

# INDICE

1.0 - <i>PREMESSA</i> .....	2
2.0 – <i>RAPPORTI CON LA PIANIFICAZIONE SOVRORDINATA</i> .....	3
2.1 - Riferimento al PTCP vigente.....	4
2.2 - Riferimento al PAI.....	7
3.0 – <i>QUADRO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO</i> .....	9
3.1– Inquadramento geologico.....	9
3.2 - Inquadramento geomorfologico.....	9
4.0 – <i>QUADRO CLIMATOLOGICO</i> .....	12
4.1 - Clima.....	12
4.2 - Temperature.....	12
4.3 - Descrizione delle precipitazioni mensili.....	15
4.4 - Evapotraspirazione reale e potenziale.....	15
4.5 - Regime dei venti.....	17
5.0 – <i>QUADRO IDROGEOLOGICO</i> .....	22
5.1 – Premessa.....	22
5.2 - Vulnerabilità degli acquiferi.....	23
<i>Litologia di superficie</i> .....	24
<i>Profondità del tetto delle ghiaie o sabbie</i> .....	24
<i>Caratteristiche idrauliche delle falde</i> .....	25
<i>Analisi del grado di Vulnerabilità</i> .....	25
6.0 - <i>ASPETTI PEDOLOGICI, AGRO-VEGETAZIONALI E FAUNISTICI DELL' AREA</i> .....	26
7.0 – <i>CONSIDERAZIONI SISMOTETTONICHE</i> .....	29
7.1 - Sismicità del Comune di Caorso (PC).....	30
7.2 – Cenni sulla sismicità storica del territorio padano nelle zone limitrofe a Caorso.....	32
7.3 –Effetti di sito.....	33
8.0 - <i>INDAGINI GEOGNOSTICHE</i> .....	33
8.1 - Stratigrafia e parametri geotecnici.....	35
8.2 - Modello geotecnico generale.....	36
9.0 – <i>CARATTERISTICHE GEOFISICHE DEL SOTTOSUOLO</i> .....	37
9.1 – Indagine Geofisica MASW.....	38
9.2 – Elaborazione dati.....	41
9.3 – Calcolo delle Vs30.....	43
10.0 – <i>INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI</i> .....	45
10.1 – I° Livello di approfondimento.....	45
11.0 – <i>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</i> .....	47

## **1.0 - PREMESSA**

Per conto della **Spett.le Società SO.G.IM. S.r.l.** è stato eseguito uno studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico al fine di analizzare il quadro geologico-ambientale di riferimento riguardante il **Piano Urbanistico Attuativo – Viale Canada** – Strada Provinciale 10R Piacenza – Cremona.

Tale area, all'interno della quale è previsto il PUA in progetto, è censita al Catasto Terreni del **Comune di Caorso** al Foglio n° **13** Mappali n° **54, 65, 66, 67, 68, 69** e **70** (vedi "*Planimetria catastale*" a scala 1:2000 a tergo allegata)

A tale scopo, il presente studio è corredato oltretutto dell'esistente bibliografia geologica, lo studio si è avvalso:

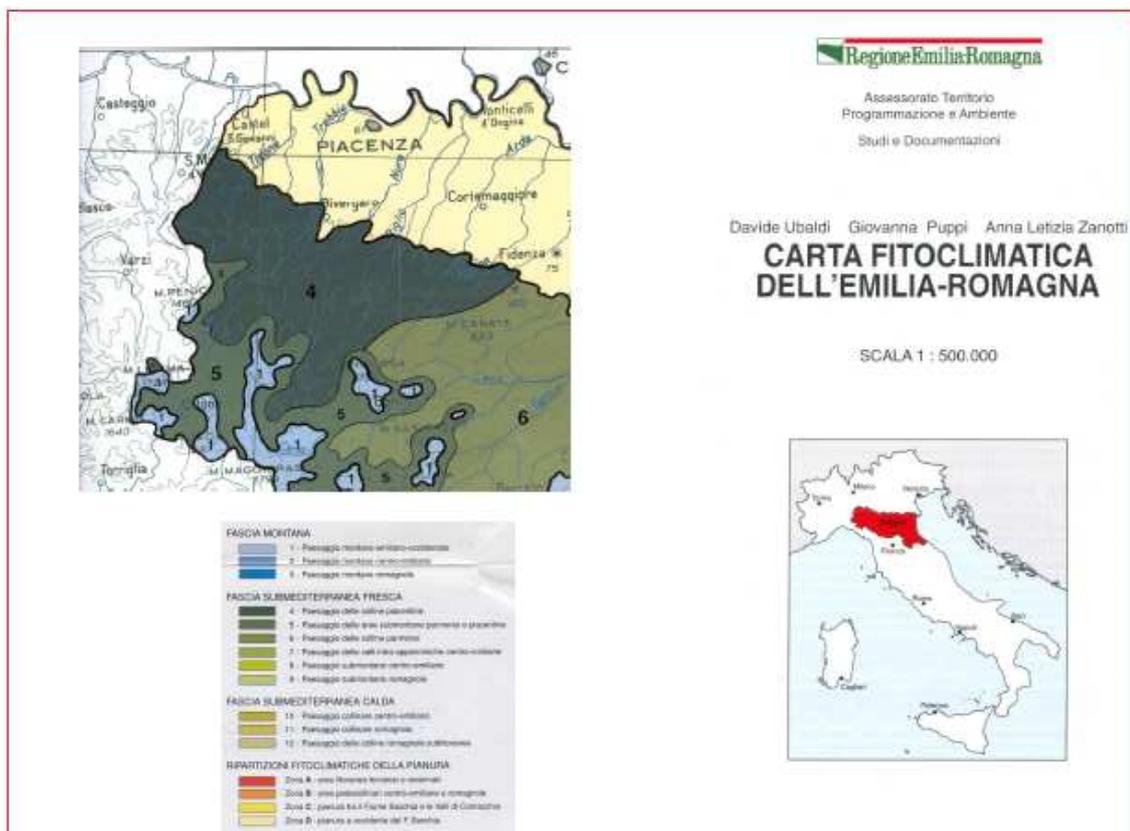
- di specifiche indagini geognostiche eseguite per il presente studio e di pregresse indagini eseguite dallo scrivente per la realizzazione di un capannone
- di specifiche indagini sismiche tipo MASW
- dell'analisi di stratigrafie di pozzi ubicati nelle vicinanze dell'area di studio;

Si è quindi eseguito un rilievo geologico di superficie con particolare riguardo alla verifica degli elementi geomorfologici, pedologici, litologici rilevati in sito.

## 2.0 – RAPPORTI CON LA PIANIFICAZIONE SOVRORDINATA

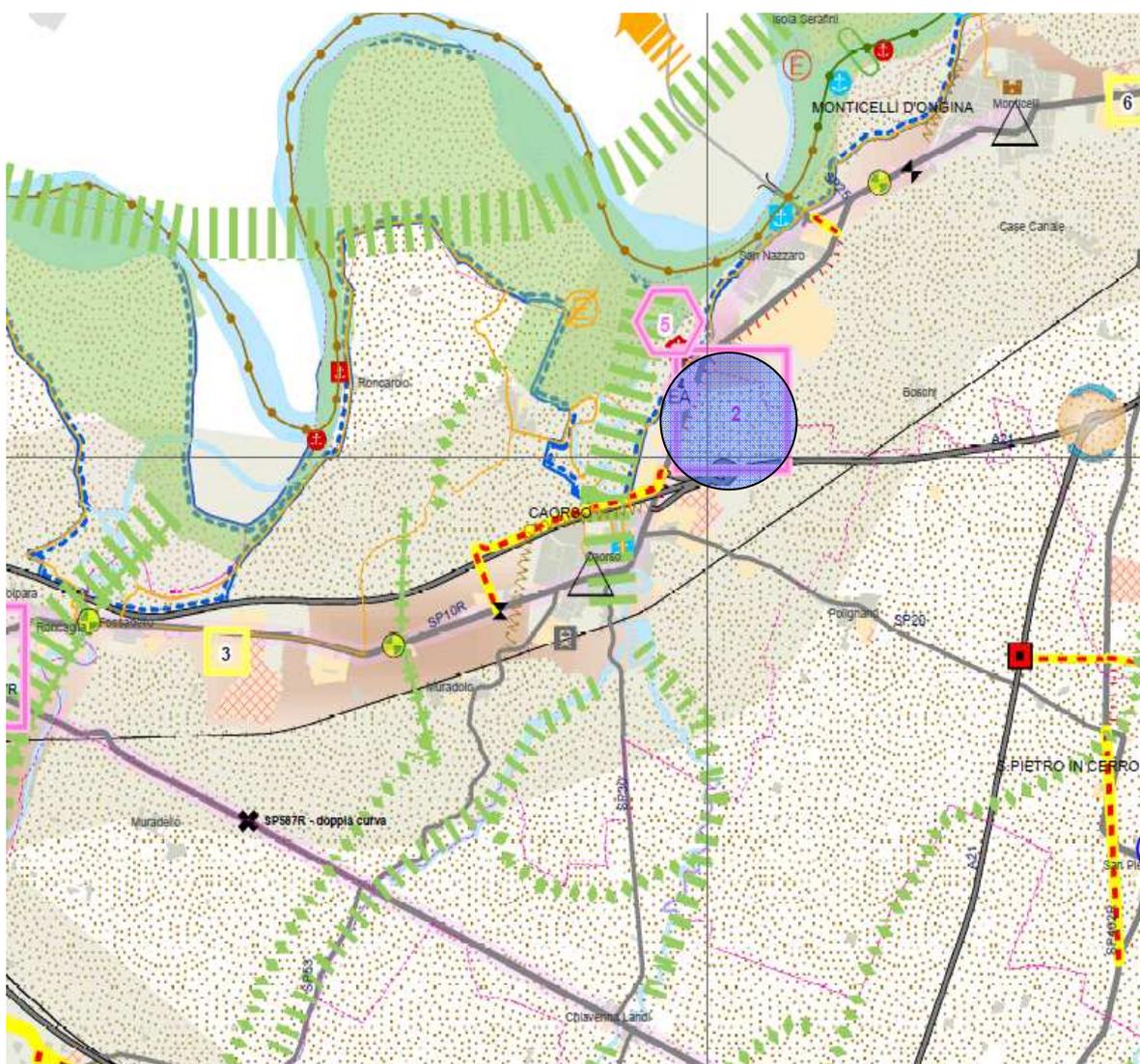
Il paesaggio della zona in esame si presenta subpianeggiante con una debole pendenza verso Nord/Nord-Est concordemente all'asta fluviale del Chiavenna e tipica della pianura, con un dislivello che non supera qualche metro da monte verso valle.

L'area in esame non rivela forme morfologiche particolari nè particolarità ambientali di rilievo; la sua vocazione è attualmente prevalentemente agricola ed il territorio a nord e più a sud, si presenta urbanizzato (cfr. “*Carta Fitoclimatica dell’Emilia Romagna scala 1:500000*”).



## 2.1 - Riferimento al PTCP vigente

La “Carta delle Vocazioni Territoriali e Scenari di Progetto” alla scala 1:250000 allegata al P.T.C.P. vigente della Provincia di Piacenza identifica l’area oggetto dell’intervento compresa nel Corridoio insediativo della pianura, Ambiti ad alta vocazione produttiva-agricola; inoltre la zona in oggetto viene segnalata come Polo produttivo di sviluppo territoriale (PPST).



### Sistemi territoriali complessi

- Pianura della fascia del Po
- Corridoio insediativo della pianura
- Collina del turismo
- Appennino Piacentino - Parmense
- Via Po: percorso ciclo-pedonale principale
- Via Po: percorso ciclo-pedonale secondario e di collegamento
- Strada dei vini e dei sapori - colli piacentini
- Castelli
- Specializzazione temale

### Sistema del territorio rurale

- Ambiti ad alta vocazione produttiva-agricola
- Aspetto rurale degradato o marginale in adiacenza a territori urbanizzati da riorganizzare
- Visuali verso paesaggi di notevole pregio da conservare
- Laghetti irrigazione di pianura
- Discontinuità e varchi nel tessuto urbanizzato da tutelare
- Zone vini D.O.C.
- Ambiti agricoli di rilievo paesaggistico
- Ambiti agricoli periurbani

### Elementi Principali dello Schema Direttore Rete Ecologica

- Corridoi Principali
- Corridoi Secondari
- Direttici da istituire in ambito pianiziale
- Direttici critici da istituire in ambito pianiziale
- Nodi prioritari
- Direttici di collegamento esterno
- Varchi insediativi a rischio

### Armatura urbana di progetto

- Città Regionale
- Polo Ordinatore
- Centro Integrativo
- Centro di Base
- Specializzazione Turistica

### Reti per la mobilità

**Tipologie di rete viaria**

- Autostrade
- Strade statali
- Ex strade statali ora provinciali
- Strade provinciali
- Strade urbane

**Tipologie di intervento sulla rete viaria**

- Interventi in variante su nuova sede
- Interventi di riqualificazione di tratti esistenti, adeguamento strutturale, verifica di compatibilità ambientale
- Tratte in galleria
- Grandi strutture - Ponti
- Caselli autostradali di nuovo impianto
- Integrazione funzionale svincolo A21 "La Villa"
- Interventi prioritari puntuali di miglioramento della sicurezza

**Rete ferroviaria**

- Linea ferroviaria
- Linea A.V.
- SFS1
- SFS2
- SFS3
- Servizio Ferroviario Suburbano Piacentino (SFSpc)

**Rete del servizio TPL**

- Servizio urbano
- Asse forte principale
- Ambiti del servizio a chiamata del TPL
- Asse forte secondario

**Nodi di intermodalità e punti di interscambio con il TPL**

- Stazioni ferroviarie principali (FF.SS.)
- Fermate di interscambio (SFFC)
- Fermate di scambio (da programmare)
- Terminal
- Parcheggi scambiatori

**Approdi e attracchi**

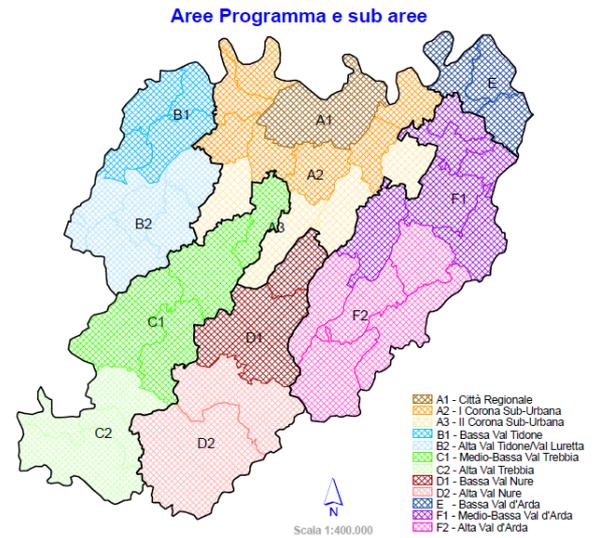
- Approdo esistente - Emilia Romagna
- Approdo esistente - Lombardia
- Approdo in progetto - Emilia Romagna
- Attracco esistente - Emilia Romagna
- Attracco esistente - Lombardia
- Attracco in progetto - Emilia Romagna
- Darsena in progetto - Emilia Romagna
- Nuova conca di navigazione
- Porto di Cremona - Lombardia

