



REGIONE EMILIA-ROMAGNA  
PROVINCIA DI MODENA

**COMUNE DI CASTELFRANCO EMILIA**

**SECONDA VARIANTE AL  
PIANO  
OPERATIVO  
COMUNALE**

**POOC**

**APPROVAZIONE DEFINITIVA**

Adottato con Del. C.C. n° 94 del 12.05.2011

Approvato con Del. C.C. n° del

Il Sindaco  
**Stefano Reggianini**

Il Vicesindaco e Assessore all'Urbanistica  
**Giampaolo Zerri**

Il Responsabile del Procedimento  
**Geom. Gianluigi Masetti**

I Progettisti  
**Ing. Roberto Farina (OIKOS Ricerche S.r.l.)**  
**Ing. Carlo Mario Piacquadio (Comune di Castelfranco Emilia)**

Cartografia ed elaborazioni GIS  
**Geom. Antonio Conticello, Dott.ssa Roberta Benassi (Oikos Ricerche S.r.l.)**  
**Arch. Claudia Stanzani (Comune di Castelfranco Emilia)**

ValSAT - VAS (Valutazione Ambientale Strategica):  
**Dott. Valeriano Franchi (Geologia) - coord. ValSAT-VAS**  
**Ing. Alfredo Drufuca - Polinomia Srl (Mobilità e traffico)**  
**Dott. Carlo Odorici (Clima e impatto acustico)**

**L RELAZIONE GEOLOGICA  
GEOTECNICA E SISMICA**

parte 2



<b>PREMESSA</b>	<b>5</b>
<b>1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE</b>	<b>6</b>
1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
1.2 EVOLUZIONE GEOLOGICA E PALEOGEOGRAFICA	1
1.3 LITOLOGIA DI SUPERFICIE	8
1.4 GEOMORFOLOGIA	9
<b>2. ASPETTI SISMICI</b>	<b>12</b>
2.1 LA NUOVA NORMATIVA SISMICA	14
<b>3. ZONA CAPOLUOGO - AMBITI 1-9-29-42-51-54-55</b>	<b>21</b>
3.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE AMBITI 1-9-29-42-51-54-55	21
3.1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO AMBITI 1-9-29-42-51-54-55	21
3.1.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA AMBITI 1-9-29-42-51-54-55	22
3.1.3 IL RISCHIO SISMICO DEGLI AMBITI 1-9-29-42-51-54-55 NEL PSC DI CASTELFRANCO EMILIA	24
3.2 AMBITO AS1 - SUB-AMBITO RU2 - VIA DALLA VACCA	30
3.2.1 DESCRIZIONE DELL'AMBITO AS1 - SUB-AMBITO RU2	31
3.2.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE RU2	31
3.2.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE AMBITO AS1 - SUB-AMBITO RU2	36
3.3 AC.d.9 - Via Commenda e Via Larga (Tangenziale - Via Loda)	38
3.3.1 DESCRIZIONE AMBITO AC.d.9	39
3.3.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE AC.d.9	39
3.3.3 GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE AMBITO AC.d.9	45
3.4 AMBITO 42AD - TANGENZIALE VIA LODA	49
3.4.1 DESCRIZIONE SUBAMBITO 42AD	50
3.4.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE 42AD	50
3.4.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE SUBAMBITO 42AD	54
3.5 AMBITO 29AND - DOTAZIONI FORTE URBANO	56
3.5.1 DESCRIZIONE AMBITO 29AND	57
3.5.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE 29 AND	57
3.5.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE AMBITO 29 AND	61
3.6 AMBITO 51 AN - SUBAMBITO 51.2 E SUBAMBITO 51.8 - NUOVO RESIDENZIALE BRAMANTE - CASTIGLIONE	64
3.6.1 DESCRIZIONE DEI SUB-AMBITI 51.2 E 51.8	65
3.6.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE 51.2 E 51.8	65
3.6.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE 51.2 E 51.8	71
3.7 AMBITO 51 AN - SUBAMBITO 51.3 - NUOVO RESIDENZIALE BRAMANTE - CASTIGLIONE	75
3.7.1 DESCRIZIONE DEL SUB-AMBITO 51.3	76
3.7.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE DEL 51.3	76
3.7.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE E SISMICHE 51.3	80
3.8 AMBITO 51 AN - SUB-AMBITO 51.6 - NUOVO RESIDENZIALE BRAMANTE - CASTIGLIONE	83
3.8.1 DESCRIZIONE DEL SUB-AMBITO 51.6	84
3.8.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE 51.6	84

---

3.8.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE E SISMICHE 51.6	89
3.9 AMBITO 54 AN - NUOVO RESIDENZIALE SOLIMEI	92
3.9.1 DESCRIZIONE DELL'AMBITO 54 AN	93
3.9.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE DELL' AMBITO 54 AN	93
3.9.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE DELL' AMBITO 54 AN	96
3.10 AMBITO 55 AN - MUZZA CORONA	98
3.10.1 DESCRIZIONE AMBITO 55 AN	98
3.10.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE SUB-AMBITO 55 AN	102
4. ZONA PIUMAZZO - AMBITO 64-70-73-74	105
4.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE AMBITO 64-70-73-74	105
4.1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO AMBITO 64-70-73-74	105
4.1.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA AMBITO 64 - 70 - 73 - 74	107
4.1.3 RAPPORTI TRA GLI AMBITI 64-70-73-74 E PSC	108
4.2 AMBITO AD64 - PIUMAZZO - DOTAZIONI CIMITERO	113
4.2.1 DESCRIZIONE DELL'AMBITO AD64	114
4.2.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE DELL'AMBITO AD 64.	114
4.2.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SIMICHE CONCLUSIVE AMBITO AD 64	117
4.3 AMBITO 70 ANP - NUOVO PRODUTTIVO	120
4.3.1 DESCRIZIONE AMBITO 70 ANP	120
4.3.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE ANP70	121
4.3.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE AMBITO 70 ANP	125
4.4 AMBITO 73 AN - Kiwi	128
4.4.1 DESCRIZIONE AMBITO 73 AN	128
4.4.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE 73 AN	129
4.4.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE SUBAMBITO 73 ANP	132
4.5 AMBITO 74 AN - NUOVO RESIDENZIALE	135
4.5.1 DESCRIZIONE AMBITO 74 AN	136
4.5.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE 74 AN	136
4.5.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE SUBAMBITO 74 AN	140
5. ZONA MANZOLINO - AMBITO 84-89	142
5.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE AMBITO 84-89	142
5.1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO AMBITO 84-89	142
5.1.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA AMBITI AN84-AN89	143
5.1.3 RAPPORTI TRA AMBITI AN84-AN89 E PSC	144
5.2 AMBITO AN 84 - NUOVO RESIDENZIALE NORD	149
5.2.1 DESCRIZIONE AMBITO AN84	150
5.2.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE AN 84	150
5.2.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE AMBITO 84 AN	155
5.3 AMBITO 89 AN - NUOVO RESIDENZIALE CENTRO	158
5.3.1 DESCRIZIONE AMBITO 89 AN	159
5.3.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE AMBITO AN89	159

5.3.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE AMBITO 89 AN	164
6. ZONA GAGGIO - BOTTEGA NUOVA - AMBITO 96 AR	167
6.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE AMBITO 96	167
6.1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO AMBITO 96	167
6.1.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA AMBITO AR 96	169
6.1.3 RAPPORTI TRA AMBITO AR 96 E PSC	170
6.2 AMBITO 96AR	175
6.2.1 DESCRIZIONE AMBITO AR 96	177
6.2.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE AR96	177
6.2.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE AMBITO 96	182
7. ZONA CAVAZZONA - AMBITI 104 - 106 - 107	184
7.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE AMBITI 104 - 106 - 107	184
7.1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO AMBITI 104 - 106 - 107	184
7.1.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA AMBITI 104 - 106 - 107	185
7.1.3 RAPPORTI TRA AMBITI 104 - 106 E 107 E PSC	186
7.2 AMBITO 104 AN - NUOVO RESIDENZIALE OVEST	192
7.2.1 DESCRIZIONE AMBITO 104	192
7.2.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE 104 AN	193
7.2.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE AMBITO 104 AN	199
7.3 AMBITO 106 ARP - PARADISO	202
7.3.1 DESCRIZIONE AMBITO ARP 106	202
7.3.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE 106 ARP	203
7.3.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE AMBITO 106 ARP	207
7.4 AMBITO 107 AR - CAVAZZONA - CENTRO	210
7.4.1 DESCRIZIONE DELL'AMBITO 107 AR	211
7.4.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE 107 AR.	211
7.4.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SIMICHE CONCLUSIVE AMBITO 107 AR	215
8. ZONA PIOPPA - AMBITO 117 AR - RIQUALIFICAZIONE CENTRO	217
8.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE AMBITO 117 AR	217
8.1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E DESCRIZIONE DELL'AMBITO 117 AR	217
8.1.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE SUBAMBITO 117 AR	219
8.1.3 RAPPORTI TRA AMBITO 117 E PSC	220
8.1.4 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE 107 AR.	225
8.1.5 Microzonazione sismica Ambito 117 ar	228
8.2 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE AMBITO 117 AR	230

## **6. ZONA GAGGIO - BOTTEGA NUOVA - AMBITO 96 AR**

### **6.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE AMBITO 96**

#### **6.1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO AMBITO 96**

Nella zona di Gaggio, è stato proposto l'inserimento nel POC dell'ambito n. 96 e relativi sub ambiti. L'area, ubicata a nord est di Castelfranco E. ed è compresa tra la via Emilia e strada Mavora, ad una quota compresa tra i 35 e 36 m slm.

In figura 61 è riportata l'ubicazione dell' ambito in scala 1:10.000

#### **4. ZONA PIUMAZZO - AMBITO 64-70-73-74**

##### **4.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE AMBITO 64-70-73-74**

##### **4.1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO AMBITO 64-70-73-74**

Nella zona di Piumazzo stati proposti per l'inserimento nel POC n. 4 ambiti:

<b>Denominazione Ambito</b>	<b>Ambito</b>	<b>Sub ambito</b>	<b>Tipo Ambito</b>
Dotazioni Cimitero	64		AD
Nuovo produttivo	70		ANP
Kiwi	73		AN
Nuovo residenziale	74		AN

In figura 37 è riportata l'ubicazione dei 4 ambiti in scala 1:15.000

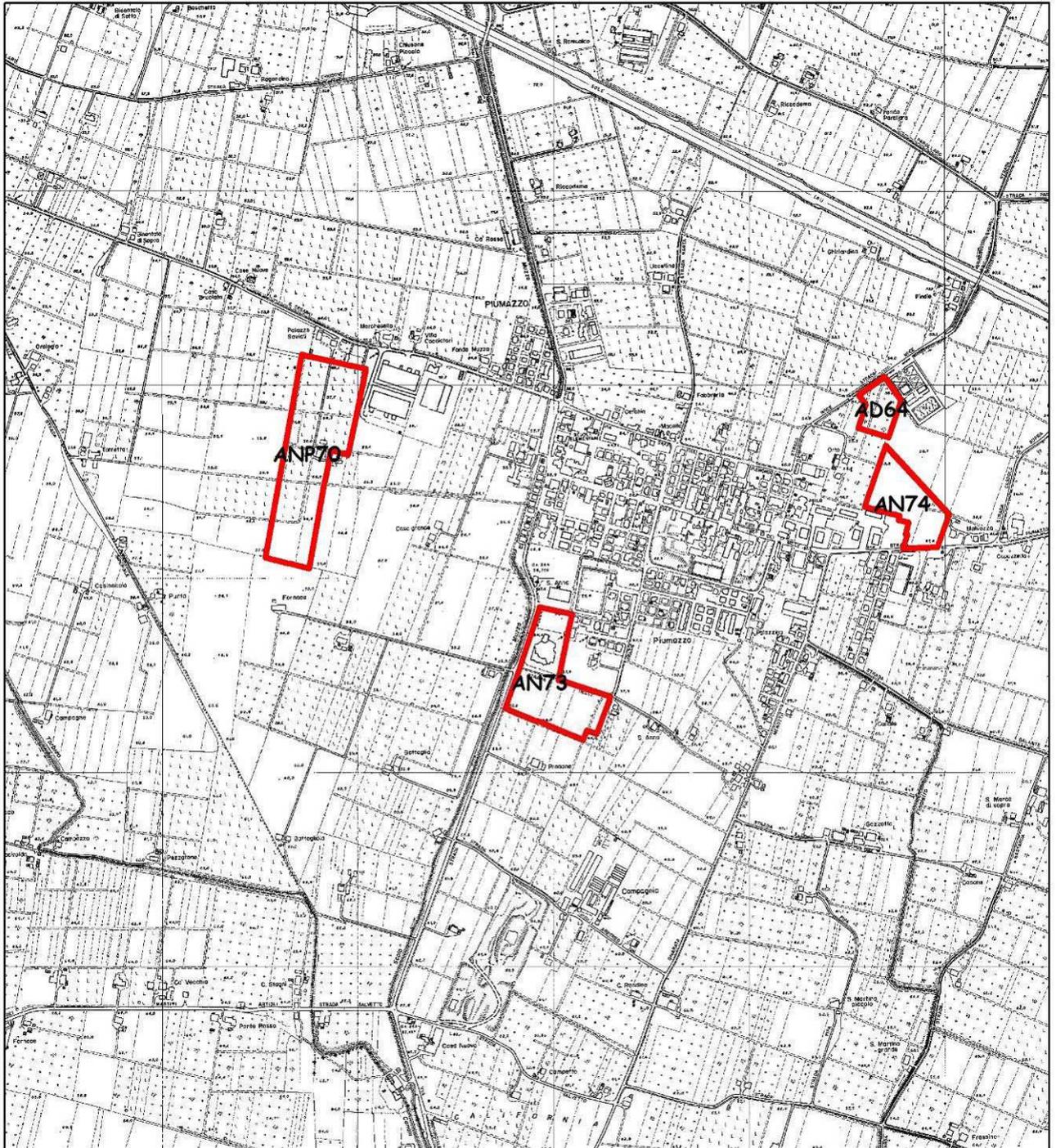


Figura 37 - Inquadramento Geografico - Scala 1:15000

#### 4.1.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA AMBITO 64 - 70 - 73 - 74

Per la caratterizzazione geologica e geomorfologica della zona di Piumazzo si è fatto riferimento alla Carta Geologica-Geomorfologica della Regione Emilia Romagna riportata in figura 38.

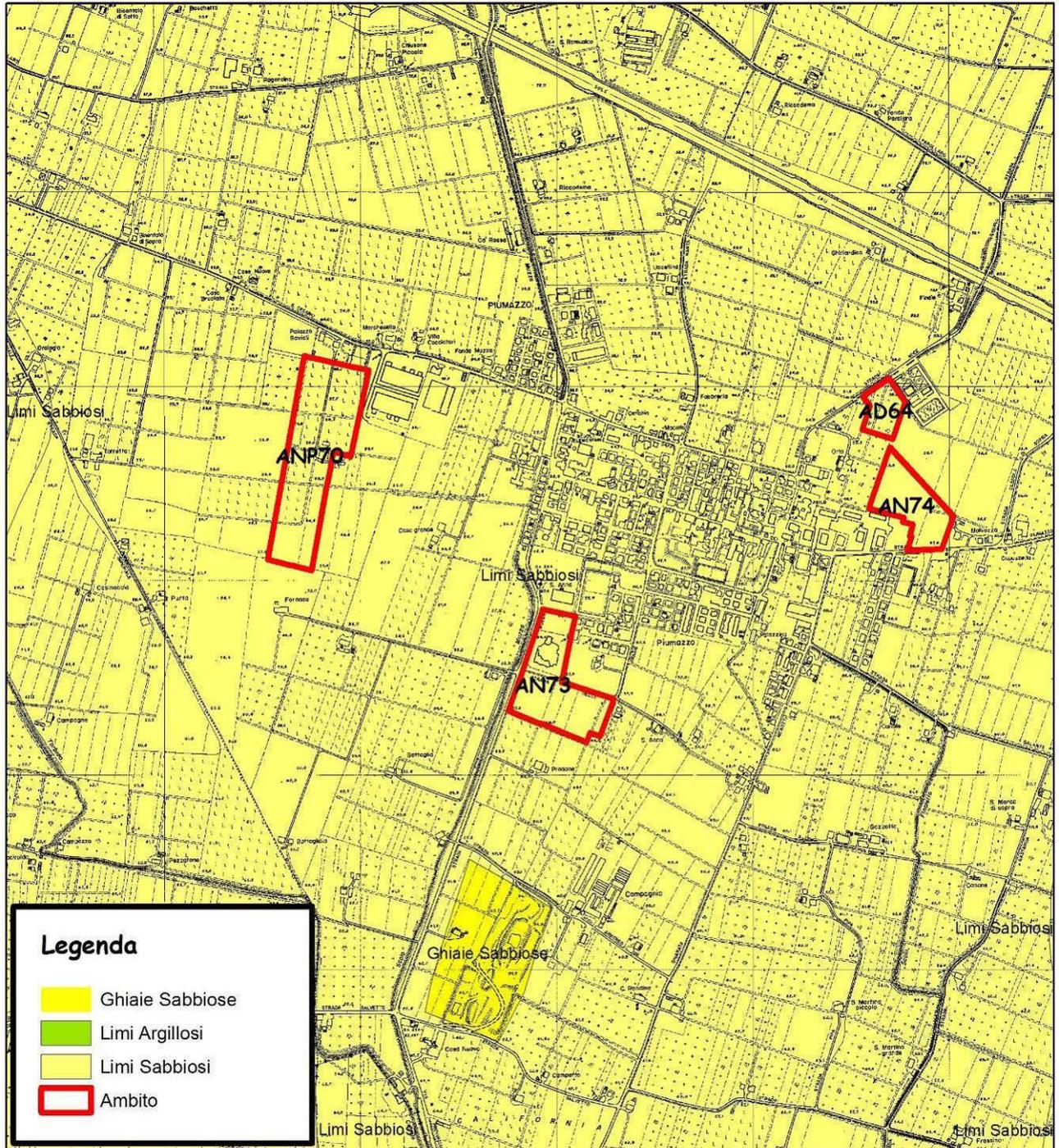


Figura 38 - CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA - SCALA 1:15.000

La zona di Piumazzo insiste su depositi alluvionali della parte mediana della conoide del fiume Panaro, costituiti da una coltre di litotipi argilloso limosi che ricoprono bancate di ghiaie eterometriche con spessori di almeno 15 m. Il tetto del primo livello ghiaioso si attesta a profondità variabili da 1,6 a 2,4 m da p.c.

Come si evince dalla Carta Geologica-Geomorfologica il primo sottosuolo dei subambiti oggetto di studio è caratterizzato dalla presenza di litotipi prevalentemente limoso-sabbiosi.

Dal punto di vista geomorfologico l'ambito considerato è compreso nell'area di piana alluvionale propriamente detta, caratterizzata da una morfologia pianeggiante, priva di evidenze geomorfologiche particolari.

#### 4.1.3 RAPPORTI TRA GLI AMBITI 64-70-73-74 E PSC

Per quanto concerne le analisi e gli approfondimenti sismici relativi agli ambiti 64, 70, 73, e 74 proposti per l'inserimento a POC, si è fatto riferimento alle prescrizioni del Quadro Conoscitivo del PSC di Castelfranco Emilia.

In particolare, il PSC di Castelfranco Emilia ha approfondito nel Quadro Conoscitivo i vincoli, le tutele e i rischi individuati dal piano sovraordinato (PTCP) tramite la redazione delle seguenti carte:

- Tavola 1S "Carta delle aree suscettibili ad effetti locali" (1° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007), che rappresenta i principali elementi e le caratteristiche del territorio che concorrono a definire la pericolosità sismica locale nel comune di Castelfranco Emilia (Figura 39).
- Tavola 2S "Fattori di amplificazione" (2° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007). Nella carta (figura 40) è riportata l'individuazione territoriale delle classi dei fattori di amplificazione.
- Tavola 3S "Carta degli effetti attesi/zonazione sismica" (2° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007): (Figura 41), nella quale sono rappresentate le aree classificandole in funzione degli effetti attesi in caso di sisma.
- Tavola 4S "Carta della Valutazione sismica locale", nella quale vengono sintetizzati gli approfondimenti da effettuare su tutti gli ambiti. (Figura 42).

