



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

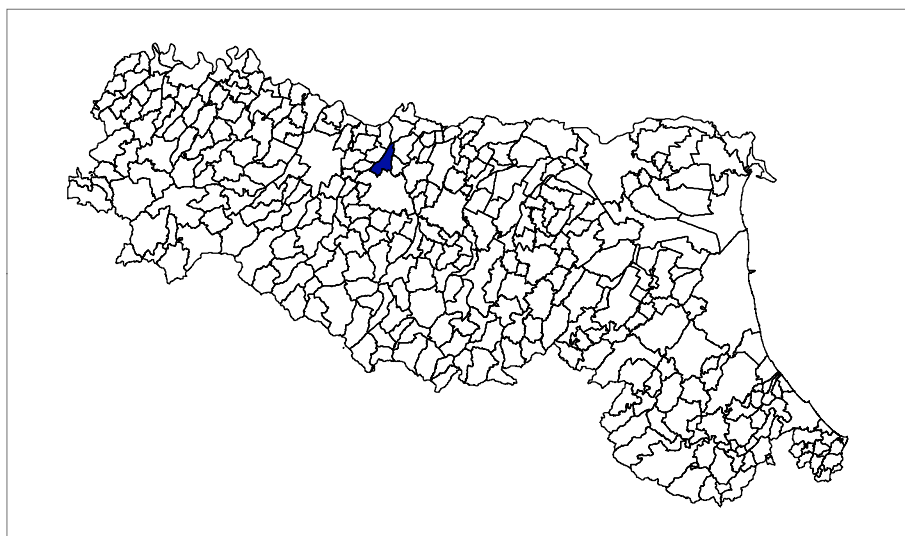
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Modellazione e caratterizzazione geologico sismica e geotecnica

Relazione Tecnica Illustrativa

Regione Emilia-Romagna
Comune di Cadelbosco di Sopra



Regione Emilia Romagna Studio realizzato con il contributo di cui all'OCDPC 978/2023 DGR ER 1936/2023 ed il coordinamento del Settore Difesa del Territorio – Area Geologia, suoli e sismica della Regione Emilia Romagna	Soggetto realizzatore Studio Geologico CENTROGEO Progetto: Gian Pietro Mazzetti Collaboratori: Stefano Gilli Camilla Mazzetti	Amministrazione comunale Sindaco: Marino Zani Responsabile Ufficio di Piano – Unione Terra di Mezzo: Maria Teresa Capuano
		Data Gennaio 2026

Provincia di Reggio Emilia
Unione Terra di Mezzo
Comune di Cadelbosco di Sopra

MICROZONAZIONE SISMICA
MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE
GEOLOGICO TECNICA E SISMICA
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	1
2	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	3
3	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	5
3.1	Pericolosità sismica – Definizione del moto di riferimento.....	21
4	ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	23
4.1	Caratteri sismotettonici.....	32
4.2	Attività tettonica.....	34
4.3	Subsidenza.....	39
4.4	Assetto strutturale depositi del quaternario continentale.....	40
4.4.1	Sub Sistema AES8a/8.....	40
4.4.2	Sub Sintema AES7.....	41
4.4.3	Sub Sintema AES3.....	41
4.4.4	Sub Sintema AES.....	42
4.4.5	Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore AEI.....	43
4.4.6	Sintema Quaternario Marino Superiore.....	44
4.5	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	45
4.6	Caratteri Geomorfologici.....	45
5	IDROGEOLOGIA.....	49
5.1	Idrografia di superficie.....	49
5.2	Reticolo idrografico naturale principale e secondario.....	51
5.3	Reticolo secondario artificiale di pianura.....	51
5.4	Ambiente Idrico Sotterraneo.....	53
5.5	Definizione del sistema idrogeologico.....	53
5.5.1	Interfaccia Acque Salate – Acque Salmastre/Salate.....	54
5.6	Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale.....	54
5.6.1	Successione Idrogeologica Locale.....	55
5.6.2	Serie Idrogeologica Locale.....	60
5.7	Assetto strutturale dell'acquifero.....	63
5.8	Trammissività degli acquiferi profondi.....	63
5.8.1	Ambiente Idrico Sotterraneo Primo Acquifero Non Confinato.....	63
5.8.2	Isopezie dell'acquifero Freatico.....	64
5.8.3	Soggiacenza Acquifero freatico.....	65
5.9	Identificazione temporale del sistema Idrogeologico.....	66
5.10	Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica.....	67
6	CARATTERI GEOLOGICO TECNICI.....	68
6.1	Carta Geologico Tecnica.....	68
6.2	Caratteristiche litotecniche.....	70
6.3	Successioni Geotecniche.....	70
7	MODELLI GEOTECNICI.....	79
7.1	SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	84
7.2	CEDIMENTI STATICI E CEDIMENTI INDOTTI DALL'AZIONE SISMICA.....	87
8	INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	88
8.1	Interpretazione e Metodologia di Elaborazione dei Risultati – Incertezze.....	88
8.2	Microtremori con la tecnica HVSr.....	89
8.3	Prospezione sismica a rifrazione passiva/attiva Re.Mi/MASW.....	89
9	PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	91
9.1	Carta delle indagini.....	91
9.2	Carta delle frequenze naturali del terreno.....	92
9.3	Tetto delle ghiaie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.....	93
9.3.1	Tetto Ghiaie e sabbie.....	93
9.4	Tetto del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.....	94
9.5	Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali.....	95
9.5.1	Definizione successioni a comportamento sismico equivalente.....	96
10	SECONDO E TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	105
10.1.1	Carta delle velocità delle onde di taglio (V_{s30}).....	105
10.2	Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica.....	106
10.3	Definizione degli input sismici.....	106
10.4	Calcolo degli effetti di sito.....	108
10.5	Parametrizzazione geotecnica e verticali sismiche.....	109
10.6	Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica DGR 476/564-2021.....	115
10.7	Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione massima orizzontale F_a PGA.....	118
10.8	Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner.....	118

10.9	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner in termini di pseudo velocità nell'intervallo FH 0.1<T<0.5 sec.....	119
10.10	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner in termini di pseudo velocità nell'intervallo FH 0.5<T<1.0 sec.....	120
10.11	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner in termini di pseudo velocità nell'intervallo FH 0.5<T<1.5 sec.....	121
10.12	Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo FA 0.1<T<0.5 sec.....	122
10.13	Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo FA 0.4<T<0.8 sec.....	122
10.14	Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo FA 0.7<T<1.1 sec.....	123
10.15	Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo FA 0.5<T<1.5 sec.....	124
10.16	LIVELLO DI PERICOLOSITA' SISMICA HSM.....	125
10.17	Carta del livello di pericolosità nell'intervallo HSM: 0.1<T<0.5 sec.....	125
11	TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	126
11.1	Carta del livello di pericolosità nell'intervallo H: 0.4<T<0.8 sec.....	126
11.2	Carta del livello di pericolosità nell'intervallo H: 0.7<T<1.1 sec.....	126
11.3	Carta del livello di pericolosità nell'intervallo H: 0.5<T<1.5 sec.....	127
	RISENTIMENTO SISMICO – PERIODO FONDAMENTALE DI VIBRAZIONE PER MACRO TIPOLOGIE DI FABBRICATI.....	128
12	ELABORATI DI MICROZONAZIONE - EVENTI PASSATI.....	129

ELABORATI CARTOGRAFICI

Tav. 1.1.1-1.1.5	Carta delle indagini	1:5.000
Tav. 1.2 Nord/Sud	Carta geologico tecnica	1:10.000
Tav. 1.2.1	Sezioni geologiche Ovest - Est	1:100.000 1:2.000
Tav. 1.2.2	Sezioni geologiche Sud - Nord	1:100.000 1:2.000
Tav. 1.3 Nord/Sud	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	1:10.000
Tav. 1.4 Nord/Sud	Carta delle frequenze naturali dei terreni	1:10.000
Tav. 1.5 Nord/Sud	Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30)	1:10.000
Tav. 1.6 Nord/Sud	Carta tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido	1:10.000
Tav. 1.7 Nord/Sud	Carta delle isopieze della falda	1:10.000
Tav. 1.8 Nord/Sud	Carta della soggiacenza della falda	1:10.000
Tav. 2.1.1-2.1.5	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FA PGA	1:5.000
Tav. 2.2.1-2.2.5	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FH 0,1 – 0,5 sec	1:5.000
Tav. 2.3.1-2.3.5	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FH 0,5 – 1,0 sec	1:5.000
Tav. 2.4.1-2.4.5	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FH 0,5 – 1,5 sec	1:5.000
Tav. 2.5.1-2.5.5	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FA 0,1 – 0,5 sec	1:5.000
Tav. 2.6.1-2.6.5	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FA 0,4 – 0,8 sec	1:5.000
Tav. 2.7.1-2.7.5	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FA 0,7 – 1,1 sec	1:5.000
Tav. 2.8.1-2.8.5	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FA 0,5 – 1,5 sec	1:5.000
Tav. 2.9.1-2.9.5	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - HSM	1:5.000
Tav. 2.10.1-2.10.5	Carta di microzonazione sismica Livello 3 - H 0,4 – 0,8 sec	1:5.000
Tav. 2.11.1-2.11.5	Carta di microzonazione sismica Livello 3 - H 0,7 – 1,1 sec	1:5.000
Tav. 2.12.1-2.12.5	Carta di microzonazione sismica Livello 3 - H 0,5 – 1,5 sec	1:5.000

ALLEGATI

Indagini geognostiche e geofisiche

Schede verifiche di suscettività alla liquefazione

1 INTRODUZIONE

L'analisi delle condizioni di sicurezza in funzione del comportamento dei terreni durante un evento sismico e dei conseguenti possibili effetti locali, del territorio comunale di Cadelbosco di Sopra (R.E.) è stata sviluppata mediante studi di caratterizzazione e modellazione geologico – tecnica e della pericolosità sismica di base – azione sismica.

Tale disamina, finalizzata alla mitigazione del rischio sismico, è stata indirizzata all'esame delle zone sede del territorio urbanizzato, di prevista urbanizzazione e di un loro adeguato intorno, del patrimonio edilizio esistente, delle fasce interessate dalle principali infrastrutture.

Le analisi di microzonazione sismica, realizzate con i contributi di cui all'OCDPC 978/2023, sono state effettuate in conformità alla Delibera di Giunta Regionale dell'Emilia-Romagna n° 1936/2023, "Approvazione dei Criteri per l'Attribuzione Contributi per la realizzazione e presentazione degli elaborati relativi a studi di Microzonazione Sismica e analisi della Condizione Limite per l'Emergenza.

Le sopra indicate analisi sono inoltre state sviluppate in riferimento a:

- D.M. 11/03/88, circ. LL.PP. N° 30483 del 24/09/88; L.R. RER N° 20 del 24/03/2000
- N.A. Piano stralcio Assetto Idrogeologico allegato 7, DGR 1300/2016 Prime Disposizioni Regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico, ai sensi dell'Art. 58 elaborato n° 7 (Norme di Attuazione) del progetto di variante al PAI e al PAI Delta adottato dal Comitato Istituzionale Autorità di Bacino del fiume PO con Deliberazione n°5/2015,
- ADBPO Variante 2025 Mappe della pericolosità e del rischio di alluvione Deliberazioni 10/11 del 18/12/25.
- NA PTCP Reggio Emilia.
- D.M. 17/01/2018 e relative NTC
- DGR 564/2021: Integrazione della propria deliberazione n. 476 del 12 aprile 2021 mediante approvazione dell'allegato A, "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)". BURERT, n. 137 del 12 maggio 2021, parte seconda n. 113.
- Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dipartimento Protezione Civile 2008, Parte III

Lo studio di Microzonazione Sismica è stato eseguito su incarico dell'**Unione Terra di Mezzo - Ufficio di Piano**, Responsabile Maria Teresa Capuano. Incarico affidato con Determina n° 586 del 16/12/2024.

La Microzonazione Sismica e Condizione Limite per l'Emergenza è stata effettuata in coordinamento con il *Settore Difesa del Territorio – Area Geologia, suoli e Sismica della Regione Emilia-Romagna*.

Le valutazioni di fattibilità per le scelte d'uso urbanistiche sono state svolte in riferimento alle condizioni geologico strutturali e di risentimento sismico, delle tipologie dei

processi morfogenetici, delle caratteristiche del reticolo idrografico dell'estensione degli ambiti territoriali sede dell'urbanizzato e di previsto sviluppo.

L'analisi della pericolosità sismica dell'area comunale di Cadelbosco di Sopra (R.E.) è stata sviluppata mediante la realizzazione delle carte di approfondimento sismico di primo livello per l'individuazione degli ambiti suscettibili di effetti locali in caso di sollecitazione sismica e delle carte di approfondimento sismico di secondo e di terzo livello, per la definizione dei Fattori di Amplificazione correlati allo scuotimento sismico atteso al suolo, in riferimento alle indicazioni contenute nelle sopracitate DGR 1936/2023, DGR 564/2021.

Detti elaborati, propedeutici all'elaborazione del PUG, rappresentano uno strumento utile per indirizzare le scelte urbanistiche in zone a riconosciuta minore pericolosità relativa geologico tecnica, sismica e idraulica del territorio esaminato.

Le elaborazioni cartografiche eseguite sono pertanto attinenti agli ambiti di interesse per la pianificazione a scala comunale.

Tali disamine sono state sviluppate mediante rilevamenti ed indagini direttamente effettuati che hanno integrato ed approfondito quelli precedentemente eseguiti nel contesto dello studio di Microzonazione Sismica di II° livello 2018/2019, da numerose indagini geognostiche in precedenza eseguite corredo del PSC 2008 e altre nel periodo 2016/2024, AA.VV. che hanno consentito valutazioni di maggior dettaglio per la discretizzazione delle aree a caratteristiche/condizioni geologico tecniche/sismiche equivalenti, delle analisi del P.T.C.P. di Reggio Emilia visualizzate negli elaborati cartografici di riduzione del rischio sismico: Carta Degli Effetti Attesi (Tav. P9a: 183 SE – 183 NE).

La microzonazione sismica del territorio ed analisi della Condizione Limite per l'Emergenza, è stata sviluppata in coordinamento con *il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Dr. Luca Martelli ed Ing. Maria Romani, Regione Emilia Romagna* e con *Ufficio di Piano - Terra di Mezzo, Ing. Maria Teresa Capuano, Reggio Emilia*.

Le rilevazioni in sito ed elaborazioni sono state effettuate da Dr. Stefano Gilli. Mauro Mazzetti, Camilla Mazzetti, Dr. Marco Boccaletti, Dr. Gian Pietro Mazzetti, *Studio Geologico Centrogeo, Correggio*.

Le elaborazioni GIS sono state eseguite da Dr. Stefano Gilli.

2 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il Comune di Cadelbosco di Sopra ricade prevalentemente nella tavoletta
- CADELBOSCO DI SOPRA III NE
e per areali di estensione minore
- GUALTIERI IV SE (quadrante sud ovest)
- CASTELNOVO DI SOTTO III NO (quadrante sud est)
e per una ridottissima area all'estremità meridionale a
- REGGIO EMILIA III SE (quadrante nord est)
appartenenti al F° REGGIO NELL'EMILIA N°74 I.G.M.

Relativamente alle basi CTR. ER 1: 10.000 è compreso nelle sezioni:

- 200043 Cadelbosco Di Sopra (S)
- 200042 Le Rotte (SE)
- 200041 Argine (E)
- 200044 Il Cantone (W)
- 182163 Cadelbosco Di (W)
- 182162 Ponte Della Forca (E)
- 182161 Casaletto (N)
- 182164 Meletole (NW)

Il territorio comunale, si estende su una superficie di 44,06 kmq ed è delimitato, in riferimento al sistema WGS 84

dai meridiani	625600 (O) – 631090 (E)
e dai paralleli	4958685 (S) – 49666635 (N)

L'assetto morfologico territoriale ad andamento pianeggiante, presenta un assetto blandamente ondulato caratterizzato da tre dossi principali allungati sud nord, uno dei quali al bordo occidentale dell'area comunale uno circa nella fascia mediana ed uno nel settore orientale.

Il primo di questi al confine ovest si estende concordemente all'andamento del T. Crostolo; il secondo, circa nel settore centrale, al quale appartengono il capoluogo e sue zone a destinazione produttiva e le principali frazioni: Zurco – La Madonnina di Cadelbosco di Sotto, asseconda la SP 63R sino all'incrocio della medesima con la SP 40 (Cadelbosco di Sotto); l'analoga struttura morfologica nel settore orientale si allunga secondo la SP 65 dal confine comunale meridionale a La Rocca, Argine, incrocio SP 65/SP 40 (limite est di Quarti).

Detti dossi nelle parti della superficie comunale ad est nord est del capoluogo ed a settentrione di La Madonnina – Quarti, delimitano ambiti territoriali leggermente depressi rispetto ai sopra descritti assi, che individuano aree a geometria sub ellittica allungate in direzione settentrionale.

L'assetto topografico è caratterizzato da quote mediamente comprese tra 42 e 30 m slm nella parte meridionale dell'area comunale, alla quale appartiene il capoluogo, ed è generalmente contraddistinta da pendenze variabili tra $p=2,5 \div 3,5$ ‰, ad eccezione delle

sopracitate fasce di dosso nelle quali $p=3,5 \div 5,5$ ‰; simili condizioni contraddistinguono i dossi ad est e ad ovest del capoluogo declinati in direzione in nord con equivalenti pendenze $p=3,5 \div 5,5$ ‰; la parte centrale della superficie comunale tra il capoluogo e La Madonnina – Argine con quote comprese tra 30 e 25 m slm è caratterizzata da $p=1,5 \div 2,5$ ‰ declinati in verso nord ad eccezione delle fasce di dosso nelle quali le clivimetrie sono equivalenti a quelle precedentemente descritte; la porzione centrosettentrionale e settentrionale del territorio è contraddistinta da quote mediamente variabili tra 25 e 20 m slm e pendenze generalmente corrispondenti a $p=0,8 \div 1,0$ ‰ e con minimi di $0,5 \div 0,6$ ‰ nel settore nord orientale tra la SP 63R – SP 40 – confine comunale est - C. Magnana Nuova; fa eccezione all'estremità nord est il dosso esteso sud ovest – nord est sul quale si estende la SP 81: Strada San Bernardino che presenta $P=1,5 \div 2,0$ ‰.

Dette morfologie evidenziano condizioni di difficoltoso drenaggio nelle fasce di territorio a settentrione di Cadelbosco di Sotto – Quarti sia ad ovest che ad est della SP 63R.

Tali condizioni assumono una primaria importanza sulle previsioni di destinazione d'uso del territorio, in particolare per l'area compresa tra SP 63R, via Quarti, Canalazzo Tassone, Cavo Bagnolo, Strada San Bernardino, poiché la realizzazione di opere o infrastrutture che intersechino in senso ovest est le aree in oggetto può costituire barriere idrauliche che ostacolano la possibilità dello scolo idrico superficiale; queste delimitazioni incrementerebbero le condizioni di difficoltoso drenaggio generando un ambito a rischio di allagamenti in occasione di eventi di piogge critiche.

Ne consegue che in dette zone necessita siano valutate con particolare attenzione l'efficienza degli assetti fognari e della rete di scolo idrico superficiale.

Analoghe attenzioni sono da adottare nella fascia estesa sud nord ad ovest della SP 63R tra Cadelbosco di Sotto - Santa Vittoria T. Crostolo.

Le sopra descritte condizioni trovano riscontro negli elaborati cartografici precedenti al 1900: IGM I° Impianto 1884 e Carta del Ducato di Modena G. Carandini 1821/1828 che nelle sopradescritte zone evidenziano aree con caratteristiche di ambienti di valle di pianura.

3 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La sismicità del territorio, prevalentemente correlata alle strutture geologiche superficiali (primi 10÷15 km) ed in subordine di media profondità (15÷25 km), è collegata a meccanismi focali compressivi e trascorrenti, mentre sono nettamente secondari gli ipocentri a profondità sottostanti -25/-30 km e sono prevalentemente correlati a meccanismi focali distensivi.

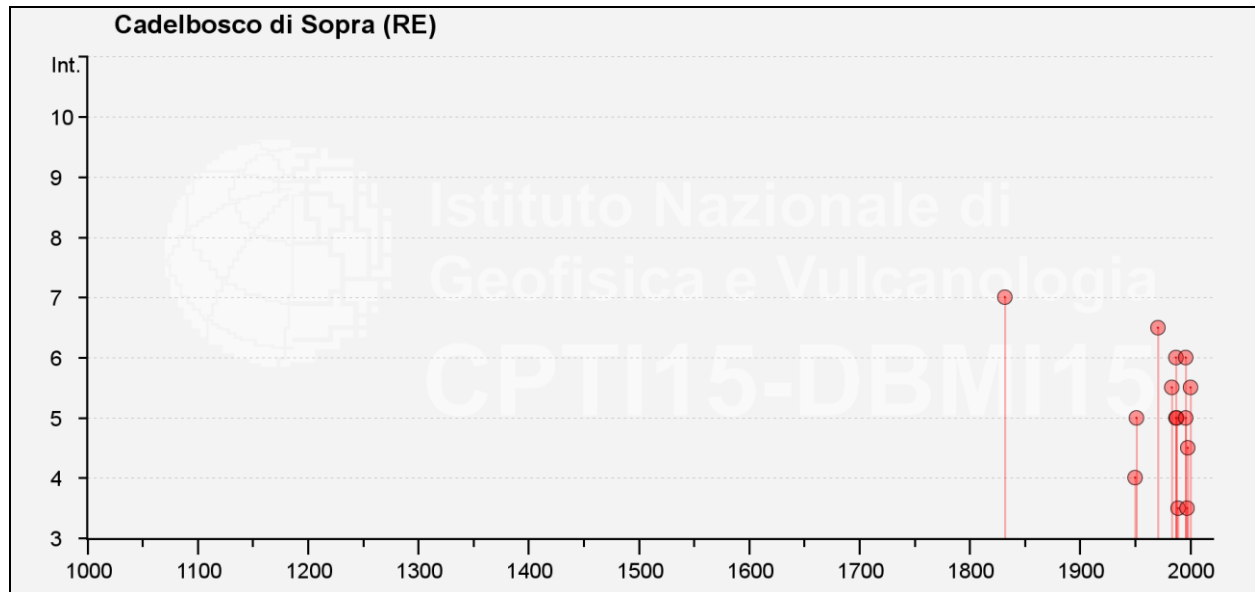
Nell'ambito territoriale al quale appartiene Cadelbosco di Sopra e zone ad esso adiacenti, il *Database Macrosismico DBMI15* utilizzato per la compilazione del *Catalogo Parametrico CPTI15* (a cura di Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>) versione 4.0, documenta eventi sismici giungenti al 7°÷7,5° grado della Scala Mercalli - Cancani - Sieberg, con magnitudo variabile tra $M_w=4,8\div5,6$; in detto ambito sono documentati due epicentri sismici, 1831-1832, con $M_w\geq5,48\div5,51$ ad est – sud est del capoluogo a distanza di 4÷7 km circa, rispettivamente tra Corte Valle Re/Parrocchia di Cella e tra Caprara/Calerno (RE), epicentri con simile magnitudo $M_w\geq 5,38$, nel 1996 registrato 6,5 km a nord – nord est di Cadelbosco di Sopra centro storico – 2,5 km ad est di Quarti e nel medesimo giorno, circa due ore più tardi, 1,4 km a nord est di Quarti ed 1,6 km a nord di Argine con $M_w=4,29$; analoghi epicentri nel 1987 con $M_w=4,71\div4,96$, ubicati 9,5/11 km a nord est, hanno indotto risentimenti $I_0 = 5-6$ e 6, simili epicentri nel 1967 con $M_w = 4,56$, avvenuti 5,5/6,0 km ad est hanno indotto effetti $I_0 = 5-6$.

Nelle zone a sud ovest: Cella – Calerno, nella Carta Sismotettonica RER, 2004 (M. Boccaletti, L. Martelli) sono individuate due box sismiche con asse maggiore orientato sud ovest – nord est che identificano la proiezione in superficie della direzione delle faglie sepolte sorgenti dei terremoti.