**Navigabilità fluviale**

- V classe di navigazione
- IV (V classe dopo attivazione conca Isola Serafini)
- Turistica - diportistica

**Attuazione della pianificazione urbanistica**

- ad uso residenziale, attrezzature e servizi
- per attività produttive, turistico ricreativo e direzionale-terziario
- espansione
- dismesso
- Confini amministrativi



Aree ed ambiti entro i quali sviluppare più stretti livelli di integrazione relazionale, operare bilanci economico-sociale ed ambientali (fruttivi ed ecologici) ed articolare le politiche di assegnazione funzionale (servizi sovragomunali)

### Polarità sovragomunali

Ambiti specializzati per attività produttive di rilievo sovragomunale

- 1** Poli Produttivi di Sviluppo Territoriale (PPST)
- 8** Poli Produttivi Consolidati (PPC)
- Stabilimenti a rischio di incidente rilevante
- Centrali produzione energia elettrica
- Centrale in dismissione

**Poli funzionali**

- 2** Nuovi Poli Funzionali (PFn)
- 8** Poli Funzionali esistenti (PFe)

**Insedimenti commerciali di rilievo sovragomunale**

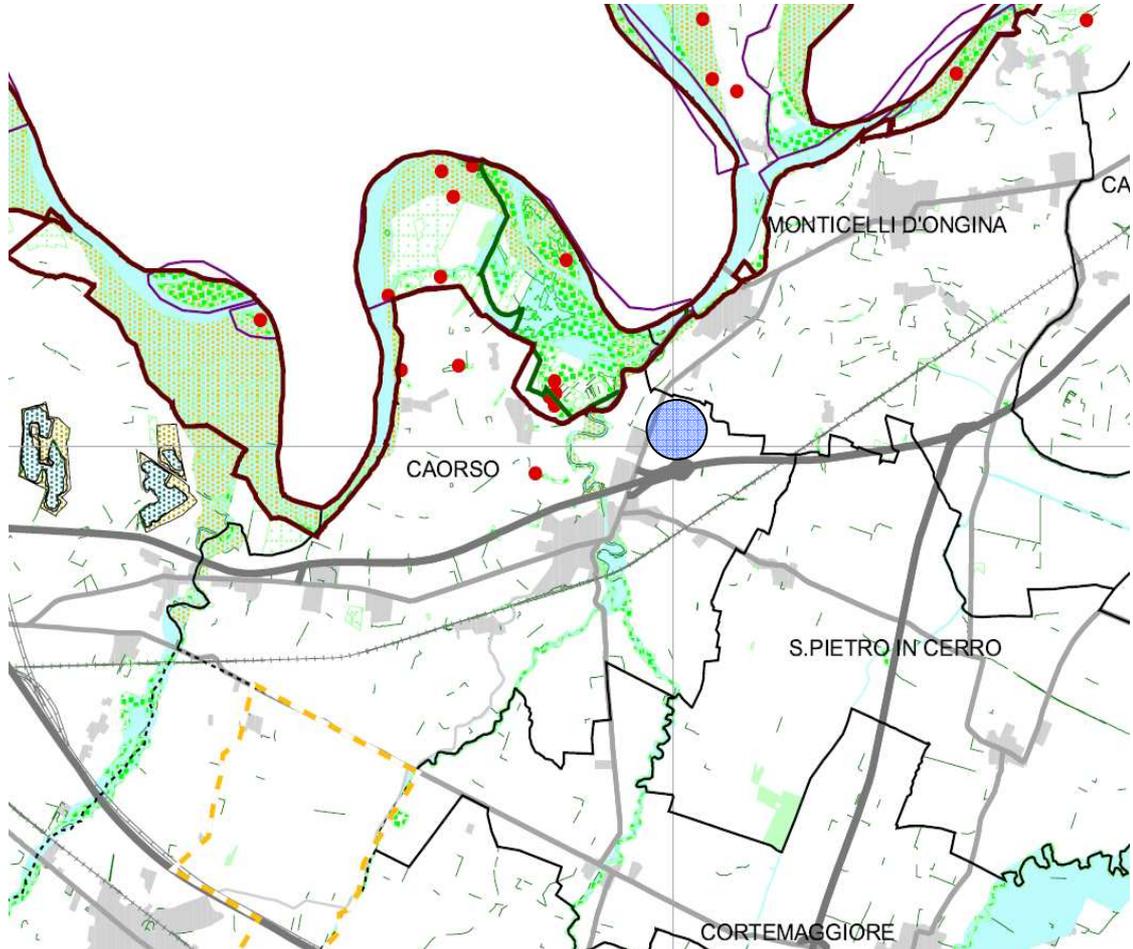
Nuove grandi strutture di vendita:

- 14** Alimentare - Extralimentare
- 20 EA** Extralimentare

Grandi strutture di vendita esistenti:

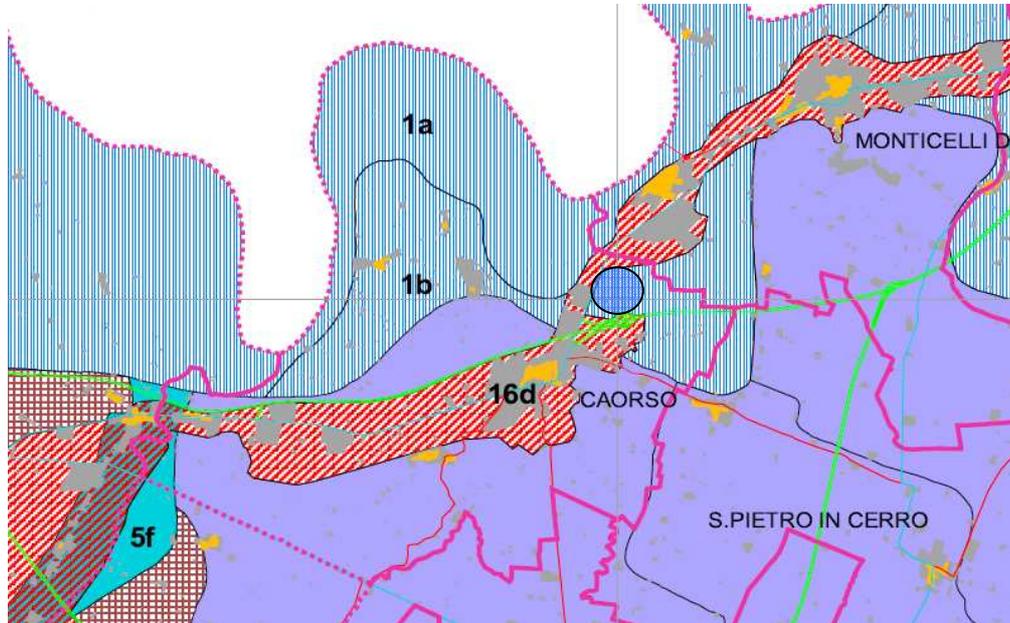
- 1** Alimentare - Extralimentare
- EA** Extralimentare

La “*Carta delle Aree di Valore Naturale ed Ambientale*” alla scala 1:100000 allegata al P.T.C.P. vigente della Provincia di Piacenza identifica l’area in oggetto priva di particolari ambiti di valore paesaggistico o aree protette.



La “Carta degli Ambiti di riferimento delle unità di Paesaggio Provinciali” alla scala 1:100000 allegata al P.T.C.P. della Provincia di Piacenza vigente identifica l’area oggetto dello studio compresa nella seguente Unità di Paesaggio:

Unità di Paesaggio del Fiume Po – Subunità 1b del Fiume Po meandriforme ed antico



**Unità di paesaggio provinciali**

- 1. Unità di paesaggio di pertinenza del fiume Po;
- 2. Unità di paesaggio dell'alta pianura piacentina;
- 3. Unità di paesaggio della bassa pianura piacentina;
- 4. Unità di paesaggio della pianura parmense;
- 5. Unità di paesaggio fluviale;
- 6. Unità di paesaggio del margine appenninico occidentale;
- 7. Unità di paesaggio del margine appenninico orientale;
- 8. Unità di paesaggio dell'Oltrepo pavese;
- 9. Unità di paesaggio dell'alta collina;
- 10. Unità di paesaggio della Val Trebbia;
- 11. Unità di paesaggio dell'alta Val Trebbia;
- 12. Unità di paesaggio della Val Boreca;
- 13. Unità di paesaggio della Val Nure;
- 14. Unità di paesaggio dell'alta Val Nure;
- 15. Unità di paesaggio dell'alta Val d'Arda;
- 16. Unità di paesaggio dei sistemi urbanizzati.

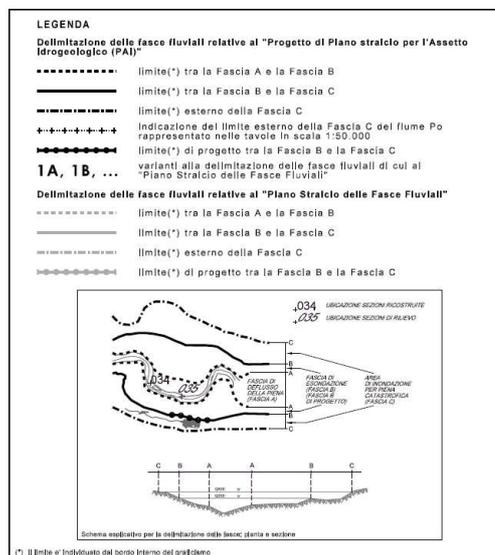
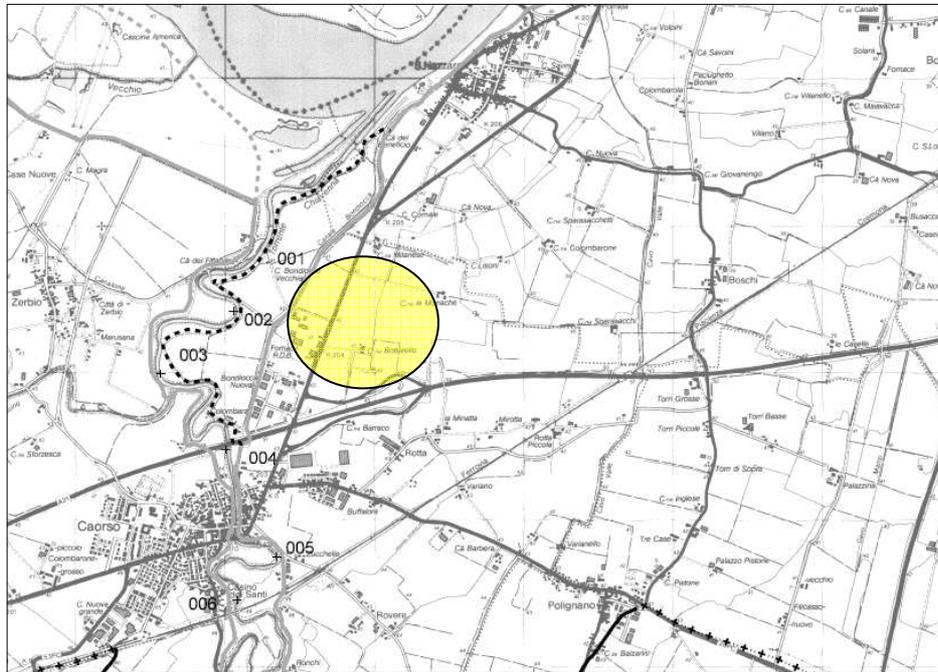
**Subunità di paesaggio di rilevanza locale**

- 1a. Subunità del fiume Po;
- 1b. Subunità del fiume Po meandriforme ed antico;
- 2a. Subunità dell'alta pianura;
- 2b. Subunità dell'alta pianura centuriata;
- 3a. Subunità della bassa pianura;
- 3b. Subunità della bassa pianura centuriata;
- 3c. Subunità della pianura delle bonifiche;
- 5a. Subunità dell'alto corso del torrente Tidone;
- 5b. Subunità del basso corso del torrente Tidone;
- 5c. Subunità del medio corso del fiume Trebbia;
- 5d. Subunità del basso corso del fiume Trebbia;
- 5e. Subunità del medio corso del torrente Nure;
- 5f. Subunità del basso corso del torrente Nure;
- 5g. Subunità dell'alto corso del torrente Arda;
- 5h. Subunità del medio corso del torrente Arda;
- 7a. Subunità del margine appenninico orientale;
- 7b. Subunità dei calanchi del Piacenziano;
- 8a. Subunità del basso Oltrepo pavese;
- 8b. Subunità del medio Oltrepo pavese;
- 8c. Subunità dell'alto Oltrepo pavese;
- 9a. Subunità della collina della Val Tidone e Val Luretta;
- 9b. Subunità della collina della Val Trebbia e Val Nure;
- 9c. Subunità delle Pietre Marcia e Parcellara;
- 9d. Subunità della collina della Val Chero e Val d'Arda;
- 10a. Subunità di Pecorara e dell'alto torrente Tidone;
- 10b. Subunità di Bobbio e Mezzano;
- 10c. Subunità del gruppo ofiolitico del M. Capra;
- 10d. Subunità di Coli e della Val Perino;
- 11a. Subunità del M. Penice;
- 11b. Subunità dei meandri di S. Salvatore;
- 11c. Subunità dell'alta Val Trebbia;
- 11d. Subunità dell'alta Val d'Aveto;
- 13a. Subunità di Bettola;
- 13b. Subunità di Olmo;
- 13c. Subunità di Farini;
- 15a. Subunità del Parco Provinciale;
- 15b. Subunità di Morfasso;
- 15c. Subunità della Val d'Arda sud-orientale;
- 16a. Sistema urbanizzato di Piacenza e S. Nicolò;
- 16b. Sistema urbanizzato di Castel S. Giovanni, Borgonovo e Sarmato;
- 16c. Sistema urbanizzato di Fiorenzuola, Cadeo, Pontenure ed Alseno;
- 16d. Sistema urbanizzato di Castelvetro, Monticelli e Caorso;

**Cartografia di riferimento**

- insempiamenti urbani - Centri storici
- confini amministrativi
- corpi idrici principali
- autostrade
- strade statali
- ex strade statali
- strade provinciali

L'area oggetto dell'intervento è ubicata per intero all'interno della fascia C del Piano Assetto Idrogeologico (PAI).