La sintesi dei dati riportati nelle carte del PSC relative agli ambiti in studio è la seguente:

Ambito	Effetti Locali	Fattori di Amplificazione (PSC)	Approfondimenti Richiesti
64 AD	<i>Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e possibili cedimenti</i>	F.A. PGA = 1,4 F.A. IS $0,1 < T_0 < 0,5 = 1,5$ F.A. IS $0,5 < T_0 < 1 = 1,6$	II Livello per fattori di amplificazione litologici III Livello stima di eventuali cedimenti post sismici in presenza di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche
70 ANP	<i>Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e possibili cedimenti</i>	F.A. PGA = 1,4 F.A. IS $0,1 < T_0 < 0,5 = 1,5$ F.A. IS $0,5 < T_0 < 1 = 1,6$	II Livello per fattori di amplificazione litologici III Livello stima di eventuali cedimenti post sismici in presenza di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche

73 AN	Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e possibili cedimenti	F.A. PGA = 1,4 F.A. IS $0,1 < T_0 < 0,5 = 1,5$ F.A. IS $0,5 < T_0 < 1 = 1,6$	II Livello per fattori di amplificazione litologici III Livello stima di eventuali cedimenti post sismici in presenza di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche
74 AN	Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione e possibili cedimenti	F.A. PGA = 1,4 F.A. IS $0,1 < T_0 < 0,5 = 1,5$ F.A. IS $0,5 < T_0 < 1 = 1,6$	III Livello

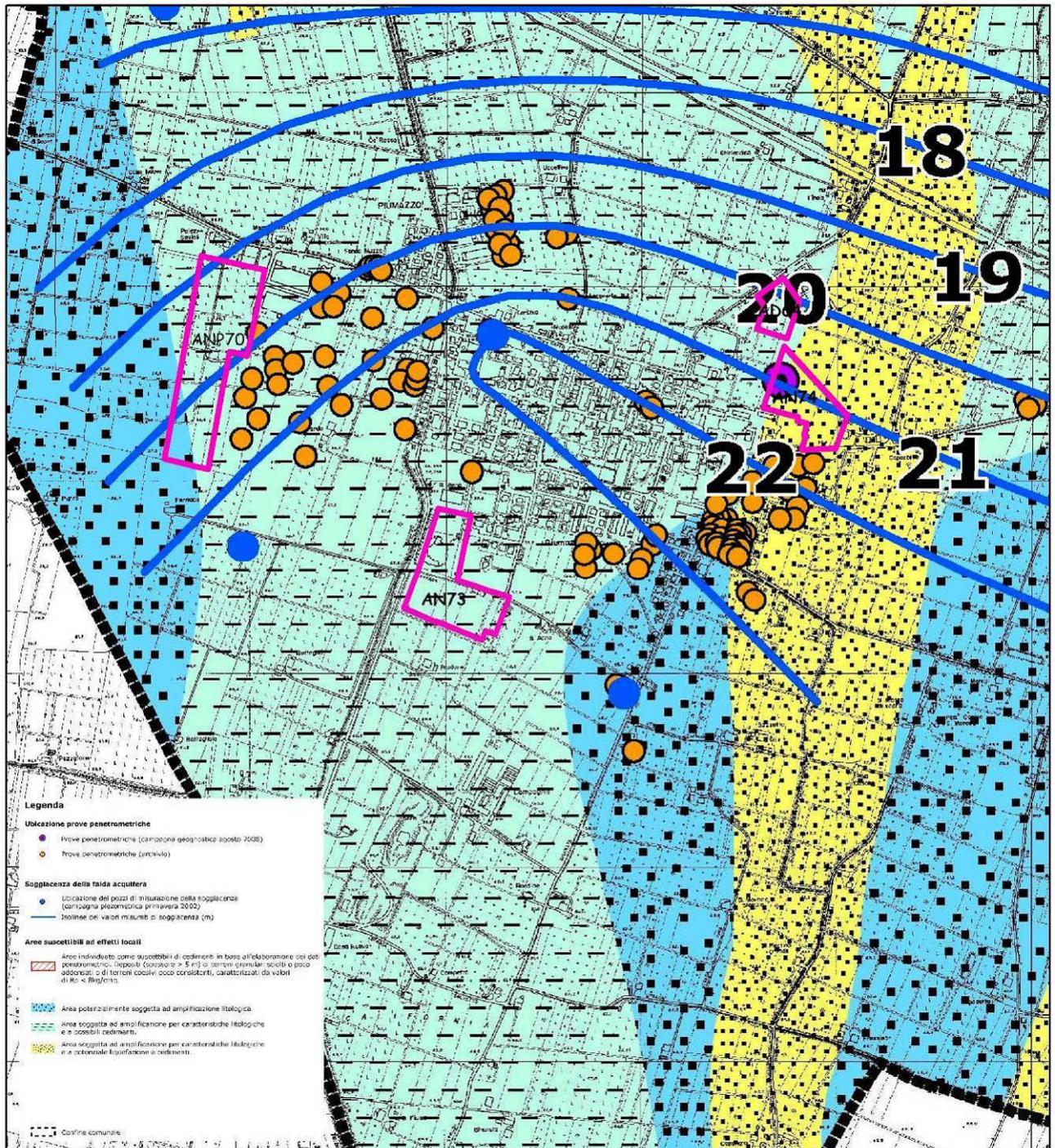


Figura 39 - "Carta delle aree suscettibili ad effetti locali" - Estratto Tav1S del PSC - Scala 1:15.000

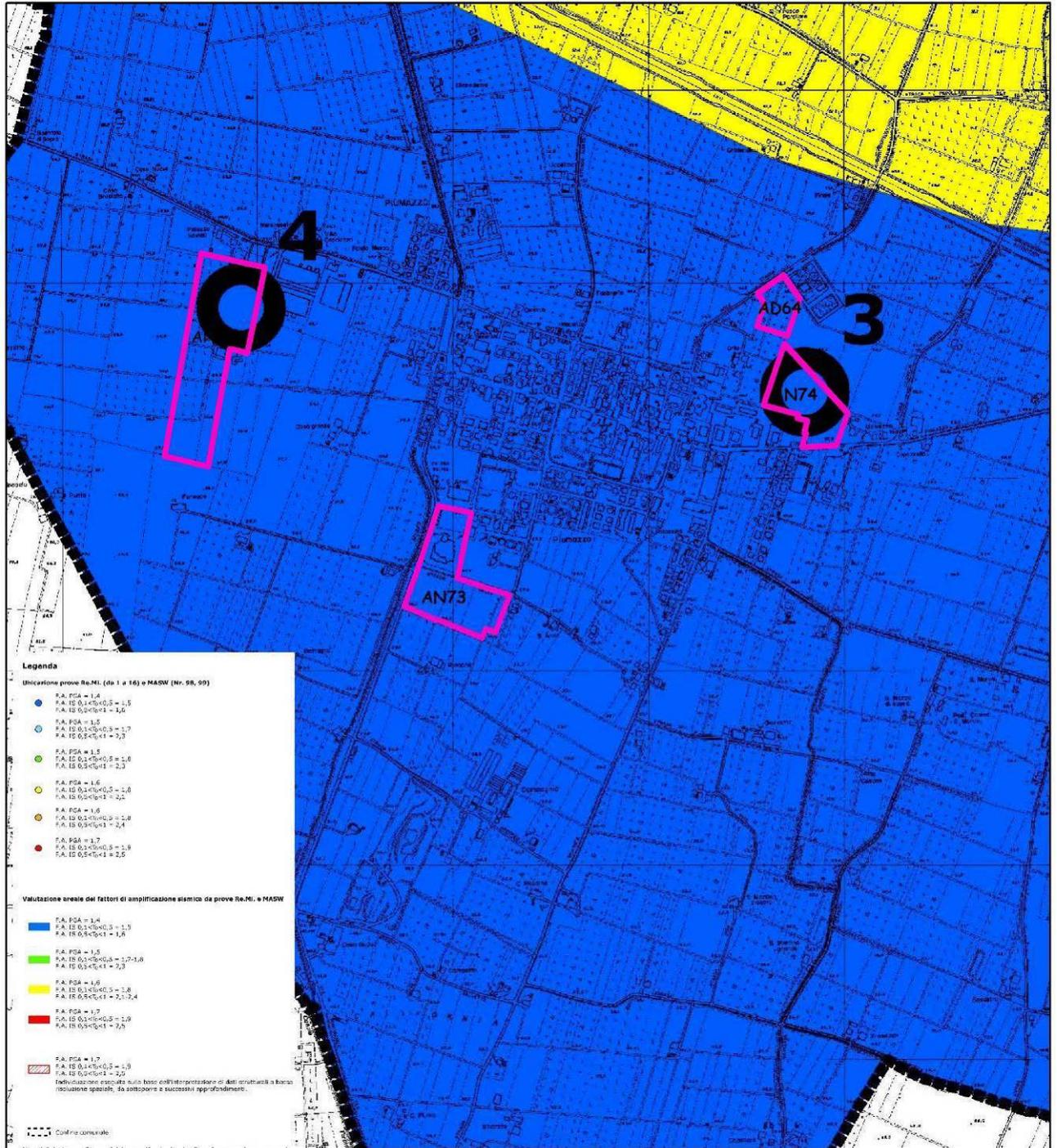


Figura 40 - "Carta dei Fattori di Amplificazione" - Estratto Tav 2S del PSC - Scala 1:15.000

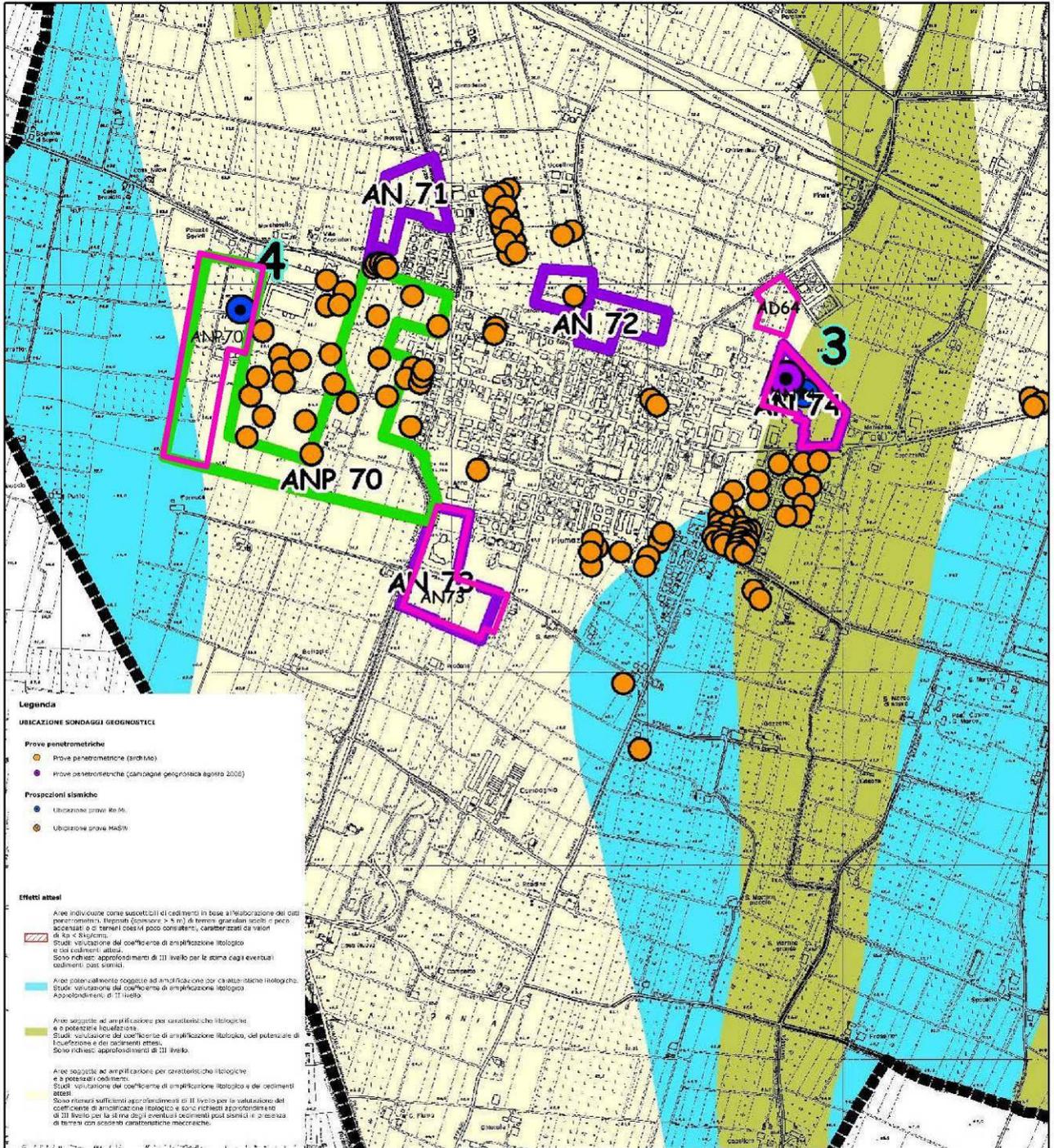


Figura 41 - "Carta degli effetti attesi - Zonazione sismica" - Estratto Tav 3S del PSC - Scala 1:15.000

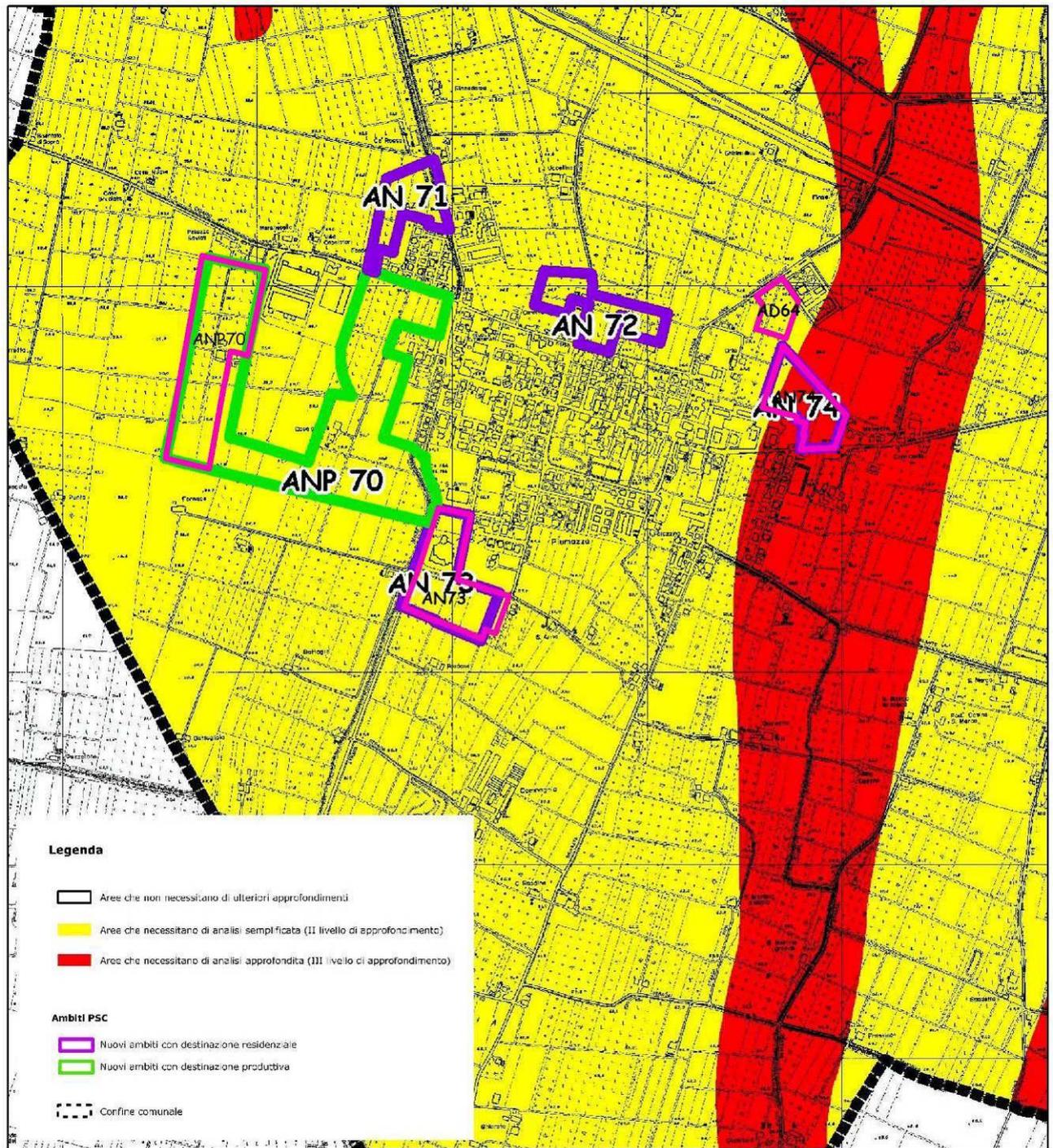


Figura 42 - "Carta valutazione sismica locale" - Estratto Tav 45 del PSC - Scala 1:15.000

#### 4.2 AMBITO AD64 - PIUMAZZO - DOTAZIONI CIMITERO

Lo studio geologico, geotecnico e sismico relativo all'ambito AD 64 (Fig. 43) è stato realizzato facendo riferimento ai dati, elaborazioni e considerazioni riportate nella relazione "Piano Urbanistico Attuativo per la costruzione di opere residenziali in località Piumazzo di Castelfranco E. (MO) in prossimità di via Noce" a firma del Dott. Geol. Laerte Bisi.

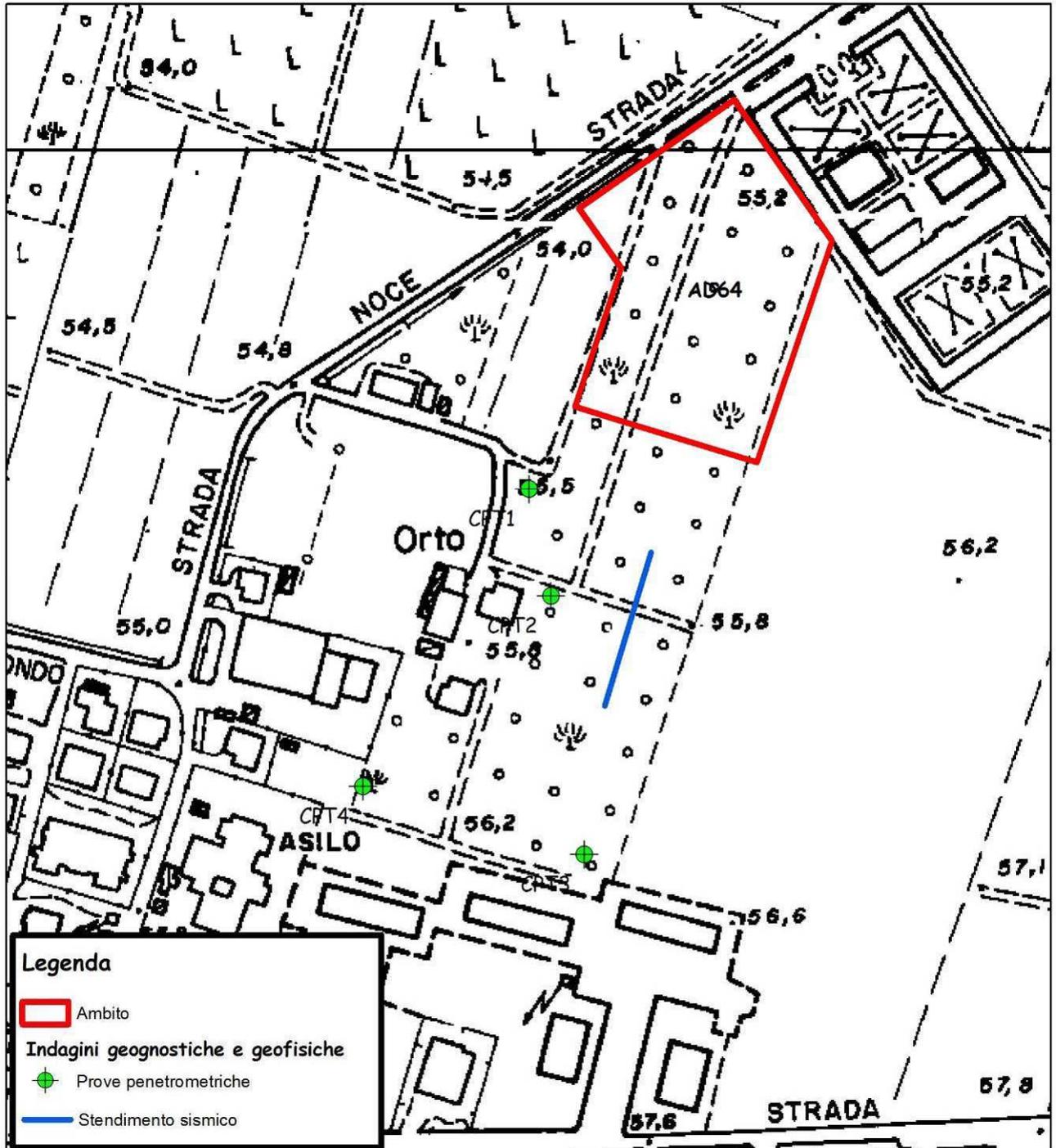


Figura 43 - Ubicazioni indagini geognostiche e geofisiche SUBAMBITO AD 64 - Scala 1:2.500

#### **4.2.1 DESCRIZIONE DELL'AMBITO AD64**

L'area oggetto di studio è ubicata nella zona di transizione tra la media e l'alta pianura modenese, nell'area posta immediatamente a Nord del centro di Piumazzo, zona cimitero, ad una quota compresa tra i 54 e i 55 m slm.

Nel sub-ambito AD64 il PSC prevede le trasformazioni finalizzate:

- Realizzazione di parte dell'opera idraulica per al deviazione dello scolo Finaletto, alternativa al percorso tombinato interno all'abitato, per al risoluzione dei problemi relativi al deflusso delle acque bianche delle aree agricole a sud dell'ambito, nonché realizzazione della vasca di laminazione necessaria.

Le funzioni ammesse su tale ambito sono: Residenziale.

Gli interventi per l'inserimento nel POC prevedono

- realizzazione della vasca di laminazione del Finaletto deviato;
- eventuale ampliamento del Cimitero;
- realizzazione di parcheggio a servizio del Cimitero.

#### **4.2.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE DELL'AMBITO AD 64.**

##### **Indagini geognostiche**

Per la caratterizzazione litostratigrafica, geotecnica e sismica dell'ambito in oggetto, si è fatto riferimento alla campagna geognostica realizzata in occasione della redazione della relazione "Piano Urbanistico Attuativo per la costruzione di opere residenziali in località Piumazzo di Castelfranco E. (MO) in prossimità di via Noce" a firma del Dott. Geol. Laerte Bisi.

La campagna di indagini ha previsto l'esecuzione di:

- n. 3 prove penetrometriche statiche spinte sino a rifiuto all'infissione dello strumento a 9,2 m dal piano campagna;
- n. 1 indagine sismica a rifrazione per il rilevamento delle onde sismiche di compressione  $V_p$  e di taglio  $V_s$ .

In figura 43 è riportata l'ubicazione delle indagini geognostiche.

##### **Stratigrafia e Parametri geotecnici**

Dalla correlazione delle prove penetrometriche eseguite e dai dati bibliografici si evince che l'intera area risulta caratterizzata da una situazione litostratigrafica e geotecnica uniforme.

Da un punto di vista litologico l'area risulta interessata da una copertura agraria di tipo argilloso poco consistente, poco umida, spessa 1.0 m circa dal p.c.

Compare quindi un modesto banco limo-sabbioso consistente e poco umido legato forse alla deposizione secondaria del vicino T. Samoggia.

Seguono le argille inorganiche consistenti ed oltre i -6,0 m sabbie quindi ghiaie molto addensate che portano a rifiuto l'infissione dello strumento alla profondità di -7,6 m dal piano campagna.

Strato (m)	Litologia	Qc (kg/cm <sup>2</sup> )
0,0 - 1,0	Copertura agraria argilloso limosa	7
1,0 - 2,0	Limi sabbiosi consistenti, poco umidi	50 - 60
2,0 - 6,0	Argille inorganiche compatte	20 - 50
6,0 - 7,6	Sabbie addensate seguite da ghiaie a consistenza crescente con la profondità	160

### **Piezometria e soggiacenza**

La falda acquifera risulta più profonda rispetto alla profondità raggiunta dalle prove e sulla base dei dati bibliografici è possibile affermare che le isopieze indicano un livello acquifero alla profondità di circa -20 m dal p.c.

### **Classificazione sismica del suolo**

La caratterizzazione sismica del terreno di fondazione è stata effettuata attraverso una indagine geofisica con metodologia sismica a rifrazione per il rilevamento delle onde sismiche di compressione Vp e di taglio Vs, per una lunghezza in superficie in metri 110 tale da permettere l'investigazione dei primi 33 m di profondità dal p.c. che ha fornito il seguente valore di Vs30:

$$Vs30 = 238 \text{ m/s}$$

Secondo normativa la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la C. Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensate, o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT < 50$  nei terreni a grana grossa,  $70 < cu < 250$  kPa nei terreni a grana fine).

### **Microzonazione sismica ambito AD 64**

In riferimento alla Tavola 3.s "Effetti attesi -zonazione sismica (II livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007) l'area in studio rientra nelle "aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti. Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi. Sono sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti post sismici in presenza di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche".

### **Analisi di II livello ambito AD64**

In conformità con quanto previsto nel QC del PSC di Castelfranco Emilia è stata eseguita un'analisi sismica di II livello di approfondimento per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico.

Con riferimento alla DAL 112/2007, Atto di indirizzo e coordinamento tecnico in merito agli studi di micro zonazione sismica, approvato dall'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna il 02/05/2007, la zona di Piumazzo in cui si colloca l'area in esame risulta compresa nell'ambito denominato Pianura 1. Facendo riferimento alle tabelle dell'Allegato A2.1 ed utilizzando il valore delle Vs30 calcolato dall'indagine sismica eseguita, si è proceduto alla determinazione dei fattori di amplificazione F.A.:

F.A. PGA = 1,7

F.A. IS  $0,1 < T_0 < 0,5 = 1,9$

F.A. IS  $0,5 < T_0 < 1 = 2,5$

#### Amplificazione Topografica

Considerato che il comune di Castelfranco Emilia, compreso l'ambito oggetto del presente lavoro, appartengono alla pianura modenese, l'inclinazione media terreni risulta  $< 15^\circ$  per cui non si hanno effetti di amplificazione topografica.