Storia sismica di Cadelbosco di Sopra
Numero di eventi: 20

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
4	1950 05 06 03 43	Reggiano	4	4	4.41
5	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17
6-7	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
5-6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
3-4	1989 10 03 09 41 3	Appennino parmense	91	4	4.04
1-2	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
NF	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94

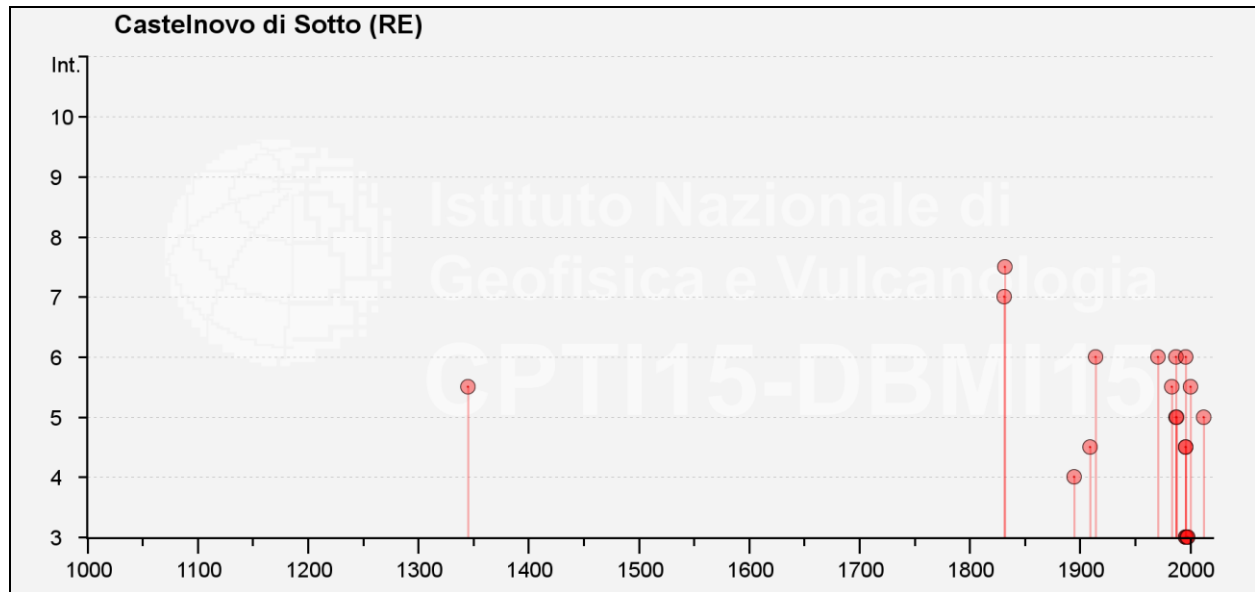
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
5	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
3-4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
4-5	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
5-6	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30



Storia sismica di Castelnovo di Sotto
Numero di eventi: 23

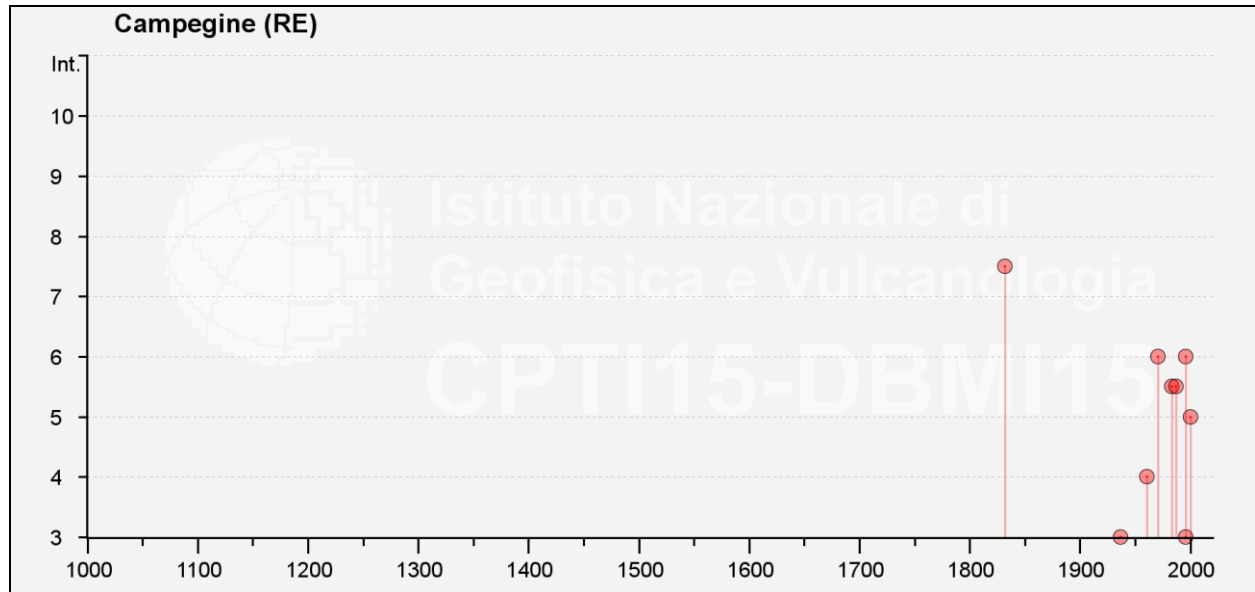
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1345 01 31	Pianura emiliana	1	5-6	4.40
7	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
7-8	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
4	1895 05 12 20 29	Reggiano	13	4-5	3.98
4-5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
6	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
6	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
5-6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
NF	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
3	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
4-5	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
4-5	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
3	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
3	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
5-6	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
5	2012 01 25 08 06 3	Pianura emiliana	25	5-6	4.98



Storia sismica di Campegine
Numero di eventi: 15

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
6	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5-6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
5-6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
4	1961 08 13 22 34 1	Parmense	22	5-6	4.37
3	1937 09 17 12 19 0	Parmense	34	7	4.77
3	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
2-3	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
NF	2002 11 13 10 48 0	Franciacorta	768	5	4.21

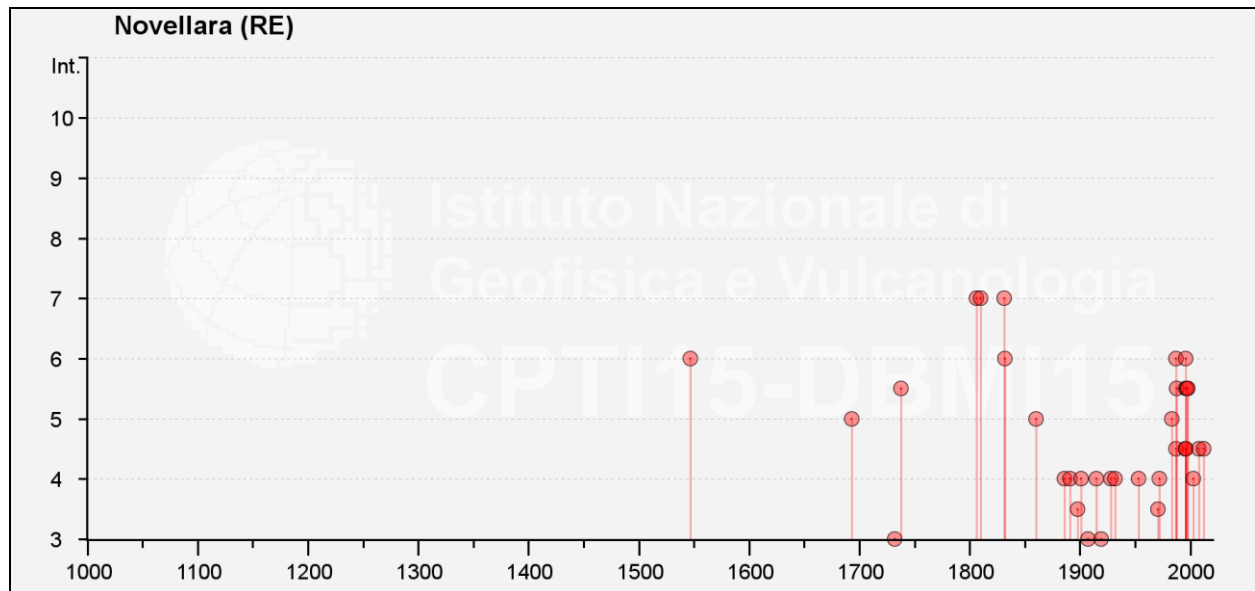


Storia sismica di Novellara

Numero di eventi: 43

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
7	1810 12 25 00 45	Pianura emiliana	33	6	5.06
7	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
6	1547 02 10 13 20	Reggiano	7	7	5.10
6	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5-6	1738 11 05 00 30	Emilia occidentale	10	7	5.10
5-6	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
5-6	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
5-6	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
5-6	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
5	1693 07 06 09 15	Mantovano	13	7	5.23
5	1860 07 17 13 43 3	Reggiano	5	4-5	3.93
5	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
4-5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
4-5	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
4-5	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
4-5	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
4-5	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36
4-5	2012 01 25 08 06 3	Pianura emiliana	25	5-6	4.98
4	1886 10 15 02 20	Collecchio	44	6	4.70
4	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87
4	1901 10 30 14 49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
4	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4.87
4	1928 06 13 08	Carpi	35	6	4.67
4	1932 07 13 03 42	Reggiano	8	4-5	3.86
4	1953 08 22 05 26	Reggiano	6	6	4.73

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
F	1570 11 17 19 10	Ferrarese	58	7-8	5.44
F	1873 05 16 19 35	Reggiano	15	6-7	5.01
F	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3-4	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
3-4	1971 09 11 23 18 1	Pianura emiliana	15	5	4.19
3	1732 02 04 18 20	Parma	9	5-6	4.65
3	1907 04 25 04 52	Veronese	122	6	4.79
3	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.10
NF	1937 09 17 12 19 0	Parmense	34	7	4.77
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30

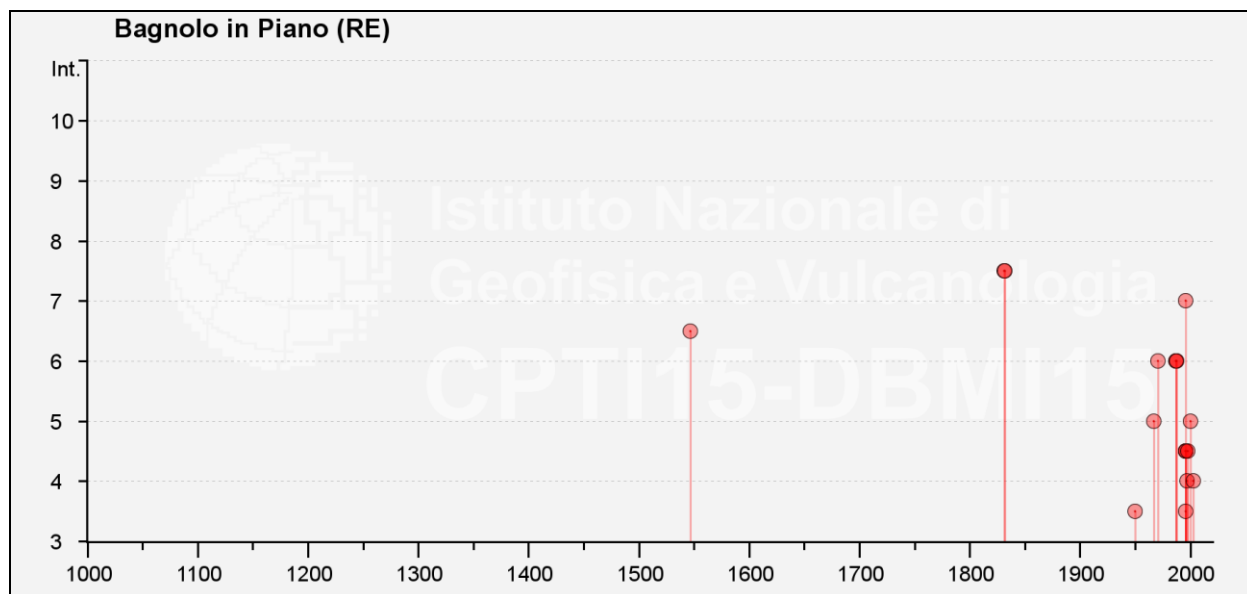


Storia sismica di Bagnolo in Piano

Numero di eventi: 24

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
7-8	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
7	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
6-7	1547 02 10 13 20	Reggiano	7	7	5.10
6	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
6	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
5	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	45	5	4.44
5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
4-5	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
4-5	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
4-5	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
4	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
3-4	1950 05 06 03 43	Reggiano	4	4	4.41
3-4	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
2-3	2002 06 19 22 11 1	Frignano	52	3	4.03
2	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002 11 13 10 48 0	Franciacorta	768	5	4.21



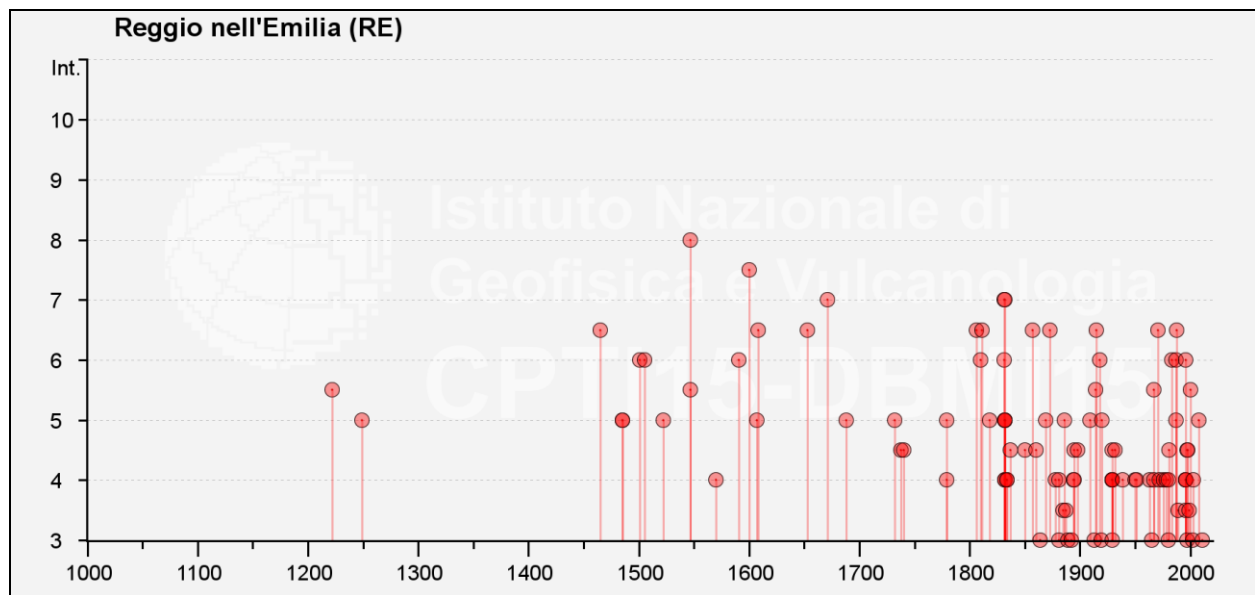
Storia sismica di Reggio Emilia
Numero di eventi: 126

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1222 12 25 12 30	Bresciano-Veronese	18	7-8	5.68
5	1249 09	Modena	2	6-7	4.86
F	1348 01 25	Alpi Giulie	89	9	6.63
6-7	1465 04 07 15 30	Pianura emiliana	5	5-6	4.40
5	1485	Reggio nell'Emilia	1	5	4.16
5	1485 09 01	Pianura padano-veneta	4	5	4.16
6	1501 06 05 10	Modenese	17	9	6.05
6	1505 01 03 02	Bolognese	31	8	5.62
5	1522 10 05 00 10	Pianura Padana	6	5	4.71
8	1547 02 10 13 20	Reggiano	7	7	5.10
5-6	1547 03 24	Reggiano	1	5-6	4.40
4	1570 11 17 19 10	Ferrarese	58	7-8	5.44
6	1591 05 24	Reggio nell'Emilia	1	6	4.63

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	1600 10 28	Reggio nell'Emilia	1	7-8	5.33
5	1607 12 31	Reggio nell'Emilia	1	5	4.16
6-7	1608 01 06 22 20	Reggio nell'Emilia	2	5-6	4.40
F	1624 03 19	Argenta	18	7-8	5.43
6-7	1653 04 19 04 15	Reggiano	4	5-6	4.40
7	1671 06 20 10	Modenese-Reggiano	8	7	5.27
5	1688 04 11 12 20	Romagna	39	8-9	5.84
F	1695 02 25 05 30	Asolano	107	10	6.40
5	1732 02 04 18 20	Parma	9	5-6	4.65
4-5	1738 11 05 00 30	Emilia occidentale	10	7	5.10
4-5	1740 03 06 05 40	Garfagnana	32	8	5.64
5	1779 07 14 19 30	Bolognese	17		
4	1779 11 23 18 30	Bolognese	14	5	4.70
F	1779 12 24 17	Appennino pistoiese	9	5-6	4.59
6-7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
6	1810 12 25 00 45	Pianura emiliana	33	6	5.06
6-7	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
5	1818 12 09 18 55	Parmense	26	7	5.24
6	1831 07 14 15 30	Reggiano	8	5-6	4.60
7	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
4	1832 03 11 06 45	Carpi	14	5	4.51
4	1832 03 11 08 45	Parmense	14		
5	1832 03 12 08 45	Reggiano	7		
7	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
5	1832 03 14 04 40	Reggiano	5		
5	1832 03 14 07 41	Reggiano	7		
5	1832 04 19 14 14	Reggiano	5		
4	1834 02 14 13 15	Val di Taro-Lunigiana	112	9	5.96
4	1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	24	6-7	5.08
4-5	1837 04 11 17	Lunigiana	60	9	5.94
F	1843 10 25 03 30	Mugello	17	6-7	5.03
F	1845 09 14 22 20	Appennino tosco-emiliano	9	5	4.73
4-5	1850 09 18 06 20	Modenese	7	5	4.16
6-7	1857 02 01	Parmense-Reggiano	22	6-7	5.11
4-5	1860 07 17 13 43 3	Reggiano	5	4-5	3.93
3	1864 03 15	Zocca	13	6-7	4.84
5	1869 12 13 02 53	Sassuolo	13	5	4.57
F	1870 10 30 18 34	Forlivese	41	8	5.61
6-7	1873 05 16 19 35	Reggiano	15	6-7	5.01
2-3	1874 10 07	Imolese	60	7	4.96
2	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5.74
4	1878 03 12 21 36	Bolognese	31	6	4.84
4	1881 01 24 16 14	Bolognese	38	7	5.22
3	1881 01 25 07 06	Bolognese	18	5	4.59
2	1881 02 14 09 00 3	Appennino bolognese	21	6	4.77
3-4	1885 02 26 20 48	Pianura Padana	78	6	5.01
5	1886 10 15 02 20	Collecchio	44	6	4.70

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3-4	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3	1889 03 08 02 57 0	Bolognese	38	5	4.53
F	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87
3	1892 05 17 03 08 1	Carpinetti	28	5	4.28
4	1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6	4.89
4-5	1895 05 12 20 29	Reggiano	13	4-5	3.98
4	1895 05 18 19 55 1	Fiorentino	401	8	5.50
F	1895 08 07 19 49 3	Appennino tosc-emiliano	84	5	4.67
4-5	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
F	1901 10 30 14 49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
F	1904 02 25 18 47 5	Reggiano	62	6	4.81
F	1904 06 10 11 15 2	Frignano	101	6	4.82
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5	4.65
5-6	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
6-7	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4.87
F	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
6	1918 05 06 08 05	Reggiano	8	5-6	4.41
3	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
5	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
2-3	1928 08 03 23 09	Lunigiana	21	5	4.26
3	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5.05
4-5	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
4	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
4	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5.10
4	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5.20
4	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29
4-5	1932 07 13 03 42	Reggiano	8	4-5	3.86
4	1939 10 15 14 05	Garfagnana	62	6-7	4.96
F	1940 01 24 23 32 1	Appennino emiliano	6		
4	1950 05 06 03 43	Reggiano	4	4	4.41
4	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17
4	1963 11 04 15 46	Bassa modenese	5	5	4.16
3	1965 11 09 15 35	Appennino reggiano	32	5	4.17
5-6	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	45	5	4.44
4	1967 12 30 04 19	Emilia Romagna orientale	40	6	5.05
6-7	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	1976 05 06 20	Friuli	770	9-10	6.45
2-3	1978 12 05 15 39 0	Romagna	34	4-5	4.61
4	1978 12 25 22 53 4	Bassa modenese	28	5	4.39
3	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1980 12 23 12 01 0	Piacentino	69	6-7	4.57
4-5	1981 05 26 09 27 5	Reggiano	6	5	3.75
6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
2-3	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6-7	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
3-4	1989 10 03 09 41 3	Appennino parmense	91	4	4.04
2-3	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
4	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
4	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
3-4	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
4	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
4-5	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
3	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
4-5	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
3-4	1999 07 07 17 16 1	Frignano	32	5	4.67
5-6	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
3	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
4	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
5	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36
3	2011 07 17 18 30 2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79



Dalle tabelle e dai grafici sopra esposti si possono ricavare le seguenti osservazioni:

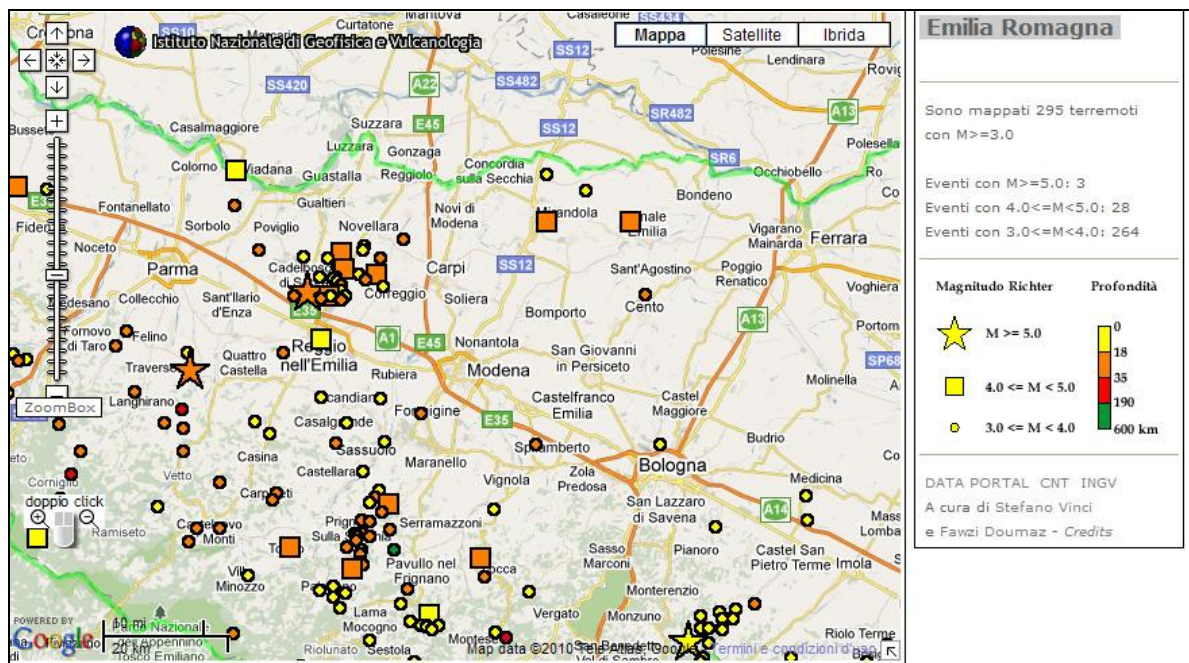
- la storia sismica di Cadelbosco di Sopra e del suo intorno (con riferimento anche al comune di Reggio Emilia) ha una buona testimonianza ed estensione temporale (il primo evento documentato risale al 1222 per il comune di Reggio Emilia)
- il grado di sismicità è di tipo medio – medio elevato con intensità massime percepite equivalenti al 7/8 grado MCS, territori di Campegine – Cadelbosco di Sopra, I=7 Cadelbosco di Sopra, conseguiti ad eventi con magnitudo stimata in $M_w=5,48 \div 5,51$.
- i massimi risentimenti sismici sono stati prodotti da eventi a piccola distanza (adiacenti ai confini comunali) e di tipo superficiale ($< 5/10$ km), mentre gli effetti di

sismi anche ad elevata intensità ma distanti contribuiscono in maniera meno rilevante

- gli eventi sismici registrati nell'area reggiana, con maggior grado di documentazione dal 1800 al 2012, relativi a sismi con intensità $I_0=6÷7$, evidenziano periodi di crisi sismica di durata media di 5/10/15 anni che si verificano mediamente ad intervalli temporali di 10/15÷25/40 anni, e per gli eventi meno recenti ad intervalli di 30/60 anni; di tali sismi quelli che hanno manifestato i numeri di scosse maggiori sono correlabili ai periodi:
 - 1800/1837; 1850/1870; 1910/1920; 1932/1940; 1961/1985; 1987/2000.

Le fasi degli eventi nei quali sono state raggiunte $I_0=7÷8$, hanno durata di 1÷3 anni e si manifestano a intervalli di tempo di 40/80 anni.

Per i tempi precedenti al 1800, con documentazione relativa inferiore, i principali periodi di crisi sismica sono individuabili per gli anni: 1405/1440; 1465/1510; 1545/1575 (Dorsale Ferrarese); 1590/1610; 1625/1640; 1650/1675; 1730/1740; 1770/1810.



Epicentri dei principali terremoti ($M > 3$) rilevati da INGV tra il 1981 ed il 2006 nell'intorno dell'area di interesse

Risentimenti sismici locali

In occasione degli eventi sismici del maggio-giugno 2012, il territorio di Cadelbosco di Sopra ha modestamente risentito degli effetti dei terremoti del maggio-giugno ($I_0 \leq 5$).

I risentimenti più rilevanti nell'area di Cadelbosco di Sopra sono rappresentati da quelli conseguiti ai terremoti del 1831-1832 e con danni relativi minori ai sismi del 1987 – 1996. Ai primi di questi, con epicentro tra Corte Valle Re/Parrocchia di Cella e tra Caprara/Calerno circa 4/7 km ad est – sud est del capoluogo, sono attribuite $M_w=5,48 - 5,51$; le documentazioni storiche per il sisma del 1832 attestano in Cadelbosco di Sopra danni a tutte le case che dovettero essere puntellate, rilevanti danni alle volte e alla facciata della chiesa parrocchiale, gravi dissesti alla torre campanaria, queste ultime successivamente furono demolite, crolli di due piccoli edifici e di una piccola casa detta “La Colombaia”, analoghi risentimenti avvennero in Cà del Bosco di Sotto con gravi danni alla chiesa e a tutte le case, non sono documentate vittime. Nel territorio di Campegine detto terremoto causò crolli di tetti, lesioni nei muri, crollo delle volte e del campanile della chiesa, squarci nei muri e forti danni alla canonica; nell'area di Castelnovo di Sotto sono testimoniati il crollo di parte della facciata della chiesa parrocchiale di Sant Andrea con lesioni e sconnessioni dei pilastri, degli archi e della volta all'interno dell'edificio di culto; analoghi effetti sono avvenuti nella chiesa parrocchiale di San Bernardino con crollo di parte della volta e campanile pericolante, crolli e lesioni a muri ed a volte in edifici civili e religiosi, gravi danni alla chiesa parrocchiale ed alla rocca di Bagnolo in Piano, simili risentimenti nella chiesa parrocchiale di Sesso con inagibilità dell'edificio di culto e necessità di demolizione della torre campanaria.

I danneggiamenti maggiori documentati, oltre a Campegine, Castelnovo di Sotto e Cadelbosco di Sopra, correlati a detto evento, nei territori circostanti testimoniano risentimenti di rilevante entità in Bagnolo in Piano, San Bernardino, Coviolo, Santa Vittoria, Sesso, Reggio Emilia.

Detti effetti conseguiti al sisma del 1832 sono correlati anche alle preesistenti condizioni statico strutturali degli edifici sopra descritti indotte dal terremoto del 1831 che ha indotto effetti $I_s 7/8$ in Bagnolo in Piano e Sorbolo, $I_s 7$ nei comuni adiacenti a Cadelbosco di Sopra. Il patrimonio edilizio esistente in tale periodo, in base alla Carta del Ducato Estense, *G. Carandini, 1820/1827*, nel territorio di Cadelbosco di Sopra era essenzialmente localizzato nell'area sede del capoluogo e nella fascia sud nord che collega lo stesso a Cadelbosco di Sotto (SP 63 R) e analogamente nell'area a sviluppo nastriforme estesa concordemente alla strada Villa Sesso – La Rocca – Argine, attuale SP 40. A dette condizioni insediative corrispondono praticamente quelle presenti al 1884 visualizzate nelle tavolette I° impianto IGM 1884.