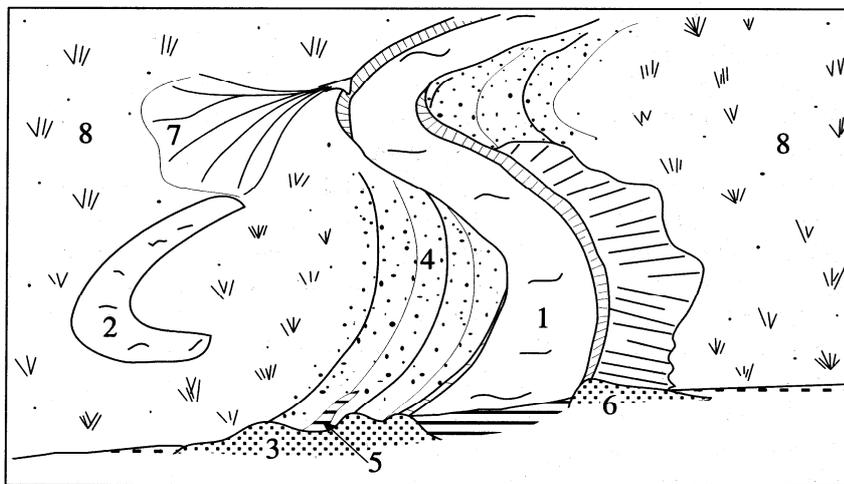


Tenuto conto che tutta la pianura lungo il fiume Po risulta essere protetta dall'argine maestro e che la serie storica di piene verificatesi anche negli ultimi anni ha evidenziato un adeguato dimensionamento della stessa arginatura a difesa dell'intera pianura, è possibile ritenere che l'area oggetto del PUA posta all'interno della stessa pianura, risulti essere adeguatamente protetta dall'argine maestro, in relazione alle portate massime previste sulla base delle quali è stato dimensionato lo stesso argine maestro.



Tali forme sono evidenziate anche dalla fotografia aerea, sulla quale, successivamente sono stati evidenziati i caratteri morfologici principali, è rappresentato l'attuale alveo del Po di colore scuro e le relative barre di meandro attuali di colore grigio o biancastre.

In posizione esterna rispetto all'attuale corso del Fiume sono state evidenziate delle forme morfologiche antiche, tra le quali dei paleo alvei del Po e delle antiche barre di meandro. Attualmente queste morfologie sono mascherate in superficie dalle colture agricole che impediscono una completa interpretazione del territorio. Tali interpretazioni sono comunque state supportate da un rilevamento diretto sul posto.



Forme che caratterizzano la piana alluvionale: 1) canale, 2) meandro abbandonato, 3) barra di meandro, 4) depressioni e barre sulle sponde convesse dei meandri, 5) area di acqua morta, 6) argine naturale, 7) ventaglio di rota, 8) piana di sedimentazione fine.

L'area in oggetto si sviluppa entro un'area extragolenale che contrariamente alla zona golenale e all'alveo attivo, sono caratterizzate da una dinamica evolutiva molto bassa, collegabile esclusivamente all'attività antropica.

I secolari interventi di bonifica agraria, infrastrutturazione, insediamento e regimazione idraulica hanno completamente alterato l'antico paesaggio fluviale conferendo al territorio una morfologia subpianeggiante nella quale prevale la componente artificiale.

Solo localmente è possibile individuare, attraverso l'accurato esame delle fonti cartografiche e aereofotogrammetriche, unitamente all'analisi dell'andamento delle curve di livello e della litologia di superficie, alcune forme relitte a testimonianza dell'antica vocazione del territorio.

Altre forme relitte di chiara origine fluviale che emergono dalla generale monotonia delle zone extragolenali sono i dossi e le aree depresse.

I dossi costituiscono strutture positive rappresentate da lievi rilievi convessi verso l'alto e sospesi di alcune decine di decimetri dal piano basale della pianura. Geometricamente presentano una forma ellissoidale allungata e si sviluppano arealmente con superficie di modesta entità dell'ordine di pochi ettari.

Litologicamente i dossi si distinguono dalle aree circostanti per la litologia, al di sotto del terreno agrario, mediamente più grossolana.

Le aree depresse, contrariamente ai dossi, sono strutture negative, topograficamente inferiori rispetto il piano campagna circostante, caratterizzate da curve di livello chiuse che configurano catini irregolari molto svasati.

Queste zone identificano situazioni morfologiche costituite da drenaggio difficoltoso che favorisce il ristagno delle acque meteoriche.

## 4.0 – QUADRO CLIMATOLOGICO

### 4.1 - Clima

L'area in oggetto e le aree limitrofe si sviluppano ad una quota variabile fra i 41 ed i 42 m s.l.m, e si colloca nella fascia di bassa pianura, dal punto vista climatico si trova nella regione climatica della Pianura Padana, che è delimitata a nord e ad ovest dall' Arco Alpino ad est dal mare Adriatico a sud dall' Appennino.

Per studiare in dettaglio il territorio in oggetto è stata considerata la stazione termopluviometrica di Monticelli d'Ongina.

E' stata scelta tale stazione in quanto risulta essere il punto di misura più vicino per le precipitazioni.

### 4.2 - Temperature

La temperatura è in primo luogo influenzata dall'orografia del territorio, nelle figure a seguire si può constatare come la temperatura sia una variabile influenzata dall'altitudine delle aree considerate.

In modo particolare le aree di pianura presentano temperature medie annue più alte rispetto alle zone collinari appenniniche.

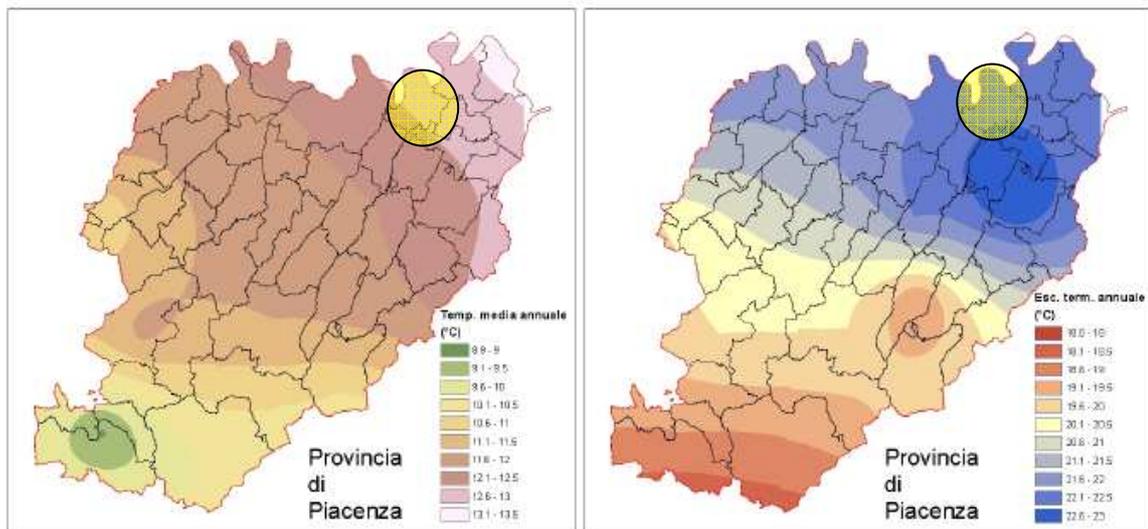
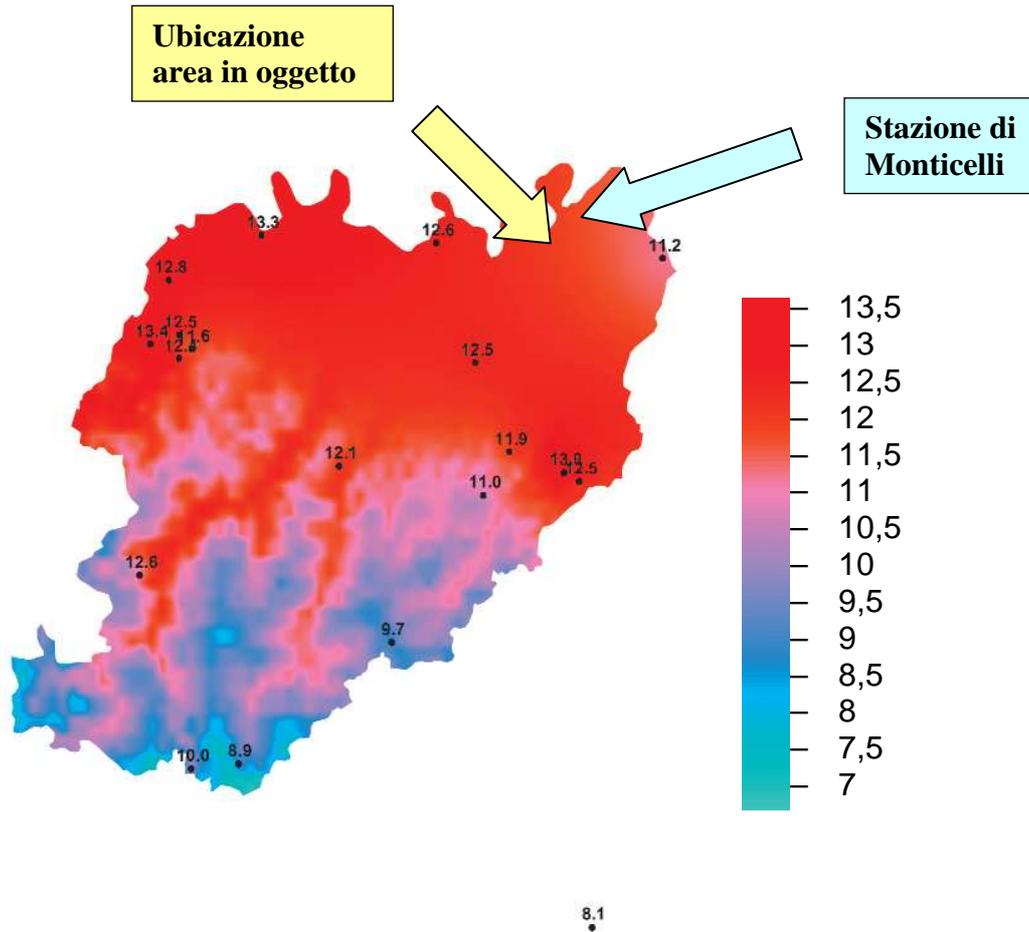


Fig. - Provincia di Piacenza. Temperatura media annuale ed escursione termica annuale (°C). Anni 1958/1983.



*Distribuzione delle temperature nella provincia di Piacenza*

Nel presente studio, in riferimento all'area in oggetto, sono stati utilizzati, i dati meteorologici della stazione di Monticelli d'Ongina e pubblicati dalla Provincia di Piacenza (*L'andamento del clima sul territorio della provincia di Piacenza - 2007 e 2008*), che rappresentano le elaborazioni di dati registrati nel 2007 e nel 2008.

<b>MONTICELLI</b>										
	TMAX	TMIN	TMED	ESC	UMED	PTOT	PGG	ETP	P-ETP	ST10
Gennaio	22.8	-5.2	4.8	8.4	97.0	26.6	2.0	0.4	14.6	2.5
Febbraio	19.6	-3.9	5.6	12.1	96.5	34.6	6.0	0.8	12.0	0.0
Marzo	22.0	-1.0	8.8	13.4	81.9	88.0	6.0	1.7	36.0	11.4
Aprile	32.0	1.9	16.2	18.4	72.4	11.8	3.0	3.2	-82.9	185.6
Maggio	36.6	6.4	19.5	16.2	64.8	93.0	7.0	4.4	-42.4	293.7
Giugno	35.1	11.5	22.3	15.5	79.2	95.6	8.0	5.0	-55.6	369.6
Luglio	40.0	9.5	24.6	19.5	44.6	13.8	3.0	5.2	-148.1	451.9
Agosto	36.9	12.7	23.4	16.4	50.3	41.2	5.0	4.6	-102.0	414.4
Settembre	32.3	6.2	18.7	17.2	44.7	70.6	5.0	3.2	-24.4	259.7
Ottobre	30.0	-2.7	13.1	13.7	75.2	72.2	5.0	1.8	16.4	104.8
Novembre	20.1	-5.9	6.4	12.1	78.7	110.0	4.0	0.7	90.3	1.3
Dicembre	16.1	-8.9	1.3	8.9	92.5	10.4	3.0	0.0	9.0	0.0
Anno	28.6	1.7	13.7	14.3	73.1	667.8	57.0	2.6	-277.3	2095.0

Fig. 4.1

<b>Monticelli</b>										
2008	TMAX	TMIN	TMED	ESC	UMED	PTOT	PGG	ETP	P-ETP	ST10
Gennaio	15,2	-7,3	3,8	7,9	93,2	67,0	9,0	0,3	58,1	0,0
Febbraio	20,3	-8,3	4,6	14,4	75,8	17,2	3,0	0,7	-2,0	0,0
Marzo	25,9	-5,0	9,2	15,5	47,6	21,4	8,0	1,7	-32,3	24,5
Aprile	27,6	-0,6	12,7	14,1	65,2	108,8	8,0	2,6	29,6	83,5
Maggio	31,4	4,2	18,7	14,7	50,2	100,8	10,0	4,2	-30,6	269,2
Giugno	38,5	8,0	22,6	15,8	60,8	158,2	11,0	5,1	5,8	376,6
Luglio	37,3	11,4	24,5	17,2	44,9	15,4	4,0	5,2	-145,9	448,2
Agosto	38,2	11,3	25,1	18,5	43,7	6,0	2,0	4,9	-145,6	467,9
Settembre	36,4	4,0	18,7	15,5	47,1	4,8	2,0	3,2	-90,5	261,9
Ottobre	28,9	2,0	15,5	13,4	65,0	23,6	4,0	2,1	-41,0	170,4
Novembre	20,5	-3,0	8,1	8,5	92,6	130,2	14,0	0,8	105,2	28,3
Dicembre	11,0	-4,0	2,7	4,7	93,3	123,4	14,0	0,2	117,9	0,0
<b>Anno</b>	<b>27,6</b>	<b>1,1</b>	<b>13,8</b>	<b>13,3</b>	<b>65,0</b>	<b>776,8</b>	<b>89,0</b>	<b>2,6</b>	<b>-171,4</b>	<b>2130,6</b>

Fig. 4.2

Come è possibile notare dalle tabelle le temperature medie mensili dell'area presentano un massimo estivo nel mese di luglio e agosto ed un minimo invernale nei mesi di gennaio e febbraio. Le temperature medie annue riferite al 2007 e al 2008 nella stazione di Monticelli sono state rispettivamente di 13,7° e 13,8°.