#### Rischio liquefazione

La falda acquifera risulta più profonda rispetto alla profondità raggiunta dalle prove e sulla base dei dati bibliografici è possibile affermare che le isopieze indicano un livello acquifero alla profondità di circa -20 m dal p.c. Sulla base dei dati a disposizione, nella relazione a firma del Dott. Geol. Laerte Bisi si attesta che per i terreni dell'area in esame non vi è rischio di liquefazione.

#### Aggiornamento della microzonazione sismica ambito 64AD

A seguito della stima puntuale dei fattori di amplificazione sismica, come anticipato nel capitolo 2.1 della presente relazione, il quadro della pericolosità sismica locale del PSC è stato aggiornato ed è stato possibile modificare la Tavola S2 del PSC - "Fattori di amplificazione". Tale modifica, per l'ambito in esame, non ha però determinato una riclassificazione per l'intera sua estensione. Figura 44.

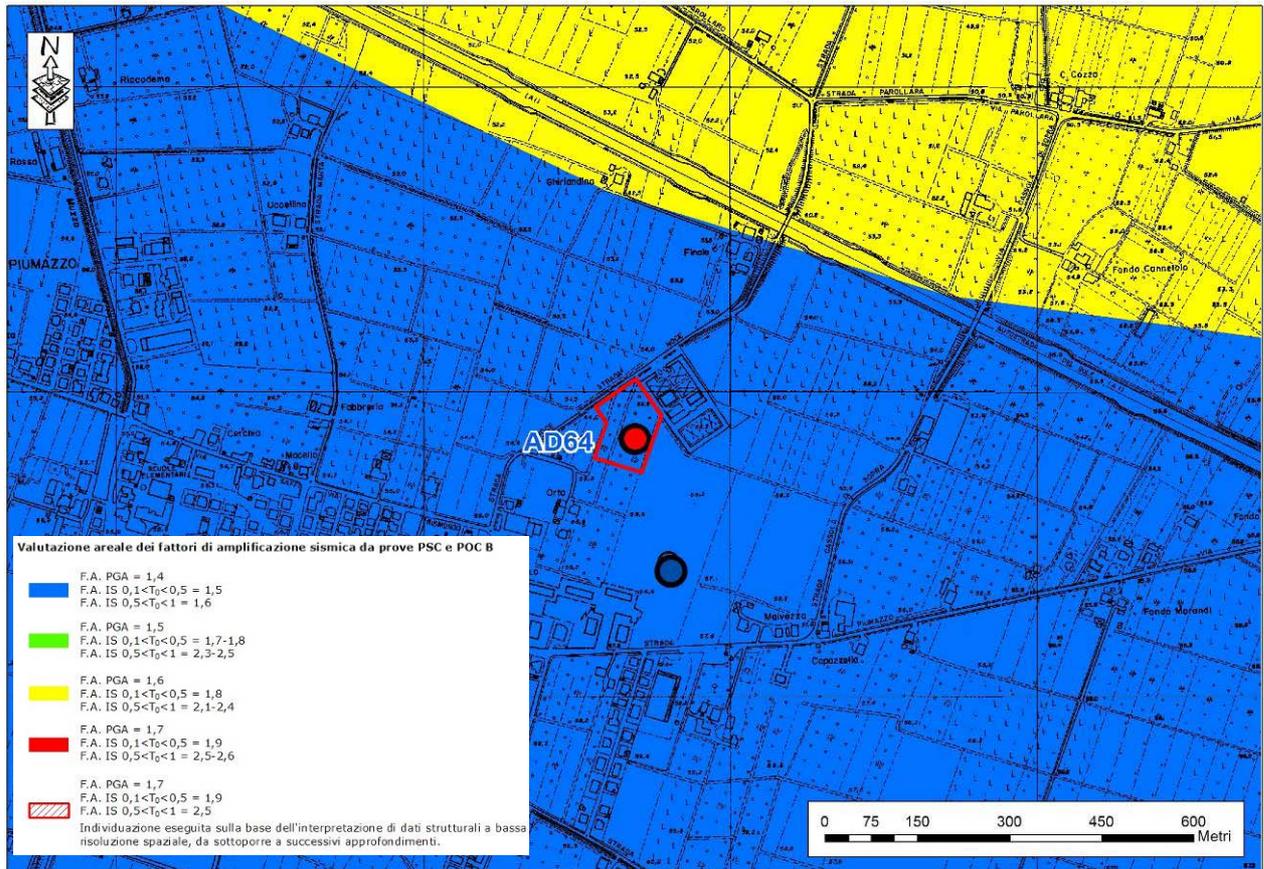


Figura 44 - Microzonazione sismica del PSC aggiornata con i nuovi dati acquisiti dalle relazioni geologiche per l'inserimento dei nuovi ambiti e sub-ambiti nel POC B. Per la legenda delle verticali sismiche (punti colorati) si faccia riferimento alla legenda di figura 6.

#### 4.2.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE AMBITO AD 64

La presente relazione tratta dei caratteri geologici e sismici dell'Ambito 64 AD ed è stata redatta per l'inserimento dello stesso nel Piano Urbanistico Operativo (POC) del Comune di Castelfranco Emilia, in Provincia di Modena.

Il presente lavoro è stato realizzato facendo riferimento ai dati, elaborazioni e considerazioni riportate nella relazione "Piano Urbanistico Attuativo per la costruzione di opere residenziali in località Piumazzo di Castelfranco E. (MO) in prossimità di via Noce" a firma del Dott. Geol. Laerte Bisi.

Indagini geognostiche e geofisiche. Per la caratterizzazione litostratigrafica-geotecnica e sismica dell'area sono state eseguite le seguenti indagini:

- n. 3 prove penetrometriche statiche spinte sino a rifiuto all'infissione dello strumento a 9,2 m dal piano campagna;
- n. 1 indagine sismica a rifrazione per il rilevamento delle onde sismiche di compressione  $V_p$  e di taglio  $V_s$ .

Microzonazione sismica. Nell'ambito della redazione del PSC sono state redatte le seguenti cartografie:

- Tavola 1.s "Aree suscettibili di effetti locali" (1° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico l'area in studio rientra tra le la porzione centro occidentale dell'area ricade in una zona individuata come *Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a possibili cedimenti.*
- Tavola 2.s "Fattori di amplificazione" (2° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico l'intera area in studio risulta caratterizzata dai seguenti Fattori di Amplificazione:

$$FA_{PGA} = 1,4 \quad F.A. IS_{0,1 < T_0 < 0,5} = 1,5 \quad F.A. IS_{0,5 < T_0 < 1} = 1,6$$

- Tavola 3.s "Effetti attesi-zonazione sismica (II livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico la quasi totalità dell'area in studio rientra nelle *Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti.*

Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; Sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima di eventuali cedimenti post sismici in presenza di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche.

Con riferimento alla DAL 112/2007, in merito agli studi di micro zonazione sismica, la zona di Castelfranco in cui si colloca l'area in esame risulta compresa nell'ambito denominato Pianura 1. Il valore Vs30 desunto dall'indagine sismica è risultato 238 m/sec. Si è quindi proceduto alla determinazione dei fattori di amplificazione F.A.:

$$F.A. PGA = 1,7 \quad F.A. IS_{0,1 < T_0 < 0,5} = 1,9 \quad F.A. IS_{0,5 < T_0 < 1} = 2,5$$

Nelle successive fasi progettuali occorrerà affinare il calcolo dell'amplificazione litologica e la stima dei cedimenti post-sismici mediante apposite indagini.

Categoria sismica sottosuolo. Lo stendimento di sismica a rifrazione eseguito ha permesso di misurare la velocità media delle onde "s" nei primi 30 m di stratigrafia (Vs30) che è risultata pari a 238 m/s a cui corrisponde una categoria sismica di suolo di fondazione corrispondente a "C".

Nelle successive fasi progettuali dovranno essere previste indagini sismiche specifiche per meglio definire il valore di Vs30, valido per la determinazione della categoria sismica del terreno di fondazione.

Amplificazione topografica. Considerato che il comune di Castelfranco Emilia, compreso l'ambito oggetto del presente lavoro, appartengono alla pianura modenese, l'inclinazione media terreni risulta <15° per cui non si hanno effetti di amplificazione topografica.

Sulla base dei dati bibliografici a disposizione, è possibile affermare che per i terreni dell'area in esame non vi è rischio di liquefazione.

Considerazioni geologico-geotecniche. Da un punto di vista litologico l'area risulta interessata da una copertura agraria di tipo argilloso poco consistente, poco umida, spessa 1.0 m circa dal p.c. che sovrasta un modesto banco limo-sabbioso consistente e poco umido. Seguono le argille inorganiche consistenti ed oltre i -6,0 m sabbie quindi ghiaie molto addensate che portano a rifiuto l'infissione dello strumento alla profondità di -7,6 m dal p.c.

Nelle successive fasi di progettazioni le indagini dovranno essere approfondite e dovranno essere verificate le condizioni litostratigrafiche e geomeccaniche dei terreni di fondazione all'interno di ogni singolo lotto al fine di qualificare la natura dei terreni e quantificarne precisamente i caratteri litotecnici e di conseguenza affinare le scelte progettuali.

Sulla base di questi risultati è stata effettuata una valutazione geotecnica preliminare del complesso terreno-fondazione, sulla base della quale è possibile affermare che, per i futuri interventi edilizi si potranno prevedere in linea generale fondazioni superficiali, che saranno comunque da valutare e verificare in funzione delle strutture che si intenderanno realizzare.

Sulla base delle indagini svolte si ritiene che **l'ambito 64AD sia idoneo dai punti di vista geologico, geotecnico e sismico per un suo inserimento nel POC del Comune di Castelfranco Emilia.**

### 4.3 AMBITO 70 ANP - NUOVO PRODUTTIVO

Lo studio geologico, geotecnico e sismico relativo all'Ambito 70 ANP è stato realizzato facendo riferimento ai dati, elaborazioni e considerazioni riportate nella "Relazione geologica, geotecnica e sismica inerente l'ambito n. 70" a firma del Dott. Geol. Alessandro Maccaferri.

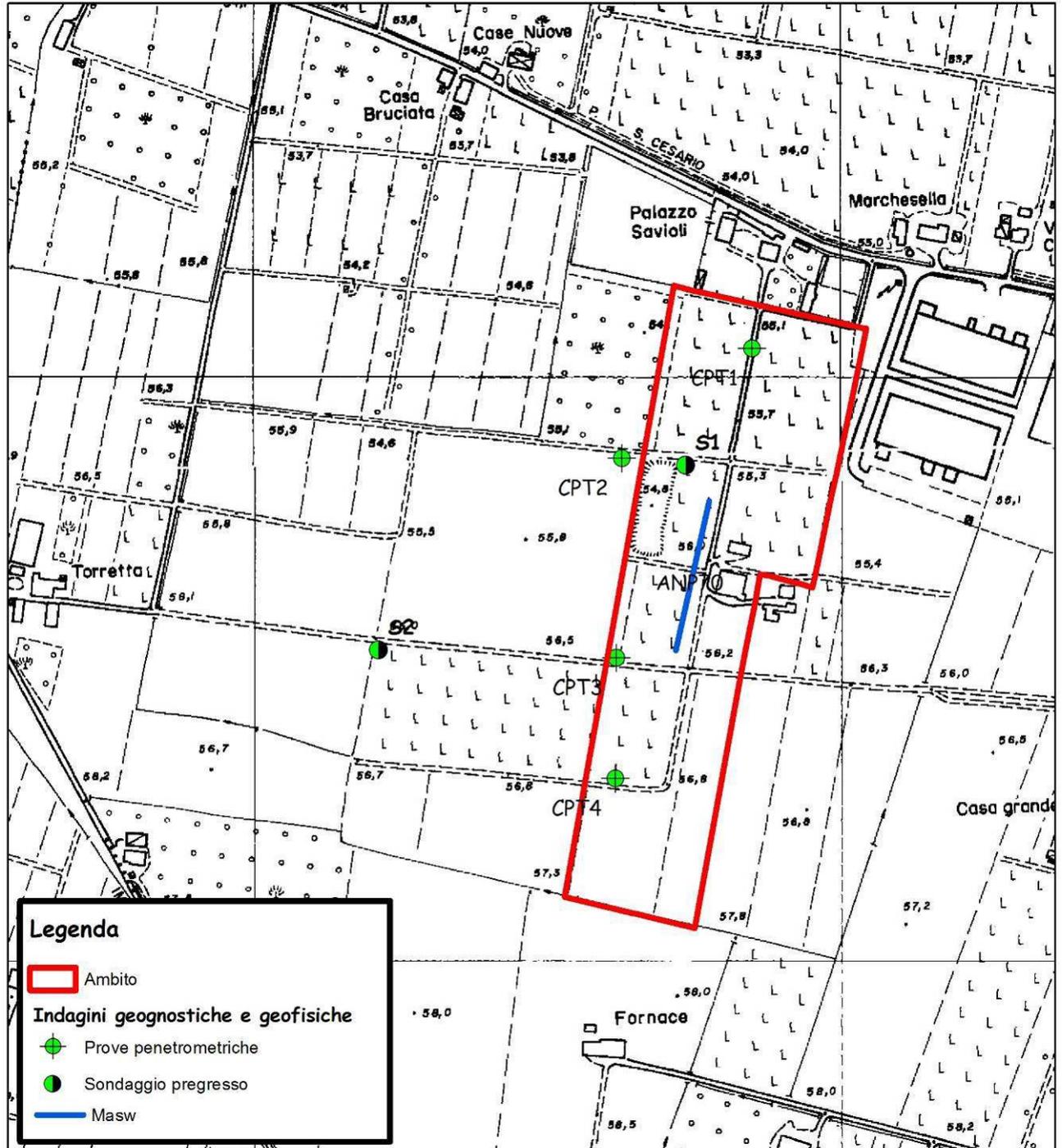


Figura 45 - Ubicazioni indagini geognostiche e geofisiche AMBITO 70 ANP - Scala 1:5.000

#### 4.3.1 DESCRIZIONE AMBITO 70 ANP

Il comparto di studio si trova a ovest dell'abitato di Piumazzo nella parte sud-occidentale del territorio comunale di Castelfranco Emilia (Mo), ad una quota variabile tra i 55 a 57 m s.l.m.

Esso si estende per una superficie totale di 179.692 m<sup>2</sup>. (Fig. 45).

Gli obiettivi specifici del PSC per l'ambito 70 ANP prevedono:

- Completare il tessuto urbano del macroambito di riferimento con nuove quote di produttivo.
- Migliorare la qualità delle dotazioni presenti per gli ambiti produttivo e residenziale adiacenti.
- Realizzare parte del passante viario della frazione e definire nuovi accessi più idonei, anche a servizio dell'area produttiva esistente.
- Realizzare il tratto di collegamento ciclabile previsto tra Piumazzo e San Cesario s.P.

Le funzioni ammesse su tale ambito sono: Residenziale.

Gli interventi per l'inserimento nel POC prevedono la realizzazione delle seguenti opere:

- interventi sulla viabilità extracomparto.

#### **4.3.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE AMBITO ANP70**

##### **Indagini geognostiche**

Per la caratterizzazione geologica-geotecnica e geofisica dell'area in esame, oltre ad una raccolta bibliografica e cartografica degli studi eseguiti nella zona in esame, è stata predisposta un'apposita indagine geognostica consistita nell'esecuzione di:

- n. 4 prove penetrometriche statiche CPT;
- n. 1 stendimento sismico MASW.

Si è fatto altresì riferimento alle indagini effettuate in occasione dello studio geologico, a supporto della richiesta di inserimento nel PSC del comune di Castelfranco Emilia, consistite in n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità di 20 m dall'attuale piano campagna.

##### **Stratigrafia e Parametri geotecnici**

Da un punto di vista stratigrafico le prove effettuate evidenziano la presenza di terreni argillosi e limosi, con talvolta intercalazioni sabbiose, di copertura al primo livello di ghiaia che si attesta a modesta profondità, variabile tra 1,6 e 3 m dal piano campagna.

I dati analizzati evidenziano la presenza di terreno naturale in posto, costituito, dopo uno strato agrario dello spessore di circa 60 cm, da una miscela di terreni limosi e argillosi, con relativi termini intermedi, consolidati, che si presentano compatti a consistenza tenace, caratterizzati da buoni valori di resistenza meccanica.

Tutte le prove si sono arrestate sul primo livello di ghiaia, che presenta elevate resistenze e non ha permesso oltre l'avanzamento.

Per quanto riguarda lo spessore delle ghiaie sottostanti, si è fatto riferimento ai dati bibliografici esistenti ed in particolar modo attraverso l'esame di due sondaggi a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità di 20 m dal piano campagna, e ubicati come da figura 45.

Tali sondaggi hanno evidenziato la presenza di ghiaie eterometriche in matrice prevalentemente limoso-sabbiosa, più o meno abbondante, sino ad almeno una profondità di 20 m, caratterizzate da ciottoli con dimensioni massime sino a 10 cm.

Nel sondaggio S1 è presente sino a circa 1,6 m terreno fine di copertura, mentre nel sondaggio S2 si riduce ai primi 20 cm.

Nel sondaggio S1, inoltre, è stato posizionato un piezometro nel quale si rileva il livello della falda a -15,0 m da p.c. Da tale profondità infatti si individuano ghiaie sature di acqua.

Si riassumono di seguito le stratigrafie dei sondaggi:

#### **Sondaggio S1**

- 0,0-1,6 m: Terreno vegetale con limo localmente sabbioso e con materiale di riporto nei primi 30 cm
- 1,6-1,8 m: Sabbie limose umide
- 1,8-15,0 m: Ghiaie eterometriche (con ciottoli sino a 10 cm) in matrice limoso-sabbiosa grigio-nocciola, asciutta
- 15,0-20,0 m: Ghiaie eterometriche (con ciottoli sino a 10 cm) in abbondante matrice limoso sabbiosa nocciola, sature

#### **Sondaggio S2**

- 0,0-0,2 m: Terreno vegetale
- 0,2-20,0 m: Ghiaie eterometriche (ciottoli sino a 10 cm) in matrice argillosa, nocciola-marrone; da 9,50 m matrice leggermente più abbondante e ciottoli di dimensioni massime 7-8 cm.

Da un punto di vista geotecnico le prove effettuate hanno evidenziato la presenza di terreni con buone caratteristiche di resistenza, mostrando una sostanziale omogeneità su tutta l'area indagata, e per tutto lo spessore indagato di copertura al substrato ghiaioso.

Nelle prove, superati i primi 60 cm di terreno superficiale vegetale, si segnala, la presenza di uno strato, a natura argillosa e limo-argillosa, presente sino al tetto delle ghiaie, caratterizzato da una buona resistenza geomeccanica, con valori medi di  $R_p$  che si attestano sui 46-96 Kg/cmq.

Alla profondità variabile tra 1.6 m e 3 m è stato raggiunto il tetto della ghiaia, che si presenta con elevati valori di resistenza, maggiori di 200 Kg/cmq.

I valori ottenuti sono riportati nelle seguenti tabelle:

### CPT 1

Profondità	Rp med. Kg/cmq	Cu Kg/cmq	E med. Kg/cmq	φ	Stratigrafia Tipo
0.00 - 0.60	/	/	/		Terreno superficiale
0.60 - 3.00	67.38	2.25	188.45		Limi argillosi e sabbie
3.00 - 3.20	400.00	/	1020.00	41	Ghiaie

### CPT 2

Profondità	Rp med. Kg/cmq	Cu Kg/cmq	E med. Kg/cmq	φ	Stratigrafia Tipo
0.00 - 0.60	/	/	/		Terreno superficiale
0.60 - 1.60	96.00	3.20	260.00		Limi argillosi
1.60 - 3.00	442.86	/	1127.15	41	Ghiaie

### CPT 3

Profondità	Rp med. Kg/cmq	Cu Kg/cmq	E med. Kg/cmq	φ	Stratigrafia Tipo
0.00 - 0.60	/	/	/		Terreno superficiale
0.60 - 1.80	46.28	1.54	135.70		Limi argillosi
1.80 - 3.00	480.00	/	1220.00	41	Ghiaie

### CPT 4

Profondità	Rp med. Kg/cmq	Cu Kg/cmq	E med. Kg/cmq	φ	Stratigrafia Tipo
0.00 - 0.60	/	/	/		Terreno superficiale
0.60 - 1.60	53.67	1.79	154.18		Limi argillosi
1.60 - 3.00	415.71	/	1059.28	41	Ghiaie

### **Piezometria e soggiacenza**

Durante le indagini non è stata rilevata la presenza di acqua nel sottosuolo; da misure su alcuni pozzi posti in zona si sono rilevati livelli alla profondità di oltre i 10 m dal piano campagna. Tale falda pertanto non risulta in nessun modo interferente con le parti interrante dei futuri edifici in progetto.

### **Classificazione sismica del suolo**

La caratterizzazione sismica del terreno di fondazione è stata effettuata attraverso una indagine geofisica del tipo MASW che ha fornito il seguente valore medio Vs30:

Vs30 = 433 m/s

Secondo normativa la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la "B".

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica N<sub>SPT</sub>>50 nei terreni a grana grossa, o coesione non drenata c<sub>u</sub>>250 kPa nei terreni a grana fine).

### **Microzonazione sismica Ambito 70ANP**

In riferimento alla Tavola 3.s "Effetti attesi -zonazione sismica (II livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007) la quasi totalità dell'area in studio rientra nelle "aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti. Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi. Sono sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima

degli eventuali cedimenti post sismici in presenza di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche".

#### Analisi di II livello di Analisi per il Ambito 70ANP

In conformità con quanto previsto nel QC del PSC di Castelfranco Emilia è stata eseguita un'analisi sismica di II livello di approfondimento per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico.

Con riferimento alla DAL 112/2007, Atto di indirizzo e coordinamento tecnico in merito agli studi di micro zonazione sismica, approvato dall'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna il 02/05/2007, la zona di Piumazzo in cui si colloca l'area in esame risulta compresa nell'ambito denominato Pianura 1. Il valore Vs30 desunto dall'indagine sismica è risultato pari a 433 m/sec.

Si è quindi proceduto alla determinazione dei fattori di amplificazione F.A.:

F.A. PGA = 1,53      F.A. IS  $0,1 < T_0 < 0,5$  = 1,63      F.A. IS  $0,5 < T_0 < 1$  = 1,68

#### Amplificazione Topografica

Considerato che il comune di Castelfranco Emilia, compreso l'ambito oggetto del presente lavoro, appartengono alla pianura modenese, l'inclinazione media terreni risulta  $< 15^\circ$  per cui non si hanno effetti di amplificazione topografica.

#### Analisi di III livello di Analisi per l'Ambito 70 ANP

L'approfondimento di III livello per le valutazioni sismiche, in particolare per la stima dei cedimenti permanenti post sismici, è stata omessa dal momento che i terreni indagati non presentano caratteristiche geomeccaniche scadenti.

#### Aggiornamento della microzonazione sismica Ambito 70 ANP

A seguito della stima puntuale dei fattori di amplificazione sismica, come anticipato nel capitolo 2.1 della presente relazione, il quadro della pericolosità sismica locale del PSC è stato aggiornato ed è stato possibile modificare la Tavola S2 del PSC - "Fattori di amplificazione". Tale modifica, per l'ambito in esame, non ha determinato alcuna riclassificazione per l'intera sua estensione.