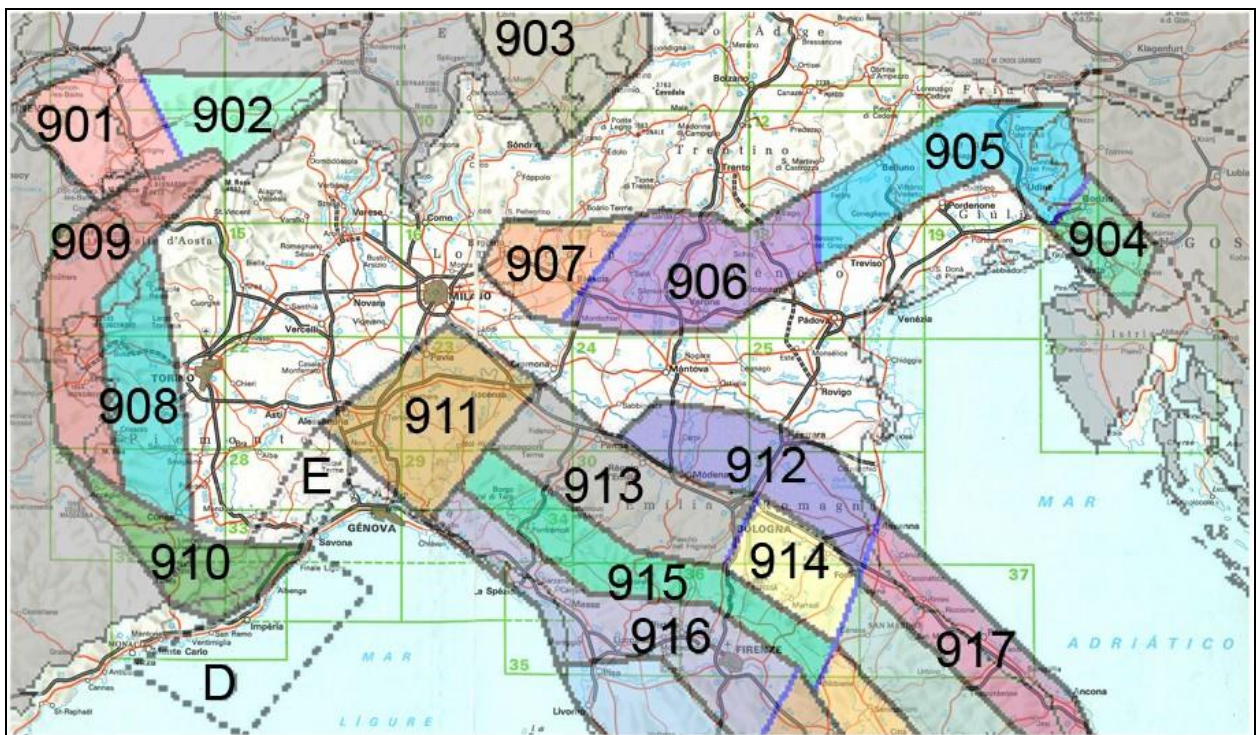
I sismi del 1987 rispettivamente con epicentri tra e Santa Maria della Fossa – Frassinara – Zona Industriale Motta di Novellara che hanno indotto risentimenti $I_0=6$ nel territorio di Cadelbosco di Sopra, causato significativi danni al patrimonio edilizio nel settore centro orientale dell'area comunale tra La Rocca e Villa Argine e nell'area sede del capoluogo.

I sismi del 1996 con epicentri tra Bagnolo in Piano e Novellara con ipocentri a profondità dal piano campagna di $-5,0 \pm -0,3$ km (INGV) – (>10 km *ENI-AGIP*), hanno causato gravi danni agli edifici nella fascia orientale centrale La Rocca – Argine e nel settore centrale del capoluogo; sono inoltre stati danneggiati alcuni altri isolati fabbricati uno dei quali in via

Viazza, uno nel settore occidentale di Quarti ed uno ad ovest del cimitero di Villa Seta; i danni avvenuti in questi ultimi sono con tutta probabilità conseguiti alle carenti condizioni statico strutturali degli stessi al 1996.

Zone Sorgente

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce la prevalente parte del territorio di Cadelbosco di Sopra alla fascia orientale della zona sismogenetica 912, zona di dominio della Dorsale Ferrarese, e attribuisce la porzione centro settentrionale occidentale della superficie comunale, ovest di Cadelbosco di Sotto, al settore della Monoclinale Alpina; oltre a ciò per quanto riguarda le strutture sismogenetiche la parte meridionale dell'area comunale è sita a distanza di circa 3 km dal bordo settentrionale della zona sismogenetica 913 delle Pieghe Emiliane e Romagnole.



Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

Queste ultime costituiscono il Fronte delle Pieghe Pedo-appenniniche caratterizzato da terremoti storici che hanno raggiunto valori medio elevati di magnitudo: $M_w = 5,1 \div 5,56 \div 6,0$ con tempi di ricorrenza di $200/300 \div 350$ anni per gli eventi con $I_0=8$ (Maranello, 1501) e di $70 \div 100$ anni per i sismi con $I_0=7$; successivamente al 1900 tra Parma – Mirandola e Maranello gli eventi con $I_0=7$ sono avvenuti con ricorrenza di $10 \div 15$ anni.

Simili caratteristiche evidenzia la fascia delle Pieghe Ferraresi che rappresenta la porzione più esterna della zona in compressione dell'arco appenninico nel quale i terremoti storici hanno raggiunto valori medio elevati – elevati di magnitudo: $M_w = 4,7/5,0 \div 5,51/5,9, 6,09$ (San Martino in Spino, MO) nel 1912, con tempi di ricorrenza dei periodi di crisi sismica per $I_0 \geq 6$ di 25 anni e fasi di stasi di 40/70 anni

Dalla documentazione della storia sismica sopra esposta si evince che il territorio di Cadelbosco di Sopra, e le zone circostanti: Campegine – S. Ilario d'Enza, Castelnovo di Sotto, Novellara, Bagnolo in Piano, Reggio Emilia, sono egualmente interessati sia dai meccanismi focali che si originano nell'arco delle Pieghe Ferraresi sia interne che esterne, che dall'attività sismica del margine appenninico: Pieghe Emiliane, dalle tensioni che si accumulano nella Successione Carbonatica Meso – Cenozoica e successioni del Basamento pre-triassico, ed in modo subordinato, della sismicità della Monoclinale Alpina.

ZS	4.76	4.99	5.22	5.45	5.68	5.91	6.14
912	12	9	6	7	2	2	0
913	26	13	11	6	4	1	0

Distribuzione degli eventi sismici per classi di magnitudo per le zone 912 e 913 (INGV, 2004)

Gli epicentri sismici verificatisi nel territorio compreso tra Parma - Sant'Ilario d'Enza – Guastalla – Novellara – Novi di Modena – Carpi - Rubiera – Reggio Emilia, si sono originati per la percentuale maggiore nei primi 5÷10/15 km del sottosuolo evidenziando la prevalenza di un'attività sismogenetica di tipo superficiale; la distribuzione degli ipocentri focali che si generano tra -15 e -35 km dal piano campagna, è simile a quella più superficiale ma contraddistinta da densità inferiore.

La sismicità crostale più profonda, ipocentri sottostanti 29/35 km dal piano campagna, nella pianura è decisamente inferiore e risulta caratterizzata da sismi di medio elevata magnitudo e con componenti in prevalenza generate da processi tettonici di tipo distensivo.

Zone sismogenetiche – DISS 3.3.1

Il territorio di Cadelbosco di Sopra, appartiene alla zona sorgente sismogenetica composita ITCS049 Campegine-Correggio che si estende in assetto blandamente arcuato in direzione ovest – est circa da Castelnovo di Sotto/Roncocesi a San Giovanni della Fossa/Mancasale a Mandrio/ Zona Industriale di Correggio/San Martino in Rio.

Il territorio a sud ovest circa 5 km dal capoluogo, individua la zona sorgente sismogenetica composita ITCS009 Busseto-Cavriago che si estende in assetto sub rettangolare con direzione nord ovest – sud est circa da Busseto/Fidenza a Corte Tegge/Roncolo.

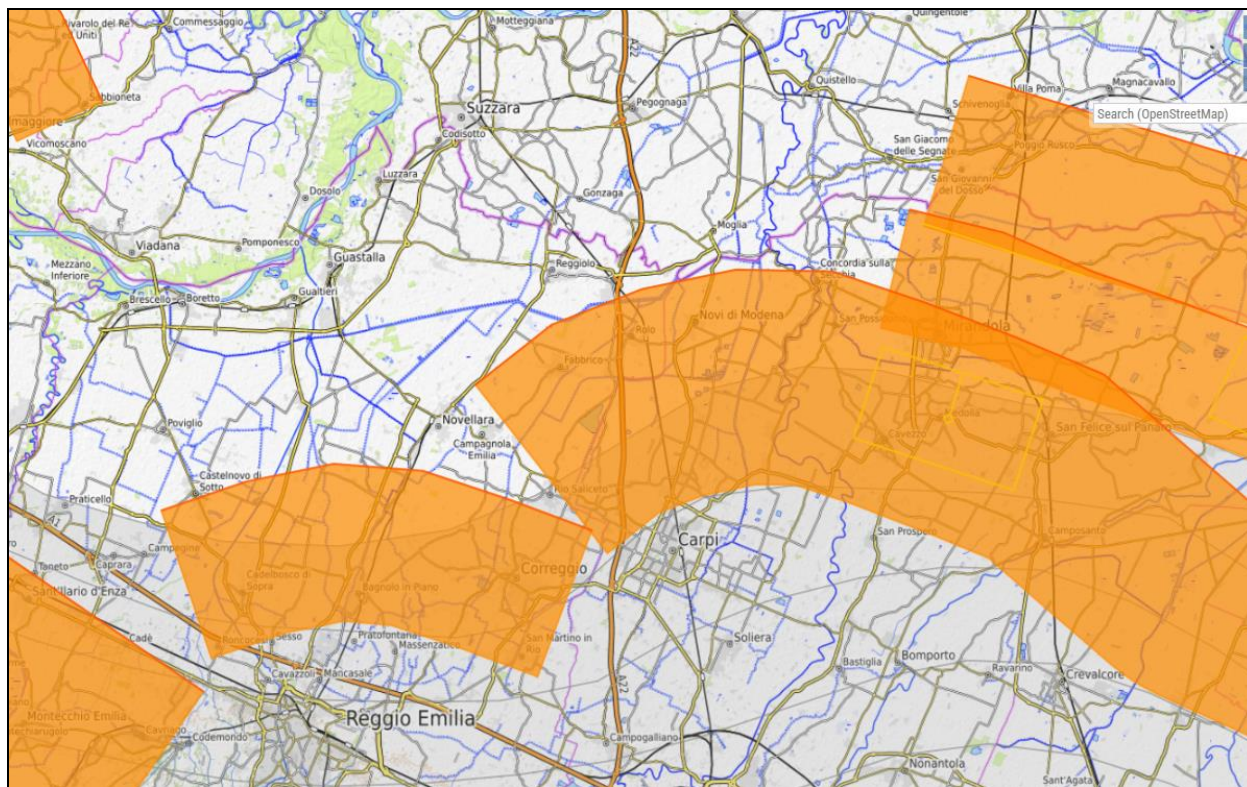
Dette fasce sono caratterizzate da meccanismi focali compressivi che si originano tra -3,0 e -10,0 km del sottosuolo nella Campegine-Correggio e tra -2,0 e -8,0 km pc nella Busseto-Cavriago. Ai terremoti della zona Campegine – Correggio è attribuita una magnitudo massima $M_w=6.6$; la magnitudo massima registrata corrisponde a $M_w=5.38$.

Alla zona Busseto-Cavriago è attribuita una magnitudo massima $M_w=6.9$, la magnitudo massima registrata è stata di $M_w=5.51$.

Gli epicentri principali della zona Campegine-Correggio sono localizzati distanza di 4,5÷8,02 km a sud ovest – ovest (1831/1832) e 6,0 km a nord est (1996), del centro storico di Bagnolo in Piano.

Quelli della Busseto-Cavriago sono individuati a distanze di 18 – 20 km a ovest di detto centro storico. Per quanto riguarda la zona sorgente individuale ITIS107 Mirandola, appartenente alla Carpi – Poggio Renatico, il principale epicentro dista 32 a nord est km dal sopracitato centro storico. I sismi del 2012 sono localizzati a distanze >30 km a nord est.

Come sopra esposto gli ipocentri di tali zone sono caratterizzati da meccanismi focali compressivi – compressivo trascorrenti.



Estratto da DISS 3.3.1. - DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than $M 5.5$ in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.3.1.

Sorgenti Sismogenetiche da Dati Macrosismici

Gli eventi di maggior intensità documentati più prossimi al territorio di Cadelbosco di Sopra sono avvenuti il 09/1831, 03/1832 – 07/1971 – 05/1987 – 10/1996.

I primi di detti terremoti sono correlati (Gasparini et Alii, 1999) a faglie generatrici con magnitudo momento sismico (M_w) intensità epicentrale I , ricavati in funzione degli eventi, rigidezza delle rocce, confronto fra sismogrammi reali e teorici. I parametri delle magnitudo momento: M_w e dell'intensità epicentrale: I , ottenuti dai sopracitati autori, sono riportati nella seguente tabella:

Terremoto	Direzione Principale faglia	Magnitudo momento M_w	Intensità epicentrale I
09/1832	Bettolino – Case del Lago – Casetto di sopra	5,58	7,5
03/1831	Stazione FS - Cadè Barisella	5,60	7,5
07/1971	Casalbaroncolo - Paulli	5,72	8,0

Gasparini et Alii, 1999

Le box sismiche di dette faglie sono visualizzate nella Carta Sismo Tettonica della Regione Emilia Romagna (M. Boccaletti, L. Martelli; 2004) della quale è riportate l'allegato stralcio ingrandito alla scala 1: 100.000, Fig G



Classificazione sismica

La classificazione sismica del territorio nazionale OPCM 3274/2003 attribuisce il Comune di Cadelbosco di Sopra alla zona 3 con grado di sismicità equivalente ai precedenti ambiti S6; analoga classificazione è attribuita dalla DGR ER 146/2023. I valori delle accelerazioni. In riferimento alle DGR 476/2021 – DGR 564/2021: griglia mappe di pericolosità sismica INGV, alla zona sismogenetica del territorio comunale di Cadelbosco di Sopra compete un valore dell'accelerazione orizzontale media dello spettro di risposta elastico, corrispondente a:

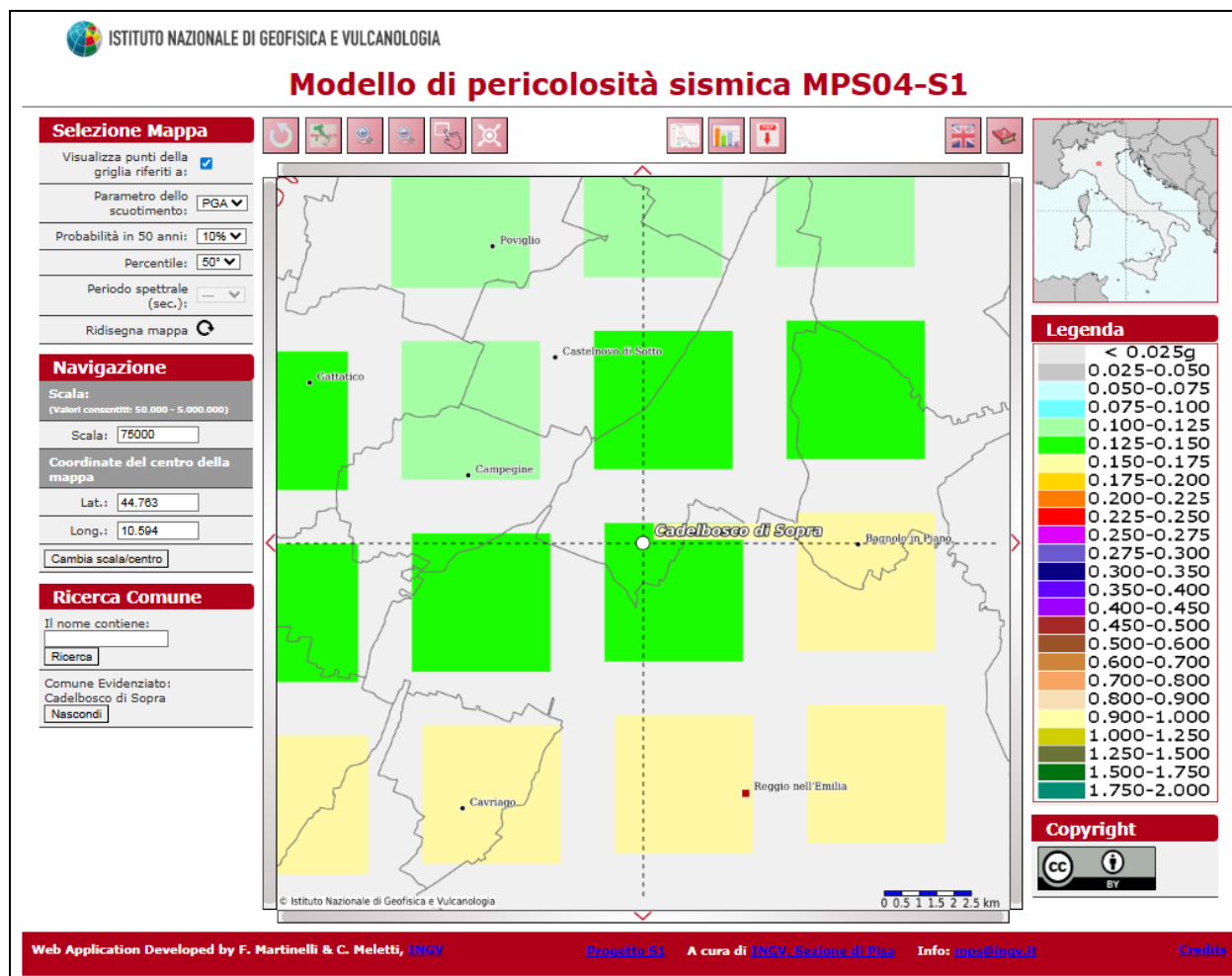
Cadelbosco di Sopra ***ag* = 0,138 g**

a Carta della Pericolosità Sismica del territorio nazionale (*INGV-DPC 2004-2006, Progetto esse1*) riportante il valore dell'accelerazione orizzontale massima “*ag*” su suolo di riferimento che ha la probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, corrispondente ad un periodo di ritorno di 475 anni, assunto come riferimento dalla normativa sismica vigente, per il territorio del comune di Cadelbosco di Sopra, risulta compresa tra:

Cadelbosco di Sopra ***ag* = 0,125 ÷ 0,150 g**

I valori di *a_g* elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS 2004 (*Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>*), attribuiscono all' areale a cui appartiene il comune in oggetto valori di accelerazione compresi tra:

Cadelbosco di Sopra ***ag* = 0,125 ÷ 0,150 g**



Accelerazione di riferimento ag con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV-DPC 2004-2006)

Tali valori, a livello territoriale diminuiscono da sud – est a nord – nord ovest.

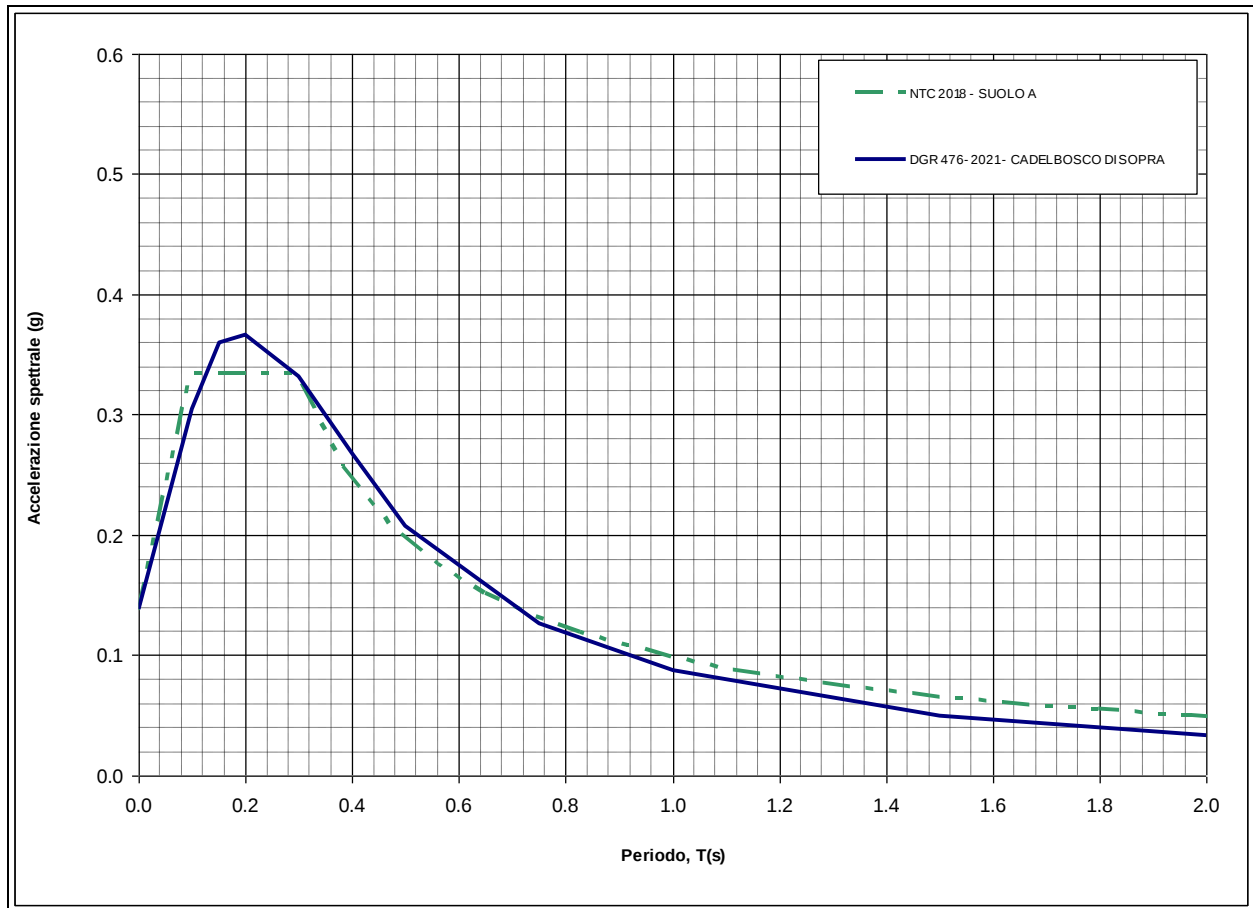
Le fonti storiche suggeriscono una ripetuta attivazione nel corso dell'*Olocene*.

In occasione dei sismi che hanno colpito il territorio reggiano l'area di Cadelbosco di Sopra nel 10/1996 ha risentito di effetti corrispondenti $I_0=6$, i sismi della zona modenese del 05/2012 hanno indotto di effetti corrispondenti a $I_0=5$; il territorio comunale non è stato inserito nei comuni appartenenti al cratere sismico. (Fonte: “*Rilievo Macrosismico MCS Sperimentale*” – Rapporto Finale – Protezione Civile – Giugno 2012).

3.1 Pericolosità sismica – Definizione del moto di riferimento

La PGA per un periodo di ritorno di 475 anni, riportata nelle mappe di pericolosità sismica di INGV (Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>) varia nell'intervallo $0,125 \div 0,150$ g. Tali dati sono stati utilizzati dalla Regione Emilia Romagna per la redazione della DGR n° 564/2021 Aggiornamento dell’“Atto di Coordinamento sugli studi di microzonazione sismica”omissis, territoriale ed urbanistica”.

Mediante i dettami di detta delibera è stato costruito lo spettro di riferimento a probabilità uniforme per il comune di Bagnolo in Piano, evidenziato nella seguente figura, dove è confrontato con lo spettro elastico in superficie per sottosuolo di categoria A (DM 17-01-2018) riferito al medesimo comune.



Spettri di risposta a probabilità uniforme, pari al 10% di almeno una eccedenza in 50 anni per Cadelbosco di Sopra. Smorzamento pari al 5%. Con linea blu viene riportato lo spettro costruito con i parametri riportati nella delibera della giunta regionale ER – 476-564/2021, mentre con linea verde tratteggiata è riportato lo spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettami delle NTC 2018.

4 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Il territorio del comune di Cadelbosco di Sopra appartiene al bacino della Pianura Padana, estendentesi su una superficie di circa 46.000 kmq, che costituisce la zona di saldatura tra Alpi ed Appennini ed è formata da un'ampia e profonda depressione nella quale si distinguono nettamente due complessi sedimentari. Di questi quello più recente, è suddiviso in due Supesintemi, il primo dei quali: *Supersintema Emiliano Romagnolo*, da oggi a 0,65 Ma¹, è rappresentato da depositi alluvionali prevalentemente costituiti da sabbie, ghiaie, argille e limi di piana e da sedimentazioni di delta conoide e marine marginali, formate da sabbie ed arenarie poco cementate, alternate ad argille e limi e talora ad orizzonti conglomeratici. Detta litozona è seguita dalle successioni sabbiose, arenacee, marnoso argillose del *Supersintema del Quaternario Marino sup.* da 0,65 a 0,8/1,0? Ma (*Pleistocene med.-inf.*) alle quali soggiacciono le sequenze cicliche sabbiose talora ghiaiose e limoso sabbioso argillose del *Quaternario Marino Inf.* (*Pleistocene inf.* da 0,8/1,0? a 1.72 Ma). Tali sintemi coprono l'unità inferiore rappresentata dalle formazioni plioceniche – mioceniche – mesozoiche (da 1,72 a 24 – 247, Ma) costituite da depositi di ambiente marino sia costiero che di piattaforma e/o bacinale a faune pelagiche.

In detto complesso lo spessore dei depositi continentali formanti la prima unità è mediamente compreso tra 200/300 e 500/600 m, localmente nell'alto strutturale di Novi MO–Mirandola è inferiore a 100÷150 m, ed è seguito dalle formazioni pleistoceniche generalmente rinvenibili tra -100/200÷500–600 e -1000/-1300 m di profondità. A queste succedono le sequenze litostratigrafiche quaternarie del *Pliocene sup. – med.* comprese tra -1.000/-1.550 m pc, a loro volta seguite dai depositi del *Pliocene inf.* -1.700/-1.800 m di profondità. Successivamente le formazioni del *Pliocene* si rinvencono sino a -2,5/-3/-4÷-5/-6 km pc nella fascia delle Pieghe Ferraresi e successivamente con il passaggio alla Monoclinale Alpina si approfondiscono a -7÷-7,5 km in direzione occidentale e nord occidentale: aree ad ovest di Cadelbosco di Sopra, zone occidentali di Castelnuovo di Sotto – Novellara e comuni di Campegine, Praticello, Sorbolo.

Nella zona a occidente di Cadelbosco di Sopra (sud ovest Campegine) tra le provincie di Parma e Reggio Emilia il basamento è dislocato da una fascia di faglie anti-appenniniche a direzione sud est – nord ovest che ha determinato una traslazione in verso settentrionale del blocco dell'Arco Ferrarese (reggiano/modenese), con disassamento del margine appenninico, ed un'inclinazione molto maggiore in verso meridionale della parte sud orientale dello stesso (Placca Adriatica); tali fattori, mediante sovrascorrimenti, hanno generato l'innalzamento, del substrato pre-pliocenico a -1 km pc nelle aree a meridione della via Emilia – ovest di Taneto, rispetto ai -7,5 km pc delle zone a nord ed est degli stessi.