### 4.3 - Descrizione delle precipitazioni mensili

Per quello che riguarda il regime pluviometrico dell' area sono sempre stati utilizzati i dati della stazione di Monticelli, che rappresentano le elaborazioni di dati recenti registrati nel 2007 e nel 2008.

Dai dati riportati nella Fig. 4.3 e dal grafico riportato nella Fig. 4.4 la stazione considerata evidenzia l'esistenza di un regime pluviometrico caratterizzato da due massimi, un relativo nella stagione primaverile, aprile ed un massimo assoluto nella stagione invernale nei mesi di ottobre e novembre, e da due minimi, uno relativo nel mese di febbraio ed uno assoluto nel mese di luglio, tipici di un clima sublitoraneo appenninico.

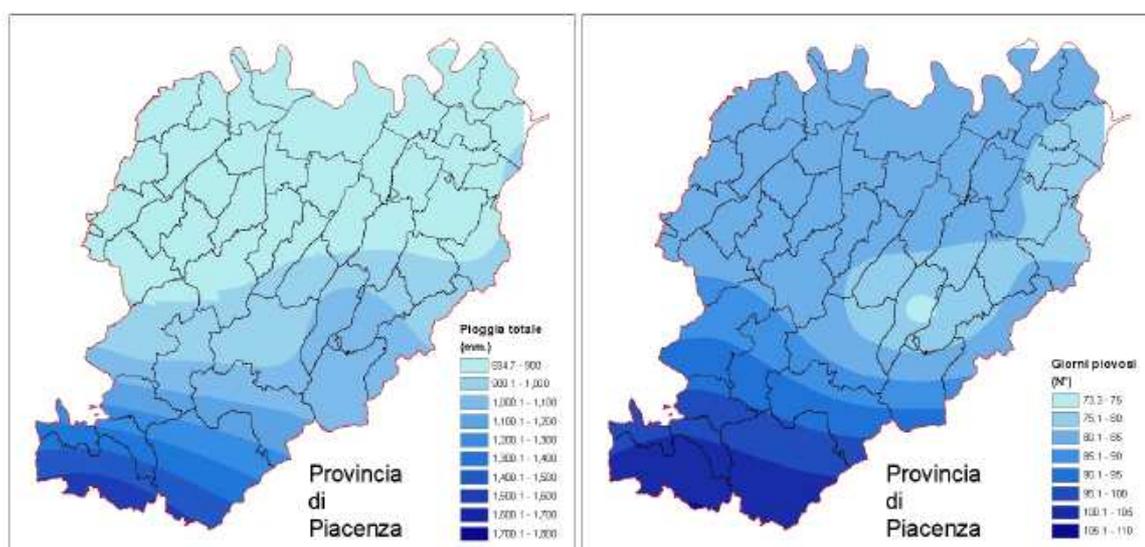


Fig. - Provincia di Piacenza, anni 1958/1983. Pioggia totale e numero di giorni piovosi annuali. (Dati LLPP)

### 4.4 - Evapotraspirazione reale e potenziale

Per la valutazione della perdita di infiltrazione nel suolo risulta di primaria importanza la definizione delle precipitazioni efficaci, che rappresentano la quantità di acqua che rimane disponibile per la ricarica del bacino imbrifero dopo le perdite dovute all' evapotraspirazione.

Dal punto di vista analitico le precipitazioni efficaci possono essere espresse come segue:

$$PE = P - Er$$

dove PE sono le precipitazioni efficaci, P le precipitazioni reali ed Er l' evapotraspirazione reale.

L' evapotraspirazione e la sovrapposizione di due distinti fenomeni, uno fisico, ossia l' evaporazione ed uno biologico, ossia la traspirazione, che avviene ad opera della copertura vegetale.

L' evapotraspirazione può essere determinata tramite alcune espressioni empiriche, tra cui le più utilizzate c'è quella di Thornthwaite (1957).

La formula di Thornthwaite fornisce invece sia l'evapotraspirazione potenziale mensile sia quella reale mediante un bilancio mensile. L'evapotraspirazione potenziale si ottiene in questo caso utilizzando solo i dati termometrici, introducendo però anche una correzione di latitudine

$$Epi = 1.6 \times (10t / TE)^\alpha$$

dove t è la temperatura media mensile in °C, TE è un indice di efficienza della temperatura dato dalla sommatoria dei dodici indici di calore mensili;

$$TE = Si_m = 57,49 \quad (\text{anno 2005})$$

dove i è l'indice di calore mensile calcolato secondo la formula

$$i = (t/5)^{1.514}$$

infine l' esponente  $\alpha$  è calcolato tramite la seguente espressione:

$$\alpha = (675 \times TE^3/10^9) - (771 \times TE^2/10^7) + (1792 \times TE/10^7) + 0.49239 = 0.3763$$

Per quello che riguarda la stazione di Monticelli è possibile rilevare che l'evapotraspirazione potenziale media annua (2006) calcolata con il metodo di Thornthwaite, è di circa **726 mm annui (1,99 mm/gg)**.

Dall'analisi dei dati ottenuti con il metodo di Thornthwaite risulta evidente che l'evapotraspirazione potenziale (Epi) risulta massima nei mesi estivi. Le precipitazioni efficaci ( $\Delta i$ ) hanno segno negativo da maggio a settembre.

Il bilancio annuo delle precipitazioni efficaci ( $\Delta i$ ) è quindi di 205 mm.

Per ottenere l' evapotraspirazione reale è necessario stabilire in modo indipendente la capacità utile del terreno considerato (u), per il calcolo è stato utilizzato il valore di 100 mm. Il valore delle riserve idriche invase ( $\Delta i$ ) è calcolato nel seguente modo

$$A_i = A_{i-1} + \Delta i$$

per  $A_i < u$ ; quando il valore di  $A_i$  diventa negativo, le riserve idriche diventano nulle, mentre la lama d'acqua negativa viene riportata come deficit idrico ( $S_i$ ).

Quando nel calcolo delle riserve idriche invasate ( $A_i$ ) veniva superato il valore di  $u$ , viene riportato il valore di 100 mm, ossia la massima capacità invasabile, la differenza ( $A_i - 100$ ) viene riportata come eccedenza idrica ( $D_i$ ), che rappresenta le risorse idriche residue dopo l' evapotraspirazione, ossia la quantità di acqua disponibile per il ruscellamento e l'infiltrazione.

L'evapotraspirazione reale ( $E_r$ ) coincide con quella potenziale per tutto il periodo umido, ossia nel periodo in cui le precipitazioni efficaci hanno segno positivo, nella stagione secca, ossia quando le precipitazioni efficaci sono negative, è data dalla differenza tra le precipitazioni del mese e la variazione delle riserve invasate ( $\Delta A_i$ ).

L' evapotraspirazione reale ( $E_r$ ) calcolata con questo metodo fornisce un valore di 558 mn annui. Da tale dato si ricava che la quantità di acqua derivante dalle precipitazioni che rimane a disposizione dopo il processo di evapotraspirazione è di circa **374 mn annui**.

L'inquadramento climatico dell'area è di fondamentale importanza in quanto viene messo in evidenza quali saranno i fattori limitanti (eccesso o difetto di acqua, estremi di temperatura, ecc...).dei quali si dovrà tenere conto.

#### **4.5 - Regime dei venti**

L'analisi della direzione e velocità dei venti è oggi di fondamentale importanza per lo studio del particolato presente nell'atmosfera tra cui gli inquinanti, e pertanto risulta essere un fattore da tenere in considerazione per eventuali approfondimenti e monitoraggi sulla concentrazione e il movimento delle particelle inquinanti nell'aria.

Per quanto riguarda il "regime dei venti" dominanti, nella Valle Padana è influenzato dalla sua conformazione orografica, risultando orientati prevalentemente con direzione O-NO / E-SE in inverno, in estate sono frequenti anche le direzioni da E-SE: l'intensità media di tali venti è generalmente debole, circa 8-20 km/h con massimi di 50 – 80 Km/h. I mesi più ventosi sono marzo e aprile mentre invece si ha stagnazione ad agosto e novembre. I venti occidentali sono i più impetuosi ed irregolari.

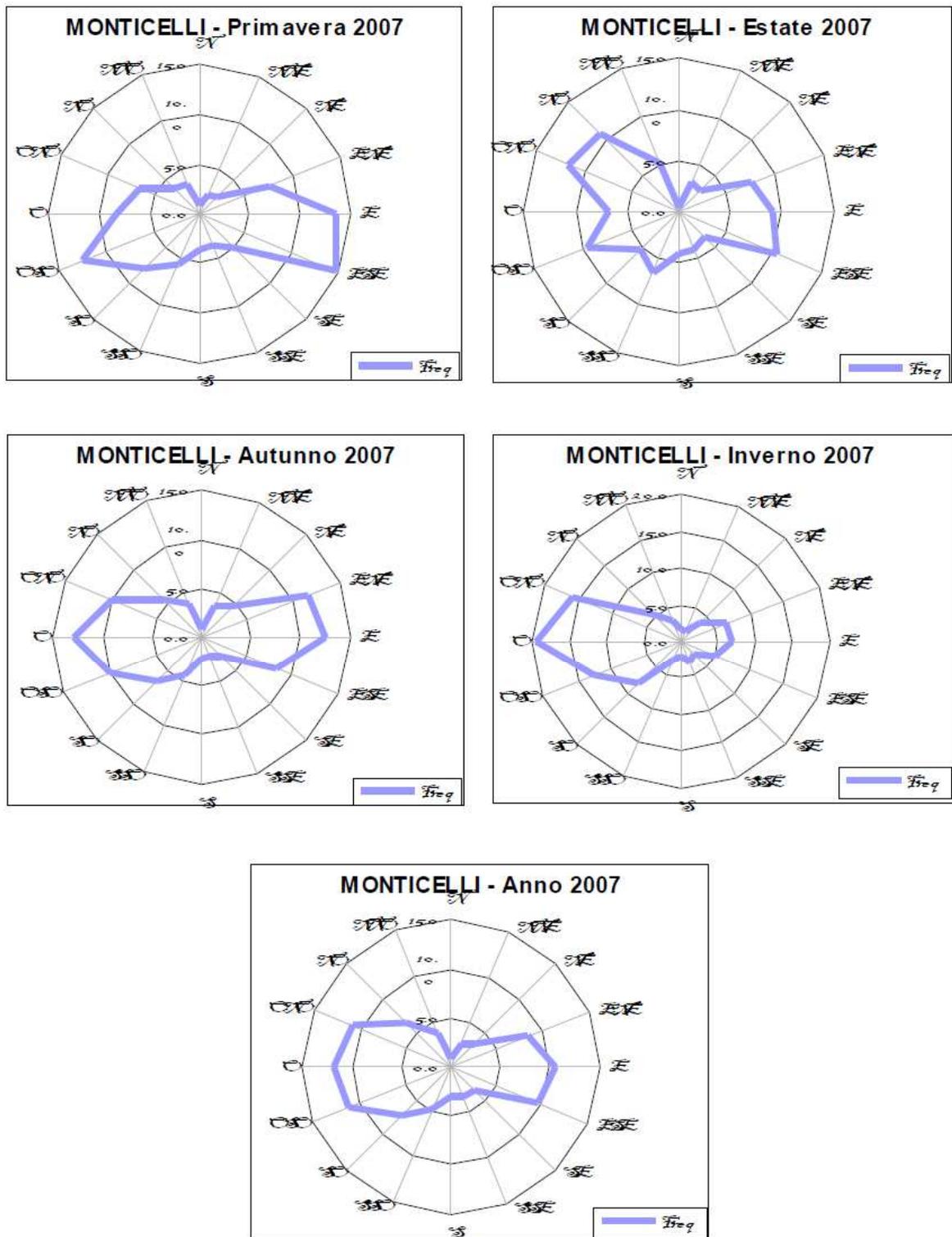
Talora, lungo la fascia pedecollinare allo sbocco delle valli appenniniche nella Val padana, si possono sommare alle frequenze dominanti, frequenze secondarie di provenienza N-NE/S-SO, pressochè coincidenti con l'asse delle principali valli appenniniche: le brezze di valle e di monte, avvertibili soprattutto nel trimestre estivo, sono generalmente di intensità molto debole con velocità inferiori ai 2 m/sec.

Sono stati riportati alcuni dati molto recenti (anno 2007 e anno 2008) relativi a velocità e direzione dei venti registrati nella stazione meteorologica di Monticelli, distante in linea d'aria dall'area oggetto d'intervento circa 7 Km.