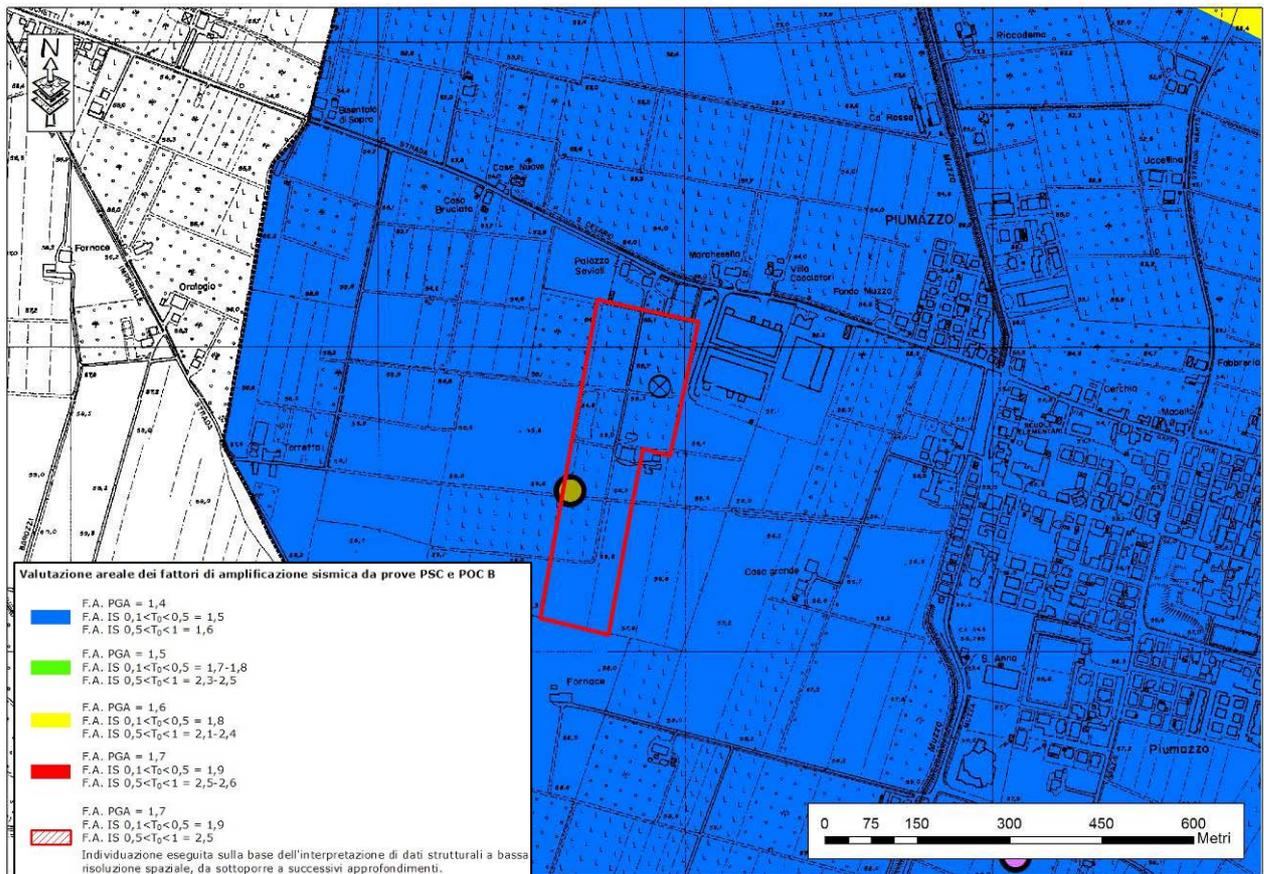


Figura 46 - Microzonazione sismica del PSC aggiornata con i nuovi dati acquisiti dalle relazioni geologiche per l'inserimento dei nuovi ambiti e sub-ambiti nel POC B. Per la legenda delle verticali sismiche (punti colorati) si faccia riferimento alla legenda di figura 6.

#### 4.3.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE AMBITO 70 ANP

Nella presente relazione geologica, geotecnica e sismica, relativa al progetto dell'Ambito n. 70 ANP per l'inserimento dello stesso nelle previsioni del Piano Operativo del Comune di Castelfranco Emilia (POC), sono state analizzate le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e sismiche dell'area in oggetto.

Indagini geologiche-geotecniche. Per la caratterizzazione geologica-geotecnica e geofisica dell'area in esame, oltre ad una raccolta bibliografica e cartografica degli studi eseguiti nella zona in esame, è stata predisposta un'apposita indagine geognostica consistita nell'esecuzione di:

- n. 4 prove penetrometriche statiche CPT;
- n. 1 stendimento sismico MASW.

Si è fatto altresì riferimento alle indagini effettuate in occasione dello studio geologico, a supporto della richiesta di inserimento nel PSC del comune di Castelfranco Emilia, consistite in n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità di 20 m dall'attuale piano campagna.

Microzonazione sismica. Nell'ambito della redazione del PSC sono state redatte le seguenti cartografie:

- Tavola 1.s "Aree suscettibili di effetti locali" (1° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico l'area in studio rientra tra le la porzione centro occidentale dell'area ricade in una zona individuata come *Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a possibili cedimenti.*
- Tavola 2.s "Fattori di amplificazione" (2° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico l'intera area in studio risulta caratterizzata dai seguenti Fattori di Amplificazione:  
 $FA_{PGA} = 1,4$        $F.A. IS_{0,1 < T_0 < 0,5} = 1,5$        $F.A. IS_{0,5 < T_0 < 1} = 1,6$
- Tavola 3.s "Effetti attesi-zonazione sismica (II livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico l'area in studio rientra nelle *Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti.*  
Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; Sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima di eventuali cedimenti post sismici in presenza di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche.

Con riferimento alla DAL 112/2007, in merito agli studi di micro zonazione sismica, , la zona di Castelfranco in cui si colloca l'area in esame risulta compresa nell'ambito denominato Pianura 1. Il valore Vs30 desunto dall'indagine simica è risultato pari a 433 m/sec.

Si è quindi proceduto alla determinazione dei fattori di amplificazione F.A.:

$F.A. PGA = 1,53$        $F.A. IS_{0,1 < T_0 < 0,5} = 1,63$        $F.A. IS_{0,5 < T_0 < 1} = 1,68$

L'approfondimento di III livello per le valutazioni sismiche, in particolare per la stima dei cedimenti permanenti post sismici, è stata omessa, in quanto i terreni indagati non presentano caratteristiche geomeccaniche scadenti ( $C_u > 70$  KPa).

Categoria sismica sottosuolo. L'indagine sismica eseguita del tipo MASW ha permesso di misurare la velocità media delle onde "s" nei primi 30 m di stratigrafia (Vs30) in 433 m/s a cui corrisponde una categoria sismica di suolo di fondazione corrispondente a "B".

Amplificazione Topografica: considerato che il comune di Castelfranco Emilia, compreso l'ambito in oggetto, appartengono alla pianura modenese, essendo aree pianeggianti l'inclinazione media terreni risulta  $< 15^\circ$  per cui non si hanno effetti di amplificazione topografica.

Considerazioni geologiche-geotecniche. Da un punto di vista stratigrafico, le prove effettuate evidenziano la presenza di un terreno di natura limo-argillosa, sovraconsolidato, continuo sino al tetto delle ghiaie, caratterizzato da una buona resistenza geomeccanica, con valori medi di Rp compresi tra 46-96 Kg/cm<sup>2</sup>. Tale copertura coesiva si attesta a modesta profondità, variabile tra 1,6 m e 3,0 m da p.c. Il banco di ghiaia sottostante non ha permesso di procedere oltre con l'infissione della punta penetrometrica, per cui l'intero spessore dello strato è stato desunto dalle

stratigrafie di due sondaggi eseguiti nell'area d'indagine. Tali perforazioni hanno evidenziato la presenza di ghiaie eterometriche in matrice prevalentemente limoso-sabbiosa, più o meno abbondante, sino ad almeno una profondità di 20 m, caratterizzate da ciottoli con dimensioni massime sino a 10 cm.

Durante le indagini non è stata rilevata la presenza di acqua nel sottosuolo; Tale falda pertanto non risulta in nessun modo interferente con le parti interrato dei futuri edifici in progetto.

Sulla base di questi risultati è stata effettuata una valutazione geotecnica preliminare del complesso terreno-fondazione, sulla base della quale è possibile affermare che, per i futuri interventi edilizi si potranno prevedere in linea generale fondazioni superficiali, che saranno comunque da valutare e verificare in funzione delle strutture che si intenderanno realizzare.

**Sulla base delle indagini svolte si ritiene che l'ambito 70 ANP sia idoneo dai punti di vista geologico, geotecnico e sismico per un suo inserimento nel POC del Comune di Castelfranco Emilia.**

#### 4.4 AMBITO 73 AN - Kiwi

Lo studio geologico, geotecnico e sismico relativo all'Ambito 73 ANP (Fig. 47) è stata realizzato facendo riferimento ai dati, elaborazioni e considerazioni riportate nella "Relazione geologica, idrogeologica e sismica inerente l'ambito n. 73" della GeoExpert a firma dei Dott. Geol. Giorgio Masotti e Dott. Geol. Laura Guadagnini.

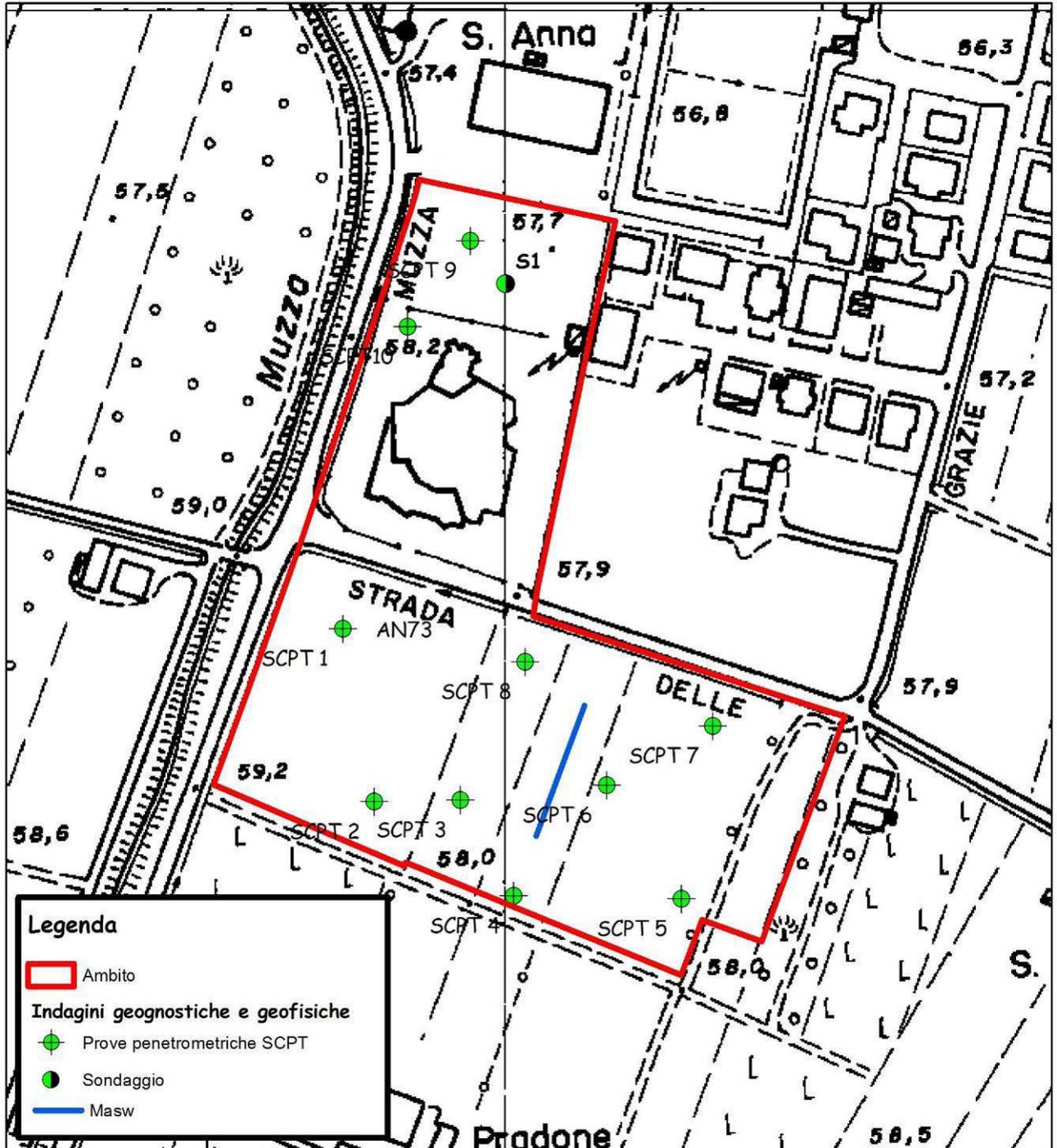


Figura 47 - Ubicazioni indagini geognostiche e geofisiche AMBITO 73 AN - Scala 1:2.500

##### 4.4.1 DESCRIZIONE AMBITO 73 AN

Il comparto di studio si trova a sud dell'abitato di Piumazzo nella parte sud-occidentale del territorio comunale di Castelfranco Emilia (Mo), ad una quota di circa 58 m s.l.m.

Esso si estende per una superficie totale di 44.523 m<sup>2</sup>. (Figura 47).

Gli obiettivi specifici del PSC per l'ambito 73 AN prevedono:

Realizzare nell'ambito un complesso commerciale e direzionale a servizio della frazione; in particolare, realizzazione di una struttura commerciale medio-piccola alimentare

Le funzioni ammesse su tale ambito sono: Residenziale.

Gli interventi per l'inserimento nel POC prevedono la realizzazione delle seguenti opere:

- Realizzazione di un parcheggio pubblico di urbanizzazione secondaria a servizio della frazione. Realizzazione di un tratto del collettore fognario di rilevanza generale.
- Realizzazione di opere infrastrutturali (rotatorie, adeguamento viabilità) di interesse generale. Acquisizione di un immobile da destinare a sede per attività sociali di quartiere.

#### **4.4.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE AMBITO 73 AN**

Per la caratterizzazione geologica-geotecnica e geofisica dell'area in esame, oltre ad una raccolta bibliografica e cartografica degli studi eseguiti nella zona in esame, è stata predisposta un'apposita indagine geognostica consistita nell'esecuzione di:

- N. 10 prove penetrometriche statiche SCPT;
- N. 1 sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 20 m;
- N. 1 stendimento sismico rifrazione MASW.

Sulla base delle indagini geognostiche si è evidenziata la presenza di un modesto strato avente uno spessore massimo pari a 1.50 m. di terreni coesivi di natura argilloso-limosa a copertura di un banco ghiaioso estremamente addensato arealmente continuo e di spessore pari a circa 15,00 m il cui tetto, evidenziato da un netto e deciso aumento dei valori di portanza, è stato intercettato con tutte le prove eseguite in zona tra i - 1.80 ÷ 2.10 m dall'attuale p.c.

Da un punto di vista geotecnico lo strato di copertura si è rivelato ben drenato e consistente, anche a causa dell'opera di essiccazione comportata dalla presenza di alberature ad alto fusto con valori di Rd (resistenza dinamica alla punta) pari o superiori a 30 kg/cm<sup>2</sup> seguiti in profondità dai terreni granulari grossolani rappresentati da ghiaie in matrice prevalentemente costituita da sabbie più o meno grossolane con limi ed subordinatamente argille, caratterizzati da una resistenza alla punta sempre molto elevata e tendenzialmente crescente con la profondità, evidenziandosi valori di Rd superiore a 300 kg/cm<sup>2</sup> già al tetto dello strato.

In riferimento alla relazione geologica redatta dai Dott. Geol. Giorgio Masotti e Dott. Geol. Laura Guadagnini, si forniscono nella tabella seguente i valori caratteristici del terreno indagato:

Profondità	Tipo	$c_u$ kg/cm <sup>2</sup>	$\gamma_t$ ton/m <sup>3</sup>	$\varphi$	Costante di Winkler kg/cm <sup>2</sup>
0,30-1,80	Sabbie limose	0,2 -0,3	1,7 -1,8	22	0,8 - 1,0
1,80- 2,50	Ghiaie e sabbie	--	2,0 - 2,2	30 - 35	30 - 40

Come accennato precedentemente, oltre alle prove penetrometriche, è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 20 m dal piano campagna. La stratigrafia del sondaggio eseguito può essere schematizzata nel modo seguente:

### Sondaggio S1

- 0,0-2,50 m: Limo debolmente argilloso e debolmente sabbioso
- 2,50-18,15 m: Ghiaie eterometriche (con ciottoli sino a 10 cm)
- 18,15-20,00m: Limo debolmente argilloso

Durante le operazioni di carotaggio è stato prelevato un campione indisturbato del tipo Shelby alla quota 2,00/2,50 e sono state eseguite due prove SPT ( Standard Penetration Test) di cui si riportano i risultati nella tabella seguente:

Profondità prova	Profondità m da p.c.	Nspt Colpi piede
SPT1	4,50	50 R (11 cm)
SPT2	9,00	54

### Piezometria e soggiacenza

All'interno del foro penetrometrico le aste sono risultate asciutte, pertanto non è stato possibile la misura diretta della falda freatica presente che comunque è stata possibile l'effettuazione di una misura all'interno della tubazione piezometrica posata in corrispondenza del sondaggio geognostico che si è riscontrato che la falda si attesta a profondità di circa 15,10 m da p.c. escludendo quindi interazione con l'intervento edilizio pur considerando la massima escursione prevedibile.

### Classificazione sismica del suolo

La caratterizzazione sismica del terreno di fondazione è stata effettuata attraverso una indagine geofisica del tipo MASW che ha fornito il seguente valore medio Vs30:

Vs30 = 514 m/s

Secondo normativa la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la "B".  
 Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale

miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica  $N_{SPT} > 50$  nei terreni a grana grossa, o coesione non drenata  $c_u > 250$  kPa nei terreni a grana fine).

### **Microzonazione sismica Ambito 73ANP**

In riferimento alla Tavola 3.s "Effetti attesi -zonazione sismica (II livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007) la totalità dell'area in studio rientra nelle "aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti. Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi. Sono sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti post sismici in presenza di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche".

### **Valutazione del coefficiente di amplificazione litologico**

Per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, è stato preso a riferimento l'approfondimento di III livello svolto nella relazione geologica, idrogeologica e sismica a firma del Dott. Geol. Giorgio Masotti e Dott. Geol. Laura Guadagnini.

In particolare i risultati ottenuti sono i seguenti:

#### **Area Nord di Via delle Grazie**

FA PGA = 1,461    F.A. IS  $0,1 < T_0 < 0,5$  = 1,34    F.A. IS  $0,5 < T_0 < 1$  = 1,16

#### **Area Sud di Via delle Grazie**

FA PGA = 1,317    F.A. IS  $0,1 < T_0 < 0,5$  = 1,34    F.A. IS  $0,5 < T_0 < 1$  = 1,15

### **Amplificazione Topografica**

Considerato che il comune di Castelfranco Emilia, compreso l'ambito oggetto del presente lavoro, appartengono alla pianura modenese, l'inclinazione media terreni risulta  $< 15^\circ$  per cui non si hanno effetti di amplificazione topografica.

### **Stima dei cedimenti post sismici**

L'approfondimento di III livello per le valutazioni sismiche, in particolare per la stima dei cedimenti permanenti post sismici, è stata omessa poiché i terreni indagati non presentano caratteristiche geomeccaniche scadenti e inoltre non sono interessati da fluttuazioni stagionali della falda, essendo quest'ultima attestata a 15 m da p.c.

### **Aggiornamento della microzonazione sismica ambito 73 AN**

A seguito della stima puntuale dei fattori di amplificazione sismica, come anticipato nel capitolo 2.1 della presente relazione, il quadro della pericolosità sismica locale del PSC è stato aggiornato ed è stato possibile modificare la Tavola S2 del PSC - "Fattori di amplificazione". Tale modifica, per l'ambito in esame, non ha determinato alcuna riclassificazione per l'intera sua estensione.

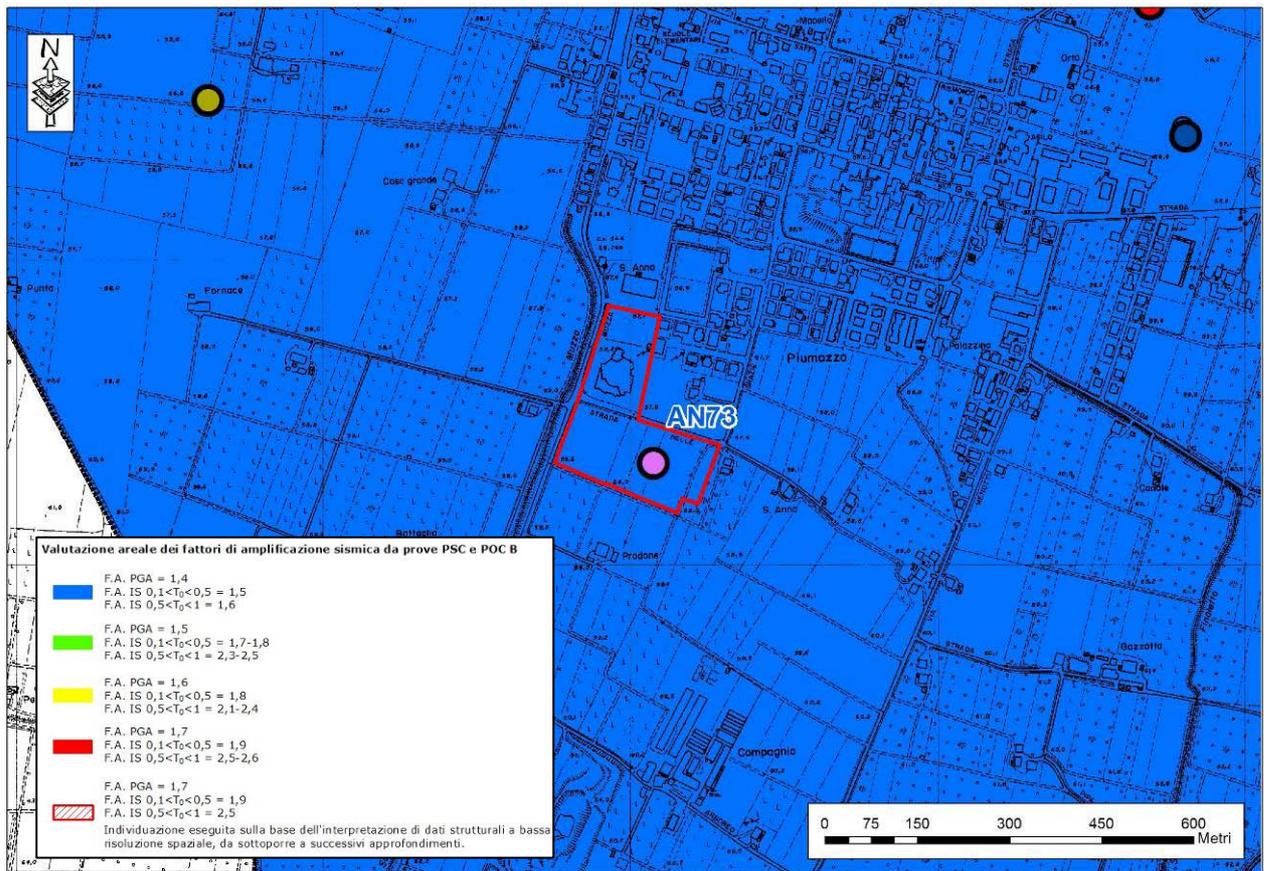


Figura 48 - Microzonazione sismica del PSC aggiornata con i nuovi dati acquisiti dalle relazioni geologiche per l'inserimento dei nuovi ambiti e sub-ambiti nel POC B. Per la legenda delle verticali sismiche (punti colorati) si faccia riferimento alla legenda di figura 6.