Simili situazioni di pronunciate variazioni di profondità si riscontrano nei territori ad oriente: Soliera – Carpi – Soliera – Bomporto, nei quali il substrato pre-pliocenico si riscontra a -7,5÷-8,5 km pc.

¹ Milioni di anni.

A dette formazioni soggiacciono le successioni dal *Miocene al Mesozoico*, individuate mediante disamine geofisiche (AGIP-ENI,1986), sino a -9.000÷-11/-12.000 m dal piano campagna ad eccezione della Dorsale Ferrarese come sopra accennato per Novi MO – Mirandola e dell'area ferrarese tra Porotto/Casaglia, FE.

L'assetto strutturale del Bacino Padano, come evidenziano le analisi, indagini geofisiche e perforazioni eseguite da AGIP-ENI, è caratterizzato da una successione pliocenico – quaternaria accresciuta da ovest verso est, a carattere regressivo, costituita da sabbie e peliti torbiditiche di ambiente marino alla base, che verso l'alto sono seguite da complessi sedimentari fluvio deltizi progradanti, a loro volta coperti al tetto da depositi eminentemente continentali messi in posto dalle alluvioni dei fiumi alpino – appenninici.

Questi ultimi a scala di bacino hanno generato un cuneo di accrescimento che nell'insieme tende ad aumentare in spessore, in direzione orientale ed in senso sud – nord.

Tale complesso è suddiviso dal punto di vista idrogeologico in tre gruppi acquiferi (G. Di Dio, 1998) costituiti da alternanze di orizzonti argillosi, limo sabbiosi e ghiaiosi, a spessore estremamente variabile, da alcuni metri a decine di metri, attribuibili sia a depositi alluvionali di pianura in ambiente emerso che di delta conoide e marino marginale.

L'assetto e gli spessori di detta successione sono stati sensibilmente influenzati dalla conformazione del substrato pre-pliocenico, dagli eventi tettonici e subsidenti che hanno coinvolto lo stesso, dalle variazioni del livello medio del mare correlate ai mutamenti climatici che hanno interessato l'area padana negli ultimi 1,2 Ma.

I processi che hanno determinato i piegamenti del substrato, esplicitatisi in fasi di sollevamento del fondo bacino, si sono verificati principalmente in due periodi distinti collocabili tra il *Miocene ed il Pliocene* (25.2 - 5.2 Ma), manifestatisi con prevalenza nell'area piacentino – lombarda, e nel *Pliocene inferiore e medio* (3.9 – 2.2 Ma) che hanno coinvolto maggiormente la zona emiliano – romagnola; in quest'ultima fase detti eventi sono rimarcati dal superfici di erosione in ambiente subaereo della base del Supersintema del *Quaternario Marino*.

A tali fasi tettoniche è seguito un altro importante stadio nel *Pleistocene medio* (0.8–0.45 Ma) che ha indotto il rapido spostamento della fascia di transizione tra la scarpata sottomarina e la piana bacinale verso nord est – est, alla quale è seguita una fase secondaria tra 0,26 – 0,22 Ma.

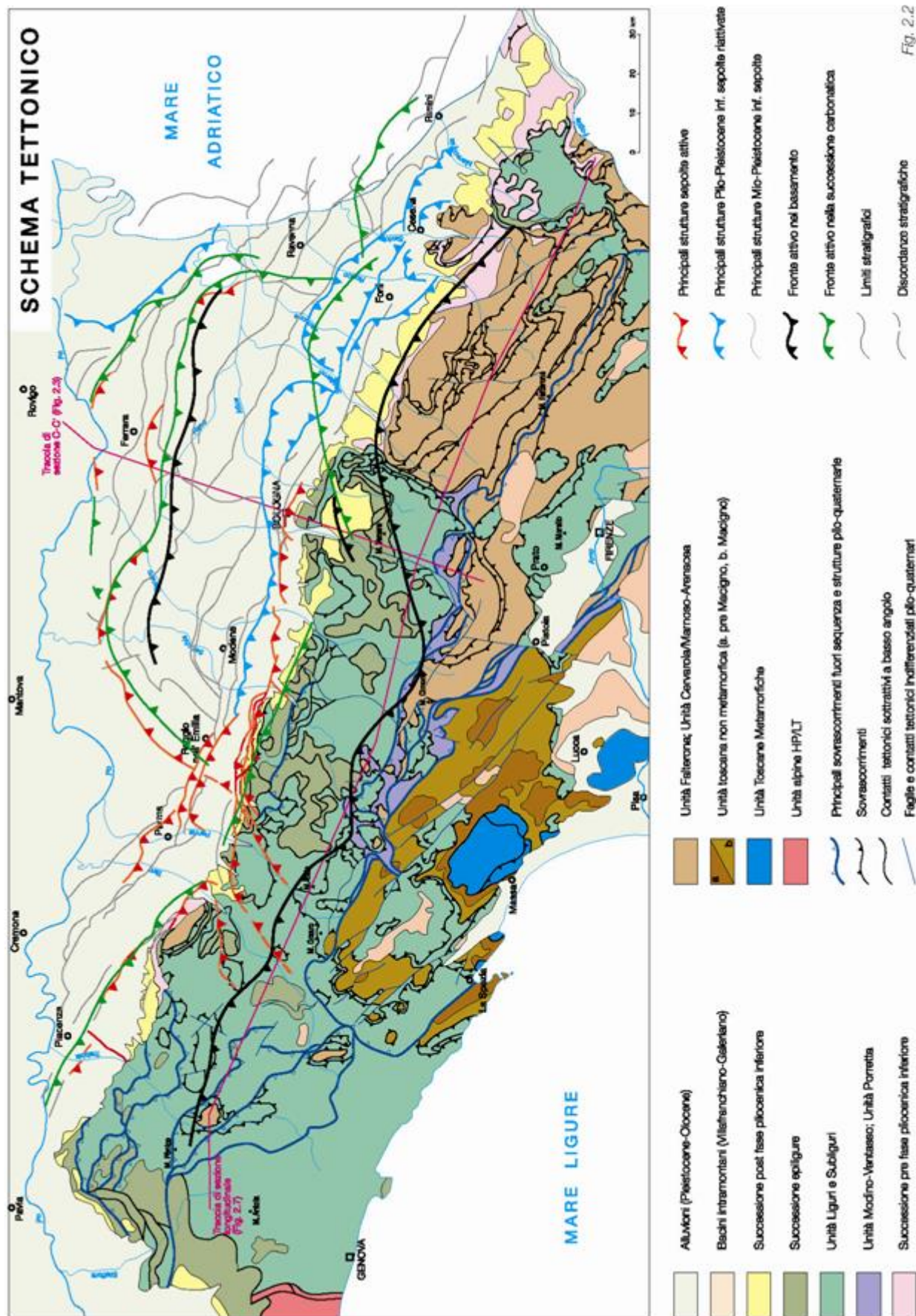
I processi in narrativa hanno condizionato la conformazione dei depositi quaternari, alluvionali e marini costieri, che ricalcano l'andamento del substrato pre-pliocenico attenuandone le geometrie, come evidenziano gli assetti blandamente antiformi della base delle unità alluvionali sedimentatesi negli ultimi 650.000 anni b.p: AEI, e cicli deposizionali basali e medi di AES, 450.000 – 200/220.000 anni b.p.

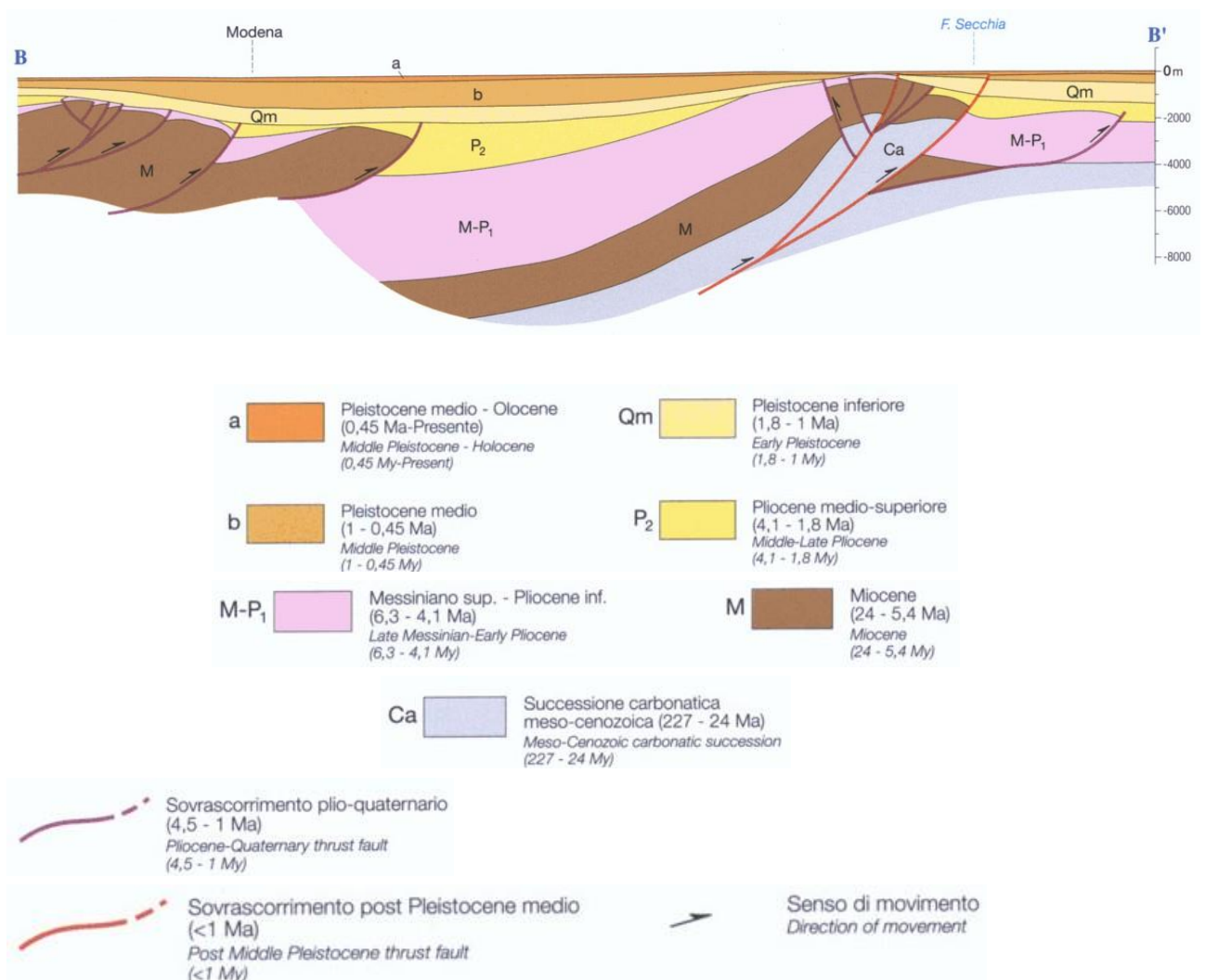
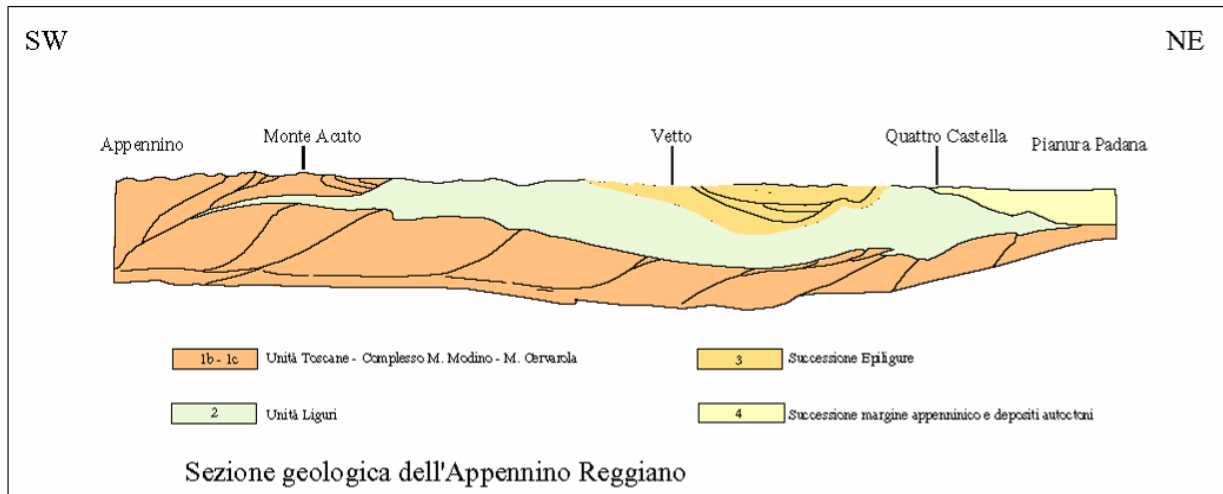
I conseguiti diversi spessori di materiale sedimentato sono stati oggetto di sensibile subsidenza. Detti abbassamenti, per processi di auto-consolidazione, non si sono verificati uniformemente ed hanno manifestato intensità maggiore nelle fasce centrali delle sinclinali e minore nelle zone prossime ai settori delle zone di asse di anticlinale, condizionando il grado di possibilità di consolidazione dei terreni. Questi assetti strutturali, in taluni casi ed in circoscritte aree, hanno indotto accentuazioni dei fenomeni subsidenti ai quali si è associato,

localmente, lo svilupparsi di faglie distensive che non giungono in superficie e sono sigillate dall'Unità AES7.

I processi descritti nell'insieme hanno generato un assetto strutturale del bacino, a carattere compressivo, nel quale si delineavano a luoghi settori emersi soggetti ad erosione: zone di Novi MO – Mirandola, MO, Porotto – Pontelagoscuro.

L'assetto e gli spessori delle successioni in narrativa sono stati inoltre sensibilmente influenzati dalle variazioni del livello medio del mare correlate sia all'apertura del Mediterraneo successiva al *Messiniano* che, ai mutamenti climatici che hanno interessato l'area padana negli ultimi 0.65 Ma.



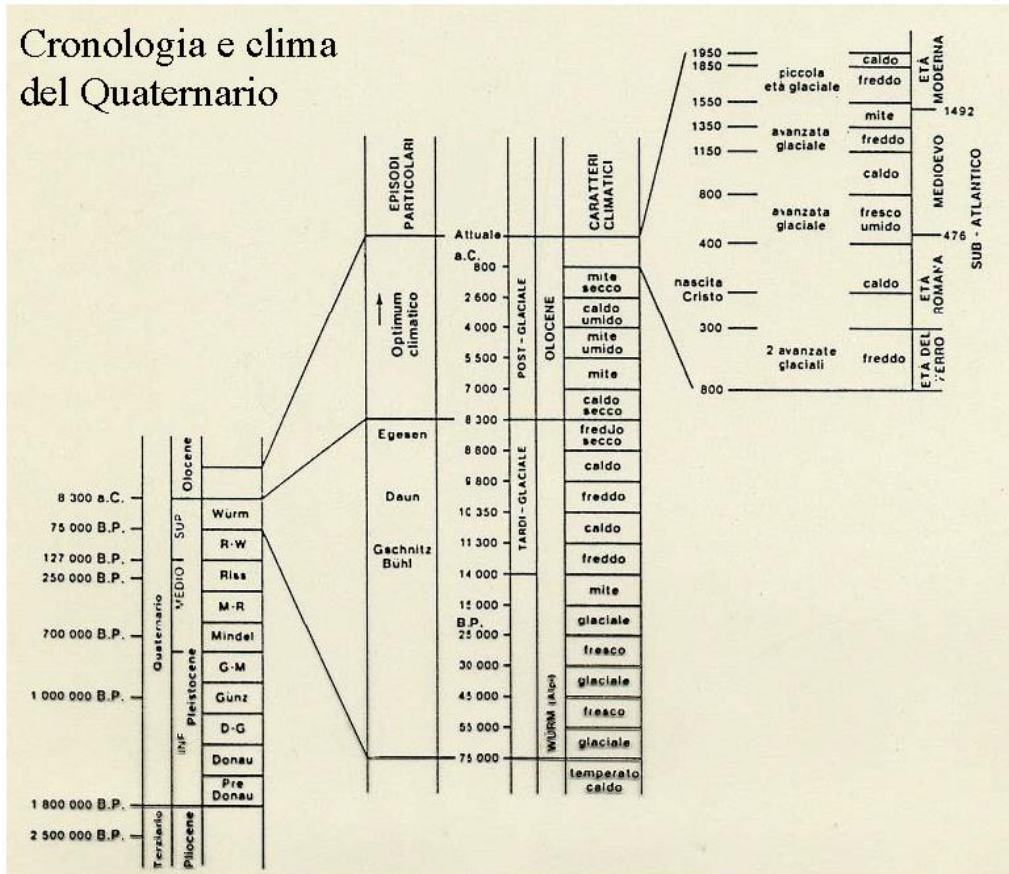


UNITÀ STRATIGRAFICHE		SEQUENZE DEPOSIZIONALI	ETÀ (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA
SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	Qc	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE-OLOCENE
	SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE		~0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO
SINTEMA DI COSTAMEZZANA		Qm	~0.65	
			~0.8	
			~1.0	PLEISTOCENE INFERIORE
SINTEMA DEL T. STIRONE			~2.2	PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE
ARGILLE AZZURRE	P ₁		~3.6	PLIOCENE INFERIORE
	P ₂			

Superficie di discontinuità principale
 Superficie di discontinuità minore

SCHEMA CRONOSTRATIGRAFICO DEL TARDO PLEISTOCENE E DELL'OLOCENE									
Epoca	Età	Suddivisioni informali	Crono zone	Date convenzionali anni ¹⁴ C BP	Date calibrate anni a.C.	Divisioni informali adottate nel testo	Cronologia archeologica		
				Mangerud et alii 1974; 1982	Stuiver & Reimer 1993		Epoca	Età	
OLOCENE		SUPERIORE NEOGLACIALE MEDIO IPSTERMICO INFERIORE	Sub-atlantico	1000		Protostoria	STORIA	1500 d.C.	Moderna
				2000				basso Medioevo	
				2500	2467-2728			450 d.C.	Medioevo alto
				3000				200 d.C.	Tardoromana
				4000				200 a.C.	Romana
				5000	5657-5856				
				6000					
				7000					
				8000 BP ca					
				9000	9944-10.004				
PLEISTOCENE	WURM = WISCONSIN = WEICHSEL	TARDIGLACIALE	Sub-boreale	10.000	11.008-11.587	Preistoria	PREISTORIA	secondo	
				11.000	12.847-12.985			Ferro primo	
				12.000	13.866-14.126			Bronzo finale recente medio antico	
				13.000	15.280-15.573			2200 a.C.	
				(15.000)				Enolitico	
				(18.000)				3300 a.C.	finale
				(20.000)				Neolitico medio	
				(25.000)				5500 a.C.	antico
								Mesolitico recente antico	
								9500 a.C.	
	ULTIMO MASSIMO GLACIALE (LGM)		INTERSTADIALE TARDIGLACIALE			post-LGM (postglaciale a)		Paleolitico superiore	
								Epigravettiano	
						pleniglaciale e pre-LGM		20.000 BP	Gravettiano
								25.000 BP	Aurignaziano

Modificato da Crompton & Ravazzi, 1996



SCALA GEO-CRONOMETRICA IN MA				SCALA CRONOSTRATIGRAFICA	
EPOCHES		ETÀ STANDARD			
0	PLEISTOCENE			1.7 CALABRIANO	
5	PLEISTOCENE			2.6 PIACENZIANO	FOSSEL LIANO
				4.2 TABIANIANO	
10	MIOCENE	SUPERIORE		5.2 MESSINIANO	CASTELLANIANO
				6.6 TORTONIANO	
15	MIOCENE	MEDIO		11.5 SERRAVALLIANO	CESSOLANZANO
				15.5 LANGHIANO	
20	MIOCENE	INFERIORE		16.5 BURDIGALIANO	GIRONDIANO
				22.5 AQUITANIANO	
25	OLIGOCENE	SUPERIORE		24 CATTIANO	
30	OLIGOCENE	INFERIORE		32 RUPELIANO	
35	EOCENE	SUPERIORE		37 PRIABONIANO	
40	EOCENE	MEDIO		40 BARTONIANO	
				44 LUTEZIANO	
45	EOCENE	INFERIORE		49 YPRESIANO	
50	PALEOCENE	SUPERIORE		53.5 THANETIANO	
55	PALEOCENE	INFERIORE		60 DANIANO	
60					
65					

Da: P.R. Vail, 1977
parz. mod.

UNITÀ DELLA SCALA STANDARD							ALTRE UNITÀ	UNITÀ LOCALI E NOMI ABBANDONATI
VALORI IN MA	EON	PERIODE	SISTEMI	EPOCHES	ETÀ			
1.8	CENozoico	QUATERNARIO		PLEISTOCENE			FLANDRIANO	IRECENTEI
5	CENozoico	NEOGENE		MIOCENE			CROTONIANO	
24	CENozoico	PALEOGENE		OLIGOCENE			SANTERNANO	VILLA- FRANCO
37	CENozoico	PALEOGENE		EOCENE			PIACENZIANO	TABIANIANO
53.5	CENozoico	PALEOGENE		PALEOCENE			MESSINIANO	ANDALUSIANO
65	MESozoico	CRETACICO		SUPERIORE			TORTONIANO	ELVEZIANO
96	MESozoico	CRETACICO		INFERIORE			SERRAVALLIANO	
143	MESozoico	GIURASSICO					BURDIGALIANO	
212	MESozoico	TRIASSICO					CATTIANO	
247	MESozoico	PERMIANO					RUPELIANO	
289	MESozoico	CARBONIFERO					PRIABONIANO	
367	MESozoico	DEVONIANO					BARTONIANO	
416	MESozoico	SILURIANO					LUTEZIANO	
446	MESozoico	ORDOVICIANO					YPRESIANO	
509	MESozoico	CAMBRIANO					THANETIANO	
573								

4.1 Caratteri sismotettonici

Il sottosuolo dell'area pianiziale delle province di Reggio Emilia – Modena e Parma appartiene alla Regione delle Pieghe Padane che in detta zona formano l'Arco delle Pieghe Ferraresi e più a sud la fascia della Pieghe Emiliane e Romagnole che assumono una larghezza variabile, da più di 50 Km nell'Emilia orientale a 25 Km in quella occidentale nell'area parmense.

Dette pieghe rappresentano elementi strutturali sensibilmente complessi caratterizzati da un'intensa tettonizzazione che nella Dorsale Ferrarese hanno determinato un notevole innalzamento del substrato carbonatico mesozoico presso Novi di Modena – Camurana dove si rinviene già da -215/-310 m dal piano campagna (p. Novi 4bis, 1952 – p. Cavone di Carpi 2, 1978); analoga condizione si riscontra a Casaglia (FE) nella quale la profondità corrisponde a -120/-150 m pc.

Nell'ambito del sistema plicativo l'arco delle Pieghe Ferraresi costituisce la parte più esterna della strutturazione del fronte appenninico e presenta vergenza settentrionale ed è suddivisa in due dorsali una interna: Struttura Bagnolo in Piano – Novellara – Campagnola E. – Rolo – Novi MO – Mirandola – Cento, ed una esterna: Struttura Quarantoli – Bondeno – Ferrara.

Detta Dorsale assume andamento circa ovest-est dal ferrarese a Camurana Novi MO e successivamente con il passaggio alle Pieghe Ferraresi Interne si orienta in direzione nord est – sud ovest da Novi MO a Novellara a Bagnolo in Piano. La flessione dell'anticlinale tra Novi MO e Rolo pare imputabile a faglie trasversali trascorrenti sepolte, a direttrice circa nord ovest – sud est.

Nel settore occidentale dell'area in esame circa al confine tra Reggio Emilia e Parma una fascia di faglie trascorrenti sud est – nord ovest ha dislocato verso nord l'arco delle Pieghe Ferraresi che tra Cella e Cadè (8/10 km ovest R.E.) con la Struttura di Bagnolo in Piano si immergono sotto le Pieghe Emiliane. Dette interazioni compressive con il fronte delle pieghe preappenniniche hanno determinato il sollevamento delle stesse sino a -1,0/-1,5 km pc nel sottosuolo di Taneto – S. Ilario d'Enza e a sud della via Emilia dove procedendo i. direzione sud si attastano a -0,5 km pc.

Simili processi nel territorio a est tra Modena e Reggio Emilia hanno generato il sollevamento di dette pieghe a -2,5/-3,0 km pc, Campogalliano, -1 Km pc Rubiera,

Nella zona di Reggio Emilia – Bagnolo in Piano, la successione delle formazioni nei primi 4.5/8.0 km pc è caratterizzata dalla presenza di una formazione carbonatica di mare basso di età *Giurassico sup.* - *Cretacico inf.* Quest' ultima risulta essere assente nelle aree circostanti, come denotano i pozzi perforati da AGIP, nei quali il *Cretacico inf.* è rappresentato dalle classiche facies carbonatiche pelagiche (Biancone o Maiolica).

Nel contesto dell'evoluzione del bacino sedimentario padano, contraddistinto in detto periodo da processi distensivi, una spiegazione della presenza di sedimentazioni in ambiente marino basso, secondo A. Bosellini, 1981, è correlabile all'esistenza di una fascia, estesa in modo assecondante l'attuale margine meridionale della Pianura Padana tra Modena e Parma,

sollevata per fratturazioni anastomizzate a componente prevalentemente orizzontale che rigettavano sinistramente il margine continentale della Placca Adria.

La presenza di detta faglia trascorrente risulta confermata dai dati sismici e gravimetrici relativi all'area in oggetto e dall'esistenza di una fascia di epicentri sismici, larga circa 50/60 Km denominata linea Piacenza Forlì (*Peronacci 1974; Sacchi 1979*), con profondità di 30-40 Km (*Caloi et Alii, 1956*).

I dati paleomagnetici (*Vanderberg e Wonder; 1976*) riferiti al fondo del paleo oceano ligure, documentanti diversi movimenti in due periodi distinti, concorrono a confermare gli effetti di una faglia trascorrente in tale area del bacino padano.

Lo spessore della successione mesozoica, che nel settore di "Bagnolo in Piano" è caratterizzata dall'omonima piattaforma carbonatica, presente circa tra 4,5 e 8,0/9,0 km pc, conferisce un incremento relativo della rigidità della sequenza che forma i primi 8÷10 Km del sottosuolo tutt'altro che trascurabile come indicano gli ipocentri a -5/-5,3 km dei sismi del 1987-1996. Detti elementi, unitamente all'esistenza della linea tettonica *Emilian fault* (*A. Bosellini; 1981*), determinano condizioni d'insieme significativamente influenti sul tipo di attività sismica dell'area planiziale Reggiano – Parmense.