<b>MONTICELLI</b>					
	Pri	Est	Aut	Inv	Anno
N	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7
NNE	1.3	1.1	0.9	1.0	1.0
NE	0.9	1.2	0.8	0.9	1.0
ENE	1.9	1.6	1.7	1.6	1.7
E	2.3	2.0	2.0	2.3	2.2
ESE	2.5	1.9	1.9	1.7	2.0
SE	2.1	1.3	1.6	1.2	1.5
SSF	1.7	2.1	0.8	0.7	1.3
S	1.4	2.5	0.9	1.0	1.5
SSO	1.1	1.6	0.6	1.0	1.1
SO	1.4	1.3	1.0	1.0	1.2
OSO	1.8	1.4	1.4	1.5	1.5
O	2.3	2.1	2.3	2.7	2.3
ONO	1.6	1.9	2.0	1.9	1.9
NO	1.2	1.6	1.5	1.2	1.4
NNO	1.1	1.3	1.1	0.9	1.1
totale	1.6	1.6	1.3	1.3	1.5

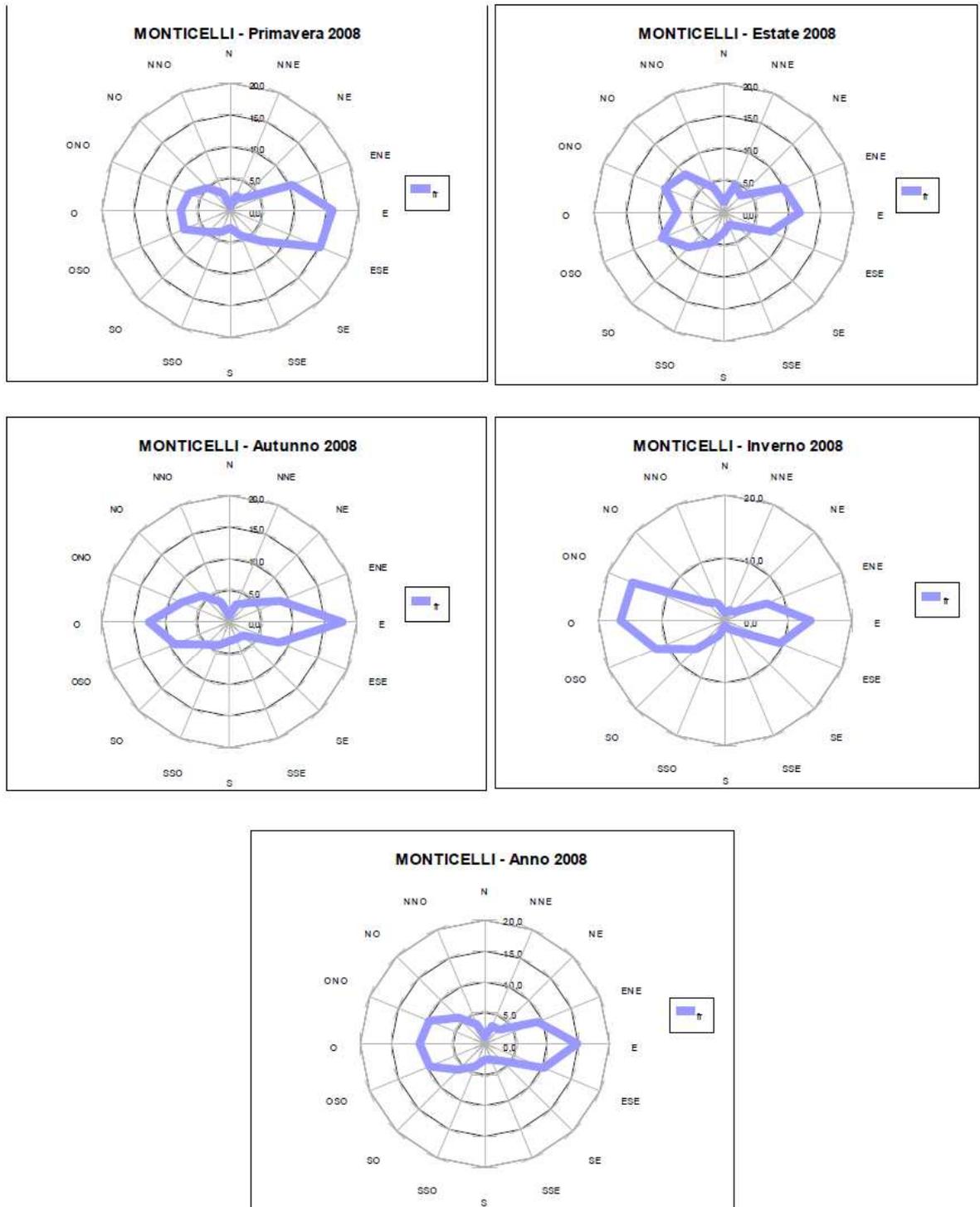
<b>MONTICELLI</b>					
	Pri	Est	Aut	Inv	Anno
N	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6
NNO	1,3	1,2	0,9	0,9	1,1
NO	1,5	1,5	2,0	1,3	1,6
ONO	2,4	1,8	1,7	1,8	2,0
O	2,6	1,8	1,7	1,9	2,0
OSO	2,1	1,6	1,5	1,0	1,5
SO	1,7	1,2	1,0	0,9	1,2
SSO	1,3	1,5	1,7	0,8	1,3
S	2,0	2,1	2,0	0,8	1,7
SSE	1,6	1,4	2,3	0,4	1,4
SE	2,2	1,5	1,8	1,3	1,7
ESE	2,5	1,8	2,1	2,4	2,2
E	2,8	1,9	2,8	1,9	2,4
ENE	2,1	1,5	1,8	1,9	1,8
NE	1,2	0,9	0,9	0,8	1,0
NNE	1,7	1,2	1,1	1,1	1,3
totale	1,8	1,5	1,6	1,2	1,5

Fig. 4.3



Monticelli, anno 2007. Distribuzione di frequenza delle direzioni di provenienza del vento.

Fig. 4.4



Monticelli, anno 2008. Distribuzione di frequenza delle direzioni di provenienza del vento.

Fig. 4.5

I grafici e le tabelle (Fig 4.4, Fig 4.5 e Fig 4.6) mettono in evidenza una predominanza di direzioni dei venti prevalentemente da Est e Ovest in tutte e quattro le stagioni dell'anno. Le direzioni da est prevalgono nei mesi primaverili ed estivi mentre le direzioni da ovest sono prevalenti nei mesi invernali. Le direzioni dai quadranti di Nord e Sud sono quasi del tutto assenti.

## **5.0 – QUADRO IDROGEOLOGICO**

### **5.1 – Premessa**

Gli aspetti idrogeologici risultano di primaria importanza ai fini del presente studio, in quanto, in via preliminare, è possibile ritenere che le principali preoccupazioni legate all'intervento in progetto riguardino essenzialmente quelle connesse alle potenziali modificazioni quali-quantitative delle acque sotterranee e dell'assetto idrogeologico.

In funzione di ciò si è ritenuto opportuno approfondire alcuni temi, producendo apposite cartografie tematiche riguardanti gli aspetti idrogeologici.

Il territorio in oggetto è caratterizzato dalla presenza in superficie di depositi limoso-argillosi di spessore variabile (da qualche metro fino ad oltre 10 m) che ricoprono strati sabbioso-ghiaiosi.

In considerazione della finalità dello studio, particolare attenzione è stata rivolta anche alla valutazione dei livelli piezometrici della falda rispetto al piano campagna.

Nel corso dei sopralluoghi condotti le misure freatiche hanno accertato che la locale falda freatica presenta una direzione media di flusso prevalente verso Est-Nord-Est E.

Per quanto riguarda la "falda freatica", il materasso sabbioso-ghiaioso che costituisce il substrato dell'area in esame, ospita un acquifero più o meno direttamente interconnesso con il subalveo del Fiume Po.

La soggiacenza della falda è variabile approssimativamente da 1.50 ai 2.00 m ca di profondità dal piano campagna (rif. indagini geognostiche eseguite in sito in data 30/05/2011).

## **5.2 - Vulnerabilità degli acquiferi**

La vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento rappresenta un indicatore ambientale di suscettibilità delle falde idriche al carico antropico esistente.

Secondo la definizione più recente di Civita (1987) la vulnerabilità rappresenta “la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti e componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido o idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell’acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo”.

La definizione del grado di vulnerabilità dell'areale indagato è stata determinata attraverso la sintesi d'intersezione delle tematiche di analisi.

In particolare nella valutazione del grado di vulnerabilità hanno peso preponderante:

1. l'idro-litologia (tipo e grado di permeabilità verticale ed orizzontale), che determina la velocità di percolazione dell'inquinante e l'azione di attenuazione insita nei diversi terreni (capacità d'epurazione, filtrazione, adsorbimento, degradazione chimica e biologica, ecc.);
2. il tipo e lo spessore di un'eventuale copertura a bassa permeabilità che costituisca un elemento di protezione per l'acquifero sottostante;
3. la soggiacenza della superficie piezometrica media dell'acquifero (spessore della zona insatura) direttamente proporzionale all'azione di attenuazione dell'inquinante operata dai terreni;
4. la posizione della superficie piezometrica (indisturbata o depressa da eventuali captazioni) nei confronti di corsi d'acqua naturali ed artificiali, quali veicoli d'inquinanti;
5. le caratteristiche idrauliche dell'acquifero (falda a pelo libero o in pressione).

La realizzazione di una carta della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi è basata essenzialmente sullo studio di tre parametri in particolare: 1) **Litologia di superficie**, 2) **Profondità del tetto delle ghiaie** e 3) **Suddivisione tra falde a pelo libero e in pressione**.

La metodologia utilizzata, derivata dagli "Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi" (GNDCI-CNR; M.VV., 1988), esplicita diversi gradi di suscettibilità all'inquinamento sulla base delle possibili combinazioni tra i suddetti fattori geologici e idrogeologici.

### *Litologia di superficie*

La litologia considerata e riportata in carta si riferisce a quanto rilevato a 1 m di profondità dal piano campagna. Sono stati distinti i seguenti termini litologici :

- argille prevalenti;
- limi prevalenti;
- sabbie prevalenti;
- ghiaie.

Nell'area in esame il quadro della litologia superficiale, quale mezzo d'interscambio idrico tra il sistema acquiferi e l'ambiente esterno, mette in evidenza una distribuzione spaziale di differenti classi granulometriche.

In Tav 03 è rappresentata la litologia di superficie del territorio, il tracciato è interessato dalla presenza di prevalenti litologie argillose e argilloso-limose superficiali . Sono questi terreni che risultano permeabili e parzialmente permeabili con coefficiente di permeabilità  $K < 1 \cdot 10^{-6}$  cm/s.

### *Profondità del tetto delle ghiaie o sabbie*

I terreni sabbiosi ed i terreni tendenzialmente ghiaiosi, per l'alta permeabilità primaria, l'elevato coefficiente d'immagazzinamento e l'estensione spaziale, costituiscono importanti serbatoi idrici.

Al fine di valutare correttamente il grado di vulnerabilità degli acquiferi occorre pertanto considerare anche la profondità di tali serbatoi e l'eventuale spessore di copertura fine a protezione. In base alla metodologia adottata dalla Regione Emilia Romagna si è fatto riferimento alle seguenti classi di profondità.

- 0 – 5 m
- 5 – 10 m
- 10 – 15 m
- 15 – 25 m
- 25 m

Il tetto dell'orizzonte poroso e permeabile è stato valutato prendendo in considerazione stratigrafie di pozzo esistenti e dati ottenuti attraverso indagini geognostiche, in modo particolare trincee geognostiche.

Attraverso la costruzione di profili stratigrafici è stata possibile ricavare direttamente la profondità del tetto delle ghiaie o delle sabbie. Tale profondità risulta essere variabile tra 3 e >10/20 m dal p.c.

#### *Caratteristiche idrauliche delle falde*

Nell'area in esame le falde presentano le seguenti caratteristiche:

- nella zona insistono falde prevalentemente confinate
- il Fiume Po esercita in condizioni normali di deflusso un'azione prevalentemente drenante dei sistemi acquiferi.
- la soggiacenza della superficie piezometrica si mantiene ad una profondità variabile sul territorio da 2 m a 5 m di profondità dal piano campagna.

#### *Analisi del grado di Vulnerabilità*

Riassumendo quanto appena esposto nel territorio comunale a seconda delle aree abbiamo:

1. *Litologia di superficie: da argille limose e argillo-sabbiose*
2. *Profondità del tetto delle sabbie/ghiaie: variabile a seconda delle zone da 2 a >10 m dal piano campagna*
3. *Tipologia della falda: confinate*

Inserendo i dati riferiti alle varie aree (litologia di superficie, profondità tetto ghiaie/sabbie) all'interno del sottostante schema è possibile individuare le seguenti classi di vulnerabilità presenti. Per l'ubicazione dettagliata delle aree vulnerabili sul territorio si rimanda alla apposita Tavola 04.

	Litologia di superficie	Profondità del tetto delle ghiaie	Caratteristiche dell'acquifero	Condizioni idrauliche
<b>Molto elevato</b>	ghiaia	0 m	Falda a pelo libero	Alvei fluviali e torrentizi
<b>Elevato</b>	Sabbia e ghiaia	< 10 m	Falda a pelo libero	
<b>Alto</b>	Sabbia e ghiaia	< 10 m	Falda in pressione	
<b>Medio</b>	Argilla	< 10 m	Falda a pelo libero o in pressione	
	Limo	< 10 m	Falda a pelo libero o in pressione	
	sabbia	> 10 m	Falda a pelo libero o in pressione	
<b>basso</b>	Argilla	< 10 m	Falda a pelo libero o in pressione	
	Limo	> 10 m	Falda in pressione	
	sabbia	> 10 m	Falda in pressione	

*Schema di attribuzione delle classi di vulnerabilità.*

## **6.0 - ASPETTI PEDOLOGICI, AGRO-VEGETAZIONALI E FAUNISTICI DELL' AREA**

L'attività principale della zona, come già accennato, è quella agricola, con aziende di piccole dimensioni. L'indirizzo produttivo prevalente è cerealicolo con la presenza anche di colture industriali. Risultano assenti appezzamenti coltivati a frutteto e a vigneto.

Gli appezzamenti si presentano regolari, a giacitura piana e comoda viabilità; il tutto favorisce la lavorabilità dei terreni e l'esecuzione meccanica delle operazioni colturali.

Il territorio si presenta fortemente antropizzato e le successioni degli interventi agronomici, fatta di trattamenti meccanici, chimici e irrigui, hanno determinato non soltanto la produttività delle colture, ma influito in modo diretto anche sulla convivenza delle specie coltivate con la vegetazione naturale, generalmente indesiderata, che si usa dire "infestante".

Le formazioni lineari che delimitano la proprietà, canali e fossi, sono composte spesso da vegetazione alloctona su cui prevale l'esotica e invadente robinia (*Robinia pseudoacacia*) e in misura minore, l'ailanto (*Ailanthus altissima*) in grado di approfittare

delle condizioni eutrofiche del terreno agricolo circostante e del degrado della vegetazione autoctona ad opera dei reiterati tagli e ceduzioni avvenuti in passato su siepi e boschetti.

Lungo il T.te Chiavenna si rileva un'importante fascia vegetazionale che funge da riparo e da luogo di riproduzione per la fauna, specialmente quella avicola.

Per completare il quadro vegetazionale sono da rilevare presenze di individui arborei isolati nella campagna, soprattutto ai confini particellari quali noci, aceri, ciliegi la cui importanza ecologico-paesaggistica è da considerarsi di scarso interesse.

L'unico ambiente caratterizzabile è, quindi, di tipo antropogeno, in quanto gli ecosistemi naturali sono quasi del tutto scomparsi a seguito della forte pressione delle colture agricole specializzate, che ha avuto come conseguenza l'azzeramento di tutte le nicchie ecologiche esistenti fino a pochi decenni orsono.

Il passaggio del sistema agricolo tradizionale a maglia stretta, al sistema intensivo moderno a maglia larga, caratterizzato dal sistematico e massiccio uso di sostanze chimiche, ha determinato la scomparsa di molte delle specie animali e vegetali autoctone, incapaci di reggere alla trasformazione del territorio agricolo tradizionale.