#### 4.4.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE SUBAMBITO 73 ANP

Nella presente relazione geologica, geotecnica e sismica, relativa al progetto dell'Ambito n. 73 ANP per l'inserimento dello stesso nelle previsioni del Piano Operativo del Comune di Castel Franco Emilia (POC), sono state analizzate le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e sismiche dell'area in oggetto.

Indagini geognostiche e geofisiche. Per la caratterizzazione geologica-geotecnica e geofisica dell'area in esame, oltre ad una raccolta bibliografica e cartografica degli studi eseguiti nella zona in esame, è stata predisposta un'apposita indagine geognostica consistita nell'esecuzione di:

- n. 10 prove penetrometriche statiche SCPT;
- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 20 m;
- n. 1 stendimento sismico rifrazione del tipo MASW.

Microzonazione Sismica. Nell'ambito della redazione del PSC sono state redatte le seguenti cartografie:

- Tavola 1.s "Aree suscettibili di effetti locali" (1° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico l'area in studio rientra tra le la porzione centro

occidentale dell'area ricade in una zona individuata come *Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a possibili cedimenti*.

- Tavola 2.s "Fattori di amplificazione" (2° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico l'intera area in studio risulta caratterizzata dai seguenti Fattori di Amplificazione:

$$FA_{PGA} = 1,4 \quad F.A. IS_{0,1 < T_0 < 0,5} = 1,5 \quad F.A. IS_{0,5 < T_0 < 1} = 1,6$$

- Tavola 3.s "Effetti attesi -zonazione sismica (II livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico l'area in studio rientra nelle *Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti*.

Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; Sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima di eventuali cedimenti post sismici in presenza di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche.

Per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, è stato preso a riferimento l'approfondimento di III livello svolto nella relazione geologica, idrogeologica e sismica a firma del Dott. Geol. Giorgio Masotti e Dott. Geol. Laura Guadagnini.

In particolare i risultati ottenuti sono i seguenti:

**Area Nord** rispetto a Via delle Grazie

$$FA_{PGA} = 1,461 \quad F.A. IS_{0,1 < T_0 < 0,5} = 1,34 \quad F.A. IS_{0,5 < T_0 < 1} = 1,16$$

**Area Sud** rispetto a Via delle Grazie

$$FA_{PGA} = 1,317 \quad F.A. IS_{0,1 < T_0 < 0,5} = 1,34 \quad F.A. IS_{0,5 < T_0 < 1} = 1,15$$

Categoria Sismica sottosuolo. L'indagine sismica del tipo MASW ha permesso di misurare la velocità media delle onde "s" nei primi 30 m di stratigrafia ( $V_{s30}$ ) in 514 m/s a cui corrisponde una categoria sismica di suolo di fondazione corrispondente a "B".

Amplificazione topografica. Considerato che il comune di Castelfranco Emilia, compreso l'ambito oggetto del presente lavoro, appartengono alla pianura modenese, l'inclinazione media terreni risulta  $<15^\circ$  per cui non si hanno effetti di amplificazione topografica.

L'approfondimento di III livello per le valutazioni sismiche, in particolare per la stima dei cedimenti permanenti post sismici, è stata omessa poiché i terreni indagati non presentano caratteristiche geomeccaniche scadenti e inoltre non sono interessati da fluttuazioni stagionali della falda, essendo quest'ultima attestata a 15 m da p.c.

Considerazioni geologiche-geotecniche. Dal punto di vista litostratigrafico e geotecnico, si è evidenziata la presenza di un modesto strato avente uno spessore massimo pari a 1.50 m. di terreni coesivi di natura argilloso-limosa a copertura di un banco ghiaioso estremamente addensato arealmente continuo e di spessore pari a circa 15,00 m il cui tetto, evidenziato da un netto e deciso aumento dei valori di portanza, è stato intercettato con tutte le prove eseguite in zona tra i - 1.80 ÷ 2.10 m dall'attuale p.c.

Da un punto di vista geotecnico lo strato di copertura si è rivelato ben drenato e consistente con valori di  $R_d$  (resistenza dinamica alla punta) pari o superiori a  $30 \text{ kg/cm}^2$ , seguiti in profondità dai terreni granulari grossolani rappresentati da ghiaie in matrice prevalentemente costituita da sabbie più o meno grossolane con limi ed subordinatamente argille, caratterizzati da una resistenza alla punta sempre molto elevata e tendenzialmente crescente con la profondità, evidenziandosi valori di  $R_d$  superiore a  $300 \text{ kg/cm}^2$  già al tetto dello strato.

La misura della falda, misurata nel tubo piezometro installato nel sondaggio nel foto di sondaggio, si attesta a profondità di circa 15,10 m da p.c., escludendo quindi interazione con l'intervento edilizio pur considerando la massima escursione prevedibile.

Sulla base di questi risultati è stata effettuata una valutazione geotecnica preliminare del complesso terreno-fondazione, sulla base della quale è possibile affermare che, per i futuri interventi edilizi si potranno prevedere in linea generale fondazioni superficiali, che saranno comunque da valutare e verificare in funzione delle strutture che si intenderanno realizzare.

**Sulla base delle indagini svolte si ritiene che l'Ambito 73 ANP sia idoneo dai punti di vista geologico, geotecnico e sismico per un suo inserimento nel POC del Comune di Castelfranco Emilia.**

#### 4.5 AMBITO 74 AN - NUOVO RESIDENZIALE

Lo studio geologico, geotecnico e sismico relativo all'Ambito 74 AN (Fig. 49) è stata realizzato facendo riferimento ai dati, elaborazioni e considerazioni riportate nella "Relazione geologica, geotecnica e sismica inerente l'ambito n. 74" redatta dalla GeoGroup srl.

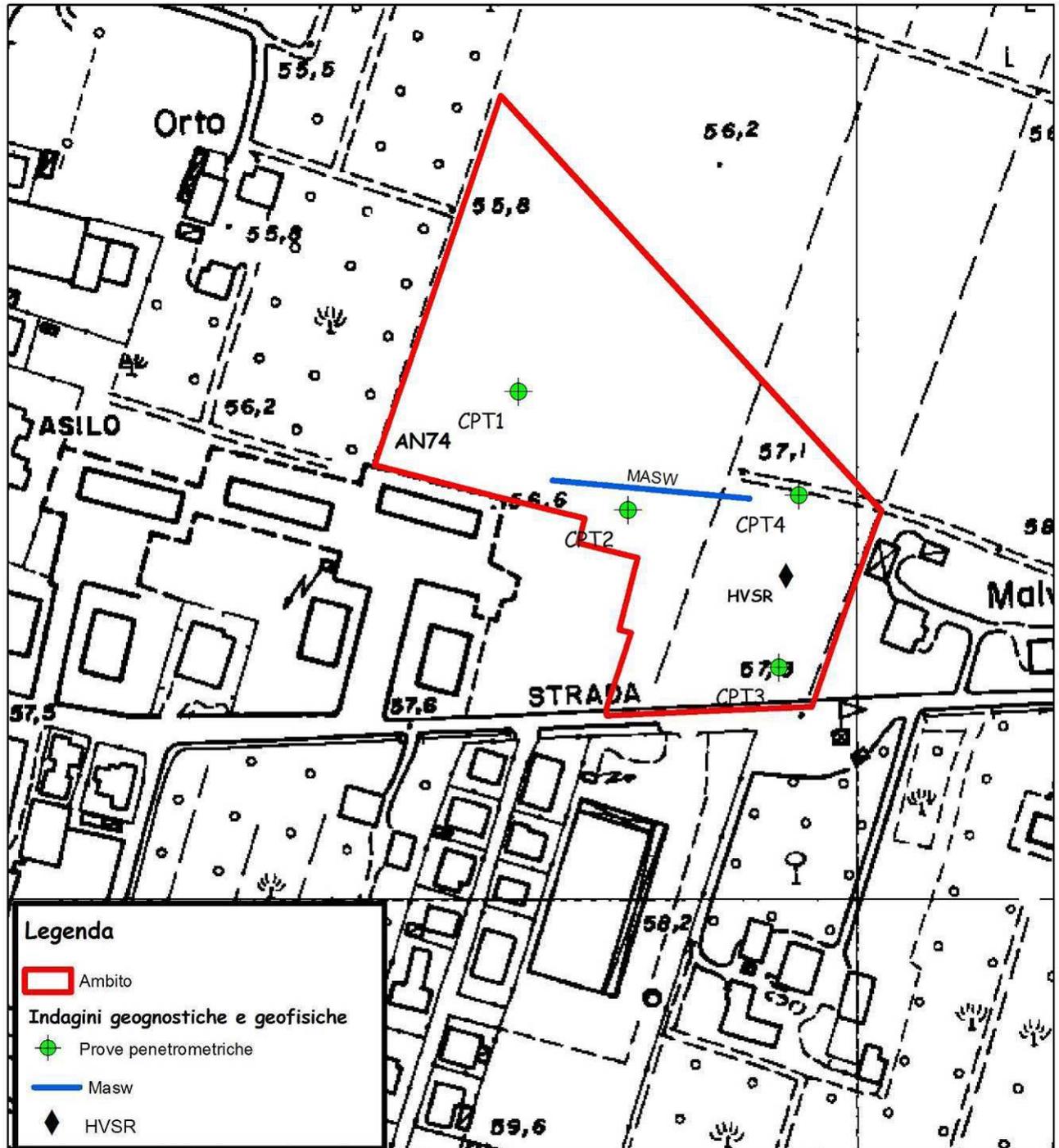


Figura 49 - Ubicazioni indagini geognostiche e geofisiche AMBITO 74 AN - Scala 1:2.500

#### **4.5.1 DESCRIZIONE AMBITO 74 AN**

Il comparto di studio si trova a est dell'abitato di Piumazzo in fregio a via per Piumazzo, ad una quota di circa a 57 m s.l.m.

Esso si estende per una superficie totale di 27.014m<sup>2</sup>. (Fig. 49).

Gli obiettivi specifici del PSC per l'ambito 74 AN prevedono:

- Migliorare gli standards funzionali e ambientali degli ambiti consolidati del centro frazionale con particolare riferimento all'adeguamento strutturale delle reti e delle viabilità in funzione delle criticità e delle emergenze già individuate.
- Realizzare il tratto di strada per il collegamento di via Piumazzo con via Rismondo indicato in PSC in alternativa al percorso attuale.
- Realizzare parte dell'opera idraulica per la deviazione dello scolo Finaletto alternativa al percorso tombinato interno all'abitato per la risoluzione dei problemi relativi al deflusso delle acque bianche delle aree agricole a sud dell'abitato.
- Migliorare la raccolta dei reflui con il progressivo sdoppiamento delle reti fognarie attualmente ad acque miste, con l'adeguamento del sistema di conferimento alla dorsale di San Cesario.
- Migliorare la qualità ambientale dell'insediamento con la creazione di aree di verde pubblico adeguate.

Le funzioni ammesse su tale ambito sono: Residenza - direzionale, commercio, terziario.

- Realizzazione di un parcheggio pubblico di urbanizzazione secondaria a servizio della frazione.
- Realizzazione di un tratto del collettore fognario di rilevanza generale.
- Realizzazione di opere infrastrutturali (rotatorie, adeguamento viabilità) di interesse generale.
- Acquisizione di un immobile da destinare a sede per attività sociali di quartiere.

#### **4.5.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE AMBITO 74 AN**

##### **Indagini geognostiche**

Per la caratterizzazione geologica-geotecnica e geofisica dell'area in esame, oltre ad una raccolta bibliografica e cartografica degli studi eseguiti nella zona in esame, è stata predisposta un'apposita indagine geognostica consistita nell'esecuzione di:

- n. 4 prove penetrometriche statiche CPT;
- n 1 stendimento sismico a rifrazione con metodologi a MASW;
- n. 1 indagine sismica passiva "HVSR;

- n. 1 prelievo di n. 1 campione di terreno disturbato alla quota compresa tra 2.00 e 2.50 m da p.c.;
- n. 1 analisi granulometrica per sedimentazione e setacciatura, (ASTM D421-02; ASTM D422-02; ASTM D2217-98);

**Stratigrafia e Parametri geotecnici**

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle indagini geognostiche, si evince che le prove eseguite presentano una discreta omogeneità litostratigrafica tra loro, soprattutto in senso orizzontale, la CPT1 si discosta invece parzialmente dalle altre.

Le indagini eseguite hanno messo in evidenza la presenza di depositi di piana alluvionale prevalentemente argillosi limosi, mediamente consistenti, fino a circa - 2.00 m dal p.c. nella CPT n. 1, fino a - 6.20 m (CPT n. 2), fino a - 4.40 m (CPT n. 3) e fino a - 3.00 m da p.c. nella CPT n. 4.

La CPT n. 1 da - 2.00 m da p.c. a - 6.20 m da p.c. presenta un livello di argille limose consistenti, intercalate da - 2.00 m a - 2.60 m da p.c. da uno strato di limi sabbiosi argillosi. In questo livello i valori di  $R_p$  variano da 1.96 a 6.37 MPa.

Nelle CPT n. 3 e n. 4, dalle profondità sopra esposte si rileva la presenza di un primo strato di limi sabbiosi e sabbie mediamente addensate dello spessore di circa 0.60 m ( $R_p$  compreso tra 4.41 e 5.98 MPa), seguito da ghiaie e ghiaie con sabbia addensate, che hanno portato a rifiuto strumentale le attrezzature di prova, con valori di  $R_p$  compresi tra 24.50 e 29.40 MPa.

Le CPT n. 1 e n. 2 presentano anch'esse, alla profondità di - 6.40 m da p.c. lo strato incoerente ghiaioso-sabbioso addensato che ha portato a rifiuto strumentale le attrezzature di prova, con valori di  $R_p$  superiori a 25.0 MPa.

Di seguito si fornisce il modello geotecnico schematico:

- $\gamma$  = peso specifico terreno naturale;
- $C_{uk}$  = coesione non drenata caratteristica;
- $C'_k$  = coesione efficace caratteristica;
- $M_o$  = modulo di deformazione edometrico;
- $\phi$  = angolo d'attrito caratteristico;
- $D_r$  = densità relativa;
- $\nu$  = modulo di Poisson.

Profondità m da p.c.	Litologia	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$C_{uk}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$C'_k$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$M_{ok}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$f$	$\nu$	DR %
0,0 - 6,0	Argille limose	1,8	0,6	0,06	40	23	0,40	---
>6,0	Ghiaie sabbiose	1,9	---	---	70	35	030	90

### **Piezometria e soggiacenza**

Dalle misurazioni piezometriche e di soggiacenza effettuate nella primavera 2002 si può stimare la presenza della falda acquifera ad una profondità di circa 20 m da p.c.. Si escludono, quindi, eventuali interferenze con l'intervento edilizio pur considerando la massima escursione prevedibile.

### **Classificazione sismica del suolo**

La caratterizzazione sismica del terreno di fondazione è stata effettuata attraverso una indagine geofisica del tipo MASW che ha fornito il seguente valore medio Vs30:

Vs30 = 349 m/s

Secondo normativa la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la "C".

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensate, o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero  $15 < \text{NSPT} < 50$  nei terreni a grana grossa,  $70 < \text{cu} < 250$  kPa nei terreni a grana fine).

Dall'indagine HVSR eseguita è stato possibile evidenziare un picco di risonanza tra le frequenze di 15 e 30 Hz. Questa amplificazione potrebbe essere assunta come indicazione di un cambio litologico o di differente comportamento geomeccanico dei terreni.

### **Microzonazione sismica Ambito AN 74**

In riferimento alla Tavola 3.s "Effetti attesi -zonazione sismica (II livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007) la quasi totalità dell'area in studio rientra nelle "aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione. Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi. Sono richiesti approfondimenti del III livello.

### **Valutazione del coefficiente di amplificazione litologico**

Per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, è stato preso a riferimento l'approfondimento di II livello svolto nella relazione geologica, idrogeologica e sismica a firma del Dott. Geol. Pierluigi Dallari.

Con riferimento alla DAL 112/2007, Atto di indirizzo e coordinamento tecnico in merito agli studi di micro zonazione sismica, approvato dall'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna il 02/05/2007, la zona di Piumazzo in cui si colloca l'area in esame risulta compresa nell'ambito denominato Pianura 2. Facendo riferimento alle tabelle dell'Allegato A2.1 ed utilizzando il valore delle Vs30 calcolato dall'indagine sismica eseguita, si è proceduto alla determinazione dei fattori di amplificazione F.A.:

F.A. PGA = 1,4

F.A. IS  $0,1 < T_0 < 0,5$  = 1,7

F.A. IS  $0,5 < T_0 < 1$  = 2,0

### Amplificazione Topografica

Considerato che il comune di Castelfranco Emilia, compreso il sub-ambito oggetto del presente lavoro, appartengono alla pianura modenese, l'inclinazione media terreni risulta  $<15^\circ$  per cui non si hanno effetti di amplificazione topografica.

### Suscettibilità alla liquefazione Ambito 74

Dalle analisi granulometriche eseguite sul campione prelevato durante la campagna geognostica della Geogroup srl, si evince che il terreno è potenzialmente liquefabile, ma non essendo stata rilevata la presenza di falda, si possono escludere fenomeni di liquefazione indotti dal sisma. Si è comunque eseguita una verifica su una verticale penetrometrica utilizzando il metodo semplificato di Robertson e Wride: il valore di  $F_s$  è sempre  $>1$  per cui si può affermare che per l'area in esame il rischio di liquefazione in caso di sisma sia assente.

### Aggiornamento della microzonazione sismica ambito 74 AN

A seguito della stima puntuale dei fattori di amplificazione sismica, come anticipato nel capitolo 2.1 della presente relazione, il quadro della pericolosità sismica locale del PSC è stato aggiornato ed è stato possibile modificare la Tavola S2 del PSC - "Fattori di amplificazione". Tale modifica, per l'ambito in esame, non ha determinato alcuna riclassificazione per l'intera sua estensione.

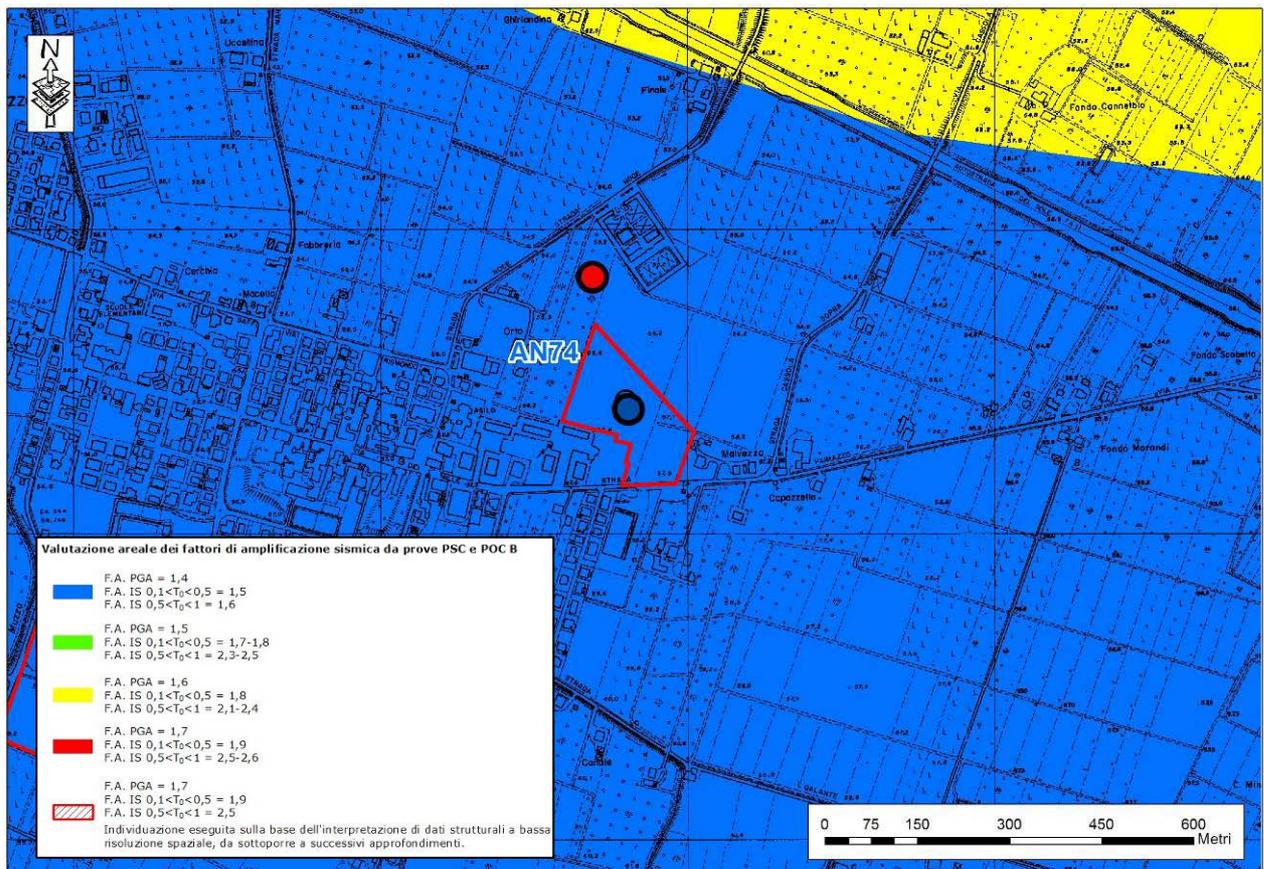


Figura 50 - Microzonazione sismica del PSC aggiornata con i nuovi dati acquisiti dalle relazioni geologiche per l'inserimento dei nuovi ambiti e sub-ambiti nel POC B. Per la legenda delle verticali sismiche (punti colorati) si faccia riferimento alla legenda di figura 6.

*Gli approfondimenti di III livello hanno stimato assente il rischio di liquefazione.*

#### **4.5.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE SUBAMBITO 74 AN**

Nella presente relazione geologica, geotecnica e sismica, relativa al progetto dell'Ambito n. 74 ANP per l'inserimento dello stesso nelle previsioni del Piano Operativo del Comune di Castelfranco Emilia (POC), sono state analizzate le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e sismiche dell'area in oggetto.

Indagini geognostiche e geofisiche. Per la caratterizzazione geologica-geotecnica e geofisica dell'area in esame, oltre ad una raccolta bibliografica e cartografica degli studi eseguiti nella zona in esame, è stata predisposta un'apposita indagine geognostica consistita nell'esecuzione di:

- n. 4 prove penetrometriche statiche CPT ;
- n. 1 stendimento sismico a rifrazione con metodologi a MASW;
- n. 1 indagine sismica passiva "HVSR";
- prelievo di n. 1 campione di terreno disturbato;
- n. 1 analisi granulometrica per sedimentazione e setacciatura.