Nell'ambito di quanto esposto è inoltre determinante la presenza degli sovrascorrimenti che delimitano le ali occidentali ed orientali della Dorsale Ferrarese, quelli a sud della via Emilia e nord – nord est di Sant'Ilario – Taneto – Pantaro di Sotto, quella del Fronte di Accavallamento della successione carbonatica meso-cenozoica; quest'ultima è rinvenibile a profondità di 8/9÷11/12 km dal piano campagna (*AGIP, 1986*) con approfondimento in verso meridionale, che si estende in direttrice sud ovest – nord est, circa secondo l'allineamento Villa Sesso – Novellara – Fabbrico.

Il bordo del fianco occidentale della Dorsale Ferrarese interna, corrispondente alla linea di sovrascorrimento che la mette a contatto con la Monoclinale Alpina, presenta direzione sud ovest – nord est e si estende circa secondo l'allineamento Fabbrico – Novellara – Cadelbosco di Sotto e di Sopra; il fronte delle Pieghe Emiliane si estende ovest – est da Reggio Emilia a Calerno e successivamente con assetto arcuato in direzione nord ovest verso Taneto – Pantaro di Sotto. A dette linee tettoniche regionali si associano fasce di fratturazione a direttrice sia appenninica che anti-appenninica, come denotano le zone di frattura individuate a profondità di 1000÷1200 m dal piano campagna nel campo pozzi *AGIP* di Correggio: zona San Michele della Fossa – San Giovanni della Fossa (*AGIP, 1952, Campo di Correggio*). In tale area si evidenzia una fascia a direttrice sud ovest – nord est, 4/5 km ad occidente del suddetto capoluogo, che circa tra Fosdondo e S. Michele della Fossa interseca un'altra zona di frattura orientata est sudest – ovest nordovest che con tutta probabilità, in rapporto all'assetto delle isobate del tetto del *Pleistocene superiore*, si estende anche in direzione est – sud est assecondando l'andamento di via Fosdondo sino all'omonima frazione. Nel settore occidentale, ad ovest di San Michele della Fossa, detta fascia si associa ad una zona di intensa fratturazione che si sviluppa in senso sud ovest – nord est circa secondo l'allineamento Bagnolo in Piano – Casino Santini – 0,5 km ovest Canolo.

Le principali linee tettoniche sopra citate trovano riscontro nei limiti dello schema sismotettonico identificante le zone sorgente, redatto da *P. Scandone et Alii (1991)* e quello della zonazione sismogenetica *ZS9, INGV. 2004*.

Dette condizioni strutturali, unitamente all'esistenza della linea tettonica denominata *Emilian Fault* (A. Bosellini; 1981), determinano effetti d'insieme significativamente influenti sul tipo di attività sismica dell'area planiziale Reggiano – Parmense, come indicano gli epicentri sismici di Campegine– Bagnolo in Piano – Novellara – Correggio del 1830/1996.

La base del *Pliocene* (M. Pieri, G. Groppi; AGIP, 1981 – RER, AA.VV, 2002) nel sottosuolo del territorio al quale appartiene il comune di Cadelbosco di Sopra è generalmente rinvenibile tra 3-,5/-4,5 km dal piano campagna nel settore tra il confine con Bagnolo in Piano e il T. Crostolo e si approfondisce a -7/-7,5 km pc nelle zone occidentali settentrionali a ovest di Cà del Bosco di Sotto – Ponte Forca in direzione del confine con i comuni di con Castelnovo di Sotto – Gualtieri – Guastalla. Il primo di tali assetti è caratterizzato dalla fascia occidentale del fianco ovest della Dorsale Ferrarese; la parte occidentale settentrionale, ad ovest dagli sovrascorrimenti che delimitano detta Dorsale e la mettono a contatto con la Monoclinale Alpina contraddistinta dall'accentuato approfondimento della base del *Pliocene* (-7/-7.5 km pc).

4.2 Attività tettonica

Successivamente all'importante evento tettonico che ha interessato il margine appenninico e la pianura, sviluppatosi nel *Pliocene inferiore e medio* (4,4 – 3,9 Ma) il fronte delle deformazioni migra in direttrice nord est ed attiva gli archi delle Pieghe Emiliane e Romagnole e delle Pieghe Ferraresi, come evidenziano le deposizioni in diversi “microbacini” al fronte delle suddette pieghe.

I depositi correlati ai progressivi stadi di sollevamento appenninico documentano importanti fasi all'inizio del *Pleistocene* (2,58 Ma) e nel *Pleistocene inferiore e medio* (1,7/0,95 e 0,8/0,65, Ma). Dette azioni tettoniche nell'area reggiano – parmense sono correlate all'interazione della parte meridionale occidentale delle Pieghe Ferraresi interne (Struttura di Bagnolo) con il settore orientale delle Pieghe Emiliane (parte più esterna della Struttura di Reggio: Fronte di Monticelli; G. Barbacini et Alii, 2002)

Nel *Pleistocene medio* si instaurarono gli ambienti sedimentari continentali che hanno generato i depositi dei Sintemi Emiliano Romagnolo Inferiore (0,65÷0,45 Ma, AEI) e Superiore (0,45 Ma ÷ presente: AES).

Le variazioni delle condizioni degli ambienti sedimentari nel tardo *Pleistocene* sarebbero confermate dalla ridotta profondità della base dell'*Olocene* (10.000/12.000 anni) che ad occidente di Reggio Emilia, corrisponde circa a 10÷15 m ed aumenta in direzione orientale, attestandosi a 15÷20 m nelle zone di Reggio Emilia e Modena, ad eccezione di Novi MO – Mirandola dove si riscontra a -15 m pc, e tende ad approfondirsi ulteriormente procedendo verso est attestandosi a -25 m dal piano campagna con l'approssimarsi al bolognese.

Nella zona tra le provincie di Parma e Reggio Emilia il basamento è dislocato da una fascia di faglie anti-appenniniche a direzione sud est – nord ovest che ha determinato una traslazione in verso settentrionale del blocco dell'Arco Ferrarese – Romagnolo (reggiano), con disassamento del margine appenninico, ed un'inclinazione molto maggiore in verso meridionale della parte sud orientale dello stesso (Placca Adriatica).

Fasi tettoniche recenti, che denotano l'attività delle strutture nel *Pleistocene superiore* – *Olocene*, sono testimoniate da dislocazioni e basculamenti che interessano le conoidi alluvionali, piegamenti che coinvolgono i depositi mindeliani e rissiani al piede dei colli (anticlinali del Ghiardo, Montecchio, Monticelli), dalle discontinuità individuate nei profili sismici che evidenziano l'attività degli sovrascorrimenti sepolti delle Pieghe Ferraresi, evidenziati dalle geometrie arcuate della base delle unità alluvionali AEI ed AES ($0.4 \div 0.65$ Ma²). Concorrono a documentare un'attività tettonica recente le migrazioni verso occidente dei tracciati dei fiumi appenninici e gli antichi depositi di canale fluviale, che frequentemente perdono di identità prima di giungere all'attuale percorso del Po e la netta deviazione in verso settentrionale di detto fiume nella zona di Guastalla, praticamente a ridosso dell'ala occidentale – settentrionale della Dorsale Ferrarese. Concordano con quanto esposto i gomiti fluviali del tratto del T. Enza tra Montecchio Emilia, S. Ilario d'Enza, i Pantari, A1, quelli a occidente del T. Parma e suo paleoalveo sede del Cavo Colombarone, a est quelli F. Secchia a oriente di Rubiera, i tracciati di alveo fluviale abbandonato tra il T. Enza e Calerno – Campegine – Praticello, i paleoalvei tra Castelnuovo Sotto – Poviglio. Analoghi effetti sono evidenziati dalla presenza in superficie di insediamenti di età *Neolitica* indicanti una deposizione alluvionale praticamente nulla negli ultimi 8000 – 12.000 anni nella zona sede del dosso di via della Razza, Campegine, e degli equivalenti depositi dell'Unità di Vignola a meridione della via Emilia a sud degli sovrascorrimenti Taneto/Calerno– Calerno/Cella, area dell'interazione Struttura di Bagnolo in Piano – Pieghe Emiliane. Agli effetti di quest'ultima è conseguita una minore possibilità di sedimentazione dei depositi quaternari più recenti: AES8/8a presenti nelle zone a settentrione.

L'assetto delle strutture profonde visualizzato nella *Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna* (M. Boccaletti – L. Martelli; 2004; L. Martelli et Alii, 2016) indica attività della linea di sovrascorrimento, che delimita l'ala occidentale settentrionale della Dorsale Ferrarese, orientata sud ovest – nord est circa da Cadelbosco di Sopra a Novellara ovest – Fabbrico, dello sovrascorrimento nord ovest – sud est San Secondo – Ronco Campo Caneto – Cervara– Taneto – Calerno, dell'equivalente linea tettonica ovest – est circa secondo l'allineamento delle località Lentigione – Fodico – Santa Vittoria – Villa Boschi.

Analoghe fasce di deformazione attiva che influiscono sull'attività sismica del territorio in oggetto sono rappresentate delle linee di sovrascorrimento pede-appenniniche estese in direttrice ovest nordovest – est sudest presenti a meridione della via Emilia, circa tra la stessa e l'allineamento Parma – Cavriago – Reggio Emilia – Rubiera, secondo le quali e la sopracitata linea Taneto – Calerno – San Secondo, si sono verificati epicentri sismici con Mw 5,5 a nord Parma, a Corte Valle Re/Parrocchia di Cella; il primo di questi ultimi si è originato circa 2,5 km a nord est dell'intersezione dello sovrascorrimento nord ovest – sud est Taneto/Calerno e quello ovest – est Calerno/Cella, il secondo circa 1 km a ovest (sud A1) di quello che delimita l'ala occidentale della Dorsale Ferrarese.

È inoltre attribuito stato di attività al fronte di Accavallamento del Basamento (M. Boccaletti, L. Martelli; 2004) individuato nel sottosuolo della zona di Reggio Emilia a -7/-8 ÷ -9/-11 m pc (AGIP, 1986).

² Ma = Milioni di anni

La distribuzione degli ipocentri focali, generalmente con profondità tra -5 e -10 km pc, denota che il territorio in oggetto è interessato principalmente da un'attività sismogenetica, correlata a faglie compressive e trascorrenti, di tipo superficiale: primi 10/15 km del sottosuolo, connessa agli stress tettonici che si accumulano nella parte medio basale della successione carbonatica e nella fascia di sovrascorrimento del Basamento; la diffusione dei fuochi che si generano tra -15 e -35 km dal piano campagna, è simile a quella più superficiale ma rappresentata in percentuale relativa minore.

La sismicità più profonda, ipocentri sottostanti 35 km dal piano campagna, nella pianura è decisamente minore ed induce risentimenti in superficie con effetti più bassi.

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce l'area in oggetto alla zona sismogenetica 912, circa 3,5 km a sud capoluogo è sostituita dalla zona 913.

La classificazione sismica del territorio nazionale: OPCM 3274/2003, NTC 17/01/2018, e RER: DGR 146/2023, attribuiscono il comune di Cadelbosco di Sopra alla zona 3 con grado di sismicità equivalente agli ambiti S6.

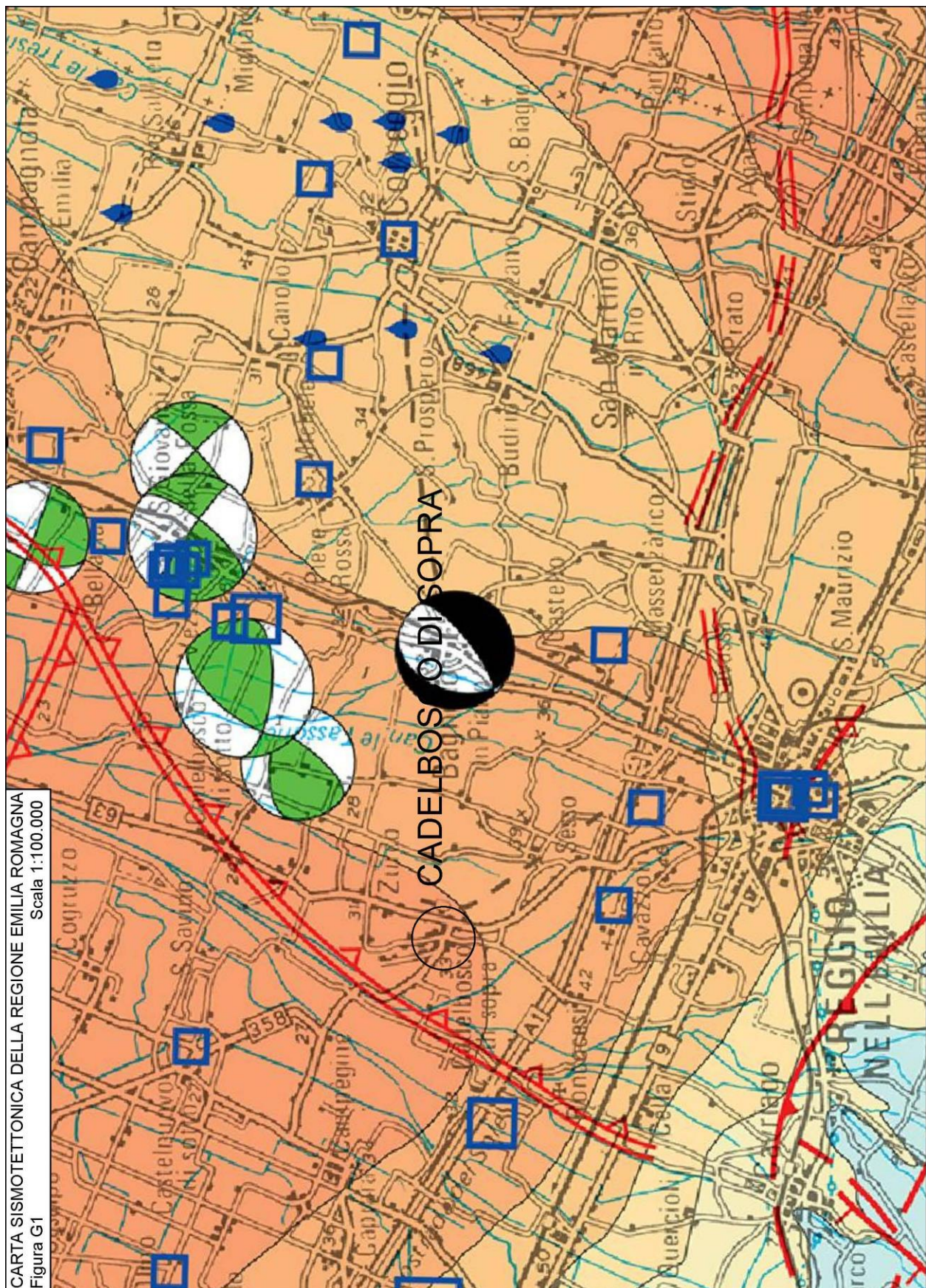
I valori di a_g elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS 2004 (Meletti C., Montaldo V., 2007. *Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2*, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>), attribuiscono, alla fascia territoriale a cui appartiene il comune in oggetto valori di accelerazione compresi tra:

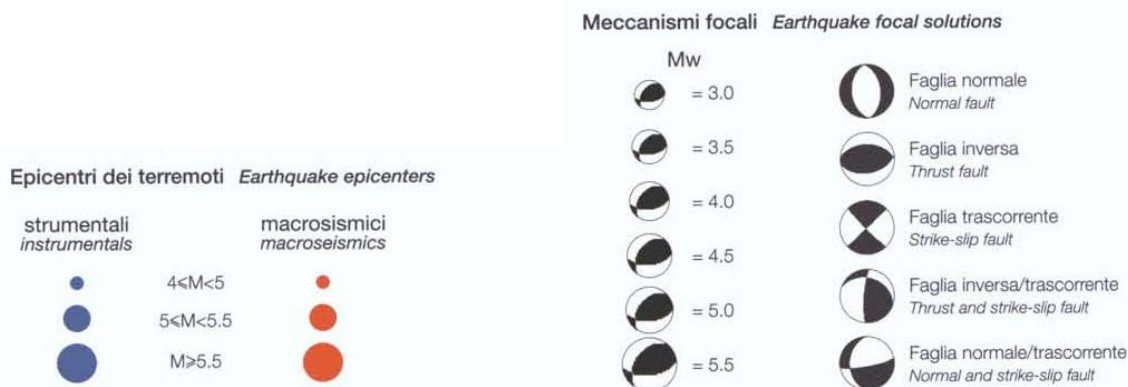
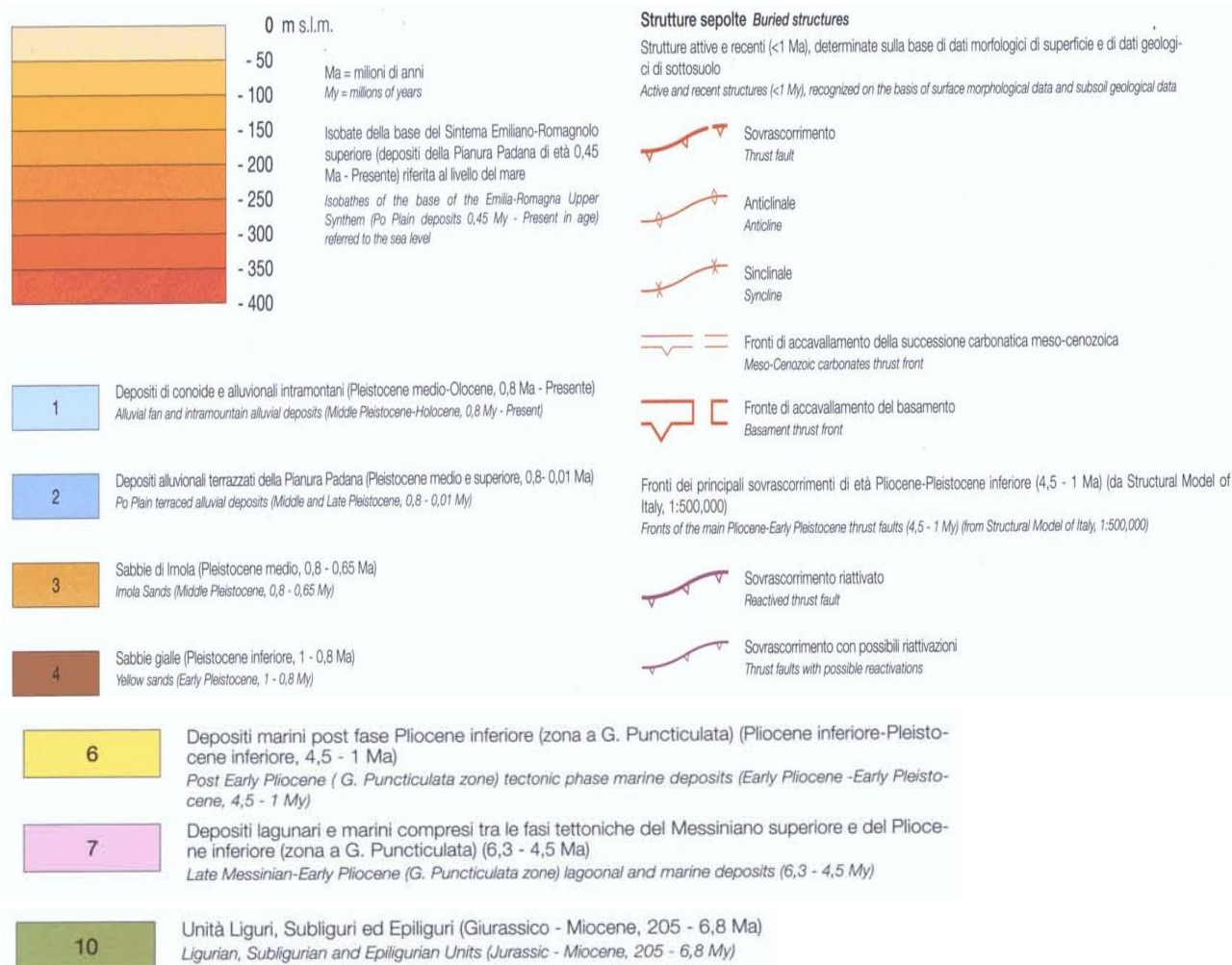
$$\text{Cadelbosco di Sopra } a_g = 0,125 \div 0,150 \text{ g}$$

con diminuzione di tali parametri da sud a nord.

Il valore della a_g di riferimento riportato nell'allegato A4 della Deliberazione della Giunta Regionale Emilia Romagna n° 564/2021, corrisponde mediamente, per il comune di Cadelbosco di Sopra, a:

$$a_{gref} = 0,135 \text{ g}$$





Strutture affioranti Outcropping structures

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate su base morfostrutturale (M) e/o geologica (G)
Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of morphostructural (M) and/or geological (G) data

Sovrascorrimento
Thrust fault

Strutture plio-quadernarie (4,5 - 1 Ma)
Plio-Quaternary structures (4,5 - 1 My)

Sovrascorrimento di età Miocene-Pliocene inferiore successivamente riattivato
Reactivated Miocene-Early Pliocene thrust fault

Faglia trascorrente
Strike-slip fault

4.3 Subsidenza

I fenomeni subsidenti nel territorio di Cadelbosco di Sopra sono correlabili ai processi di auto-consolidazione naturale dei depositi di pianura che nella zona in esame denotano un elevato grado di influenza dell'assetto del substrato pliocenico e pre-pliocenico; a tali condizioni si sommano gli effetti correlati alle estrazioni di fluidi dal sottosuolo che interessano prevalentemente i primi 100/200÷250 m del sottosuolo.

La dinamica temporale degli abbassamenti dei terreni in superficie indica una progressiva diminuzione delle entità della subsidenza dal 1962 al 2021, (ARPAE; www.arpa.emr.it/dettaglio_generale.asp?Id20512divello=1423).

Nel 1992/2000 i valori degli abbassamenti risultavano compresi 2,5/5 mm/anno con netta prevalenza dei parametri minori; in detto periodo i valori maggiori di -7,5/-10 mm/anno individuavano un'area di ridotta estensione a ovest –nordovest del capoluogo al confine con il comune di Castelnuovo di Sotto; simili abbassamenti, 7,5 mm/anno, caratterizzavano la parte meridionale orientale del capoluogo sede delle zone a destinazione produttiva e una zona 2,2/2,3 km a nord del centro storico nella quale erano presenti analoghe attività.

Nel successivo periodo, quadriennio 2002/2006, si evidenzia un incremento del tasso di subsidenza territoriale che nella prevalente parte dell'area comunale si attesta a -5/-7,5 mm/anno e assume i valori minori -2,5/-5 mm/anno nella parte nord a settentrione di via Nuova e fascia al bordo del confine occidentale ad eccezione della sopracitata zona a ovest del capoluogo nella quale gli abbassamenti corrispondevano a 5/7,5 mm/anno, analoghi valori individuavano l'area a destinazione produttiva a sud est capoluogo; i maggiori relativi di 10/12,5 mm/anno erano presenti a ovest capoluogo tra via Vialato e la SP40/via G. Mazzini, in corrispondenza di via A. Gramsci.

Il successivo quinquennio 2006/2011 è caratterizzato da una diminuzione della subsidenza che nella superficie comunale generalmente corrisponde a -2,5/5,5 mm/anno con tendenziale prevalenza dei valori minori; valori di -5/-7,5 mm/anno contraddistinguono la parte orientale meridionale del territorio, con massimi relativi di -5/-10 mm/anno nella zona meridionale orientale tra via Vialato e via Casaletto, confine comunale sud, a nord via Don T. Bello.

Nel seguente quinquennio 2011/2016 il tasso di subsidenza diminuisce decisamente attestandosi a 0/2,5 mm/anno nella generalità della superficie comunale con minimi di 0 mm/anno nella parte meridionale del territorio, sede del capoluogo, tra i confini comunali est, sud, ovest, e via L. Landi – via C. Prampolini; analoghi minimi individuavano l'area tra le sopracitate vie e Cadelbosco di Sotto.

Nel 2006/2021 si osserva un moderato incremento della subsidenza che caratterizza la netta prevalenza della superficie comunale con abbassamenti tra -2,5/-5 mm/anno con massimi relativi tra -5/-7,5 mm/anno nella zona a destinazione produttiva a sud est del capoluogo e ≥ 5 mm/anno nella fascia che asseconda via G. Mazzini tra la Rocca e via Don T. Bello.

La dinamica temporale del tasso di subsidenza evidenzia che precedentemente al 2000 gli abbassamenti relativi maggiori del suolo caratterizzavano la parte centro meridionale del territorio comunale sede della zona a destinazione produttiva del capoluogo e dello stesso,

l'area o ovest del centro storico circostante l'intersezione T. Crostolo/SP 358R. Nel successivo periodo 2002/2006 si evidenzia un generale incremento dei valori del tasso di subsidenza che denotano i relativi maggiori a ovest del capoluogo e anche nella zona produttiva a sud est dello stesso nel quale sono leggermente inferiori rispetto alla sopracitata zona. Successivamente dal 2006 al 20016 si osserva la diminuzione dei valori di subsidenza; nel periodo seguente 2016/2021 gli abbassamenti del suolo aumentano moderatamente e permangono i maggiori relativi, con riduzione delle estensioni areali, nella zona o produttiva a sud est del capoluogo e area ad ovest del centro storico assecondante via G. Mazzini.

Le zone che individuano i tassi di subsidenza relativi maggiori non indicano significative correlazioni con l'incremento in direzione occidentale degli spessori dei depositi dei Supersintemi Emiliano Romagnolo Superiore e Inferiore.

Generalmente le aree a destinazione produttiva, nelle quali si riscontrano diffuse opere di estrazione idrica dal sottosuolo, evidenziano la conservatività nel tempo dei valori relativi maggiori.

Effetti di subsidenza localizzati possono rimarcarsi in prossimità di pozzi che captano l'acquifero freatico: primi 10/20 m dal piano campagna, in areali con diametro di 10/12 ÷ 20/30 m che circoscrivono il pozzo, per emungimenti idrici forzati in disequilibrio con le potenzialità dell'acquifero freatico.

4.4 Assetto strutturale depositi del quaternario continentale

Gli assetti delle successioni alluvionali continentali, nell'area compresa Cavo Tassone/Torrente Crostolo ad est, Cavo Cava ad ovest, delimitata a sud dall'Autostrada del Sole, a nord dalla SP 81 – via Magnano, evidenziano influenze sulle geometrie deposizionali correlate sia alla conformazione del substrato pre-pliocenico che quello pliocenico, degli sovrascorrimenti e faglie che li interessano, delle attività tettoniche pleistoceniche.