A tal proposito si veda la Carta dell'uso reale del suolo in cui è evidenziata una immagine da satellite molto recente dell'intero territorio comunale fotografata tra il 2003 e il 2004. Tale immagine a semplificato il lavoro di assegnazione alle diverse realtà presenti delle classi principali di utilizzo del suolo.

La Tavola 02 "Carta dell'uso reale del suolo" evidenzia in modo dettagliato la suddivisione del territorio in base all'utilizzo a (vedi estratto dalla Legenda di Tav 02 di seguito riportata):

## LEGENDA

 Tracciato linea ferroviaria in progetto	 Insediamento "Magna Park di Monticelli d'Ongina"
 Tracciato linea ferroviaria esistente	
 5112 Ac Canali e idrovie	 1331 Qc Cantieri e scavi
 5111 Af Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	 1321 Qq Discariche e depositi di cave, miniere e industrie
 5121 An Bacini naturali	 1332 Qs Suoli rimaneggiati e artefatti
 5113 Ar Argini	 1225 Re Reti per la distribuzione e produzione dell'energia
 5114 Av Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	 1226 Ri Reti per la distribuzione idrica
 5123 Ax Bacini artificiali	 1221 Rs Reti stradali
 3113 Bs Boschi a prevalenza di salici e pioppi	 2121 Se Seminativi semplici irrigui
 2212 Cf Frutteti	 2123 So Colture orticole
 2231 Cp Pioppeti colturali	 2122 Sv Vivai
 2211 Cv Vigneti	 3232 Ta Rimboschimenti recenti
 1111 Eo Tessuto residenziale compatto e denso	 3231 Tn Vegetazione arbustiva e arborea in evoluzione
 1120 Ed Tessuto residenziale discontinuo	 4110 Ui Zone umide interne
 1112 Er Tessuto residenziale rado	 1426 Va Autodromi
 1211 Ia Insediamenti produttivi	 1430 Vm Cimiteri
 1212 Ic Insediamenti commerciali	 1411 Vp Parchi e ville
 1213 Is Insediamenti di servizi	 1422 Vs Aree sportive
 2310 Pp Prati stabili	 1412 Vx Aree incolte urbane
 1311 Qa Aree estrattive attive	 2430 Ze Aree con colture agricole e spazi naturali importanti
	 2420 Zo Sistemi colturali e particellari complessi

## 7.0 – CONSIDERAZIONI SISMOTETTONICHE

Per effetto dell'entrata in vigore delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/2008) perde efficacia OPCM 3274; tuttavia, la delibera regionale 1677, ritiene comunque valida la classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia Romagna contenuta nell'Ordinanza stessa.

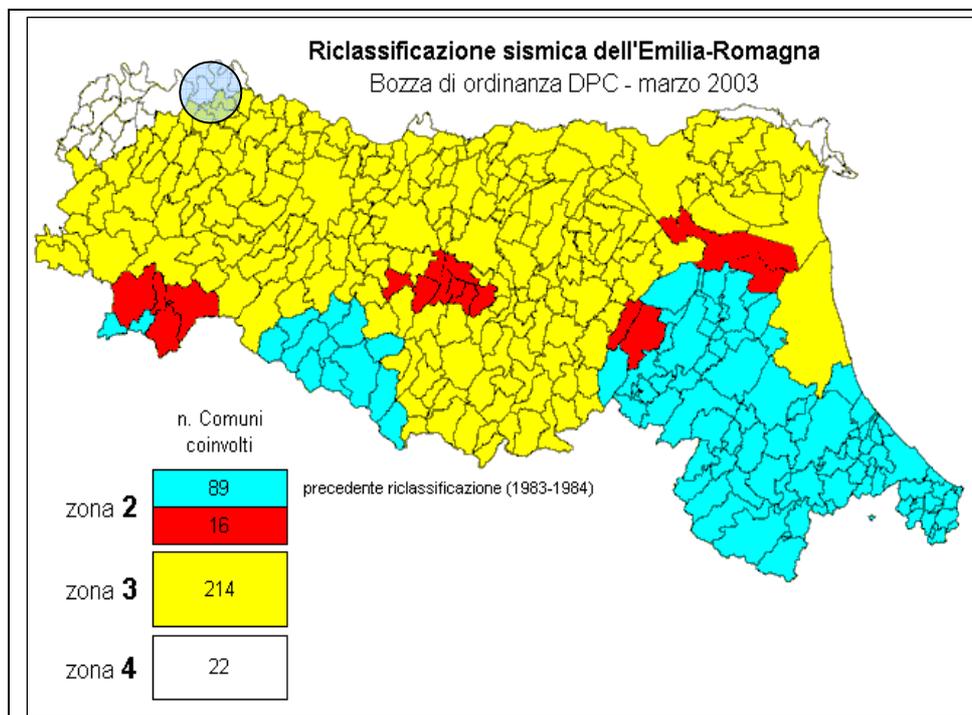
Il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone (o categorie) contraddistinte da differenti valori di PGA :

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	>0.25
2	0.15-0.25
3	0.05-0.15
4	<0.05

*Valori di PGA per le varie zone*

la zonizzazione Regionale dell'Emilia Romagna prevede invece:

- 105 Comuni appartenenti alla Zona 2
- 214 Comuni appartenenti alla Zona 3
- 22 Comuni appartenenti alla Zona 4



**Fig. 7.0.1** – Classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia Romagna

## 7.1 - Sismicità del Comune di Caorso (PC)

Il territorio della Provincia di Piacenza è suddiviso in 48 comuni:

- 30 Comuni appartenenti alla Zona 3
- 18 Comuni appartenenti alla Zona 4

Secondo la carta di macrozonazione della Regione Emilia Romagna (cfr. *Classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia Romagna*), il **Comune di Caorso (PC)** appartiene alla **Zona 4** (Zona a sismicità bassa); L'accelerazione massima di riferimento, secondo la classificazione, raggiunge valori massimi di PGA minori di **0,05 g**.

Per quanto concerne il **Comune di Caorso (PC)** la Deliberazione dell'Assemblea Legislativa n° 112 – Oggetto n° 2131 del 02/05/2007 indica il valore della accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per  $T=0$ . Essa è espressa in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$  e risulta essere pari a **0,092g**. (Rif. ALLEGATO A4 – Tabella 2 della Deliberazione dell'Assemblea Legislativa n° 112 – Oggetto n° 2131 del 02/05/2007 – “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione Territoriale ed Urbanistica”).

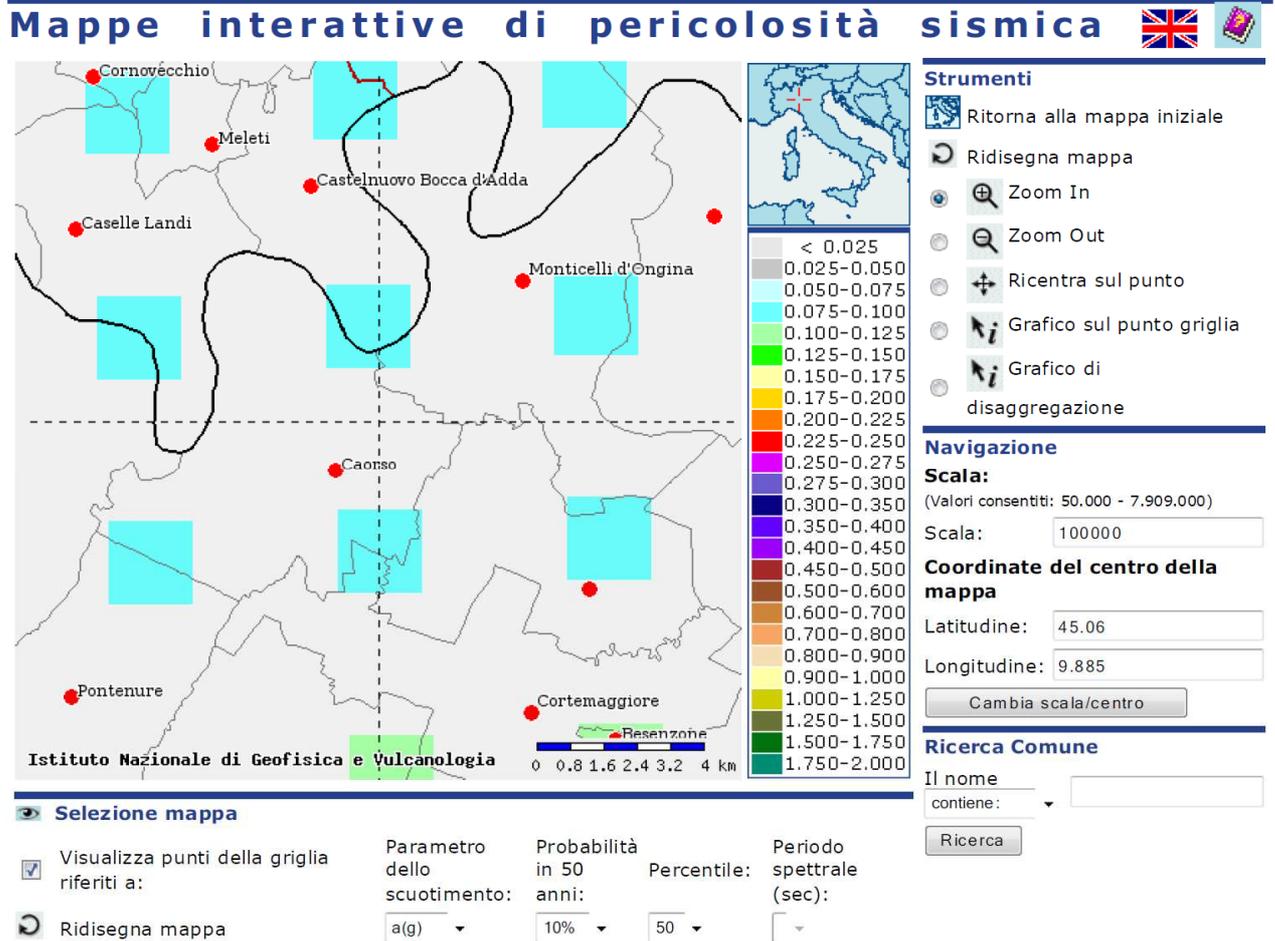
Le Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 14.1.2008 hanno modificato le modalità di valutazione delle azioni di progetto. In particolare, l'azione sismica è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Le nuove norme tecniche forniscono le forme spettrali in funzione dei tre parametri:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento (cfr.: *Mappatura dell'accelerazione orizzontale massima del terreno ( $a_g$ ) con tempi di ritorno di 475 anni*), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni). La pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia (<http://esse1.mi.ingv.it/>) e di seguito schematizzati.

Le coordinate di riferimento dell'area oggetto di intervento sono: Latitudine **45,0607**  
Longitudine **9,8857**.



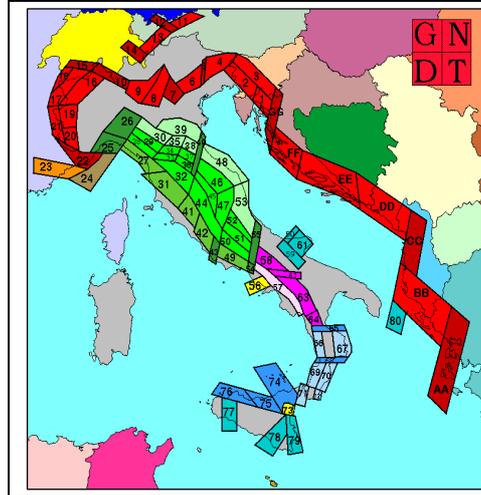
I valori dei principali parametri sismici ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ) riferiti all'area in oggetto sono esplicitati nella seguente tabella:

Stato limite	$T_R$ (anni) (anni)	$a_g$ (g) (g)	$F_0$ (-) (-)	$T_c^*$ (s) (s)
<b>Operatività SLO</b>	<b>30</b>	0,335	2,54	0,21
<b>Danno SLD</b>	<b>50</b>	0,405	2,57	0,23
<b>Salvaguardia vita SLV</b>	<b>475</b>	0,905	2,56	0,30
<b>Prevenzione collasso SLC</b>	<b>975</b>	1,145	2,57	0,31

Valori dei parametri sismici  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  secondo Tempi di ritorno  $T_R$  variabili

## 7.2 – Cenni sulla sismicità storica del territorio padano nelle zone limitrofe a Caorso

Dalla recente Zonizzazione sismogenetica ZS 4 il territorio comunale è ubicato nella zona ZS 26.



Dall'interrogazione del "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani" CPTI04 (Gruppo di Lavoro CPTI, 1999, 2004- ING, GN, DT, SGA, SSN, Bologna, 1999) per un intorno significativo dell'area in esame (un raggio di 50 Km con centro lat. 45,0607 e long. 9.8857) sono stati identificati 26 eventi significativi dei quali si riportano alcuni dati nella tabella di seguito allegata, l'evento principale presenta una magnitudo equivalente pari a 5,62.



### CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI

#### CPTI04 - Risultato dell'interrogazione per parametri

Interrogazione effettuata sui seguenti parametri:

Area circolare con centro C (45.06, 9.88) e raggio 50 km

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	TW	Mas	Das	TS	Msp	Dsp	ZS9	TZ	Ncft	Nnt	Ncpt	
59	DI	1276	7	28	18	30		Italia settent.	CPTI	10	55	60	M	45.08	9.55	A	5.11	0.12		4.71	0.18		4.91	0.17	911	G	119	516	59	
74	DI	1303	3	22	23			PIACENZA	DOM	1	55	55		45.052	9.693	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	911	G		517	74	
113	DI	1383	7	24	20			PARMA	DOM	7	55	55		45.058	9.915	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	911	A		597	113	
130	DI	1409	11	15	11	15		Parma	CPTI	5	70	60	M	44.8	10.33	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G	173	598	130	
144	DI	1438	6	11	20			Parmense	CPTI	12	80	80		44.85	10.23	A	5.62	0.17		5.47	0.26		5.61	0.26	913	G	181	599	144	
221	DI	1522	10	5	8			CREMONA	DOM	7	55	55		45.136	10.024	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19			2011	221		
264	DI	1572	6	4	22			PARMA	DOM	8	70	70		44.851	10.422	A	5.13	0.23		4.74	0.34		4.93	0.32	913	A		604	264	
333	DI	1628	11	4	15	15		PARMA	DOM	8	70	70		44.801	10.329	A	5.17	0.30		4.80	0.45		4.99	0.42	913	G		608	333	
501	DI	1732	2	27				PARMA	DOM	1	60	60		44.801	10.329	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		611	501	
511	DI	1738	11	5	30			PARMA	DOM	10	70	70		44.906	10.028	A	5.40	0.20		5.15	0.30		5.31	0.28	913	G		612	511	
589	DI	1774	3	4				PARMA	DOM	2	60	60		44.801	10.329	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		613	589	
647	DI	1786	4	7				PIACENZA	DOM	8	70	65		45.298	9.595	A	5.31	0.16		5.01	0.24		5.18	0.22	911	A		522	647	
686	DI	1799	5	29	19			CASTENEDOLO	DOM	12	65	65		45.403	10.271	A	5.06	0.18		4.64	0.27		4.84	0.25	906	G		256	686	
694	DI	1802	5	12	9	30		Valle dell'Oglio	CPTI	66	85	80		45.42	9.85	A	5.67	0.09		5.54	0.13		5.54	0.13	907	G	355	289	694	
780	DI	1829	9	6	19	30		CREMONA	DOM	2	65	65		45.136	10.024	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45			2034	780		
1103	DI	1885	2	26	20	48		SCANDIANO	DOM	78	60	60		45.208	10.169	A	5.22	0.10		4.88	0.15		5.06	0.14			622	1103		
1124	DI	1886	10	15	2	20		COLLECCHIO	DOM	44	60	60		44.75	10.306	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		623	1124	
1523	CP	1910	1	23	1	50		PONTE DELL'OLIO	POS85					44.9	9.633		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	911	G		525	1523	
1664	CP	1918	1	13	12			LODI	POS85	45				45.333	9.5		4.86	0.14		4.34	0.21		4.56	0.19	911	A		2086	1664	
1931	CP	1937	9	17	12	19	5	PARMA OVEST	POS85	60				44.8	10.3		4.56	0.11		3.89	0.17		4.15	0.16	913	G		632	1931	
1960	CP	1940	5	1	9	36	5	NOCEATO	POS85	50				44.8	10.183		4.89	0.14		4.39	0.21		4.61	0.19	913	G		634	1960	
2054	DI	1951	5	15	22	54		LODIGIANO	DOM	126	60	65		45.254	9.55	A	5.24	0.07		4.91	0.11		5.09	0.10	911	A		2113	2054	
2303	DI	1971	7	15	1	33	23	Parmense	CPTI	228	80	75	M	44.82	10.35	A	5.61	0.07		5.45	0.10		5.59	0.10	913	G	536	641	2303	
2339	CP	1974	4	15	21	49	12	PIONE	POS85	55				44.65	9.683		4.64	0.12		4.01	0.18		4.26	0.17	915	G		594	2339	
2417	CP	1980	12	23	12	1	6	VERNASCA	POS85					44.817	9.85		5.03	0.18		4.60	0.27		4.80	0.25	913	G		643	2417	
2437	DI	1983	11	9	16	29	52	Parmense	CPTI	836	70	65		44.765	10.27	A	5.10	0.18		0	4.99	0.06		5.16	0.05	913	G		2435	

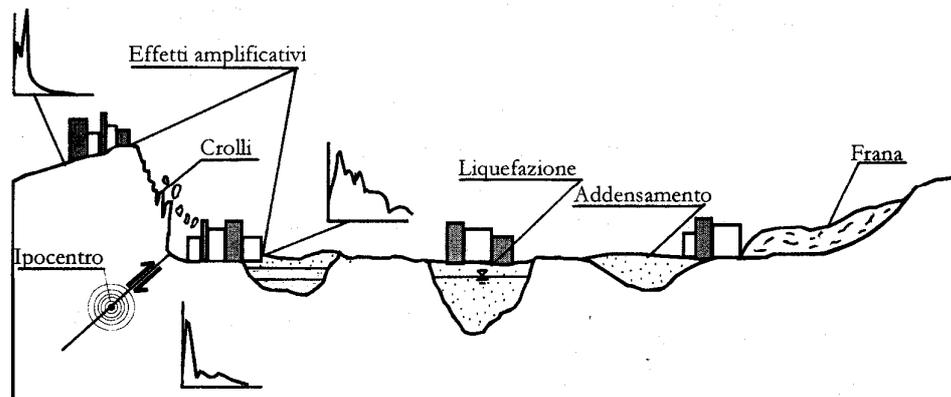
Numero di record estratti: 26

### 7.3 – Effetti di sito

Per quanto riguarda la stima dell'amplificazione sismica, va sottolineato che essa dipende principalmente da fattori litologici, geomorfologici e stratigrafici locali i quali possono modificare le caratteristiche del moto sismico, filtrando le onde nel passaggio dal bedrock alla superficie.

L'effetto di filtraggio conduce ad una redistribuzione dell'energia con l'amplificazione del moto vibratorio associato ad alcune frequenze.

I principali effetti di sito sono sintetizzati nella seguente figura la quale mette in relazione l'eventuale pericolosità sismica locale con la vulnerabilità dell'area intesa come morfologia, litologia e idrogeologia.



**Fig. 7.1-** Possibili effetti locali indotti da un evento sismico (Da Crespellani, T. 1999)

Data la bassa sismicità dei due territori comunali, l'assenza di particolari effetti di sito quali: effetti topografici, effetti litologici sulle aree in oggetto, è stata condotta un'analisi sismica qualitativa al fine di evidenziare soprattutto la stratigrafia dei terreni del sottosuolo ed eventuali passaggi litologici. Essa è illustrata in apposite schede in allegato.

### 8.0 - INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di valutare la natura litostratigrafica e la consistenza geotecnica del sottosuolo dell'area oggetto del presente studio, sono state utilizzate n° 2 prove penetrometriche statiche eseguite direttamente dallo scrivente in data 30 Maggio 2011 all'interno del lotto in oggetto e n° 4 prove penetrometriche statiche eseguite direttamente dallo scrivente in data 8 Settembre 2010 in merito alla realizzazione di un nuovo fabbricato per lo stoccaggio di foraggi ubicato all'interno dell'area in oggetto (vedi "Carta dell'ubicazione delle indagini geognostiche" a tergo allegata).

Si è quindi proceduto all'esecuzione di N° 2 Prove Penetrometriche Statiche CPT utilizzando un PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (meccanico) da 10 tonni le cui caratteristiche standard (a Norme A.G.I.) sono:

- lunghezza aste 1 m
- peso fisso "esterno" 10 kg
- peso totale aste 6.5 kg/m
- peso aste interne 1.38 kg/m
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm/sec} (\pm 0.5 \text{ cm/sec})$

Le dimensioni della punta/manicotto "Begemann" (ISMMFE 1974) sono:

- diametro di base del cono = 35.7 mm
- area della punta conica  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono =  $60^\circ$
- superf. laterale manicotto  $A_m = 150 \text{ cm}^2$
- lungh. manicotto  $h = 133 \text{ mm}$
- diametro del manicotto = 35.7 mm

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno velocità costante ( $v = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$ ).

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico. La punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").

Nei diagrammi e Tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- $R_p$  (Kg/cm<sup>2</sup>) = resistenza alla punta (conica)
  - $R_L$  (Kg/cm<sup>2</sup>) = resistenza laterale (manicotto)
- (la "resistenza alla punta"  **$R_p$**  e la "resistenza laterale"  **$R_L$**  sono rilevate a intervalli regolari di 20 cm).

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento dei terreni attraversati, in base al rapporto  $R_p/R_L$  fra la "resistenza alla punta" e la "resistenza laterale" del penetrometro (BEGEMANN 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di  $R_p$  e del rapporto  $FR = (R_L/R_p) \%$  (esperienze di SCHMERTMANN - 1978).

Le Prove sono state eseguite alla quota del piano campagna esistente ed entrambe hanno raggiunto la profondità massima di -9.80 m. dal p.c .

I diagrammi penetrometrici riportati in allegato, hanno confermato il fatto di trovarci di fronte ad una discreta omogeneità (vedi Tabelle e diagrammi allegati).



*Dettaglio delle prove penetrometriche statiche CPT effettuate*

### **8.1 - Stratigrafia e parametri geotecnici**

I valori di resistenza penetrometrica sono stati elaborati tramite specifici programmi di calcolo, in grado di determinare i parametri geotecnici in base alle relazioni semiempiriche riconosciute.

Di seguito è riportata sinteticamente la stratigrafia tipo ricavata dall'analisi delle prove eseguite:

#### ***Stratigrafia tipo***

- Terreno riporto si sviluppa dal piano campagna fino ad una profondità massima di circa -0,40 m; tale livello rappresenta il terreno di riporto di natura prevalentemente argillosa e ghiaiosa che dovrà essere oltrepassato in fase di posa delle fondazioni, in quanto risulta essere quello in cui si osservano le peggiori caratteristiche geotecniche. Inoltre essendo il più superficiale è soggetto alle variazioni climatiche stagionali (ex. gelo-disgelo).

- **Livello A** è stato rilevato fino ad una profondità variabile da -3,0 a -4,0 m da p.c.; esso risulta costituito da prevalenti argille, argille sabbioso limose; in questo strato si osservano resistenze penetrometriche mediamente comprese tra 8 e 35 Kg/cm<sup>2</sup>. Le caratteristiche litologiche prevalenti evidenziano in questi strati un comportamento prevalentemente coesivo (argille e argille limo sabbiose) che presenta, in linea di massima, caratteristiche geotecniche da mediocri a discrete.

- **Livello B** si intercetta fino al fondo del sondaggio; esso risulta costituito da prevalenti sabbie e sabbie limose, ma dalle caratteristiche geomeccaniche variabili per la presenza di intercalazioni di depositi limo-argillosi; in questo strato si osservano resistenze penetrometriche mediamente maggiori di 50 Kg/cm<sup>2</sup> con punte di oltre 100 kg/cm<sup>2</sup>. Le caratteristiche litologiche prevalenti evidenziano in questi strati un comportamento prevalentemente incoerente (sabbie) che comunque presenta, in linea di massima, buone caratteristiche geotecniche.

## **8.2 - Modello geotecnico generale**

Alla luce delle caratteristiche del terreno presente nell'area oggetto di questo studio, considerati i risultati delle prove penetrometriche eseguite, sono stati individuati 2 orizzonti fino ad una profondità di circa 9,80 m dal p.c.

In linea con le prescrizioni della recente normativa (NTC 2008), ai fini della stima dei parametri geotecnici sono state utilizzate elaborazioni statistiche. In particolare, per i parametri di resistenza al taglio, è stato calcolato il valore corrispondente al 5° percentile della distribuzione della media. Tale valore (5° percentile) è stato considerato il valore caratteristico, da utilizzare nei calcoli geotecnici.

Le elaborazioni effettuate hanno consentito di individuare i seguenti livelli a comportamento omogeneo:

### **LIVELLO A**

Profondità: da -0.00 a - 3.00 m

Litologia: Deposito costituito da terreni prevalentemente argillosi o argillo-sabbiosi, a comportamento prevalentemente coesivo

*Parametri geotecnici:*

- Peso specifico ( $\gamma$ ) = 20 KN/m<sup>3</sup>
- Coesione in termini di sforzi totali ( $Cu_{progetto}$ ) = 58,8 kPa

Valore caratteristico:  $Cu_{caratteristico}$  = 88,2 kPa

**LIVELLO B**

Profondità: da -3.00 m a -9,80 m

Litologia: Deposito costituito da sedimenti prevalentemente sabbioso-  
limosi, a comportamento granulare

*Parametri geotecnici:*

- Peso specifico ( $\gamma$ ) = 19 KN/m<sup>3</sup>
- Angolo di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci ( $\varphi'_{\text{progetto}}$ ) = 32° (metodo di Cox)

Valore caratteristico:  $\varphi'_{\text{caratt}} = 37^\circ$

**9.0 – CARATTERISTICHE GEOFISICHE DEL SOTTOSUOLO**

Le informazioni generali sulla struttura stratigrafica del sottosuolo del territorio in oggetto sono state desunte dall'interpretazione di una linea sismica MASW eseguita direttamente in sito all'interno dell'area in oggetto.

Scopo dell'indagine è quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità ( $V_s$ -z). Il profilo  $V_s$ -profondità consente di ricostruire il modello sismico monodimensionale con il quale stimare gli effetti sismici propri del sito (amplificazione), come previsto dalla normativa antisismica vigente (O.P.C.M. 3274 e s.m.i, D.M. 14.09.2005, DM 14.01.2008, Eurocodice 8) e dalle linee guida della Regione Emilia-Romagna.

Nei capitoli successivi verranno descritte le modalità d'esecuzione delle misure sperimentali e l'interpretazione geofisica delle stesse. In figura si riporta l'ubicazione degli stendimenti MASW effettuati.



Figura 1: ubicazione della prova MASW effettuata.

## 9.1 – Indagine Geofisica MASW

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW si distingue in “attivo” e “passivo” (Zywicki, 1999; Park e Miller, 2006; Roma, 2006):

- 1) Nel “metodo attivo” le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).
- 2) Nel “metodo passivo” lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte

da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche “microtremori”) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche indagano bande spettrali differenti: mentre il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 50 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo), il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione nella banda di frequenza tra 4 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente al di sotto dei 30 m).

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 4 e 50 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell’andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-40 m di profondità (sempre in funzione della rigidità degli strati).

L’analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 1.5 m.

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit.

Nell’esecuzione della prova MASW attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking).

La sorgente è stata posta ad una distanza di 3, 6 e 9 m dal primo geofono (Optimum Field Parameters of an MASW Survey”, Park et al., 2005; Dal Moro, 2008).

Terminata l’indagine attiva, con la stessa configurazione geometrica si è passati alla registrazione dei microtremori (MASW passiva) acquisendo in totale 10 registrazioni di rumore, ciascuna della lunghezza di 30 s.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva e passiva:

n°	Strumentazione	Caratteristiche
1	Unità di acquisizione	sismografo GEOMETRICS “GEODE” a 24 bit
24	Geofoni verticali	“Geospace” con $f_0 = 4.5$ Hz
2	Cavi sismici	L = 120 m
1	Sorgente	Mazza battente su piattello metallico



**Figura 2:** Strumentazione utilizzata per la prova MASW.

<b>Riassunto modalità esecutive della prova MASW ATTIVA</b>	
<i>Spaziatura tra i geofoni</i>	<i>1.5 m</i>
<i>Distanza sorgente 1° geofono</i>	<i>3, 6 e 9 m</i>
<i>Tempo di campionamento</i>	<i>1.0 ms</i>
<i>Tempo di registrazione</i>	<i>2.0 s</i>

<b>Riassunto modalità esecutive della prova MASW PASSIVA</b>	
<i>Spaziatura tra i geofoni</i>	<i>1.5 m</i>
<i>Tempo di campionamento</i>	<i>4.0 ms</i>
<i>Tempo di registrazione</i>	<i>30.0 s</i>
<i>Numero di registrazioni</i>	<i>10</i>



Figura 3: Vista dello stendimento MASW.