Nell'ambito della redazione del PSC sono state redatte le seguenti cartografie:

- Tavola 1.s "Aree suscettibili di effetti locali" (1° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico l'area in studio rientra tra le la porzione centro occidentale dell'area ricade in una zona individuata come *Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione.*
- Tavola 2.s "Fattori di amplificazione" (2° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico l'intera area in studio risulta caratterizzata dai seguenti Fattori di Amplificazione:

$$FA\ PGA = 1,4 \quad F.A.\ IS\ 0,1 < T_0 < 0,5 = 1,5 \quad F.A.\ IS\ 0,5 < T_0 < 1 = 1,6$$

- Tavola 3.s "Effetti attesi-zonazione sismica (II livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico l'area in studio rientra nelle *Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione.*  
Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi. Sono richiesti approfondimenti di III livello

Con riferimento alla DAL 112/2007, in merito agli studi di micro zonazione sismica, la zona di Castelfranco in cui si colloca l'area in esame risulta compresa nell'ambito denominato Pianura 2. Il valore Vs30 desunto dall'indagine simica è risultato pari a 433 m/sec.

Si è quindi proceduto alla determinazione dei fattori di amplificazione F.A.:

$$F.A.\ PGA = 1,4 \quad F.A.\ IS\ 0,1 < T_0 < 0,5 = 1,7 \quad F.A.\ IS\ 0,5 < T_0 < 1 = 2,0$$

Categoria sismica sottosuolo. L'indagine sismica eseguita del tipo MASW ha permesso di misurare la velocità media delle onde "s" nei primi 30 m di stratigrafia (Vs30) in 433 m/s a cui corrisponde una categoria sismica di suolo di fondazione corrispondente a "B".

Amplificazione topografica. Considerato che il comune di Castelfranco Emilia, compreso il sub-ambito oggetto del presente lavoro, appartengono alla pianura modenese, l'inclinazione media terreni risulta <15° per cui non si hanno effetti di amplificazione topografica.

Suscettibilità alla liquefazione

Dalle analisi granulometriche eseguite sul campione prelevato durante la campagna geognostica della Geogroup srl, si evince che il terreno è potenzialmente liquefabile, ma non essendo stata rilevata la presenza di falda, si possono escludere fenomeni di liquefazione indotti dal sisma. Si è comunque eseguita una verifica su una verticale penetrometrica utilizzando il metodo semplificato di Robertson e Wride: il valore di Fs è sempre >1 per cui si può affermare che per l'area in esame il rischio di liquefazione in caso di sisma sia assente.

Considerazioni geologico-geotecniche. Le prove effettuate evidenziano la presenza di depositi di piana alluvionale caratterizzata nei primi metri da terreni di natura limo-argillosa, mediamente consolidato. Tale copertura coesiva presenta spessori variabili, al di sotto della quale si rinviene un banco di ghiaioso che non ha permesso di procedere oltre con l'infissione della punta penetrometrica.

Dalle misurazioni piezometriche e di soggiacenza effettuate si può stimare la presenza della falda acquifera ad una profondità compresa di circa 20 m da p.c. Si escludono, quindi, eventuali interferenze con l'intervento edilizio pur considerando la massima escursione prevedibile.

Sulla base di questi risultati è stata effettuata una valutazione geotecnica preliminare del complesso terreno-fondazione, sulla base della quale è possibile affermare che, per i futuri interventi edilizi si potranno prevedere in linea generale fondazioni superficiali, che saranno comunque da valutare e verificare in funzione delle strutture che si intenderanno realizzare.

Sulla base delle indagini svolte si ritiene che **l'ambito 74 NP sia idoneo dai punti di vista geologico, geotecnico e sismico per un suo inserimento nel POC del Comune di Castelfranco Emilia.**

## 5. ZONA MANZOLINO - AMBITO 84-89

### 5.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE AMBITO 84-89

#### 5.1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO AMBITO 84-89

Nella zona della frazione di Manzolino sono stati proposti per l'inserimento nel POC gli ambiti 84 e 89.

In figura 51 è riportata l'ubicazione dei 2 ambiti in scala 1:10.000.

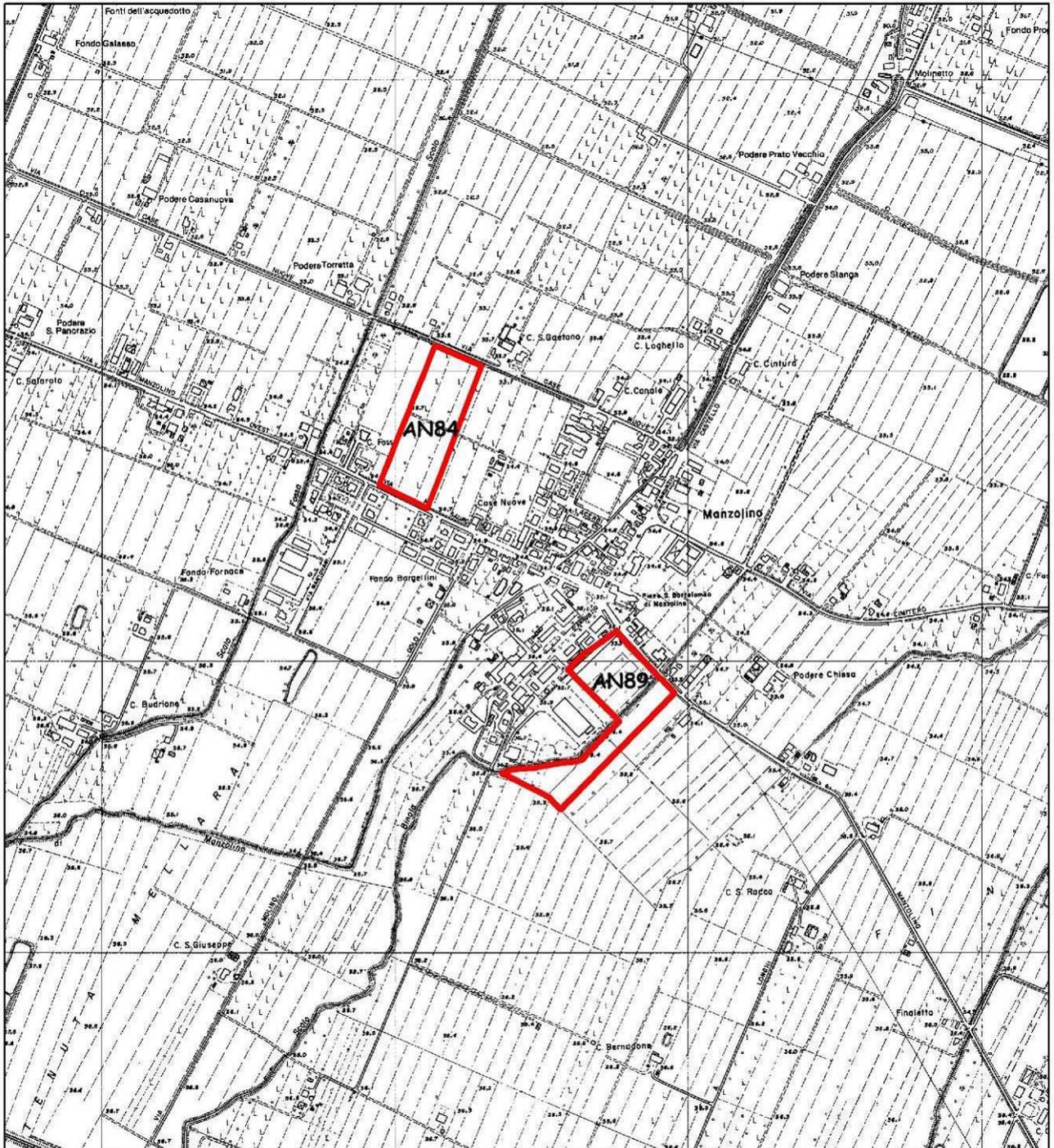


Figura 51 - Inquadramento Geografico - Scala 1:10.000



sovrastano strati ghiaiosi e ghiaiosi sabbiosi posti a differenti profondità a seconda delle zone.

Come si evince dalla *Carta Geologica-Geomorfologica* il sottosuolo dei subambiti oggetto di studio è caratterizzato dalla presenza delle seguenti litologie:

- **AMBITO AN84:** limi sabbiosi presenti per tutta l'estensione areale del comparto;
- **AMBITO AN89:** limi sabbiosi per la quasi totalità dell'area fatta eccezione per porzione occidentale che ricade in una zona costituita da litotipi prevalentemente limosi argillosi.

Dal punto di vista geomorfologico i due ambiti considerati sono compresi nell'area di piana alluvionale propriamente detta, caratterizzata da una morfologia pianeggiante, priva di evidenze geomorfologiche particolari.

### **5.1.3 RAPPORTI TRA AMBITI AN84-AN89 E PSC**

Per quanto concerne le analisi e gli approfondimenti sismici relativi agli ambiti 84 e 89, proposti per l'inserimento a POC, si è fatto riferimento alle prescrizioni del Quadro Conoscitivo del PSC di Castelfranco.

In particolare, il PSC di Castelfranco Emilia ha approfondito nel Quadro Conoscitivo i vincoli, le tutele e i rischi individuati dal piano sovraordinato (PTCP) tramite la redazione delle seguenti carte:

- Tavola 1S "Carta delle aree suscettibili ad effetti locali" (1° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007), che rappresenta i principali elementi e le caratteristiche del territorio che concorrono a definire la pericolosità sismica locale nel comune di Castelfranco Emilia (Figura 53).
- Tavola 2S "Fattori di amplificazione" (2° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007). Nella carta (figura 54) è riportata l'individuazione territoriale delle classi dei fattori di amplificazione.
- Tavola 3S "Carta degli effetti attesi/zonazione sismica" (2° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007): (Figura 55), nella quale sono rappresentate le aree classificandole in funzione degli effetti attesi in caso di sisma.
- Tavola 4S "Carta della Valutazione sismica locale", nella quale vengono sintetizzati gli approfondimenti da effettuare su tutti gli ambiti. (Figura 56).

La sintesi dei dati riportati nelle carte del PSC relative agli ambiti in studio è la seguente:

Ambito	SubAmbito	Effetti Locali	Fattori di Amplificazione (PSC)	Approfondimenti Richiesti
AN84		<i>Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e possibili cedimenti</i>	F.A. PGA = 1,7 F.A. IS $0,1 < T_0 < 0,5 = 1,9$ F.A. IS $0,5 < T_0 < 1 = 2,5$	II Livello per fattori di amplificazione litologici III Livello stima di eventuali cedimenti post sismici in presenza di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche
AN89		<i>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche ed a possibili cedimenti ad eccezione della porzione nord occidentale che è compresa in un'Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione e possibili cedimenti.</i>	F.A. PGA = 1,7 F.A. IS $0,1 < T_0 < 0,5 = 1,9$ F.A. IS $0,5 < T_0 < 1 = 2,5$	II Livello per fattori di amplificazione litologici III Livello stima di eventuali cedimenti post sismici in presenza di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche

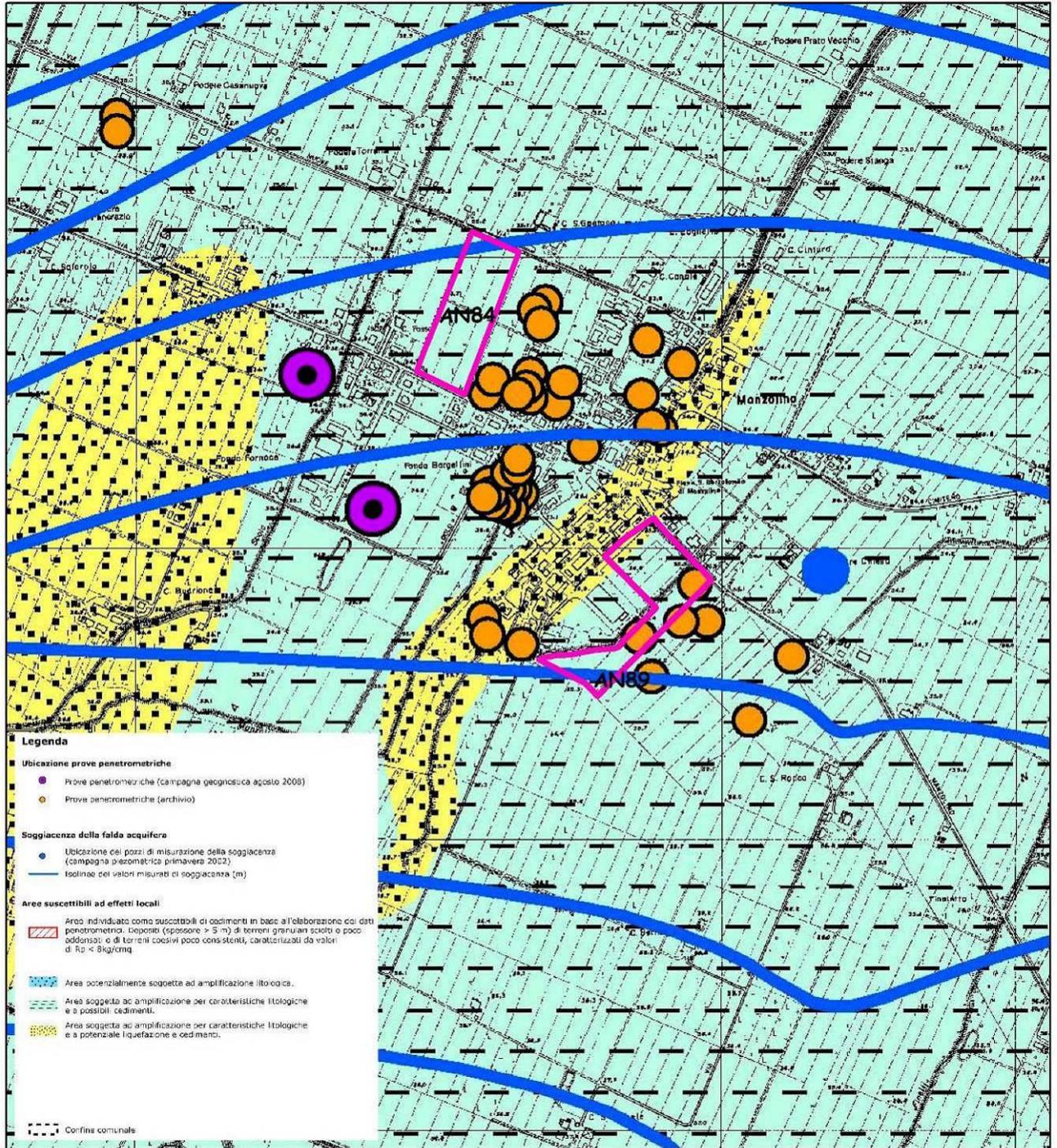


Figura 53 - "Carta delle aree suscettibili ad effetti locali" - Estratto Tav 1S del PSC - Scala 1:10.000



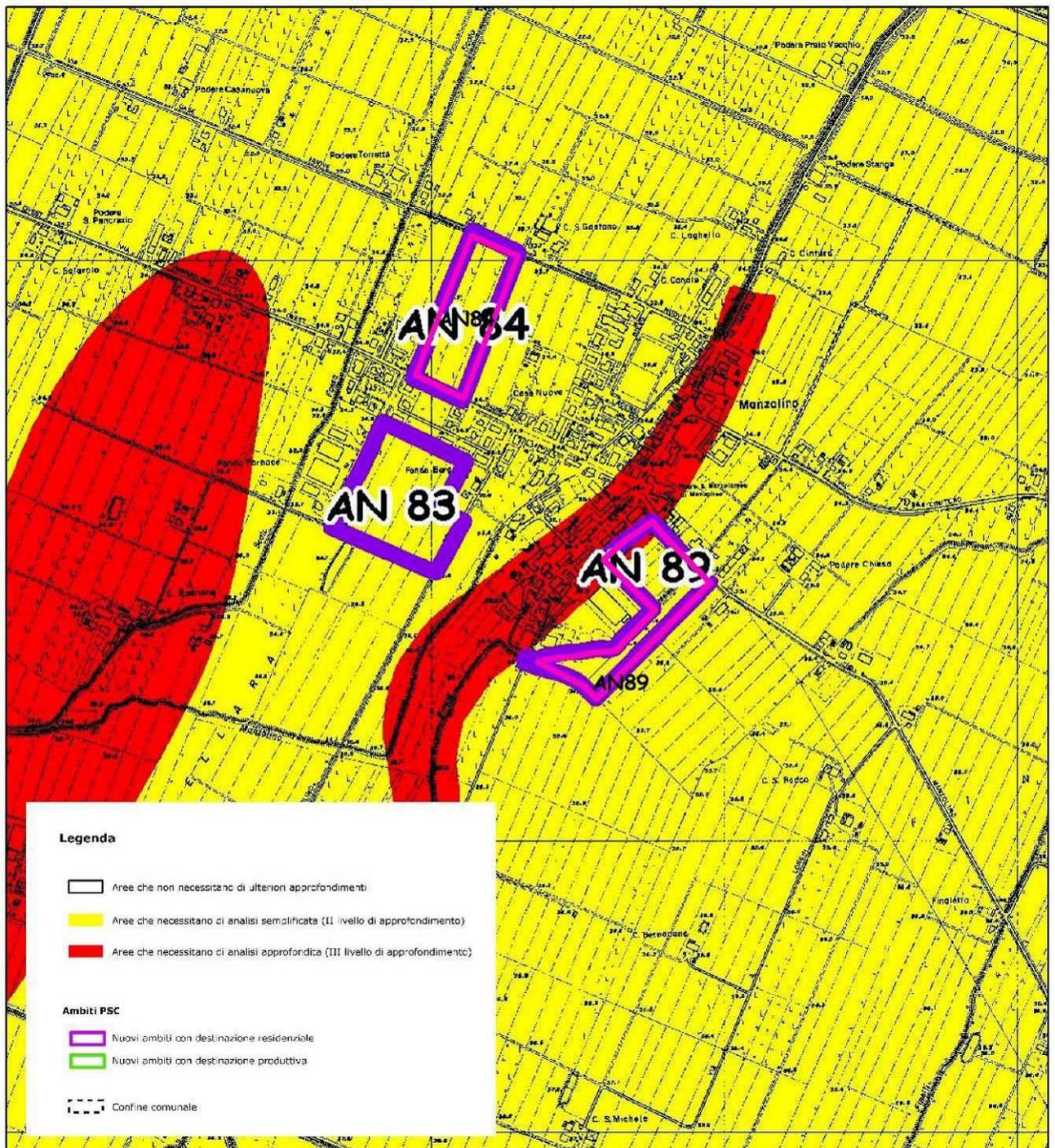


Figura 55 - "Carta valutazione sismica locale" - Estratto Tav 45 del PSC - Scala 1:10.000

## 5.2 AMBITO AN 84 - NUOVO RESIDENZIALE NORD

Lo studio geologico, geotecnico e sismico relativo all'Ambito AN 84 (Fig. 56) è stata realizzato facendo riferimento ai dati, elaborazioni e considerazioni riportate nella "Relazione geologica, geotecnica e sismica inerente l'ambito n. 84" redatta dalla Intergeo srl a firma del Dott. Geol. Guadagnini Rino.

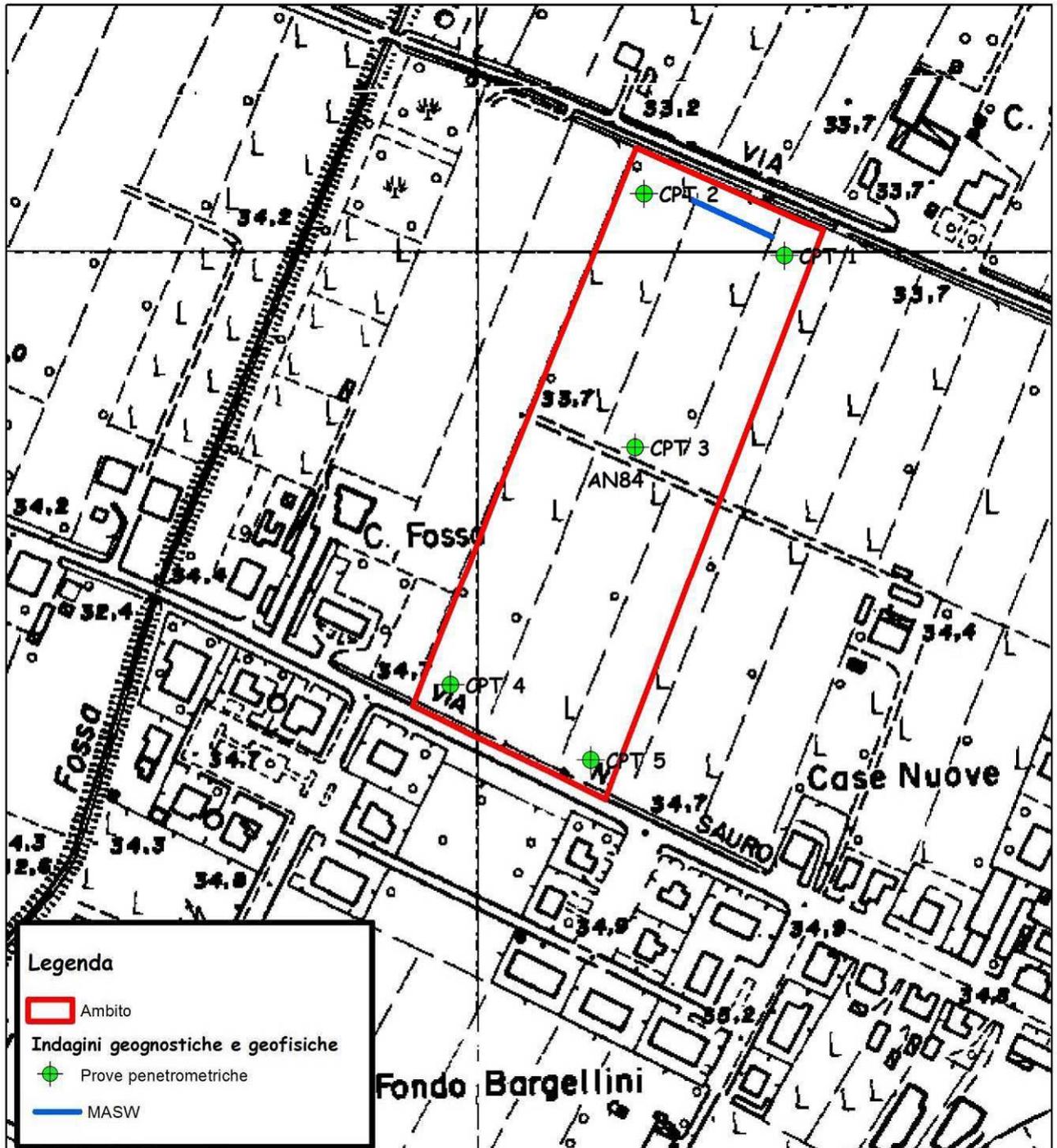


Figura 56 - Ubicazioni indagini geognostiche e geofisiche AMBITO 84 AN - Scala 1:2.500

### 5.2.1 DESCRIZIONE AMBITO AN84

Il comparto è ubicato a qualche chilometro ad est del capoluogo, nella periferia ovest della località Manzolino, ad una quota compresa fra i 34,7 m ed i 33,2 m s.l.m.

Esso si estende per una superficie totale di 24.202 m<sup>2</sup>. (Fig. 56).

Gli obiettivi specifici del PSC per l'ambito AN 84 prevedono:

- Completare il tessuto urbano della frazione con la realizzazione di dotazioni pubbliche che concorrano al miglioramento complessivo degli standard del centro abitato

Le funzioni ammesse su tale ambito sono: Residenziale, commerciale-terziario

Gli interventi per l'inserimento nel POC prevedono la realizzazione delle seguenti opere:

- Acquisizione diritti edificatori pubblici per realizzazione ERS;
- Completare i percorsi ciclopeditoni interni all'ambito per collegare gli stessi con la pista ciclabile extraurbana di collegamento con il capoluogo, già in parte realizzata.

