.1.113 - Carta dei vincoli e delle tutele di natura geologico-ambientale derivanti da Piani di tutela sovraordinati e/o da disposizioni di legge.

## **B.1.12 Bibliografia**

Antonellini, M., Mollema, P., Giambastiani, B., Bishop, K., Caruso, L., Mischio, A., Pellegrini, L., Sabia, M., Ulazzi, E. e Gabbianelli, G. (2008) – Salt water intrusion in the coastal aquifer of the southern Po Plain, Italy. *Hydrogeology Journal*, 16, 1541-1556.

APAT – Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia-Romagna (2005) – Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 240-241 Forlì-Cervia. S.EL.CA., Firenze.

Arpa Emilia Romagna – Annuario regionale dei dati ambientali 2008.

Arpa Ingegneria Ambientale – Regione Emilia Romagna - Rilievo della subsidenza nella Pianura Emiliano-Romagnola.

Arpa Ingegneria Ambientale (a cura di) (2002) - Supporto per il bilancio idrico regionale dei territori della provincia di Forlì e della porzione ravennate esterna al bacino Reno-destra Reno.

Autorità dei Bacini Romagnoli - Proposte e Progetti - Proposte per la costa.

Boccaletti, M. e Martelli, L. (a cura di) (2004) – Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna, scala 1:250.000. Note Illustrative. S.EL.CA. Firenze.

Bonsignore, F. (a cura di) (2007) - Il monitoraggio della subsidenza a scala regionale in Emilia Romagna. Dagli atti del Convegno "La subsidenza in Emilia Romagna - Il monitoraggio tramite interferometria satellitare. Esperienze a confronto", Bologna, 3 dicembre 2007.

Calabrese, L., Cibin, U. e Perini, L. (2010) – Evoluzione del sistema marino-costiero nel contesto geologico-climatico. In: Perini, L. e Calabrese, L. (a cura di) "Il sistema mare-costa dell'Emilia-Romagna", Pendragon, 137-154.

Ciavola, P., Armaroli, C., Masina, M., Perini, L. e Lucani, P. (2008) – Nuovi metodi per la cartografia del rischio da inondazione marina: l'esperienza in Emilia-Romagna. Atti 12° Conferenza Nazionale ASITA, L'Aquila 21-24 ottobre 2008, 755-760.

Cibin, U. e Severi, P. (a cura di) (2003) - Studio della subsidenza antropica generata dall'estrazione di acqua di falda lungo la fascia costiera Emiliano-Romagnola - Rapporto delle attività svolte dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, Regione Emilia Romagna.

Fabbi, P. (1988) – Il quadro ambientale e le vocazioni economiche del primo insediamento cervese. Appunti sull'azione umana in età moderna. In: Maroni, O. e Turchini, A. (a cura di) "Cervia natura e storia", Maggioli Editore, 27-34.

IDROSER S.p.a. (a cura di) (1996) - Progetto di Piano per la difesa dal mare e la riqualificazione ambientale del litorale della Regione Emilia Romagna, Bologna, 16-43.

Perini, L. e Calabrese, L. (2010) - Il sistema mare-costa dell'Emilia-Romagna. Pendragon, 239 p.

Piano di tutela delle Acque della provincia di Forlì-Cesena – Allegato 2 – Parte Prima.

Pignone, R., Cibin, U. e Severi, P. (2007) - La subsidenza in Emilia Romagna. Dagli atti del Convegno "La subsidenza in Emilia Romagna - Il monitoraggio tramite interferometria satellitare. Esperienze a confronto", Bologna, 3 dicembre 2007.

Preti, M. (1999) – The Holocene transgression and the land-sea interaction south of the Po

delta. *Giornale di Geologia*, Bologna.

Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna.

Ruggeri, V. e Preti, M. (2007) - La subsidenza nella fascia costiera emiliano-romagnola: storia, problemi e prospettive. Dagli atti del Convegno "La subsidenza in Emilia Romagna - Il monitoraggio tramite interferometria satellitare. Esperienze a confronto", Bologna, 3 dicembre 2007.

Silenzi, S. (2007) - La valutazione del Rischio da Ingressione Marina lungo le pianure costiere. Abstract della Conferenza "Dal globale al locale. Piani d'azione per il clima", Ferrara, 10-11 maggio 2007.

Stucchi et alii. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/> Quaderni di Geofisica, Vol 49, 38 p.

Ulazzi, E., Antonellini, M. e Gabbianelli, G. (2007) - Characterization of the Coastal Phreatic Aquifer of the Cervia Area (NE Italy). *Mem. Descr. Carta Geol. D'It.*, LXXVI, 277-288.

Unione Europea DGXII - 1994-1996 - Estrazione di fluidi dal sottosuolo emiliano-romagnolo: subsidenza ed ingressione marina lungo la fascia costiera (progetto Cenas).

Veggiani, A. (1971) - Le ultime vicende geologiche del territorio cervese e dell'area adriatica antistante, in "SR", XXII, 3-17.

Veggiani, A. (1988) - Le vicende geologiche del territorio cervese. In: Maroni, O. e Turchini, A. (a cura di) "Cervia natura e storia", Maggioli Editore, 13-26.

Yu, C.S, Decouttere, C. e Berlamont, J. (1998) - Storm surge simulations in the Adriatic Sea. In: CENAS, Kluwer Academic (ed.), Dordrecht, The Netherlands, 207-232.