Tali fattori hanno determinato condizioni differenziate nelle geometrie degli ambienti deposizionali ai quali sono conseguiti diversi spessori delle unità alluvionali.

Questi ultimi si sono ripercossi sulla subsidenza per processi di auto-consolidazione dei sedimenti, che hanno generato deformazioni in modo più o meno accentuato in funzione dello spessore ed età delle successioni continentali.

4.4.1 Sub Sistema AES8a/8

Il complesso deposizionale più recente AES8a/8 è caratterizzato da geometrie dei corpi sabbiosi lentiformi a sviluppo prevalente nastriforme. Nel territorio di Cadelbosco di Sopra, è contraddistinto da spessori mediamente compresi tra 16/18 e 22/23 m che aumentano sia in direzione orientale che meridionale. Nelle zone a oriente tende ad incrementare in potenza in senso est – sud est (modenese – bolognese) ed a diminuire in verso nord est (Novi MO – Mirandola). Territorialmente evidenzia l'assenza di deformazioni correlabili a fattori tettonici o processi subsidenti accentuati; le differenziazioni laterali e verticali che lo caratterizzano

sono sostanzialmente connesse alle variazioni climatiche che hanno interessato il bacino padano nell'*Olocene*: 10.000÷12.000 anni bp/attuale, In detto periodo hanno influito in modo pronunciato le fasi climatiche tra 10.000/14.000 anni, quella tra 8.300/7.000 anni bp. e la fase tra 4.000 e 4.600 anni bp, alle quali si sono associate ingressioni marine, che hanno indotto condizioni di diffuso impaludamento nella pianura padana.

4.4.2 Sub Sintema AES7

Le sequenze deposizionali AES7 (10/14.000÷125.000 bp) sono caratterizzate da spessori di 60÷75 m, che aumentano in direzione ovest, in direzione settentrionale sono praticamente costanti; in verso orientale la potenza tende a diminuire. Territorialmente in direzione nord est (Campagnola Emilia) tendono gradualmente ad assottigliarsi a 60÷50 m sino a ridursi a 40/50 m nei settori di Novi MO – Carpi: est – nord est.

Nel territorio di Cadelbosco di Sopra la diminuzione in spessore in direzione orientale dell'unità in oggetto, unitamente all'assetto blandamente convesso della base, indica l'influenza delle geometrie dell'ambiente deposizionale e di probabili deformazioni correlabili a processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano in questo periodo.

Le blande modificazioni alla base tendono ad attenuarsi nelle zone occidentali e centrosettentrionali del territorio comunale; dette geometrie dipendono principalmente da processi di subsidenza differenziata.

Le modeste deformazioni nei settori orientali concordano con l'approssimarsi alla fascia di influenza del fianco sud occidentale della Dorsale Ferrarese interna che nella zona in oggetto (San Michele della Fossa – Fosdondo) è localmente caratterizzata da una culminazione assiale

La base del subsintema nell'area di Cadelbosco di Sopra si attesta a profondità di -80 m nelle zone orientali, meridionali e settentrionali, si approfondisce a -100 m pc nella fascia territoriale occidentale al confine con Castelnovo di Sotto.

4.4.3 Sub Sintema AES3

le sequenze deposizionali AES3 (125.000÷200/220.000 anni b.p) presentano assetti simili alle sequenze AES7 caratterizzandosi con spessori mediamente inferiori compresi tra 40 e 70 m che si assottigliano a 40 m in direzione orientale, Bagnolo in Piano – San Michele – Fosdondo, con l'approssimarsi alla zona dell'ala sud occidentale della Dorsale Ferrarese; similmente si riduce in spessore in verso meridionale con l'avvicinarsi alla fascia del fronte delle conoidi pede-appenniniche; assume le potenze maggiori di 65÷70 m rispettivamente nelle zone meridionali e in quelle settentrionali; procedendo in direzione nord – nord est Novellara Campagnola Emilia diminuisce gradualmente a 30 m e si riduce circa a 20 m con l'avvicinarsi a Novi MO.

L'unità denota una moderata influenza di deformazioni correlabili a sia a processi tettonici che di subsidenza differenziale per auto-consolidazione; detti assetti evidenziano

inclinazioni relativamente più accentuate e maggiori spessori nelle aree con l'approssimarsi al fianco sud occidentale della Dorsale Ferrarese.

La base del sub-sintema nell' area di Cadelbosco di Sopra si rinviene generalmente sino a -115÷-120m dal piano campagna nelle zone orientali e meridionali orientali, si approfondisce a -150÷-160 m pc nelle aree occidentali, sud occidentali e settentrionali.

4.4.4 Sub Sintema AES

Con questa successione (200/220.000÷350/450.000 anni bp) si delineano assetti deformativi correlati alle maggiori o minori distanze dalla fascia di influenza della Dorsale Ferrarese, localmente caratterizzata da culminazione assiale (San Michele – Fosdondo), ed al suo progressivo incremento in profondità in direzione sud ovest (Reggio Emilia), ovest (Cà del Bosco S.) ed est (San Martino in Rio – Carpi); contestualmente nella sua parte medio basale, si evidenziano influenze di fattori tettonici; con l'approfondimento di detta Dorsale in verso meridionale sino alla via Emilia non si evidenziano significative deformazioni e si riscontrano progressive diminuzioni in spessore.

Nel territorio di Cà del Bosco Sopra detto sub sintema presenta spessori, di 90/100 m nelle zone orientali e sud orientali, con base che si attesta a -210 m pc, incrementa gradualmente a 110 m con base che si approfondisce a -250/-260 m pc sia in direzione nord che ovest. Nei settori orientali e sud orientali i corpi sabbiosi, ad assetto lentiforme, sono percentualmente più rappresentati e denotano blande deformazioni.

Territorialmente le sequenze deposizionali sabbiose nella parte inferiore del sub sintema nei settori occidentali (Castelnuovo di Sotto) sono contraddistinte da minori spessori e percentuali rappresentate inferiori, mentre nelle zone orientali (Correggio) la presenza dei corpi sabbioso ghiaiosi è circa equivalente e più rappresentata percentualmente in tutto il sub sintema. Con l'allontanarsi della fascia di asse della Dorsale Ferrarese e concordemente con il suo approfondimento, detta unità da spessori medi di 90 m aumenta in potenza a 100/110 m in senso ovest e nord ovest, con base che in territorio di Cadelbosco di Sopra si immerge a -250/-260 m pc, ad analoghe quote si rinviene nelle zone settentrionali di Novellara – Villarotta; similmente a nord est nell'area Novellara – Reggiolo si approfondisce a -240/-260 m pc; ad oriente nel carpigiano si immerge a -220/-240 m pc; in verso meridionale al confine settentrionale reggiano risale a profondità a -210/-220 m pc.

Le geometrie dei corpi sabbiosi evidenziano deformazioni relative maggiori nelle zone a oriente nel territorio di Bagnolo in Piano est – Correggio nord ovest– Novellara sud est, appartenenti alla fascia del fianco sud occidentale della Dorsale Ferrarese, nella zona assiale della quale la base del *Pliocene* si approfondisce progressivamente da -2,5÷-3,0 km (Bagnolo in Piano – Correggio – Novellara) a -4,0/-5,0 km (Bagnolo in Piano sud – Reggio Emilia), a -3,0/-4,0 km (Correggio– Novellara); ad occidente, nella fascia del confine comunale ovest di Cà del Bosco Sopra, incrementano sia le pendenze che gli spessori e successivamente allo sovrascorrimento Cella – Novellara, si immerge a -7,0/-7,5 km; simili profondità si riscontrano 10/11 km ad oriente di San Michele – Fosdondo (confine ovest Carpi) dove detto substrato si attesta a -6,5/-7,5 Km. Nella fascia di asse della Dorsale Ferrarese le profondità del

tetto e della base di AES sono minori: rispettivamente -200/-210 m pc m pc, ad occidente corrispondono a -220/-230 m pc e -320/-350 m pc, a oriente equivalgono a -210/-220 m pc e -300 m pc; contestualmente a quanto esposto le unità sabbiose evidenziano deformazioni che da assetti orizzontali – sub orizzontali passano a inclinazioni di $1^\circ \div 1,5^\circ$.

Un'analoga condizione si osserva nelle zone a nord – nord ovest di Novellara, nelle quali con l'allontanamento della fascia di asse di detta Dorsale gli spessori incrementano a 120/130 m e la profondità della base si attesta a -250/-260 m pc evidenziando assetti deformati con immersione di $2^\circ \div 2,5^\circ$ a nord.

Analogamente le caratteristiche geometriche territoriali del subsintema AES si modificano nel settore a nord est di Rio Saliceto – confine ovest di Carpi.

In queste ultime i corpi sabbioso ghiaiosi sono discontinui e sfalsati in senso verticale. Tali discontinuità evidenziate in prospezioni geofisiche profonde (F.C. Molinari; 2016) che oltre alla parte basale di AES, risulta coinvolgano anche tutta la successione deposizionale sottostante AEI ed anche porzione del *Pliocene* inferiore sino ad almeno -200/-250 m dal piano campagna.

Dette condizioni, che ad oriente innalzano la base di AES a -150/-160 ÷ -110/-120 m pc con minore profondità in verso settentrionale e dell'AEI a -220/-250 ÷ 170/-180 m pc nel medesimo senso, in relazione al contesto strutturale nel sottosuolo del territorio a est–nord est di Rio Saliceto, est di Fabbrico, ovest di Carpi, sono correlabili a faglie distensive di “collasso crestale” (F.C. Molinari, 2016) e pare abbiano indotto rigetti stimabili in 40/50 m.

In rapporto ai cicli deposizionali interessati da dette faglie: parte medio basale di AES, tali processi tettonici sono probabilmente correlabili alla fase di attività che si è sviluppata nel bacino padano tra 220.000 e 260.000 anni bp, come osservato nel territorio ferrarese (F.C. Molinari et Alii: Servizio Geologico Sismico e dei Suoli R.E.R., Università degli Studi di Ferrara, Provincia di Ferrara, 2007) e in base agli assetti blandamente convessi delle unità sovrastanti anche negli ultimi 125.000 anni (F.C. Molinari, 2016 – AA.VV. F° 185 Mirandola, 2024)

Gli effetti correlati all'assetto del substrato ed ai fattori tettonici in detta zona hanno determinato spessori della successione AES che, ad esclusione di AS7, variano da 110/120 m a 50/80 m, con assottigliamento in direzione nord est e che si riducono ulteriormente a 30/40 m nella zona di Novi MO, dove si attestano a profondità di 70/60 m a sud e di 40 m a nord dell'area comunale; i corpi sabbiosi di detta sequenza evidenziano geometrie con immersione di $0,8 \div 1,7^\circ$ a sud e ad ovest.

Nel settore ad occidente della fascia di faglia che si sviluppa nella parte nord ovest del territorio di Carpi, le deformazioni si accentuano sensibilmente in verso orientale con approfondimento della base di AES a -180/-150 m pc e di quella di AEI a -270/-300 m pc, con diminuzione in verso settentrionale, ed inclinazioni di $1,5^\circ$ in direzione est.

4.4.5 Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore AEI

Le sequenze del Sintema AEI, parte più antica del Supersintema Emiliano – Romagnolo (350/450.000 ÷ 650.000 anni bp), sono contraddistinte da geometrie deposizionali deformate; queste ultime sono correlate sia dall'assetto del substrato pliocenico – pre-pliocenico che alle

linee di sovrascorrimento e faglie che li coinvolgono e loro periodi di attività, a subsidenza differenziata per processi di auto-consolidazione.

Le caratteristiche deformative generali denotano un elevato grado di similitudine con la parte medio basale del sintema sovrastante.

Nell'area in esame gli spessori maggiori sono rilevabili nel territorio a nord di Cà del Bosco Sopra: Novellara –Villarotta e con potenze moderatamente inferiori nelle aree occidentali e meridionali. Nei settori a nord assume potenze di 120/140 m e il tetto si attesta a -350/-380 m pc; nelle zone occidentali, Cà del Bosco Sopra – Castelnuovo di sotto; gli spessori oscillano tra 110÷120 m e le profondità del tetto si immergono a -320÷-360 m pc; similmente nelle aree meridionali, Cà del Bosco Sopra – Reggio Emilia nord, le potenze variano tra 100÷120 m e il tetto si attesta a -320÷-330 m pc.

Nel territorio a nord le unità sabbioso – ghiaiose presentano inclinazioni di $1,5^{\circ} \div 2,0^{\circ}$ che si accentuano a $2,0^{\circ} \div 2,5^{\circ}$ in direzione ovest.

Territorialmente nei settori centrali dell'area in esame, Bagnolo in Piano est – Correggio ovest – Campagnola Emilia, corrispondenti alla fascia di asse della Dorsale Ferrarese, le deformazioni, spessori e profondità del tetto e della base sono relativamente minori ed equivalgono rispettivamente a potenze di 90÷100 m con soggiacenze del tetto a -290÷-300 m pc. Nel territorio ad oriente Bagolo in Piano – est di Rio Saliceto – ovest di Carpi, le deformazioni si accentuano ed i corpi sabbiosi sono discontinui e tra loro sfalsati, evidenziando la prosecuzione in profondità della faglia individuata nel sottosuolo della superficie nord occidentale del territorio carpigiano; in quest'ultimo l'inclinazione dei livelli sabbiosi è orientata ad est e varia tra $2,0^{\circ}$ e $2,6^{\circ}$.

Dette condizioni determinano oltre alle discontinuità laterali, diminuzione degli spessori a 80/70 m in direzione nord est che successivamente con l'approssimarsi alla zona di culminazione dell'asse della Dorsale Ferrarese nell'area di Novi MO – Mirandola evidenziano ulteriori riduzioni a 50/30 m. Spessori 70/80 m contraddistinguono le successioni di AEI nella fascia allungata sud nord tra l'A22 e settore orientale del comune di Rio Saliceto e a nord est di Correggio, nella quale i corpi sabbioso ghiaiosi denotano dislocazioni di 50/60 m che innalzano la base del sintema in narrativa a -260÷230 m pc con diminuzione in verso settentrionale.

4.4.6 Sintema Quaternario Marino Superiore

I corpi sabbiosi del Quaternario Marino Superiore ($0,65/0,75 \div 0,8/1,0?$ Ma) evidenziano assetti deformati correlabili a fasi di attività tettonica ed a subsidenza differenziale, che sono relativamente maggiori nelle zone di sottosuolo che corrispondono alla fascia di asse della Dorsale Ferrarese e si attenuano sensibilmente sia in direzione sud ovest che nord ovest nelle quali le sequenze argilloso limose – sabbioso ghiaiose denotano moderata variabilità laterale degli spessori e graduale incremento della profondità, contestualmente i corpi sabbioso ghiaiosi assumendo inclinazioni di $2^{\circ} \div 2,5^{\circ}$ in verso occidentale e di $2,5^{\circ} \div 3^{\circ}$ in direzione nord occidentale nel territorio a nord di Novellara.

Gli assetti deformativi si rimarkano nel territorio 20/21 km a est del centro storico di Cà del Bosco Sopra, nel settore ovest – nord ovest del carpigiano, nel quale le discontinuità laterali e dislocazioni dei corpi sabbiosi evidenziano deformazioni correlate alla presenza di una faglia.

4.5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'analisi geomorfologica, individuando la passata evoluzione territoriale, consente di valutare le possibili modificazioni morfologico paesaggistiche naturali future.

Detta disamina è stata redatta mediante un'analisi delle caratteristiche del rilievo (elaborazione DTM 5x5 m RER, (isoipse 1,0 m), della fotointerpretazione litologica, del reticolo idrografico superficiale, degli interventi antropici, delle colonne litostratigrafiche di pozzi, dei sondaggi geognostici, delle prove penetrometriche, delle prospezioni geofisiche, delle basi topografiche IGM relative al Primo Impianto 1881, della Carta del Ducato di Modena 1821–1828 *G. Carandini*, delle notizie e pubblicazioni storico – geomorfologiche.

L'analisi foto-interpretativa è stata eseguita in base ai fotogrammi PROV. RE/C, in scala approx 1: 24.000, voli aprile 1989, fotogrammi IGM/BN in scala 1: 35.000 voli 1955, alle foto satellite LANSAT in scala 1: 50.000 e alle riprese consultabili in rete su *Google Heart* e all'esame topografico delle basi cartografiche C.T.R. E.R. in scala 1: 25.000.

L'analisi del rilievo, unitamente al numeroso incremento dei punti di indagine geognostica dal 2015 al 2024 eseguiti nel territorio di Cadelbosco di Sopra, ha consentito una definizione più dettagliata rispetto alle elaborazioni precedentemente effettuate.

4.6 Caratteri Geomorfologici

Il territorio di Cadelbosco di Sopra è compreso tra la A1 (0,8/1,0÷1,5 km sud) e la SP 81 (nord) delimitato a ovest dal Cavo Cava e a est dal T. Tassone, appartiene prevalentemente alla fascia della Media Pianura Padana Appenninica ed in subordine a quella di transizione alla Bassa Pianura per la parte settentrionale: aree a nord di Via Liuzzi; detto territorio si è costituito tra la fascia delle conoidi alluvionali pede-appenniniche, zone a sud della Via Emilia, e l'area di dominio del Po, fascia territoriale a settentrione: nord Novellara – Gualtieri – Meletole; tale territorio è formato dai depositi del Po e dei fiumi appenninici, fasce a sud di detto fiume, e alpini, aree a nord del medesimo, che hanno colmato il golfo padano.

Le trasformazioni del paesaggio padano sono correlate all'accentuata instabilità climatica e suoi cambiamenti degli ultimi 1,2 Ma; detto periodo è stato caratterizzato dal succedersi di cinque importanti fasi glaciali/interglaciali alle quali si sono sommate influenze dei fattori tettonici. A questi nell'*Olocene* (10.000/12.000 anni b.p./attuale) si sono sovrapposti gli effetti dell'azione antropica progressivamente incrementata.

L'accrescimento della parte più superficiale del sottosuolo: AES8 (15/25 m) nell'area padana è principalmente correlato ai radicali cambiamenti climatici avvenuti negli ultimi 20.000 anni. In precedenza, nell'ultima intensa fase glaciale: *Würm*, il livello medio del mare

si era abbassato di 120/130 m rispetto a quello attuale determinando la generale migrazione degli assi idrici appenninici in direzione orientale – sud orientale e quella del delta del Po tra Ancona e Pescara. Successivamente, dal termine di detta fase, il progressivo innalzamento del livello medio del mare, avvenuto con fluttuazioni variabili con massima crescita circa tra 7.500 e 6.000 anni bp, ha determinato, unitamente a fattori tettonici, la generale migrazione degli assi idrici appenninici in direzione occidentale.

Quanto esposto concorda con l'assetto geometrico dei complessi ghiaiosi delle conoidi dei fiumi appenninici principali Parma – Enza – Secchia – Panaro – Reno, che sono maggiormente sviluppate ad oriente rispetto alla posizione attuale dei loro alvei.

Tra 5.000 e 1.000 anni bp: *Neoglaciale*, sono documentate fluttuazioni positive e negative del livello medio del mare rispetto a quello attuale, di entità molto più modesta rispetto a quella precedente 6.000 anni bp, che stimano un innalzamento di 2/3 m circa tra 3600 e 4000 anni bp; in epoche successive sono valutati abbassamenti di circa -1 m tra 2700 e 3100 bp, innalzamenti di circa 1 m tra 2600 e 2100 bp; nei periodi seguenti le fluttuazioni sono stimate estremamente modeste con una limitata decrescita durante il *Piccolo Glaciale*: 1500÷1850 d.C.

Negli ambiti planiziali, i fiumi, ad assetto pensile, svolgono prevalentemente un'azione sedimentante per colmare le aree più depresse. Ne consegue che in occasione delle variazioni climatiche con aumento delle temperature comportanti fenomeni di piena fluviale, si generano rotte e/o tracimazioni che causano la mutazione nelle direzioni degli alvei. I tratti residui di fiume così originati costituiscono ostacoli alle successive impostazioni del reticolo idrografico.

Ne consegue che le distribuzioni litologiche di superficie evidenziano nelle componenti granulometriche sabbiose – sabbioso limose ambienti sedimentari ad energia idrodinamica discretamente alta, tratti di canale fluviale, mentre le aree costituite da litotipi argilloso limosi definiscono settori di bassa energia a sedimentazione lenta concordanti con ambienti palustri.

Da ciò si evince che i corsi d'acqua naturali, una volta raggiunto un determinato livello sui terreni a loro circostanti, tendono ad esondare in occasione di variazioni climatiche con forti aumenti delle piovosità, mutando il loro corso, colmando le aree più depresse di infralveo. In queste ultime si ha inoltre un contributo all'incremento del dislivello tra fiume e piana poiché i sedimenti fini che le costituiscono sono soggetti a costipamenti di entità maggiori rispetto ai litotipi formanti i corpi d'alveo.

Il modello d'accrescimento generale e graduale della pianura, caratterizzato da una condizione di equilibrio dinamico, è stato fortemente influenzato dall'azione dell'uomo, che, per cautelarsi dalle alluvioni, ha costretto i corsi d'acqua a scorrere sempre negli stessi alvei elevando gli argini di pari passo all'innalzamento dei letti fluviali. Tale irrigidimento della rete idrografica naturale ha accentuato i dislivelli tra i fiumi ed i territori che li fiancheggiano sia per un mancato apporto di materiali che per l'incremento di subsidenza differenziale.

Dette caratteristiche evolutive concordano con le emergenze morfologiche presenti nel territorio di Cadelbosco di Sopra, Quest' ultimo è contraddistinto da una conformazione pianeggiante con ondulazioni ad ampio raggio allungate in senso sud nord che si caratterizzano con dossi topografici estesi in detta direzione.

La parte più meridionale dell'area comunale, capoluogo – Zona Industriale – settore sud occidentale appartiene alla fascia di terminazione frontale distale della conoide alluvionale del T. Enza e per la porzione centrale ed orientale alla analoga fascia dell'unità delle conoidi alluvionali dei torrenti minori tra il T. Enza ed il F. Secchia; di dette conoidi di quella del T. Enza, con bacino di 670,4 kmq, presenta forma sub-triangolare con apice rivolto verso Ciano – San Polo E. e fronte ad assetto lobato rilevabile circa 1.000÷1.600 m a nord dell'asse ferroviario Bologna – Milano. Detto fronte individua la fascia di passaggio tra i depositi prevalentemente ghiaioso sabbiosi di conoide, più permeabili, e quelli principalmente limoso sabbioso argillosi della media pianura a grado di permeabilità più basso.

Analoghe caratteristiche presenta l'unità dei torrenti minori, localmente riconducibili ai T. Modolena e T. Crostolo, che si sviluppano maggiormente a meridione dell'Autosole con allineamento del fronte degli antichi fontanili, attivi precedentemente agli anni 1950, a meridione di via Cugini Reggio Emilia – Coviolo; la fascia di transizione ai depositi di media pianura della conoide del T. Enza è rimarcata dall'area dei fontanili, che si rinviene circa tra le località, Podere Pantaro di Sotto ad ovest e Laghi di Gruma – Corte Valle dei Re ad est, secondo una fascia ad andamento nord ovest – sud est, estesa con andamento sub-parallelo al tracciato della via Emilia sviluppantesi a settentrione della stessa.

Le sopracitate conoidi dei torrenti Modolena e Crostolo presentano una geometria cuneiforme con spessori minori nelle zone meridionali e progressivamente maggiori verso settentrione, sino ad esaurirsi a nord della fascia dei frontali; le variazioni in potenza delle sequenze ghiaioso sabbiose sono rilevabili anche in direzione est-ovest con valori massimi nel settore mediano e minimi ai bordi est ed ovest di dette conoidi.

Dette unità deposizionali formatesi in condizioni climatiche variabili hanno costituito un insieme contraddistinto da interdigitazioni di orizzonti multipli più o meno terrazzati, come evidenziano i depositi pre-wurmiani (Ghiardo – Montecchio) formanti la peleconoide pleistocenica, oggi rinvenibile secondo paleo-superfici terrazzate di 3÷4 m rispetto alle alluvioni medio recenti e wurmiane. Quelle tardive di queste ultime si rinvencono in aree a meridione della Via Emilia e in localizzate fasce a settentrione della stessa in prossimità di Calerno – La Razza e ovest – sud ovest di San Ilario d'Enza.

L'evoluzione geomorfologica del territorio in esame è stata influenzata da movimenti tettonici recenti che oltre all'innalzamento delle anticlinali del Ghiardo e di Montechiarugolo (Cremaschi e Papani, 1975) hanno determinato minori tassi di abbassamento nelle aree di Campegine e Cadelbosco di Sopra.

Detta minore subsidenza trova riscontro, oltre ai sopracitati depositi tardi wurmiani di Calerno e la Razza, nell'età dei depositi di tali territori attribuiti al *Subsistema di Ravenna* (AES8) meno recenti rispetto quelli presenti ad oriente del Canale di Castelnovo appartenenti all'*Unità di Modena* (AES8a). le differenziate condizioni di subsidenza/ deposizione sono state condizionate con tutta probabilità dall'interazione tra la Rampa di Bagnolo in Piano (parte sud occidentale della Dorsale Ferrarese) con il Fronte del Ventaglio Listrico delle pieghe Pedepenniniche (G. Barbacini et Alii; 2002).

Simili caratteristiche presenta l'unità dei torrenti minori evidenziate dal tratto di alveo abbandonato del T. Crostolo circa tra Ponticelli e Case Camurani, del quale sono tuttora riconoscibili le scarpate di incisione fluviale, che è disalveato in località Ponticelli, dai

terrazzamenti di 20/25 m dei depositi rissiani e mindelliani a sud di San Rigo – Chiesa di Canali, della troncatura di fronti di conoidi secondarie e loro basculatura a sud di Montecavolo, dal gomito con flessione in direzione orientale del T. Modolena in prossimità della sopracitata località.