## 9.2 – Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (KGS format file) per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (SurfSeis 2.0 della Kansas University).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. Gli spettri bidimensionali ottenuti dalle registrazioni con il metodo attivo e con quello passivo, elaborati in fasi separate, vengono successivamente combinati in modo da ottenere uno spettro unico.

In questo grafico è possibile distinguere il “modo fondamentale” delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).

Inoltre, la combinazione dei due metodi MASW consente di individuare il “modo fondamentale” delle onde di superficie nel campo di frequenze compreso tra i 4 e i 50 Hz e di ottenere informazioni sia “superficiali” che “profonde”.

Sullo spettro di frequenza viene eseguito un “picking” attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze (vedi la curva di dispersione combinata presentata in allegato).

Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l’analisi della curva di dispersione e l’ottimizzazione di un modello interpretativo.

Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon “fitting” con i valori sperimentali.

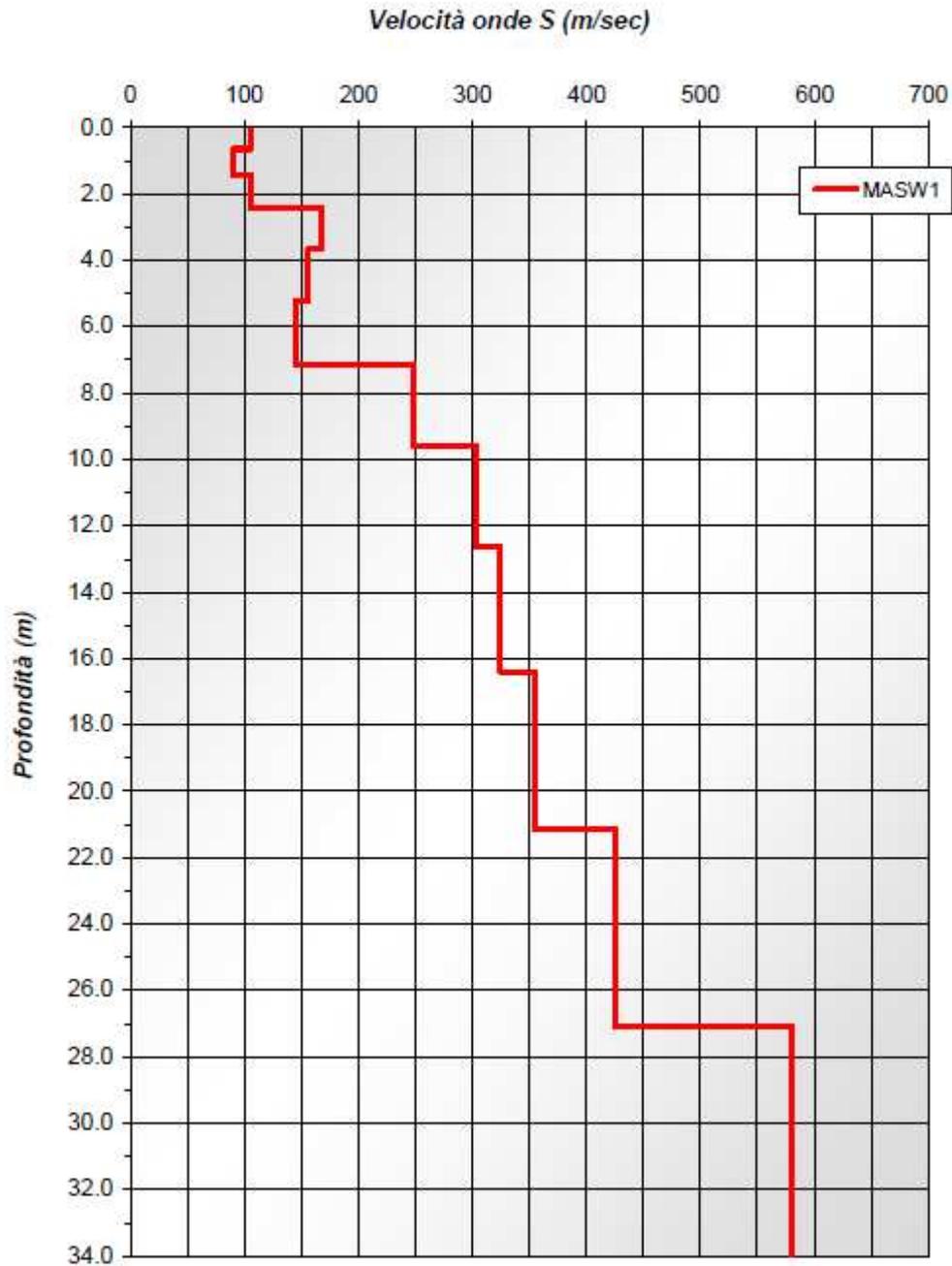
L’analisi dello spettro bidimensionale c-f consente in questo modo di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall’andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

Dall’inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell’area investigata:

<b>MASW 1</b>			
<b>Strato</b>	<b>Spessore [m]</b>	<b>Vs [m/s]</b>	<b>Profondità</b>
1	0.64	105.22	0.64
2	0.80	90.09	1.43
3	0.99	104.87	2.43
4	1.24	167.75	3.67
5	1.55	155.28	5.22
6	1.94	144.26	7.16
7	2.43	248.63	9.59
8	3.03	302.78	12.62
9	3.79	324.52	16.41
10	4.74	354.94	21.15
11	5.92	425.01	27.07
12	6.92	579.84	33.99

**Tabella 1:** modello sismico monodimensionale.

**Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion**



**9.3 – Calcolo delle Vs30**

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato nel capitolo precedente, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la “velocità equivalente” di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M.14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove Hi e Vi indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore (quota iniziale = p.c attuale) a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo B (si veda la tabella seguente).

- quota = p.c. Vs30 = **252.11 m/s<sup>2</sup>** categoria di suolo di tipo C
- quota = -2.0 m da p.c. **Vs30 = 293.55 m/s<sup>2</sup>** categoria di suolo di tipo C

	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		Vs,30 (m/s)	N <sub>SPT</sub> (colpi/30 cm)	Cu (KPa)
b				
a A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di Vs, 30 superiori a 800 m/s comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m	> 800	-	-
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con spessori di diverse decine di metri caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs, 30 compresi tra 360 e 800 m/s ovvero resistenza penetrometrica Nspt>50 e Cu>250 kPa	360 - 800	>50	>250
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argilla di media consistenza con spessori da diverse decine a diverse centinaia di metri caratterizzati da valori di Vs, 30 compresi tra 180 e 360 m/s 15<Nspt<50 e 70<Cu<250 kPa	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	Depositi di terreni granulari sciolti a poco addensati oppure da coesivi da poco a mediamente consistenti caratterizzati da valori di Vs, 30 < 180 m/s Nspt<15 e Cu<700 kPa	< 180	< 15	< 70
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali con valori di Vs, 30 simili a quelli di tipo C o D e spessore tra 5 e 20 m giacenti su un substrato di materiale più rigido con Vs, 30>800 m/s			
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità(PI>40) e contenuto d'acqua caratterizzati da Vs,30<100 m/s e 10<Cu<20kPa	< 100	-	10 - 20
S2	Depositi di terreno soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti			

## **10.0 – INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI**

### **10.1 – I° Livello di approfondimento**

La prima fase di analisi 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.).

Le più comuni caratteristiche fisiche del territorio che possono determinare effetti di sito sono le seguenti.

Depositi che possono determinare amplificazione (spessore  $\geq 5$  m):

- detriti di versante (frane, detriti di falda, detriti pluvio-colluviali, detriti di versante s.l., depositi morenici, depositi da geliflusso);
- detriti di conoide alluvionale;
- depositi alluvionali terrazzati e di fondovalle;
- accumuli detritici in zona pedemontana (falde di detrito e coni di deiezione);
- depositi fluvio-lacustri;
- riporti antropici poco addensati;
- substrato affiorante alterato o intensamente fratturato (per uno spessore  $\geq 5$  m);
- litotipi del substrato con  $V_s < 800$  m/sec.

Elementi morfologici che possono determinare amplificazione:

- creste, cocuzzoli, dorsali allungate, versanti con acclività  $> 15^\circ$  e altezza  $\geq 30$  m

Depositi suscettibili di amplificazione e cedimenti:

- depositi granulari fini con livello superiore della falda acquifera a profondità minore di 15 m dal piano campagna, con composizione granulometrica che ricade nelle fasce critiche indicate nell'Allegato A3 (figura 1) (fattori predisponesti), in riferimento alla *Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n° 112 – oggetto n° 3121 del 2 maggio 2007*;
- depositi (spessore  $\geq 5$  m) di terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori  $N_{SPT} < 15$  o  $c_u < 70$  kpa.

Aree soggette ad instabilità di versante:

- aree instabili: aree direttamente interessate da fenomeni franosi attivi;
- aree potenzialmente instabili: aree in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi (tutti gli accumuli detritici incoerenti, indipendentemente dalla genesi, con acclività > 15°; pendii costituiti da terreni prevalentemente argillosi e/o intensamente fratturati con acclività > 15°; versanti con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio; aree prossime a zone instabili che possono essere coinvolte dalla riattivazione del movimento franoso; scarpate subverticali; accumuli detritici incoerenti prossimi all'orlo di scarpate).

Elementi che possono determinare effetti differenziali, sia amplificazione che cedimenti:

- contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse;
- cavità sepolte.

Tale metodologia permette in prima analisi (**Analisi di I° Livello**) l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni morfologiche, litologiche, idrogeologiche e stratigrafiche.

In conclusione, per quanto riguarda il I° Livello di Approfondimento, non sono state individuate aree in cui sussiste il rischio di amplificazioni topografiche ne fenomeni di liquefazione.

Preso atto che il Comune di Caorso (PC) è classificato secondo la normativa vigente in Zona sismica 4, si ritiene di non procedere alla valutazione di eventuali approfondimenti sismici.

## **11.0 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Dalle osservazioni prima riportate si evince che:

- Dall'analisi della cartografia della pianificazione sovrordinata e dalle valutazioni geologico-ambientali si rileva che l'area in oggetto non è sottoposta a particolari vincoli e limitazioni.

- La successione delle diverse unità è abbastanza regolare per tutti i sondaggi eseguiti ed è caratterizzata dalla presenza di due orizzonti prevalenti: un orizzonte argilloso e argilloso sabbioso limoso fino alla profondità di -2.00/-4.00 m ca dall'attuale p.c. e da un orizzonte sabbioso e sabbioso-limoso fino alla profondità di -9.80 m da p.c. In fase di esecuzione degli scavi per l'alloggiamento delle fondazioni dovranno essere segnalate tempestivamente eventuali variazioni nella stratigrafia rilevata.

- la falda freatica è stata rilevata all'interno dei fori penetrometrici ad profondità variabile da -1.00 m a -2.00 m dall'attuale p.c. e presenta una direzione di drenaggio prevalentemente orientata verso Nord Nord Est.

- Secondo l'Ordinanza 3274 e successive, il Comune di Caorso (PC) appartiene alla Zona 4 (sismicità bassa). L'epicentro del terremoto storico più significativo ha riportato valori di Magnitudo pari a 5,5. In riferimento alla Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n° 112 – oggetto n° 3121 del 2 maggio 2007, il valore di accelerazione massima di picco al suolo, cioè per  $T = 0$ , espressa in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$  (arefg), per il comune è pari a 0.092.

- Risultati delle analisi di primo livello: Le caratteristiche fisiche dell'area in studio permettono di escludere particolari effetti di sito locali, tuttavia è da sottolineare il fatto che riporti antropici poco addensati possono aumentare il rischio di liquefazione o di densificazione nei materiali riportati.

- Dalle valutazioni delle indagini sismiche e dalle stratigrafie si rileva che il territorio in esame è classificabile ai sensi del DM 14/01/2008 come sottosuolo di tipo C in quanto presenta valori della  $V_{s30}$  variabili da 262 a 293 m/s.

- I valori riscontrati valutando i primi 10 m di sottosuolo evidenziano caratteristiche geotecniche riferibili ad una classe di suolo di tipo C.

- La suscettibilità alla liquefazione dei terreni presenti può essere considerata trascurabile in quanto  $S_{ag} = 0,092 (< 0,15g)$ .

- Il calcolo della capacità portante ammissibile in condizioni sismiche, e la relativa verifica delle strutture di fondazione alle azioni dinamiche secondo il DM 14/01/2008, è strettamente legato alla conoscenza in dettaglio dei carichi applicati e delle caratteristiche dimensionali delle fondazioni. Per tali motivi non si possono fornire i valori relativi di capacità portante dei terreni durante l'azione sismica, che andranno valutati dal progettista a seguito del dimensionamento della struttura e dei carichi applicati.

- Si dovrà porre una particolare attenzione nell'eventualità di realizzare i lavori durante periodi particolarmente piovosi per l'ingresso di acque meteoriche nello scavo, o addirittura per l'ingresso di acque presenti in intervalli livelli superficiali più permeabili. In fase di scavo sarà opportuno valutare direttamente le caratteristiche reali del terreno, così da segnalare tempestivamente eventuali anomalie o disomogeneità del piano di posa fondale.

Si lascia il compito al progettista per una razionale scelta e dimensionamento delle fondazioni da adottare per ciascun tipo di edificio: sarà in ogni caso indispensabile, in base alla normativa vigente, verificare quanto sopra in funzione delle dimensioni e dei reali carichi applicati a ciascuna opera di fondazione, eseguendo indagini geognostiche specifiche per ogni nuova futura costruzione.

Pertanto si può affermare che i contenuti della presente proposta risultano essere compatibili con il rischio sismico locale.

Piacenza, 13/06/2011

*Dott. Geol. Paolo Mancioppi*

***ALLEGATI***

- Inquadramento geografico scala 1:25000
- Inquadramento territoriale scala 1:10000
- Corografia scala 1:5000
- Planimetria catastale
- Carta Geologica a scala 1:5000
- Carta Pedologica a scala 1:5000
- Carta dell'Uso reale del suolo a scala 1:5000
- Carta piezometrica a scala 1:5000
- Carta della vulnerabilità dell'Acquifero a scala 1:5000
- Carta del PTA a scala 1:5000
- Carta della pericolosità sismica locale (PTCP 2007) a scala 1:5000
- Planimetria Generale
- Planimetria piano rialzato e primo
- Prospetti
- Sezioni
- Ubicazione indagini geognostiche
- Valori letture prova n° 1
- Diagramma resistenze ed interpretazioni litologiche prova n° 1
- Stima parametri geotecnici prova n° 1
- Ortofoto
- Allegati sismici