### 5.2.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE AMBITO AN 84

#### Indagini geognostiche

Per la caratterizzazione geologica-geotecnica e geofisica dell'area in esame, oltre ad una raccolta bibliografica e cartografica degli studi eseguiti nella zona in esame, è stata predisposta un'apposita indagine geognostica consistita nell'esecuzione di:

- N. 5 prove penetrometriche statiche CPT;
- N. 1 stendimento sismico MASW.

#### Stratigrafia e Parametri geotecnici

La caratterizzazione stratigrafico-geotecnica dei terreni di fondazione, desunta dalle n. 5 prove penetrometriche ad infissione statica CPT, ha sostanzialmente confermato i dati bibliografici.

Nr: Numero progressivo strato

Prof: Profondità strato (m)

Tipo: C: Coesivo, I: Incoerente, CI: Coesivo-Incoerente

Cu: Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

Eu: Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm<sup>2</sup>)

Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

G: Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm<sup>2</sup>)

OCR: Grado di sovraconsolidazione

$\gamma$  : Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)

Dr: Densità relativa (%)

$\phi$  : Angolo di resistenza al taglio (°)

Ey: Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

### CPT1

N.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	$\gamma$	Dr	$\varphi$	Ey
1	0,6-4,4	C	0,72	533,74	48,42	143,47	>9	1,92	/	/	/
2	4,4-11,0	C	0,56	388,71	45,58	121,86	3,87	1,86	/	/	/
3	11,0-15,0	C	1,02	723,49	41,00	177,27	5,83	1,97	/	/	/

### CPT2

N.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	$\gamma$	Dr	$\varphi$	Ey
1	0,6-4,0	C	0,78	574,80	48,22	150,02	>9	1,93	/	/	/
2	4,0-10,0	I	/	/	71,00	141,65	<0.5	1,80	13,45	29,24	28,40
3	10,0-19,0	C	1,18	832,46	47,20	193,20	5,50	1,99	/	/	/
4	19,0-20,0	I	/	/	385,20	830,65	1,07	1,90	88,83	40,30	513,60

### CPT3

N.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	$\gamma$	Dr	$\varphi$	Ey
1	0,6-4,4	C	0,78	578,65	48,18	150,61	>9	1,93	/	/	/
2	4,4-10,0	CI	0,56	393,88	45,74	122,53	<0.5	1,86	5,48	28,70	22,40
3	10,0-18,0	C	1,06	749,16	42,60	181,47	5,31	1,97	/	/	/
4	18,0-22,0	I	/	/	255,15	645,83	1,44	1,90	73,92	38,07	340,20
5	22,0-30,0	C	1,34	906,21	53,60	208,81	3,12	2,00	/	/	/

### CPT4

N.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	$\gamma$	Dr	$\varphi$	Ey
1	0,6-4,0	C	0,67	492,53	48,07	136,72	>9	1,90	/	/	/
2	4,0-10,0	C	0,60	424,13	46,84	127,80	5,17	1,88	/	/	/
3	10,0-15,0	C	1,06	746,61	42,20	180,42	5,91	1,97	/	/	/

### CPT5

N.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	$\gamma$	Dr	$\varphi$	Ey
1	0,6-4,4	C	0,76	555,41	48,38	147,07	>9	1,92	/	/	/
2	4,4-10,4	C	0,54	377,50	45,08	119,83	3,87	1,86	/	/	/
3	10,4-15,0	C	1,06	745,82	42,20	180,42	5,81	1,97	/	/	/

Da un punto di vista litologico, i terreni che caratterizzano il primo sottosuolo sono rappresentati, al di sotto dello strato pedogenizzato spesso circa un metro, da argille ed

argille limose spesse circa 3 m mediamente consolidate caratterizzate da valori di  $R_p$  medi di almeno  $14\div 16 \text{ Kg/cm}^2$  cui segue uno strato spesso circa  $7\div 8$  metri e costituito da un'alternanza di limi argillosi e/o limi sabbiosi con rare intercalazioni sabbioso-limose e sabbiose poco consolidate con valori di  $R_p$  pari a  $8\div 10 \text{ Kg/cm}^2$ . A partire dai  $10\div 11$  m di profondità ricompaiono ancora depositi argilloso-limosi, da mediamente a ben consolidati con valori di  $R_p$  pari a  $18\div 20 \text{ Kg/cm}^2$  che ricoprono una lente ghiaiosa presente fra i  $-18\div -18,5$  m ed i  $-22$  m circa dal p.c. Tale lente si presenta nel complesso mediamente addensata. Dai 22 m circa di profondità e fino ai 30 m almeno si rinvengono ancora argille limose ben consolidate con valori di  $R_p$  pari a  $22\div 24 \text{ Kg/cm}^2$ .

### **Piezometria e soggiacenza**

La falda acquifera contenuta nei depositi ghiaiosi presenta, nella zona, soggiacenze superiori ad una decina di metri almeno e non sarà pertanto interessata dalle fondazioni. Nei materiali relativamente più grossolani che si rinvengono nei terreni fini di copertura può instaurarsi una falda idrica superficiale del tipo "sospeso" alimentata per lo più da infiltrazione superficiale, è può presentare soggiacenze minime dell'ordine di 1.50 m con oscillazioni anche di un paio di metri, tali da renderla interferente con le strutture interrato dei futuri interventi edilizi e quindi anche con i relativi scavi nella fase di cantiere.

### **Classificazione sismica del suolo**

La caratterizzazione sismica del terreno di fondazione è stata effettuata attraverso una indagine geofisica del tipo MASW che ha fornito il seguente valore medio  $V_{s30}$ :

$$V_{s30} = 217 \text{ m/s}$$

Secondo normativa la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la C:

*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensate, o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT} < 50$  nei terreni a grana grossa,  $70 < c_u < 250 \text{ kPa}$  nei terreni a grana fine).*

### **Microzonazione sismica Ambito 84 AN**

In riferimento alla Tavola 3.s "Effetti attesi -zonazione sismica (II livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007) totalità dell'area in studio rientra nelle "aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti. Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi. Sono sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti post sismici in presenza di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche".

### **Analisi di II livello di Analisi per il Ambito 84 AN**

In conformità con quanto previsto nel QC del PSC di Castelfranco Emilia è stata eseguita un'analisi sismica di II livello di approfondimento per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico.

Con riferimento alla DAL 112/2007, Atto di indirizzo e coordinamento tecnico in merito agli studi di micro zonazione sismica, approvato dall'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna il 02/05/2007, la zona di Manzolino in cui si colloca l'area in esame risulta compresa nell'ambito denominato Pianura 2 in quanto è stata individuata la profondità del bedrock a -110/120 m dal p.c.. Il valore  $V_{s30}$  desunto dall'indagine sismica è risultato pari a 217 m/sec.

Si è quindi proceduto alla determinazione dei fattori di amplificazione F.A.:

F.A. PGA = 1,5      F.A. IS  $0,1 < T_0 < 0,5$  = 1,8      F.A. IS  $0,5 < T_0 < 1$  = 2,4

#### Amplificazione topografica

Considerato che il comune di Castelfranco Emilia, compreso l'ambito oggetto del presente lavoro, appartengono alla pianura modenese, l'inclinazione media terreni risulta  $< 15^\circ$  per cui non si hanno effetti di amplificazione topografica.

#### Analisi di III livello di Analisi per l'Ambito 84 AN

Nella relazione redatta da Intergeo srl si afferma che, considerando la situazione litostratigrafica-geotecnica ed idrogeologica riscontrata, si esclude l'insorgenza di cedimenti permanenti post-sismici causati da fenomeni di liquefazione conseguenti a sollecitazioni dinamiche o eccessivo addensamento in caso di terremoto.

#### Aggiornamento della microzonazione sismica ambito 84AN

A seguito della stima puntuale dei fattori di amplificazione sismica, come anticipato nel capitolo 2.1 della presente relazione, il quadro della pericolosità sismica locale del PSC è stato aggiornato ed è stato possibile modificare la Tavola S2 del PSC - "Fattori di amplificazione". Tale modifica, per l'ambito in esame, ha determinato una riclassificazione per l'intera sua estensione, come si può vedere dalle Figure 57 e 58.

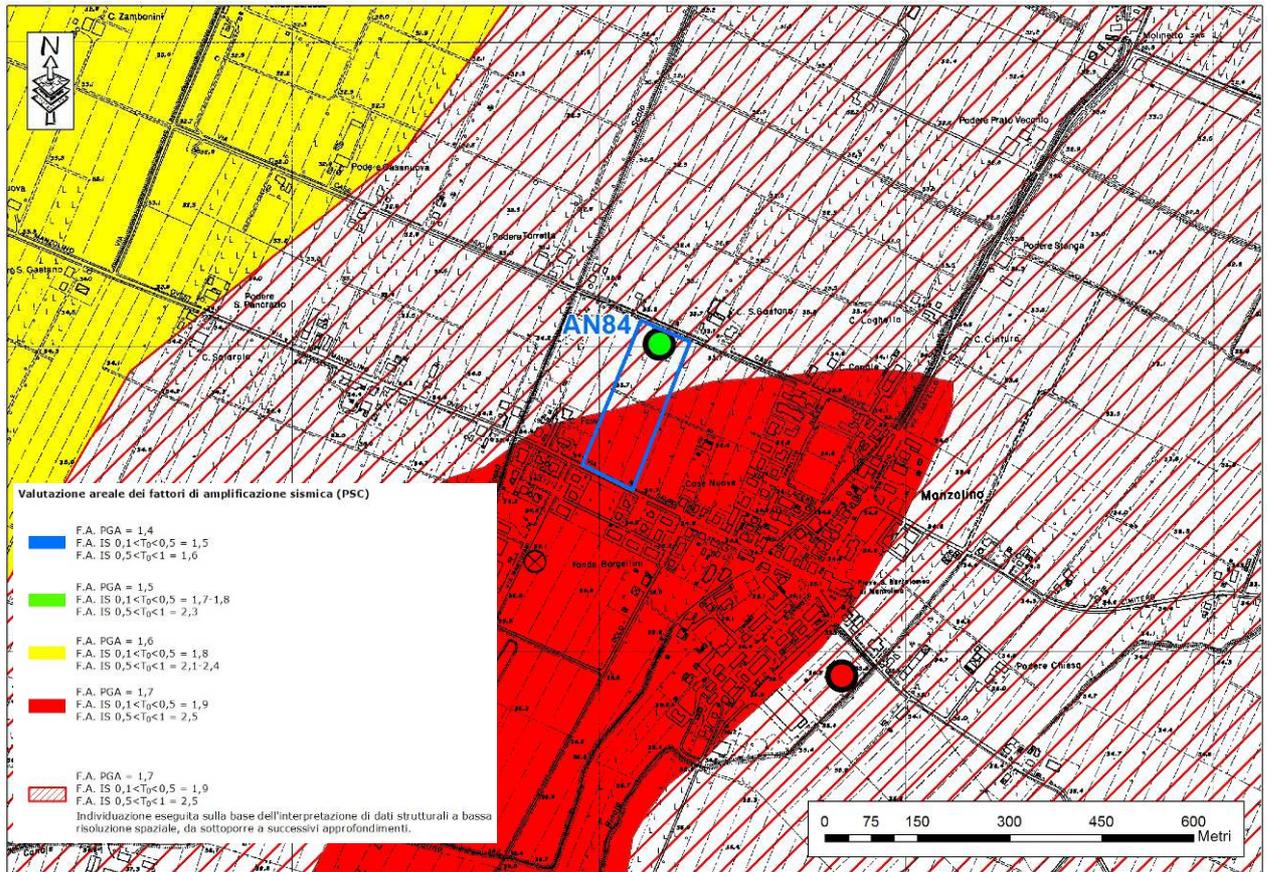
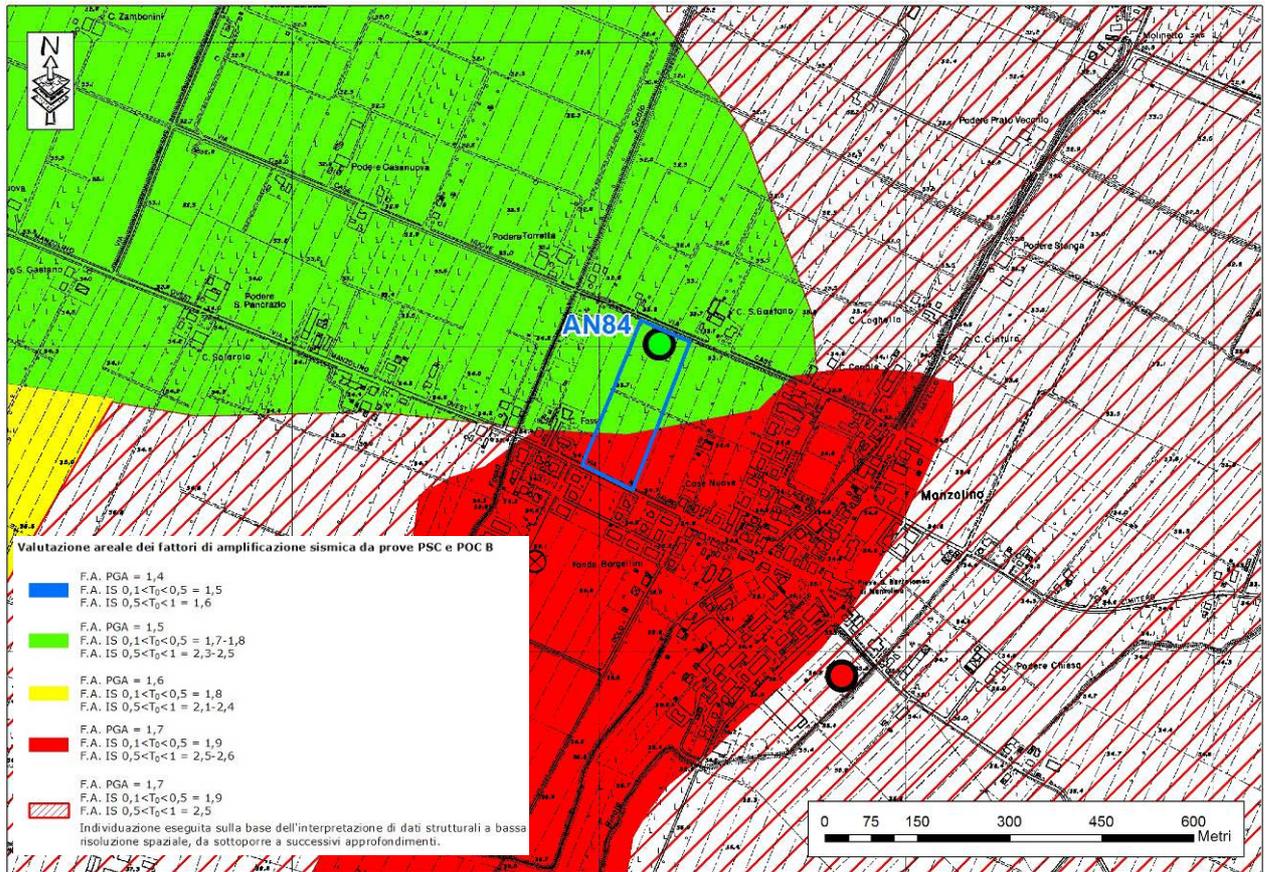


Figura 57 - Microzonazione sismica da PSC. Per la legenda delle verticali sismiche (punti colorati) si faccia riferimento alla legenda di figura 6.



**Figura 58 - Microzonazione sismica del PSC aggiornata con i nuovi dati acquisiti dalle relazioni geologiche per l'inserimento dei nuovi ambiti e sub-ambiti nel POC B. Per la legenda delle verticali sismiche (punti colorati) si faccia riferimento alla legenda di figura 6.**

La nuova classe di fattori di amplificazione per il sub-ambito risulta la seguente:

Per la zona settentrionale:

F.A. PGA=1,5

F.A. IS  $0,1 < T_0 < 0,5 = 1,7-1,8$

F.A. IS  $0,5 < T_0 < 1 = 2,3-2,5$

Per la zona meridionale:

F.A. PGA=1,7

F.A. IS  $0,1 < T_0 < 0,5 = 1,9$

F.A. IS  $0,5 < T_0 < 1 = 2,5-2,6$

*Gli approfondimenti di III livello eseguiti non hanno modificato il quadro degli effetti attesi in caso di sisma evidenziato dal PSC.*

### 5.2.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE AMBITO 84 AN

Nella presente relazione geologica, geotecnica e sismica, relativa al progetto dell'Ambito AN 84 per l'inserimento dello stesso nelle previsioni del Piano Operativo del Comune di

Castelfranco Emilia (POC), sono state analizzate le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e sismiche dell'area in oggetto.

Indagini geognostiche e geofisiche. Per la caratterizzazione geologica-geotecnica e geofisica dell'area in esame, oltre ad una raccolta bibliografica e cartografica degli studi eseguiti nella zona in esame, è stata predisposta un'apposita indagine geognostica consistita nell'esecuzione di:

- N. 5 prove penetrometriche statiche CPT;
- N. 1 stendimento sismico MASW.

Microzonazione Sismica. Nell'ambito della redazione del PSC sono state redatte le seguenti cartografie:

- Tavola 1.s "Aree suscettibili di effetti locali" (1° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico l'area in studio rientra tra la porzione centro occidentale dell'area ricade in una zona individuata come *Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a possibili cedimenti*.
- Tavola 2.s "Fattori di amplificazione" (2° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico l'intera area in studio risulta caratterizzata dai seguenti Fattori di Amplificazione:

$$FA_{PGA} = 1,5 \quad F.A. IS 0,1 < T_0 < 0,5 = 1,8 \quad F.A. IS 0,5 < T_0 < 1 = 2,4$$

- Tavola 3.s "Effetti attesi-zonazione sismica (II livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico l'area in studio rientra nelle *Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti*.

Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; Sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima di eventuali cedimenti post sismici in presenza di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche.

Con riferimento alla DAL 112/2007, in merito agli studi di micro zonazione sismica, la zona di Castelfranco in cui si colloca l'area in esame risulta compresa nell'ambito denominato Pianura 2. Il valore Vs30 desunto dall'indagine sismica è risultato pari a 217 m/sec.

Si è quindi proceduto alla determinazione dei fattori di amplificazione F.A.:

$$F.A. PGA = 1,5 \quad F.A. IS 0,1 < T_0 < 0,5 = 1,8 \quad F.A. IS 0,5 < T_0 < 1 = 2,4$$

Nella relazione redatta da Intergeo srl si afferma che considerando la situazione litostratigrafica-geotecnica ed idrogeologica riscontrata si esclude l'insorgenza di cedimenti permanenti post-sismici causati da fenomeni di liquefazione conseguenti a sollecitazioni dinamiche o eccessivo addensamento in caso di terremoto.

Categoria sismica sottosuolo. L'indagine sismica eseguita del tipo MASW ha permesso di misurare la velocità media delle onde "s" nei primi 30 m di stratigrafia (Vs30) in 217 m/s a cui corrisponde una categoria sismica di suolo di fondazione corrispondente a "C".

Amplificazione topografica. Considerato che il comune di Castelfranco Emilia, compreso l'ambito oggetto del presente lavoro, appartengono alla pianura modenese, l'inclinazione media terreni risulta  $<15^\circ$  per cui non si hanno effetti di amplificazione topografica.

Considerazioni geologiche-geotecniche. Le indagini eseguite e prese a riferimento hanno rilevato che da un punto di vista litologico, i terreni che caratterizzano il primo sottosuolo sono rappresentati, al di sotto dello strato pedogenizzato spesso circa un metro, da argille ed argille limose spesse circa 3 m mediamente consolidate caratterizzate da valori di  $R_p$  medi di almeno  $14\div 16 \text{ Kg/cm}^2$  cui segue uno strato spesso circa  $7\div 8$  metri e costituito da un'alternanza di limi argillosi e/o limi sabbiosi con rare intercalazioni sabbioso-limose e sabbiose poco consolidate con valori di  $R_{pm}$  pari a  $8\div 10 \text{ Kg/cm}^2$ . A partire dai  $10\div 11$  m di profondità ricompaiono ancora depositi argilloso-limosi, da mediamente a ben consolidati con valori di  $R_{pm}$  pari a  $18\div 20 \text{ Kg/cm}^2$  che ricoprono una lente ghiaiosa presente fra i  $-18\div -18,5$  m ed i  $-22$  m circa dal p.c. Tale lente si presenta nel complesso mediamente addensata. Dai 22 m circa di profondità e fino ai 30 m almeno si rinvencono ancora argille limose ben consolidate con valori di  $R_{pm}$  pari a  $22\div 24 \text{ Kg/cm}^2$ .

Sulla base di questi risultati è stata effettuata una valutazione geotecnica preliminare del complesso terreno-fondazione, sulla base della quale è possibile affermare che, per i futuri interventi edilizi si potranno prevedere in linea generale fondazioni superficiali, che saranno comunque da valutare e verificare in funzione delle strutture che si intenderanno realizzare.

Sulla base delle indagini svolte si ritiene che l'ambito **84 AN** sia idoneo dai punti di vista geologico, geotecnico e sismico per un suo inserimento nel POC del Comune di Castelfranco Emilia.

### 5.3 AMBITO 89 AN - NUOVO RESIDENZIALE CENTRO

Lo studio geologico, geotecnico e sismico relativo all'Ambito AN 89 (Fig. 59) è stata realizzato facendo riferimento ai dati, elaborazioni e considerazioni riportate nella "Relazione geologica e sismica inerente l'ambito n. 89" a firma del Dott. Geol. Mondani Carlo.