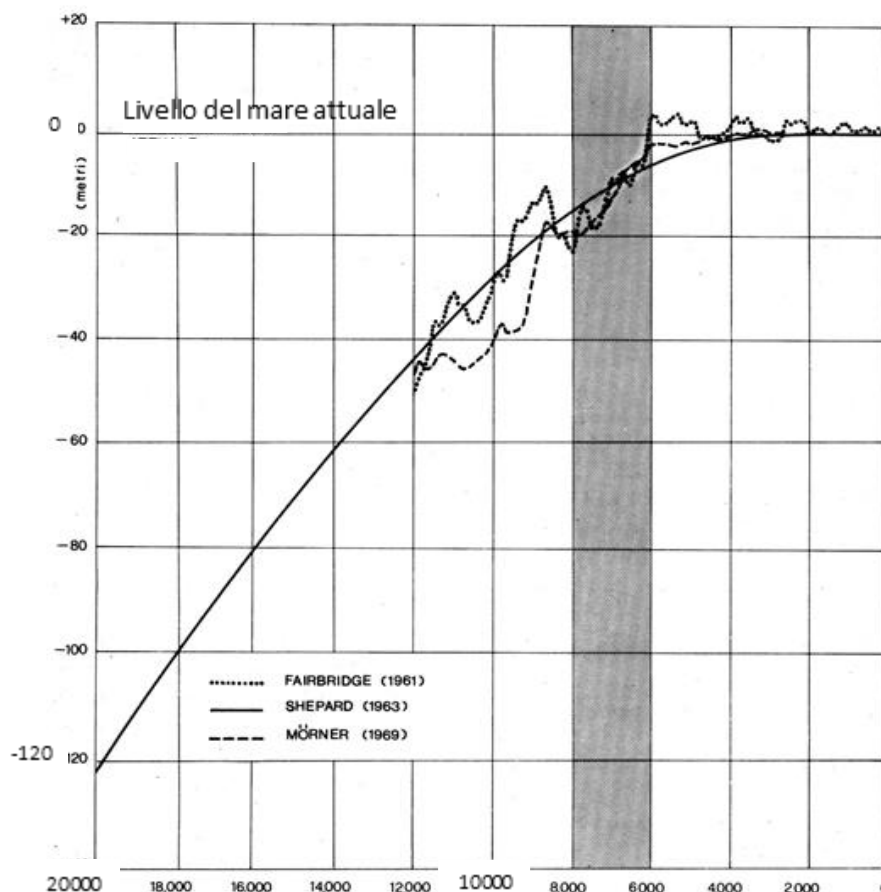
I processi morfogenetici sviluppatisi nell'area di Cadelbosco di Sopra, hanno generato un assetto topografico blandamente movimentato da ondulazioni ad ampio raggio da occidente ad oriente. Dette morfologie nell'insieme definiscono corpi allungati più elevati rispetto ai settori circostanti o fasce sub ellittiche leggermente depresse. I primi sono contraddistinti dalla presenza di litotipi sabbiosi – sabbioso limosi che, unitamente alle caratteristiche del rilievo, evidenziano depositi attribuibili ad ambienti con energia idrodinamica elevata concordante con antichi tracciati fluviali naturali; i secondi sono caratterizzati da materiali sostanzialmente argilloso limosi – argillosi che individuano zone a deposizione lenta di tipo palustre.

I Torrenti Enza, Parma, Crostolo e fiume Po, che ha condizionato le possibilità alla sua affluenza degli assi idrici appenninici, unitamente all'azione antropica, sono i principali agenti che hanno portato alla conformazione attuale del territorio di Cadelbosco di Sopra. Quest'ultimo appartiene principalmente alla fascia della media pianura ed in subordine alla fascia di transizione tra la stessa e la zona della bassa pianura nella parte più settentrionali: zone a nord di via Liuzzi.

A tale suddivisione corrispondono diversi assetti morfologici che caratterizzano il territorio con due dossi principali allungati in direzione nord, localizzati nella fascia centrale dell'area comunale estesa concordemente alla SP 63 R e nella zona orientale che asseconda la SP 65, è inoltre presente un dosso meno esteso nel settore sud occidentale che asseconda il Cavo Cava.

I sopra descritti dossi, delimitati a settentrione dal dosso Santa Vittoria – San Bernardino, hanno costituito barriere idrauliche determinando ritardi e forti diminuzioni delle deposizioni alluvionali nei settori tra loro compresi; in questi ultimi si sono instaurate aree depresse a lenta deposizione colmate sostanzialmente in occasione di processi di rotta fluviale. Tali zone sono costituite da depositi prevalentemente argilloso limosi – argillosi che nei settori al confine comunale centrale occidentale ed orientale – nord orientale individuano ambiti vallivi di pianura contraddistinti da pendenze $p=0,5 \div 0,8 \text{ ‰}$.

Dette caratteristiche sono evidenziate nella Carta Geologico Tecnica, Tav. 1.2, che denota un sistema paleo-idrografico ben definito caratterizzato da tratti di canale fluviale estinto a direzione sud – nord ed ambiti vallivi allungati nello stesso verso con morfologia territoriale declinante in direzione sud nord.



5 IDROGEOLOGIA

5.1 Idrografia di superficie

La rete idrica superficiale è costituita dai cavi e canali del *Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale* appartenente alle Aree Omogenee Bonifica Idraulica media pianura destra Cava e Crostolo, al bacino idrografico del T. Crostolo e del F. Secchia, rientranti nel bacino idrografico principale del Po.

Gli assi drenanti sono a scolo naturale nelle parti meridionali e centrali dell'area comunale, zone a sud di Argine – La Madonnina, ed a scolo meccanico nella parte di territorio a settentrione di dette località.

Il reticolo idrografico consegue, oltre che alla naturale evoluzione del F. Enza, del T. Crostolo e T. Modolena, F. Po, da una serie di successive modificazioni antropiche del sistema scolante iniziate dagli Etruschi e continuate, con fasi alterne, dai Romani, dai Benedettini e successivamente dagli Enti e Consorzi di Bonifica.

Il sommarsi di tali agenti ha portato all'attuale conformazione dell'assetto idrografico superficiale costituito da un sistema di assi drenanti orientati principalmente in direzione sud nord e secondariamente in senso ovest est.

L'assetto morfologico territoriale, contraddistinto da pendenze che variano mediamente tra 2÷3 ‰ nelle zone meridionali, ad eccezione delle zone di dosso con $p=3,5\div5,5\text{ ‰}$, tra

1,5÷2,5 ‰ nelle zone centrali e settentrionali, con attenuazione a 0,5÷0,8 ‰ nelle aree nord orientali – orientali e occidentali centrali, denota una conformazione blandamente ondulata in senso ovest – est con direttrici generali delle pendenze declinanti in verso sud – nord.

In tale struttura topografica le fasce di spartiacque morfologico che contraddistinguono il territorio sono rappresentate dall'asse del T. Crostolo, al confine comunale occidentale, dal dosso sud – nord che si estende concordemente alla SP 63 R dal dosso allungato secondo la SP 65 e l'analoga morfostruttura estesa concordemente a via Argine Francone.

Nelle aree all'estremità settentrionale, nord di C. La Melina – C. La Pompea, la clivometria territoriale indirizza i moti di flusso dello scolo idrico superficiale in direttrice nord est.

I principali assi della rete idrica superficiale sono costituiti dal T. Crostolo nella fascia occidentale, Fossetta di Quarti-Collettore Acque Basse Reggiane nel settore Centrale, Cavo Bresciana nell'area centro orientale, Canalazzo Tassone nella zona orientale.

Il Cavo Bresciana che raccoglie le acque del Cavo Barisello al quale affluisce il Cavo Dugara, del Fosso Vialato Alto – Fosso Prampolini, Cavo Campiazzo – Fosso Vialato Basso, del Dugale S. Michele al quale affluisce il Fosso S. Giustina, riversa il proprio carico idraulico al Diversivo Bresciana offerente al Cavo Bondeno a sua volta tributario del Cavo Parmigiana Moglia che affluisce al F. Secchia, in località Bondanello, dal quale i deflussi idrici giungono al F. Po.

Le acque della parte settentrionale del territorio comunale, che richiedono sollevamento meccanico, sono raccolte dal Cavo Modolena Bassa, Fossetta Menozzi, Condotta della Seta, Fassa Sarti, Fosso Baragalla, Cavo Modolena Alta, Cavo Varana, Cavo Sissa, tutti tributari del Collettore Acque Basse Reggiane che tramite il Canale Emissario, mediante l'impianto di sollevamento S. Siro, convoglia il carico idraulico al F. Secchia a sua volta affluente del F. Po.

Dal confronto tra l'assetto morfologico del territorio, con pendenze medie territoriali prevalentemente maggiori del 2,0‰, e l'organizzazione dei bacini scolanti principali si evince che il drenaggio idrico superficiale nella parte meridionale dell'area comunale non presenta generalmente condizioni di criticità; tali condizioni non sussistono per le zone settentrionali, nord di Argine – La Madonnina, nelle quali le pendenze minori dell'1‰ evidenziano condizioni di difficoltoso drenaggio che per l'agibilità del territorio richiedono sollevamenti meccanici.

Per quanto riguarda gli assi idrici superficiali classificati come acque pubbliche (TU del 11-12/33 n°1775) che interessano l'area di Cadelbosco di Sopra RE risultano ad essi attribuiti:

- Scolo Bresciana inf.
- Scolo Modolena inf.
- Fossa Marza di Castelnuovo
- Torrente Crostolo inf.
- Canalazzo Tassone
- Torrente Modolena
- Canale di San Silvestro
- Scolo Cava

5.1.1.1 Pericolosità idraulica

L'analisi relativa alle condizioni di pericolosità di allagamento o di esondazione è stata attuata in base agli elaborati del *Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni Revisione 2025: PGRA 2027* Oltre a ciò, si è fatto riferimento all'assetto topografico e geomorfologico del territorio di Cadelbosco di Sopra.

5.2 Reticolo idrografico naturale principale e secondario

Per quanto riguarda il reticolo primario, (Tav.200 NE e Tav.182 SE,) ad eccezione fascia d'alveo del T. Crostolo, si riscontra che il territorio di Cadelbosco di Sopra è totalmente classificato zona L-P a scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi esterni, area ricompresa all'interno del limite della fascia C del PAI.

In tali ambiti, non soggetti a rigidi vincoli d'uso del territorio, gli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica competono alle Province e Comuni ed agli stessi sono demandati i Programmi di Previsione e Prevenzione e Piani di Emergenza di Protezione Civile.

La sopracitata fascia del T. Crostolo corrispondente al confine comunale occidentale è classificata H-P3 a pericolosità di alluvioni frequenti con tempo di ritorno tra 20 e 50 anni ad elevata probabilità; tali zone P3, fascia A del PAI, sono soggette agli indirizzi dell'Art. 58, specificate al titolo 2, ART. 29.

5.3 Reticolo secondario artificiale di pianura

Il reticolo secondario (Tav 182 SE) evidenzia che la prevalente parte del territorio appartiene alla zona con pericolosità M-P2 e secondariamente alla zona H-P3.

Le prime di dette aree sono soggette a pericolo di alluvionamento poco frequente con tempi di ritorno tra 100 e 200 anni – media probabilità, nelle quali sono da applicare misure indirizzate al rispetto del principio dell'invarianza idraulica finalizzate alla salvaguardia della capacità ricettiva del sistema idrico e che contribuiscano alla difesa idraulica del territorio.

Fanno eccezione a dette condizioni le seconde del settore centro settentrionale orientale compreso tra il Diversivo Bresciana e fascia larga 200/220÷280 m a est di via Vialato, delimitato a nord dalla SP 40 di detta SP e a sud dalla strada bianca di Podere Immacolata; analogamente si differenzia la zona settentrionale di detta SP dal Canale della Gorna a est a 120 m est del Canale Quartirolo (sud) – 100/150 m ovest C.A.B.R. (nord) con ulteriore allargamento 300 m ovest a nord dello Scolo Modolena Bassa; nella parte settentrionale detta zona è circa compresa via Argine Francone (est) e Canalazzo Naviglio-Tassone (ovest), ad ovest di quest'ultimo nella parte meridionale detta zona individua una fascia larga 200/400 m a est del C.C.A.B.R. sino alla Fossa Sarti; a nord di quest'ultima la zona in oggetto si allarga 110/270 m ovest del C.C.A.B.R. e 520 m est dello stesso nella fascia adiacente alla Fossa Sarti, di 17/180 m a nord della medesima sino a via Nuova per Seta; a nord di detta via l'area esondabile è compresa tra C.C.A.B.R. – Canalazzo Naviglio-Tassone (est) e 50/150 m est SP 63R (ovest).

Equivalenti condizioni di pericolosità di allagamenti caratterizzano l'area larga 400 m a sud della SP 40 compresa da 200 m est via G. Mazzini sino al confine comunale est; analoghe situazioni individuano l'area orientale centrale tra Cavo Barisello e Cavo Dogara larga 250/320 m a sud Diversivo Bresciana.

Le sopra descritte aree sono classificate H-P3 soggette ad alluvioni frequenti con tempo di ritorno tra 20 e 50 anni ad elevata probabilità.

Nelle aree H-P3 del Reticolo Secondario di Pianura sono da applicare le disposizioni specifiche del Art. 5.2 del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, DGR 1300-2016.

Per quanto riguarda il rischio potenziale relativo al reticolo naturale principale la netta prevalenza del territorio comunale appartiene alla classe di pericolosità R1 (rischio moderato o nullo) con classe di danno potenziale D1.

Fanno eccezione gli areali del capoluogo e sue zone ad uso produttivo la fascia a sviluppo lineare tra il capoluogo Cadelbosco di Sopra, frazioni di Zurco – Cananea – Pd.re S. Antonio – La Madonnina – Il Casino – Cadelbosco di Sotto, fascia ovest est di Quarti a classe di pericolosità R2 (rischio medio) e di danno potenziale D4.

Relativamente al reticolo secondario di pianura il territorio da Cadelbosco di Sopra è prevalentemente in classe di rischio R1 con classe di danno D1; fanno eccezione le aree sopra descritte H-P3, classificate classe di rischio R2 (rischio medio) e di danno potenziale D4.

In riferimento alle condizioni di criticità idraulica del territorio nel contesto delle previsioni d'uso del medesimo è opportuno prevedere l'adozione di accorgimenti rivolti a limitare gli incrementi di carico idrico sulla rete di scolo superficiale conseguenti all'aumento delle superfici impermeabilizzate nelle aree di nuovo insediamento.

APSFR Torrente Crostolo – Aree Allagabili per rottura Arginale (PGRA 2027)

Le mappe delle aree allagabili per presenza di brecce dell'asta arginata attribuiscono alla classe M-P2 la prevalente parte del territorio comunale individuata dalla fascia in destra Crostolo larga $0,8 \div 1,0$ km sino a La Madonnina e successivamente alla stessa si estende ad est sino al Condotto Santa Maria, con l'eccezione dell'estremità settentrionale appartenente a H-P3. Le rimanenti parti del territorio sono assegnate alla classe L-P1

In funzione di quanto esposto sono consigliabili le modalità di intervento di seguito indicate:

- Nelle nuove aree di zonizzazione che appartengono ad ambiti R2, dovrà essere prevista una sopraelevazione minima di $0,4 \div 0,6$ m, rispetto al piano campagna esistente; tale quota dovrà essere idoneamente incrementata nei settori ove la presenza di barriere idrauliche, naturali o antropiche quali rilevati stradali, argini, ecc., non dotati di idonee cunette con bypass, può determinare il formarsi di battenti idrici con altezza superiore a 0,4 m in occasione di piogge critiche. Oltre a ciò, in dette aree dovrebbero essere evitate realizzazioni di opere destinate allo stoccaggio temporaneo o permanente di liquidi e liquami potenzialmente inquinanti. Qualora risultassero in essere opere analoghe è opportuno prevedere la loro messa in sicurezza mediante interventi di presidio ambientale quali contro arginature, sopraelevazione dei corpi arginali, ecc.

- Per evitare incrementi di carico idraulico negli assi idrici di scolo superficiale, conseguenti all'aumento percentuale di aree impermeabilizzate, nei siti non interessati da fabbricati, è opportuno prevedere ed eseguire idonee aree di ritenzione delle acque piovane. Queste ultime saranno gradualmente restituite alla rete idrica superficiale dopo un adeguato intervallo di tempo dalla fase di piena della rete idrica. Le aree di laminazione potranno essere costituite da superfici di terreno depresse rispetto ai settori circostanti, suddivise in comparti separati, collegate con idoneo scarico regolamentato o ai collettori di vettoriamento ad impianti di trattamento acque reflue per le acque teste di pioggia (primi 5 mm), o alla rete idrica superficiale per le acque di pioggia successive ai primi 5 mm.
- Evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione, quali ad esempio: realizzazione delle pareti perimetrali del solaio di base a tenuta d'acqua;
- Favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.

In relazione al grado di efficienza dei corpi arginali degli assi idrici superficiali, rilevazioni sul campo hanno evidenziato l'adeguata funzionalità degli stessi, ad eccezione di tratti degradati non visibili, data l'assenza di avvallamenti e depressioni significative.

In riferimento a quanto esposto ciò si osserva che dette strutture richiedono continue manutenzioni e ripristini dl competente Consorzio di Bonifica, per l'efficienza delle arginature dei canali.

Per quanto riguarda possibili fenomeni di esondazione dell'area dal reticolo primario tali eventi risultano a scarsa probabilità in rapporto al periodo di ritorno atteso relativo ad alluvione per piena catastrofica. In riferimento alle mutate condizioni climatiche degli ultimi 10/20 anni che hanno portato a fasi di precipitazione meteorica intensa in tempi più ridotti è necessario che i controlli ed adeguamenti delle strutture per la sicurezza idraulica del territorio siano implementati, in particolare per il reticolo secondario di pianura.

5.4 Ambiente Idrico Sotterraneo

L'analisi sulle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo, per definire sia l'assetto del primo orizzonte acquifero che quello degli elementi litostratigrafici che contraddistinguono gli orizzonti idrogeologici profondi, si è attuata in base alle indagini per la MS eseguite nel territorio comunale ed alla raccolta dati sulle stratigrafie di perforazioni per pozzi, sondaggi geognostici e indagini penetrometriche precedentemente effettuate.

5.5 Definizione del sistema idrogeologico

L'area in esame appartiene al Bacino Idrogeologico Padano, compreso tra le catene alpine ed appenniniche e terminante circa 50 km ad est della Costa Adriatica.

Le formazioni acquifere della zona in oggetto risultano costituite prevalentemente dai depositi dei fiumi appenninici appartenenti all'unità idrogeologica della media pianura ed in subordine a quella delle conoidi dei fiumi appenninici.

Quest'ultima caratterizza il settore meridionale dell'area, capoluogo e aree a sud, nel sottosuolo del quale si rinviene la fascia di terminazione frontale delle conoidi dei torrenti minori e le propaggini delle estremità nord orientali della conoide del T. Enza.

Nelle aree a settentrione del capoluogo i livelli acquiferi si arricchiscono nelle componenti sabbiose e contestualmente si assottigliano e diminuiscono nelle percentuali rappresentate a favore delle sequenze argilloso limose che si rinvencono nettamente prevalenti sino alle zone più settentrionali nord di Santa Vittoria – C. Magnana Nuova, nelle quali si delineano le propaggini sabbiose dell'Unità Idrogeologica del Po evidenziando la zona di transizione tra detta Unità e quella della Media Pianura.

La base dell'acquifero sfruttabile a scopo idropotabile è formata da orizzonti saturati da acque salmastre e/o salate e da livelli poco permeabili o impermeabili. Per quanto riguarda la base delle acque dolci nel settore al quale appartiene l'area comunale si rileva una conformazione che asseconda l'andamento del substrato pre pliocenico attenuandolo, con profondità relative minori nelle nord-centrorientali concordanti con l'innalzamento del substrato correlato all'assetto della Dorsale Ferrarese; d'altra parte si approfondisce in direzione sud occidentale in accordo con la progressiva immersione della sopra citata struttura al passaggio alla Monoclinale Alpina.

5.5.1 Interfaccia Acque Salate – Acque Salmastre/Salate

Le indagini ed analisi di: *AGIP, IDROSER, R.E.R, Studio Idrogeologico Della Bassa Reggiana, I.R.S.A.* indicano che l'interfaccia acqua dolce – acque salmastre, posto al limite convenzionale di 1000 ms/cm, si rinviene generalmente tra 400 e -450/500 m dal piano campagna con profondità relative minori nelle zone orientali centro settentrionali – settentrionali e progressivamente maggiori procedendo in verso meridionale – meridionale occidentale; in direzione est, nei territori di Bagnolo in Piano - Novellara, detta interfaccia tende ad innalzarsi attestandosi a -350/-300 m dal piano campagna; d'altra parte in verso nord – nord ovest si approfondisce a quote di -400/-450 m pc.

La profondità dell'interfaccia acque dolci – acque salmastre evidenzia che gli emungimenti idrici dal sottosuolo non hanno determinato un richiamo verso il piano campagna delle acque salate nel territorio di Cadelbosco di Sopra.

5.6 Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale

La serie idrogeologica di seguito descritta si è ricostruita utilizzando colonne litostratigrafiche di perforazioni per pozzi, sondaggi geognostici integrando tali dati con quelli delle sezioni idrogeologiche strutturali eseguite nel contesto di studi di microzonazione sismica nei comuni confinanti di Campegine, Bagnolo in Piano, Novellara, effettuate da *Dr. Fabio*

Molinari in base ad analisi ed interpretazione di sezioni geofisiche di AGIP-ENI. Quanto sopra esposto è stato inoltre implementato delle sezioni idrogeologiche strutturali redatte da RER e delle sezioni idrogeologiche IRSA in: *Le Falde Acquifere della Pianura di Reggio Emilia 1° ricostruzione strutturale (M. Pellegrini et Alii; 1976)*.

Il sottosuolo di Cadelbosco di Sopra dal punto di vista idrogeologico è prevalentemente attribuibile all'Unità Idrogeologica della media pianura ad eccezione della parte più meridionale, zona capoluogo e sud dello stesso, correlabile alla fascia della terminazione frontale delle unità delle conoidi minori e del T. Enza per il settore occidentale.

Nella porzione più settentrionale dell'area comunale, nord di Santa Vittoria – Magnana Nuova, si delineano le propaggini sabbiose dell'Unità del Po indicanti la presenza della fascia di transizione tra la stessa e l'Unità della Media Pianura. Quest'ultima è suddivisibile in due litozone a caratteristiche diverse delle quali quella più superficiale, costituita dall'acquifero freatico, è formata da livelli acquiferi a spessore variabile ad assetto spiccatamente lentiforme.

Tale unità denota una geometria di insieme complessa nella quale le prevalenti alternanze di orizzonti argilloso limosi presenti nelle zone centrosettentrionali, tendono a confinare i corpi sabbiosi sede di circolazione idrica; dette situazioni non costituiscono però condizioni di falda protetta poiché in corrispondenza della fasce di antico canale fluviale estinto o in prossimità di cavi e canali, si ha il contatto praticamente diretto con le acque di circolazione e di filtrazione idrica della superficie.

La seconda unità è costituita dagli acquiferi confinati o artesiani, formati da un complesso a prevalenti alternanze di orizzonti argilloso limosi e limosi ai quali si intercalano livelli sabbiosi in spessore e percentuali nettamente subordinati che tendono ad assottigliarsi e ad approfondirsi al piano campagna, nel settore centrale del territorio comunale.

5.6.1 Successione Idrogeologica Locale

In riferimento alle sopra descritte indagini ed ai dati acquisiti da RER ed AGIP, la successione sedimentaria (età *Pleistocene medio – Olocene*) nei territori di Parma, Reggio Emilia e porzione occidentale del modenese è costituita da depositi di tipo continentale del Supersintema Emiliano Romagnolo; nella parte basale di quest'ultimo (AEI) procedendo in direzione orientale, zone est del modenese ed area bolognese, le unità sedimentari alluvionali e di piana esondabile sono sostituite per eteropia di facies da depositi di ambiente marino marginale e costiere appartenenti alle Sabbie di Imola.

La sequenza deposizionale A: AES sovrastante il Gruppo Acquifero B: AEI, è suddivisibile in cinque complessi acquiferi. Questi ultimi, in funzione del periodo nel quale si sono sedimentati, evidenziano variabili livelli di influenza dei processi deformativi e dei cambiamenti climatici che hanno coinvolto il bacino padano. Detti eventi hanno generato complessi delimitati alla base ed alla sommità da discontinuità significative, anche alla scala sub-regionale, che ne consentono la suddivisione in UBSU (*Unconformity Bounded Stratigraphic Unit*) e quindi in unità stratigrafico deposizionali, cartografabili. Queste ultime differiscono dalle unità sottostanti e soprastanti in funzione della presenza di superfici di discontinuità che passano verso il depocentro alle rispettive superfici di continuità che sono

frequentemente caratterizzate alla base da depositi argilloso limosi torbosi di piana inondabile; tali litozone, mediante contatti netti che indicano la disattivazione delle deposizioni grossolane, sono generalmente seguite da orizzonti ghiaioso sabbiosi – sabbioso ghiaiosi – sabbie che formano il tetto del ciclo sottostante.

L'assetto geometrico e le profondità dei cicli deposizionali e relative unità stratigrafiche sono visualizzati nella tav. 1.2.1 sezioni geologiche.

Complesso Acquifero A0 (Unità stratigrafica AES8a/8): è correlabile a deposizioni di ambiente continentale di età olocenica (10.000 – 12/14.000 anni b.p fino all'attuale); non evidenzia generalmente influenze dei processi deformativi che hanno interessato il bacino padano ma altresì si riscontrano effetti correlabili a variazioni climatiche; è costituito prevalentemente da depositi limoso argillosi di piana inondabile ai quali si sostituiscono lateralmente e verticalmente corpi sabbioso ghiaiosi – sabbiosi nelle zone più meridionali e sabbiosi nelle aree centrali e settentrionali, a geometria prevalente lentiforme. Tale complesso presenta spessori prevalentemente costanti corrispondenti a 18/20 m che tendenzialmente aumentano in direzione occidentale e similmente si assottigliano in verso settentrionale attestandosi a 16/18 m. attestandosi a 22/24 m sino nelle zone a nord dell'allineamento C. La Mellina – C.A.B.R. nelle quali diminuisce a 18/16 m.

Nelle aree più meridionali, sud di capoluogo, gli orizzonti sabbiosi – sabbioso ghiaiosi principali si riscontrano tra -15÷20 m dal piano campagna; nel settore centrale tra il capoluogo e Quarti, i corpi permeabili sabbiosi presentano assetto spiccatamente lentiforme e quelli a maggior grado relativo di continuità con spessori di 2÷3 m si rilevano a -10/-15 m pc e -20/-23 m pc; nella parte settentrionale del territorio gli orizzonti acquiferi, con potenze di -2÷-3 m, si arricchiscono nelle componenti sabbiose e si rilevano generalmente tra -10/-15 m pc.

Complesso Acquifero A1 (Unità stratigrafica AES7): è correlabile a deposizioni avvenute tra 10.000 – 14.000 e 125.000 anni b.p., denota influenze connesse ai fattori climatici ed a quelli subsidenti correlati ai processi deformativi del substrato che hanno coinvolto il bacino padano. Nel settore al quale appartengono i territori di Cadelbosco di Sopra – Bagnolo in Piano; presenta spessori praticamente costanti in direzione sud nord, mediamente 60/65 m con valori minori in verso orientale attestandosi a 60 m ad est di Argine. Tale diminuzione in potenza è correlabile come sopra indicato, oltre ai fattori climatici, ad influenze dell'assetto del substrato pre-pliocenico ed a processi deformativi dello stesso che hanno indotto un maggior tasso di subsidenza nelle aree occidentali dell'area comunale; in senso occidentale lo spessore aumenta a 70÷75 m al confine con Castelnovo di Sotto.