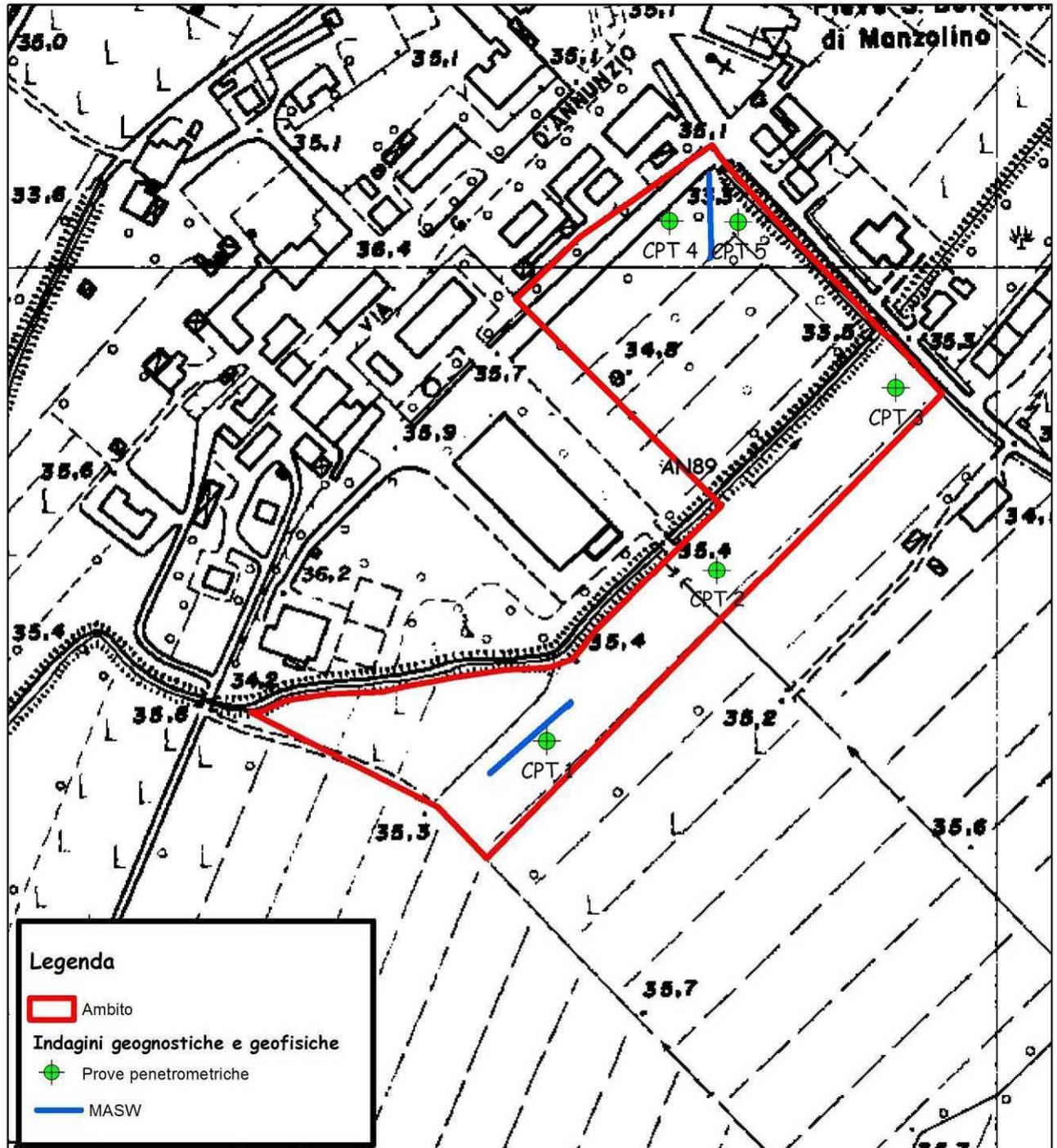


Figura 59 - Ubicazioni indagini geognostiche e geofisiche AMBITO 89 AN - Scala 1:2.500

### 5.3.1 DESCRIZIONE AMBITO 89 AN

Il comparto è ubicato a qualche chilometro ad est del capoluogo, nella periferia a sud della località Manzolino, ad una quota compresa fra i 33,3 m ed i 35,4 m s.l.m.

Esso si estende per una superficie totale di 26.919 m<sup>2</sup>. (Fig. 59).

Gli obiettivi specifici del PSC per l'ambito AN 89 prevedono:

- Completamento del tessuto urbano della frazione con realizzazione di dotazioni pubbliche che concorrano al miglioramento complessivo della qualità insediativa del centro abitato, collegando le aree residenziali ad est, di più recente realizzazione, con il sistema urbano del centro abitato.
- Realizzazione di una struttura commerciale alimentare medio-piccola, adeguata alle esigenze del centro abitato.

Le funzioni ammesse su tale ambito sono: Residenziale, commerciale-terziario

Gli interventi per l'inserimento nel POC prevedono la realizzazione delle seguenti opere:

- Concorso alla realizzazione della nuova scuola elementare di Manzolino - Cavazzona
- Realizzazione di rotatoria extra comparto, tra via Madre Teresa di Calcutta e via Manzolino est
- Nuova sistemazione della piazza pubblica

### 5.3.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE AMBITO AN89

#### Indagini geognostiche

Per la caratterizzazione geologica-geotecnica e geofisica dell'area in esame, oltre ad una raccolta bibliografica e cartografica degli studi eseguiti nella zona in esame, è stata predisposta un'apposita indagine geognostica consistita nell'esecuzione di:

- N. 5 prove penetrometriche statiche CPT;
- N. 2 stendimenti sismici MASW.

#### Stratigrafia e Parametri geotecnici

La caratterizzazione stratigrafico-geotecnica dei terreni di fondazione, desunta dalle n. 5 prove penetrometriche ad infissione statica CPT, ha sostanzialmente confermato i dati bibliografici.

#### CPT1

Prof. superf. inf. strato (m)	qc medio (kg/cm <sup>2</sup> )	fs medio (kg/cm <sup>2</sup> )	Litologia	γ' medio (t/m <sup>3</sup> )	Cu medio (kg/cm <sup>2</sup> )	φ° medio	Mo medio (kg/cm <sup>2</sup> )
0,40	---	---	Terreno vegetale	1,85	---	---	---
1,80	13,6	0,65	Argilla inorganica compatta	1,90	0,68	---	48,18
3,60	8,7	0,30	Argille sabbiose e limose	1,82	0,44	---	40,43

6.80	13.0	0.53	Argilla inorganica compatta	1.89	0.65	---	47.81
10.00	9.3	0.29	Argille sabbiose e limose	1.83	0.47	---	41.96
11.80	11.6	0.50	Argilla inorganica di media consistenza	1.86	0.58	---	46.32
12.20	16.8	0.87	Argilla inorganica compatta	1.93	0.84	---	47.39
14.00	27.0	1.39	Argilla inorganica molto compatta	2.01	1.35	---	54.00
15.00	42.1	1.49	Argille sabbiose e limose	2.05	2.11	---	84.20
Falda: - 1,40 m da piano campagna							

### CPT2

Prof. superf. inf. strato (m)	qc medio (kg/cm <sup>2</sup> )	fs medio (kg/cm <sup>2</sup> )	Litologia	γ medio (t/m <sup>3</sup> )	Cu medio (kg/cm <sup>2</sup> )	φ° medio	Mo medio (kg/cm <sup>2</sup> )
0,40	---	---	Terreno vegetale	1,85	---	---	---
1.80	16.8	0.99	Argilla inorganica molto compatta	1.94	0.84	---	47.39
5.00	11.8	0.52	Argilla inorganica compatta	1.88	0.59	---	46.59
6.80	15.1	0.77	Argilla inorganica compatta	1.92	0.76	---	48.38
11.00	10.2	0.38	Argilla inorganica di media consistenza	1.84	0.51	---	43.95
12.40	14.0	0.80	Argilla inorganica compatta	1.90	0.70	---	48.33
15.00	27.6	1.47	Argilla inorganica molto compatta	2.00	1.38	---	55.20
Falda: - 1,30 m da piano campagna							

### CPT3

Prof. superf. inf. strato (m)	qc medio (kg/cm <sup>2</sup> )	fs medio (kg/cm <sup>2</sup> )	Litologia	γ medio (t/m <sup>3</sup> )	Cu medio (kg/cm <sup>2</sup> )	φ° medio	Mo medio (kg/cm <sup>2</sup> )
0,40	---	---	Terreno vegetale	1,85	---	---	---
1.80	13.4	0.70	Argilla inorganica compatta	1.90	0.67	---	48.07
2.40	8.4	0.27	Argille sabbiose e limose	1.82	0.42	---	39.61
7.00	13.8	0.57	Argilla inorganica compatta	1.90	0.69	---	48.26
10.00	9.9	0.32	Argille sabbiose e limose	1.83	0.50	---	43.33
12.00	12.4	0.65	Argilla inorganica	1.88	0.62	---	47.28

			compatta				
15.00	26.5	1.46	Argilla inorganica molto compatta	1.99	1.33	---	53.00
Falda: - 1,40 m da piano campagna							

#### CPT4

Prof. superf. inf. strato (m)	qc medio (kg/cm <sup>2</sup> )	fs medio (kg/cm <sup>2</sup> )	Litologia	γ medio (t/m <sup>3</sup> )	Cu medio (kg/cm <sup>2</sup> )	φ° medio	Mo medio (kg/cm <sup>2</sup> )
0,40			Terreno vegetale	1,85			
1.40	12.2	0.56	Argilla inorganica compatta	1.88	0.61		47.07
2.00	7.6	0.31	Argilla inorganica di media consistenza	1.80	0.38		37.21
5.80	12.6	0.55	Argilla inorganica compatta	1.89	0.63		47.48
7.00	17.6	0.78	Argilla inorganica compatta	1.94	0.88		46.47
10.20	9.4	0.34	Argilla inorganica di media consistenza	1.83	0.47		42.20
12.60	14.3	0.71	Argilla inorganica compatta	1.90	0.72		48.40
14.20	29.4	1.52	Argilla inorganica molto compatta	2.03	1.47		58.80
15.00	39.6	1.44	Argille sabbiose e limose	2.04	1.98		79.20
Falda: - 1,50 m da piano campagna							

#### CPT5

Prof. superf. inf. strato (m)	qc medio (kg/cm <sup>2</sup> )	fs medio (kg/cm <sup>2</sup> )	Litologia	γ medio (t/m <sup>3</sup> )	Cu medio (kg/cm <sup>2</sup> )	φ° medio	Mo medio (kg/cm <sup>2</sup> )
0,40			Terreno vegetale	1,85			
1.20	9.7	0.50	Argilla inorganica compatta	1.85	0.49		42.89
2.80	16.1	0.85	Argilla inorganica compatta	1.93	0.81		47.95
6.20	13.5	0.63	Argilla inorganica compatta	1.90	0.68		48.13
9.80	9.2	0.30	Argille sabbiose e limose	1.83	0.46		41.72
11.60	12.7	0.53	Argilla inorganica compatta	1.88	0.64		47.57
15.00	29.7	1.49	Argilla inorganica molto compatta	2.01	1.49		59.40
Falda: - 1,40 m da piano campagna							

Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)  
 γ : Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)  
 Cu: Coesione non drenata(Kg/cm<sup>2</sup>)

$\varphi$  : Angolo di resistenza al taglio (°)  
E<sub>y</sub>: Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

Escludendo i primi 40÷50 cm circa di terreno vegetale, la successione stratigrafica presente nell'Ambito AN 89 è rappresentata da intercalazioni di argille limose, argille sabbioso-limose e limi con le seguenti caratteristiche geomeccaniche:

- da scadenti a molto buone da -0.40 m a -7.00 m dal piano di campagna attuale, con valori di resistenza medi alla punta q<sub>c</sub> compresi tra 8 e 17 kg/cm<sup>2</sup>; la stratigrafia è costituita da livelli argillosi e argilloso-limosi compatti e di media consistenza e da argille sabbioso-limose;
- modeste da -7.00 m a -10.00 m dal piano di campagna attuale, con valori di resistenza medi alla punta q<sub>c</sub> compresi tra 9 e 10 kg/cm<sup>2</sup>; la stratigrafia è costituita da argille limose di media consistenza e da argille sabbioso-limose;
- da molto buone a ottime da -10.00 m a -15.00 m dal piano di campagna attuale, con valori di resistenza q<sub>c</sub> compresi tra 12 e 42 kg/cm<sup>2</sup>; alternanze di argille limose da compatte a molto compatte e argille sabbioso-limose.

### **Piezometria e soggiacenza**

La falda acquifera contenuta nei depositi ghiaiosi presenta, nella zona, soggiacenze superiori ad una decina di metri almeno e non sarà pertanto interessata dalle fondazioni. Nei materiali relativamente più grossolani che si rinvergono nei terreni fini di copertura può instaurarsi una falda idrica superficiale del tipo "sospeso" alimentata per lo più da infiltrazione superficiale, è può presentare soggiacenze minime dell'ordine di 1.50 m con oscillazioni anche di un paio di metri, tali da renderla interferente con le strutture interrato dei futuri interventi edilizi e quindi anche con i relativi scavi nella fase di cantiere.

### **Classificazione sismica del suolo**

La caratterizzazione sismica del terreno di fondazione è stata effettuata attraverso una indagine geofisica del tipo MASW. In particolare sono state eseguiti due stendimenti che hanno fornito rispettivamente i seguenti valori:

MASW 1 Vs30 = 227 m/s

MASW 2 Vs30= 225 m/s

Secondo normativa la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la C:

*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensate, o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V<sub>s30</sub> compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero 15 < N<sub>SPT</sub> < 50 nei terreni a grana grossa, 70 < c<sub>u</sub> < 250 kPa nei terreni a grana fine).*

### **Microzonazione sismica Ambito 89 AN**

In riferimento alla Tavola 3.s "Effetti attesi -zonazione sismica (II livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007) la quasi totalità dell'area in studio rientra

nelle "aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti. Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi. Sono sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti post sismici in presenza di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche".

#### Analisi di II livello di Analisi per il Ambito 89 AN

In conformità con quanto previsto nel QC del PSC di Castelfranco Emilia è stata eseguita un'analisi sismica di II livello di approfondimento per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico.

Con riferimento alla DAL 112/2007, Atto di indirizzo e coordinamento tecnico in merito agli studi di micro zonazione sismica, approvato dall'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna il 02/05/2007, la zona di Manzolino in cui si colloca l'area in esame risulta compresa nell'ambito denominato Pianura 1. Il valore Vs30 desunto dall'indagine sismica è risultato compreso tra 225 e 227 m/sec.

Si è quindi proceduto alla determinazione dei fattori di amplificazione F.A.:

F.A. PGA = 1,7      F.A. IS  $0,1 < T_0 < 0,5$  = 1,9      F.A. IS  $0,5 < T_0 < 1$  = 2,6

Considerato che il comune di Castelfranco Emilia appartiene alla pianura modenese, essendo aree pianeggianti l'inclinazione media terreni risulta  $< 15^\circ$  per cui non si hanno effetti di amplificazione topografica.

#### Analisi di III livello di Analisi per il Ambito 89 AN

Come prescritto nel QC del PSC di Castelfranco E., sono stati eseguiti approfondimenti di III livello per le valutazioni sismiche, in particolare è stata eseguita una stima dei cedimenti permanenti post sismici e del potenziale alla liquefazione.

#### Stima dei cedimenti post-sismici Ambito 89AN

Nella relazione geologica e sismica è stata eseguito il calcolo per la stima dei cedimenti post sismici dei terreni coesivi in base al punto E) dell'allegato A3 della D.A.L. 112/2007 dal quale sono risultati valori tra 0,78 e 0,96 cm e quindi accettabili.

#### Suscettibilità alla liquefazione Ambito 89AN

Non essendo presenti strati sabbiosi in falda, di spessore significativo nei primi 15 m di terreno, non sussistono le condizioni litologiche per l'innescio di fenomeni di liquefazione in occasione di sollecitazioni sismiche.

#### Aggiornamento della microzonazione sismica sub-ambito 89AN

A seguito della stima puntuale dei fattori di amplificazione sismica, come anticipato nel capitolo 2.1 della presente relazione, il quadro della pericolosità sismica locale del PSC è stato aggiornato ed è stato possibile modificare la Tavola S2 del PSC - "Fattori di amplificazione". Tale modifica, per l'ambito in esame, non ha determinato alcuna riclassificazione per l'intera sua estensione.

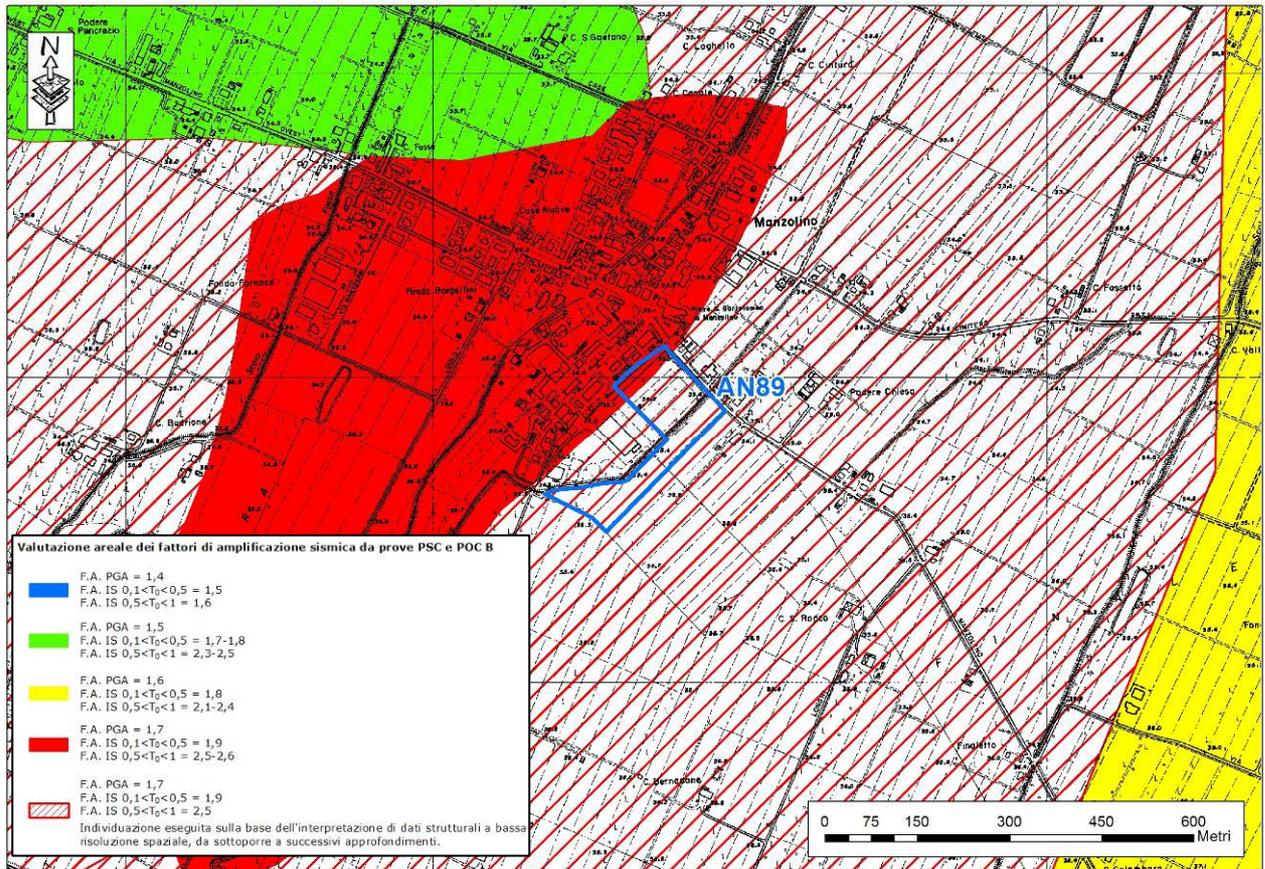


Figura 60 - Microzonazione sismica del PSC aggiornata con i nuovi dati acquisiti dalle relazioni geologiche per l'inserimento dei nuovi ambiti e sub-ambiti nel POC B. Per la legenda delle verticali sismiche (punti colorati) si faccia riferimento alla legenda di figura 6.

*Gli approfondimenti di III livello, hanno ipotizzato assente il rischio di liquefazione, non essendo presenti strati sabbiosi in falda, di spessore significativo, nei primi 15 m di terreno, e calcolato accettabili i cedimenti post-sismici.*

### 5.3.3 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE CONCLUSIVE AMBITO 89 AN

Nella presente relazione geologica, geotecnica e sismica, relativa al progetto dell'Ambito n. 89 AN per l'inserimento dello stesso nelle previsioni del Piano Operativo del Comune di Castel Franco Emilia (POC), sono state analizzate le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e sismiche dell'area in oggetto.

Indagini geognostiche e geofisiche. Per la caratterizzazione geologica-geotecnica e geofisica dell'area in esame, oltre ad una raccolta bibliografica e cartografica degli studi eseguiti nella zona in esame, è stata predisposta un'apposita indagine geognostica consistita nell'esecuzione di:

- N. 5 prove penetrometriche statiche CPT;
- N. 2 stendimenti sismici MASW.

Microzonazione Sismica. Nell'ambito della redazione del PSC sono state redatte le seguenti cartografie:

- Tavola 1.s "Aree suscettibili di effetti locali" (1° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico l'area in studio rientra tra le la porzione centro occidentale dell'area ricade in una zona individuata come *Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a possibili cedimenti.*
- Tavola 2.s "Fattori di amplificazione" (2° livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico l'intera area in studio risulta caratterizzata dai seguenti Fattori di Amplificazione:  
 $FA_{PGA} = 1,7$        $F.A. IS_{0,1 < T_0 < 0,5} = 1,9$        $F.A. IS_{0,5 < T_0 < 1} = 2,5$
- Tavola 3.s "Effetti attesi-zonazione sismica (II livello di approfondimento di cui alla D.A.L. 112/2007); nel caso specifico la quasi totalità dell'area in studio rientra nelle *Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti.*

Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; Sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima di eventuali cedimenti post sismici in presenza di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche.

Con riferimento alla DAL 112/2007, in merito agli studi di micro zonazione sismica, la zona di Castelfranco in cui si colloca l'area in esame risulta compresa nell'ambito denominato Pianura 1. Il valore  $V_{s30}$  desunto dall'indagine sismica è risultato compreso tra 225 e 226 m/sec.

Si è quindi proceduto alla determinazione dei fattori di amplificazione F.A.:

$F.A. PGA = 1,7$        $F.A. IS_{0,1 < T_0 < 0,5} = 1,9$        $F.A. IS_{0,5 < T_0 < 1} = 2,6$

Categoria sismica sottosuolo. L'indagine sismica eseguita del tipo MASW ha permesso di misurare la velocità media delle onde "s" nei primi 30 m di stratigrafia ( $V_{s30}$ ) in una velocità compresa tra 225 e 227 m/sec, a cui corrisponde una categoria sismica di suolo di fondazione corrispondente a "C".

Amplificazione topografica. Considerato che il comune di Castelfranco Emilia, compreso l'ambito oggetto del presente lavoro, appartengono alla pianura modenese, l'inclinazione media terreni risulta  $<15^\circ$  per cui non si hanno effetti di amplificazione topografica.

I cedimenti post-simici calcolati, hanno evidenziato valori compresi tra 0,78 e 0,96 cm e quindi accettabili.

Non essendo presenti strati sabbiosi in falda, di spessore significativo nei primi 15 m di terreno, non sussistono le condizioni litologiche per l'innescio di fenomeni di liquefazione in occasione di sollecitazioni sismiche.

Considerazioni geologiche-geotecniche. Da un punto di vista litologico, escludendo i primi 40÷50 cm circa di terreno vegetale, la successione stratigrafica presente nell'Ambito

AN 89 è rappresentata da intercalazioni di argille limose, argille sabbioso-limose e limi con le seguenti caratteristiche geomeccaniche:

- da scadenti a molto buone da -0.40 m a -7.00 m dal piano di campagna attuale, con valori di resistenza medi alla punta  $q_c$  compresi tra 8 e 17  $\text{kg/cm}^2$ ; la stratigrafia è costituita da livelli argillosi e argilloso-limosi compatti e di media consistenza e da argille sabbioso-limose;
- modeste da -7.00 m a -10.00 m dal piano di campagna attuale, con valori di resistenza medi alla punta  $q_c$  compresi tra 9 e 10  $\text{kg/cm}^2$ ; la stratigrafia è costituita da argille limose di media consistenza e da argille sabbioso-limose;
- da molto buone a ottime da -10.00 m a -15.00 m dal piano di campagna attuale, con valori di resistenza  $q_c$  compresi tra 12 e 42  $\text{kg/cm}^2$ ; alternanze di argille limose da compatte a molto compatte e argille sabbioso-limose.

Sulla base di questi risultati è stata effettuata una valutazione geotecnica preliminare del complesso terreno-fondazione, sulla base della quale è possibile affermare che, per i futuri interventi edilizi si potranno prevedere in linea generale fondazioni superficiali, che saranno comunque da valutare e verificare in funzione delle strutture che si intenderanno realizzare.

Sulla base delle indagini svolte si ritiene che l'ambito AN 89 sia idoneo dai punti di vista geologico, geotecnico e sismico per un suo inserimento nel POC del Comune di Castelfranco Emilia.