Nella zona meridionale il ciclo deposizionale è costituito da alternanze di orizzonti sabbioso ghiaiosi – sabbiosi ed argilloso limosi, con prevalenza delle unità più fini, appartenenti alla fascia di terminazione frontale dei depositi di conoide alluvionale; nelle aree centrali – centrosettentrionali è formato da sequenze prevalentemente limoso argillose (70/80%) con intercalati in subordine corpi sabbiosi ad assetto lentiforme che incrementano sia in spessore che percentuale rappresentata nelle fasce più settentrionali: zone a nord del C.A.B.R.

Si rinviene generalmente sino a -80m pc nella prevalente parte del territorio comunale e si approfondisce in direzione occidentale a -90 m pc al confine con Castelnovo di Sotto.

Gli orizzonti acquiferi, costituiti in prevalenza da sabbie – sabbie ghiaiose, nelle aree capoluogo e sud dello stesso si rinvencono a -25/-30 m pc, -65/-70 m pc e -75/-80 m pc; nel territorio centrale e settentrionale le unità permeabili si arricchiscono decisamente nelle componenti sabbiose assottigliandosi e si rilevano generalmente al tetto dell'unità tra -25 e -30 m pc e tra -45/-50 m pc; a settentrione i corpi sabbiosi aumentano in spessore e quelli con maggior grado relativo di continuità laterale si rilevano tra -20/-30 m pc.

Complesso Acquifero A2 (Unità stratigrafica AES3): denota alla base dell'unità una moderata influenza sugli assetti degli ambienti deposizionali correlata ai processi tettonici che hanno interessato il bacino padano circa 220/230.000 anni b.p., che nel territorio di Cadelbosco di Sopra si evidenziano nel sottosuolo del settore sud orientale – orientale tra via Vialato ed il confine con Bagnolo in Piano dove si ha il progressivo innalzamento del fianco sud occidentale della Dorsale Ferrarese.

Il ciclo deposizionale A2 nelle zone più meridionali è costituito prevalentemente da alternanze di orizzonti e limoso argillosi – argilloso limosi, ai quali nelle aree a sud del capoluogo si intercalano in subordine livelli sabbioso ghiaiosi ad assetto lentiforme di terminazione frontale di conoide alluvionale, che in direzione settentrionale si arricchiscono in sabbie.

Il tetto dell'unità a sud è caratterizzato da corpi sabbioso ghiaiosi continui lateralmente con spessori di 2/5 m che verso settentrione si assottigliano ed arricchiscono nelle componenti sabbiose; queste ultime, che prevalgono nel settore a nord di La Madonnina – Argine tendono ad esaurirsi in modo lentiforme; a settentrione di Cadelbosco di Sotto, nella parte occidentale dell'area comunale, si delineano propaggini di litozone sabbiose, che aumentano in direzione occidentale in territorio di Castelnovo di Sotto, indicanti la presenza della fascia di transizione all'Unità del Po. Detto complesso presenta spessori mediamente di orientali meridionali; 40 m nelle zone meridionali e orientali centro meridionali; tale unità aumenta in spessore a 70 m in verso settentrionale e 60 m in direzione occidentale.

Detta unità si riscontra prevalentemente sino a -115/-120 m pc e si approfondisce a -150/-160 m pc in direzione occidentale e a -160 m pc in verso settentrionale

Gli acquiferi principali si rilevano al tetto dell'unità -80/-90 m sia nelle zone meridionali che centrali e settentrionali, sono inoltre presenti significativi livelli sabbiosi a buon grado di continuità tra -95 e -100/-110 m pc.

Complesso Acquifero A3/A4 (Unità stratigrafica AES):

Denota influenze molto modeste in direttrice sud nord e moderate in verso sud orientale e orientale in territorio di Bagnolo in Piano, degli ambienti deposizionali correlate ai processi tettonici che hanno interessato il bacino padano, tra 225.000 e 400.000 anni b.p., evidenziate da effetti osservabili alla base dell'unità.

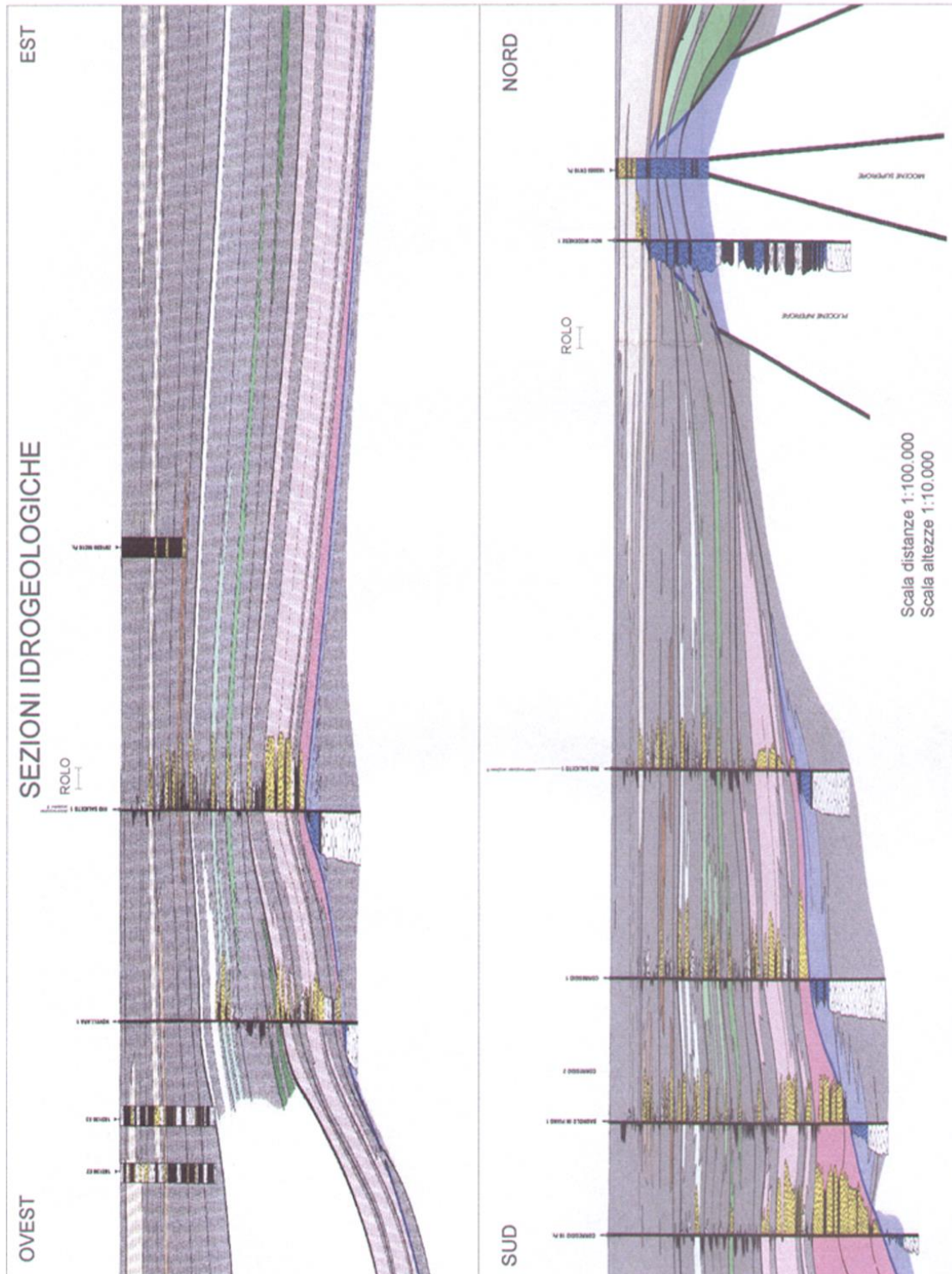
Nei settori meridionali è costituito prevalentemente da alternanze di orizzonti argilloso limosi ai quali si intercalano in subordine livelli sabbioso ghiaiosi. Nel sottosuolo delle zone centro settentrionali si evidenzia la netta prevalenza delle sequenze argilloso limose ed i livelli

permeabili sono principalmente sabbiosi di modesto spessore e lentiformi; le unità sabbioso ghiaiose presenti a sud del capoluogo si esauriscono rapidamente in direzione nord e sono praticamente assenti a settentrione di Argine – Quarti. Detto ciclo è caratterizzato mediamente da spessori tra 105÷110 m e tende a ridursi a 100 m nelle aree più meridionali e a 95 m nelle zone orientali centro meridionali.

Gli orizzonti sabbiosi – sabbioso ghiaiosi, ad assetto spiccatamente lentiforme, a maggior grado relativo di continuità si riscontrano al tetto dell'unità tra -155/-160 m pc in genere rinvenibili nelle zone meridionali e centrali; sono inoltre presenti orizzonti sabbiosi discontinui lateralmente e spiccatamente lentiformi localmente riscontrabili a -165/-175 m pc. La base del complesso nelle zone centro meridionali orientali è rinvenibile sino a -210/-220 m pc, nelle aree occidentali e settentrionali, si approfondisce a -250/-260 m pc.

Gruppo Acquifero B (Sintema Alluvionale Inferiore - AEI): denota localmente una moderata influenza, che si rimarca in direzione orientale, dei processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano da 400.000 a 600.000 anni b.p., sviluppatasi principalmente per fenomeni di subsidenza correlati all'assetto del substrato che in base alle isobate della base del quaternario (RER 2004) evidenzia tendenzialmente una blanda geometria sinforme che si approfondisce in direzione ovest – nord ovest. Gli orizzonti sabbioso ghiaiosi più significativi si riscontrano al tetto dell'unità tra -210/-220 m pc e tra -230/-240 m pc, con incremento della profondità in verso nord, ed individuano il limite del passaggio al soprastante complesso.

Detto ciclo deposizionale è riscontrabile sino a -350/-360 m pc nei settori orientali più prossimi alla Dorsale Ferrarese e sino a -370/-400 m nelle zone occidentali – nord occidentali nel sottosuolo del territorio di Castelnovo di Sotto



5.6.2 Serie Idrogeologica Locale

I litotipi che caratterizzano il territorio meridionale di Cadelbosco di Sopra, capoluogo e sue zone a sud, sono costituiti da una successione da alternanze di orizzonti sabbioso ghiaiosi alternati a sequenze principalmente argilloso limose – limoso argilloso con prevalenza di queste ultime. Dette unità litologiche formano acquiferi inclinati in senso sud nord ed i termini limoso argilloso sabbiosi tendono a costituire bancate che aumentano gradualmente in spessore e frequenza procedendo in direzione settentrionale; in verso meridionale si evidenzia la convergenza dei livelli ghiaioso sabbiosi. In senso est ovest si riscontra un assetto geometrico analogo a quello precedentemente descritto con blanda tendenza di inclinazioni in direzione ovest.

Nelle aree centrali – centro settentrionali i livelli permeabili si arricchiscono in materiali a granulometria sabbiosa e formano propaggini allungate ed inclinate in verso nord. In detto settore gli orizzonti acquiferi appaiono nettamente differenziati e presentano minori spessori con un deciso incremento nelle percentuali di intercalazioni delle sequenze a granulometrie fini argilloso limose.

La zona di transizione alla fascia di terminazione frontale delle unità delle conoidi dei torrenti minori e del T. Enza, individuata dalla linea delle risorgive, assente nel territorio di Cadelbosco di Sopra, rinvenibile rispettivamente 5 km a sud est del confine comunale, zone di meridione di via Cugini – Coviolo nelle quali i fontanili erano attivi precedentemente agli anni 1950, e ad ovest – sudovest nei territori di Campegine e Gattatico dove si estende secondo una fascia orientata nord ovest – sud est dai Pantari a Taneto – Pd.re S. Margherita (nord di Calerno) – la Razza/Corte Valle Re.

Nel sottosuolo della parte settentrionale del comune di Cadelbosco di Sopra, a nord dell'allineamento C. La Melina – CABR gli orizzonti sabbiosi tendono gradualmente ad aumentare sia in percentuale rappresentata che spessore evidenziano la presenza della fascia di transizione dall'Unità della Media Pianura all'Unità del Po che si delinea più decisamente a settentrione nei territori di Gualtieri – Novellara nord.

Gli orizzonti litostratigrafici di seguito descritti sono da considerarsi come unità nelle quali prevalgono le componenti granulometrico litologiche della descrizione principale ma non sono assimilabili a livelli omogenei. Ne consegue che gli orizzonti permeabili o acquiferi, sono litozone nelle quali prevalgono le componenti grossolane ma contestualmente possono presentare sensibili variabilità in spessore degli strati sabbioso ghiaiosi – sabbiosi, con marcate variazioni anche nelle percentuali in sabbie/ghiaie alle quali si possono intercalare strati argilloso limosi di spessore subordinato e percentualmente meno rappresentata rispetto ai materiali sabbiosi – sabbioso ghiaiosi.

Analogamente per quanto riguarda le unità impermeabili risulta che esse costituiscono orizzonti continui lateralmente, formate principalmente da materiali fini quali argille e limi argillosi che possono inglobare strati sabbioso ghiaiosi – sabbiosi, più o meno lentiformi e discontinui lateralmente, percentualmente meno rappresentati e meno potenti rispetto alle sequenze argilloso – limose.

La serie litostratigrafica nel sottosuolo del territorio di Cadelbosco di Sopra è schematicamente discretizzabile come di seguito descritto, dall'alto in basso rispetto al piano campagna:

Serie Litostratigrafica

• AES8

- A₈** - Complesso a litologia variabile prevalentemente costituito da alternanze di livelli lentiformi formati da argille, limi, ai quali si intercalano strati lenticolari sabbiosi – sabbioso ghiaiosi, con sabbie e ghiaie in percentuali variabili, prevalentemente presenti nelle zone a sud del capoluogo. Ai cambiamenti laterali e verticali conseguono valori di permeabilità oscillanti tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-3}$ cm/sec. In funzione della struttura fortemente lentiforme la separazione tra il piano campagna e gli strati permeabili a scala territoriale non è continua; l'acquifero in oggetto è interessato da ricarica per infiltrazione superficiale e suscettibile all'inquinamento. Gli spessori dei terreni coinvolti sono mediamente equivalenti a 20 m e tendono a diminuire a 18 m a settentrione. L'orizzonte acquifero a maggior grado di continuità laterale, con spessore di 2/4 m si riscontra -15/18 m pc; sono inoltre presenti livelli sabbiosi discontinui e lentiformi con potenza di 2/3 m tra -10 e -15 m pc.

• AES7

- B₇** - Orizzonte continuo formato in prevalenza da materiali sabbioso ghiaiosi a sud – sabbiosi nelle aree centrali e settentrionali, con spessori variabili sia in senso laterale che verticale, compresi mediamente tra 3 e 5 m nelle zone meridionali e centrali che si assottigliano in direttrice nord, assumendo spessori di 2/3 m e di 3/4 m nelle zone a settentrione di Cà La Melina - CABR; contestualmente alla diminuzione in spessore si arricchisce in componenti sabbiose; si rinviene tra -20 e -24 m pc nelle aree meridionali e centrali tra -22/-24 m nella fascia a settentrione del CABR.
- C₇** - Unità prevalentemente impermeabile costituita da terreni argilloso limosi – limoso argillosi, continui lateralmente, contraddistinta da spessori mediamente compresi tra 5 e 10 m sia nelle aree a sud che a nord, si rinviene da -20/-22 ÷ -24 m pc a -40/-45 m pc e nelle zone del capoluogo ed a sud dello stesso include corpi sabbioso ghiaiosi – sabbiosi discontinui e lentiformi, con spessori di 2/3 m, tra -15/-30 m pc e -35/-40 m pc.
- D₇** - Orizzonte permeabile costituito da alternanze di strati prevalentemente sabbioso ghiaiosi nelle zone meridionali e sabbiosi nelle aree centrali e settentrionali ad assetto spiccatamente lentiforme con intercalati o in sostituzione laterale di strati lentiformi argilloso limosi – limosi; presenta spessori variabili tra 2 e 4 m e nelle zone meridionali è sabbioso ghiaioso, mentre in quelle centrali e settentrionali è prevalentemente sabbioso.
- E₇** - Complesso sostanzialmente impermeabile formato principalmente da alternanze di strati argilloso limosi – limoso argillosi contenente nei settori del capoluogo e sud degli stessi subordinati orizzonti lentiformi sabbiosi – sabbioso ghiaiosi; lo spessore varia tra 35 e 40 m; si rinviene sino a profondità variabili tra -80/-85 m pc.

- AES3

- F₃** - Unità permeabile formata da alternanze prevalentemente sabbioso ghiaiose – sabbiose nelle zone meridionali e sabbiose in quelle centrali e settentrionali, continue lateralmente, ingloba in subordine lenti e/o strati limoso argillosi; presenta spessori variabili tra 2 e 5 m nelle zone a sud che diminuiscono a 2/3 m nel sottosuolo delle aree centrali e settentrionali; si arricchisce decisamente nelle componenti sabbiose in direzione nord nelle quali è discontinuo lateralmente; si riscontra tra -80/-85 e -90 m pc con profondità maggiori nel sottosuolo delle zone centrali e settentrionali; si assottiglia nettamente nelle aree centrali dove evidenzia discontinuità in direzione nord.
- G₃** - Orizzonte impermeabile formato da alternanze prevalentemente argilloso limose – limose con spessore mediamente variabile tra 40 e 50 m, nelle zone meridionali e di 45/50 m in quelle centrali e settentrionali; nel sottosuolo delle aree centrali e meridionali include un orizzonte sabbioso ghiaioso – sabbioso ad assetto lentiforme e discontinuo in direzione settentrionale con spessore di 2/3 m, rinvenibile tra -95 e -100 m pc; la successione argilloso limosa – argillosa, si rinviene sino a -110÷-120 m pc nelle zone centro orientali meridionali e si approfondisce a -150÷-160 m pc in direzione settentrionale e occidentale.

- AES

- H₄** – unità permeabile, discontinua lateralmente, prevalentemente sabbioso ghiaiosa e con spessori di 4/8 m nel sottosuolo delle zone sud e che si assottiglia a 2/3 m ed arricchisce in componenti sabbiose in direzione settentrionale, è discontinuo nelle zone centro settentrionali; si riscontra tra -120/-125 e -125/-130 m pc.
- I₄** – litozona impermeabile prevalentemente argilloso limosa con spessori medi di 35/45 m che incrementano in direzione nord; contiene locali intercalazioni lentiformi sabbiose, discontinue lateralmente, con spessore di 2/3 m rilevabili a profondità di -155/-170 m pc generalmente presenti nelle zone settentrionali e meridionali.
- L₄** - unità principalmente impermeabile prevalentemente argilloso limosa con intercalati locali sottili orizzonti lentiformi sabbiosi tra -175/-185 m pc a pronunciata discontinuità laterale; si riscontra sino a -210/-220 m pc nei settori centro orientali meridionali, -250 m pc in quelli settentrionali e -260 m pc nelle zone occidentali – sud occidentali.

- AEI

- M_B** – orizzonte permeabile prevalentemente sabbioso – sabbioso ghiaioso nel sottosuolo delle aree meridionali centrali, sabbioso in quelle settentrionali; individua il passaggio al Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore; presenta spessori oscillanti tra 2 e 5 m a sud e tra 4 e 6 m a nord; si riscontra tra -210/-220 m pc nel sottosuolo delle aree centro occidentali meridionali e meridionali, tra -235/-245 m pc in quelle settentrionali.
- N_B** – litozona impermeabile prevalentemente argilloso limosa contenete in subordine locali unità sabbioso ghiaiose – sabbiose ad assetto lentiforme discretamente continue lateralmente, rinvenibili tra -230/-240 m pc nelle zone centro orientali meridionali – meridionali e tra -270/-280 m pc nelle aree settentrionali; si rinviene sino a -340/-350 m pc.

5.7 Assetto strutturale dell'acquifero

Gli orizzonti sabbiosi – ghiaioso sabbiosi che formano il sottosuolo della zona meridionale del comune, presentano variazioni laterali di potenza e ad andamento blandamente ondulato al letto ed al tetto. Detti acquiferi si assottigliano ed approfondiscono procedendo in direttrice nord ed ovest e contestualmente si arricchiscono nelle componenti sabbiose.

Sempre in tali direzioni si distinguono ed aumentano in percentuale rappresentata le intercalazioni in alternanze di livelli prevalentemente argilloso limosi – limosi.

Agli assottigliamenti laterali dei livelli acquiferi si associa un arricchimento in frazioni fini.

A ciò consegue una sensibile variazione della porosità efficace e quindi la presenza di setti che inibiscono sia la velocità di circolazione delle acque che la possibilità di ricarica naturale.

Il modello litostratigrafico è visualizzato nella tav. 1.2.1 Sezioni Geologiche

5.8 Trasmissività degli acquiferi profondi

I valori di trasmissività degli acquiferi sono stati desunti dalle pubblicazioni IDROSER/RER.

In base a tali parametri si rilevano variazioni zonali della trasmissività che non risulta siano influenzate prevalentemente dal numero di falde captate ma piuttosto dalla percentuale e dallo spessore dei livelli ghiaiosi – sabbioso ghiaiosi presenti nel sottosuolo e dalla loro permeabilità.

Le fasce più meridionali del comune, contraddistinte da acquiferi sostanzialmente ghiaioso sabbiosi – sabbiosi a granulometrie medio grossolane e presentano trasmissività mediamente equivalente a:

$$T = 2 \div 3 \cdot 10^{-2} \div 10^{-3} \text{ mq/sec}$$

I livelli idrogeologici delle aree centrali e settentrionali, formati da orizzonti nei quali tendono a prevalere percentualmente le componenti sabbiose, con contestuale diminuzione in spessore delle unità acquifere, presentano valori di trasmissività in genere compresi tra:

$$T = 3 \div 5 \cdot 10^{-3} \text{ mq/sec}$$

Tali caratteri concordano con l'assetto geometrico degli acquiferi che tendono ad assottigliarsi e ad arricchirsi in componenti sabbiose procedendo in direttrice settentrionale e nord occidentale.

5.8.1 Ambiente Idrico Sotterraneo Primo Acquifero Non Confinato

In funzione delle condizioni di pericolosità che possono insorgere per sovrappressioni indotte sulla falda idrica sotterranea dalle sollecitazioni sismiche, con potenziale generazione

di processi di liquefazione, è fondamentale disporre delle informazioni sulla profondità e geometria dei deflussi idrici nel sottosuolo della prima unità acquifera.

Tale analisi è stata sviluppata in base ai rilevamenti diretti nei pozzi, eseguiti a fine luglio 2018 nel contesto delle elaborazioni di Microzonazione Sismica del comune di Cadelbosco di Sopra integrate dalla misurazione del livello idrico sotterraneo nei fori delle indagini geognostiche acquisite effettuate dal 2018 al 2024.

5.8.2 Isopieze dell'acquifero Freatico

L'assetto piezometrico identifica una conformazione articolata in alti e bassi strutturali a falda conica divergente – convergente, con direttrici di moto dei deflussi idrici sotterranei territorialmente orientate in verso sud sudovest – nord nordest, evidenziando principali condizioni di ricarica correlate agli afflussi sotterranei appenninici connessi ai serbatoi idrogeologici delle conoidi dei Torrenti Minori e del T. Enza.

La conformazione della superficie piezometrica è correlata sia alla variazione in spessore degli orizzonti permeabili che alla geometria dell'acquitaro di base.

Le fasce di alto strutturale corrispondono a zone di alimentazione idrica mentre le zone di basso sono connesse o a depressioni dell'acquitaro di base o a locali intensi emungimenti idrici dai pozzi.

Detti ambiti di ricarica idrica sotterranea, a sviluppo sub nastriforme, suddividono il sottosuolo del territorio comunale in sottobacini idrogeologici.

Le fasce di ricarica principale, o spartiacque idrogeologici sotterranei, si estendono in direttrice sud – nord e si riscontrano nel settore centrale del territorio comunale dove evidenziano un effetto alimentante dell'acquifero correlato all'unità idrogeologica dei torrenti Crostolo e Modolena; l'assetto a falda conica divergente nella fascia centrale estesa sud nord del territorio è caratterizzato da un asse di alimentazione idrica sotterranea principale allungato in verso settentrionale con andamento sub parallelo alla SP 63 R sino all'altezza del C.A.B.R.. Un'analoga fascia di ravvenamento idrico sotterraneo di primaria importanza estesa sud nord si rinviene nel settore orientale dove si allunga sub parallelamente a via G. Mazzini/ SP 40 dal confine comunale meridionale sino all'altezza di Quarti dove le isopieze assumono un assetto a falda conica divergente con direttrici di moto dei deflussi idrici sotterranei orientate in verso nord – nord est.

Il settore di territorio comunale compreso tra i sopra descritti assi di ricarica idrica sotterranea è contraddistinto da un assetto a falda conica convergente, che si caratterizza con una fascia principale secondo la quale si raccolgono i deflussi idrici sotterranei orientata sud sudovest – nord nordest circa da intersezione da SP 65 Sesso-Zurco/Cavo Bresciana a ovest intersezione Cavetto della Seta/via Liuzzi – via Ponte della Forca.

In tale zona i moti di flusso idrico sotterraneo territoriali sono orientati sud sudovest – nord nordest.

Nel settore occidentale dell'area comunale tra la SP 63 R ed il T. Crostolo l'assetto piezometrico prevalente è a falda sub cilindrica.

Per quanto riguarda il gradiente idraulico, ovvero la perdita di carico idraulico per unità di lunghezza dell'acquifero, si riscontra un assetto articolato concordante con i caratteri geomorfologico stratigrafiche, contraddistinto da valori medi compresi tra:

$$i_m = 2,0 \div 3,0 \cdot 10^{-3}$$

nel settore meridionale – centro meridionale occidentale al quale appartiene il capoluogo.

Nelle zone ad oriente di quest'ultimo sino Cadelbosco di Sotto – Quarti il gradiente idraulico corrisponde a:

$$i_m = 1,2 \div 1,5 \cdot 10^{-3}$$

Nelle aree a settentrione di dette località il gradiente idraulico equivalente a:

$$i_m = 1,0 \cdot 10^{-3}$$

indicante la presenza nei primi 10/20 m del sottosuolo di terreni a grado di permeabilità relativo inferiore rispetto a quelli presenti a meridione di Argine – Canale Santa Giustina.

Detta caratteristica si rimarca ulteriormente all'estremità nord orientale dell'area comunale nella quale

$$i_m = 0,8 \div 1,0 \cdot 10^{-3}$$

evidenziando parametri che concordano con la presenza nel settore di territorio in oggetto della fascia di transizione tra i depositi della Media Pianura e quelli della Bassa Pianura contraddistinti prevalentemente da sequenze argillose – argilloso limose di ambiente vallivo di pianura.

5.8.3 Soggiacenza Acquifero freatico

L'assetto della profondità dal piano campagna a cui si rinviene la falda idrica sotterranea evidenzia una la suddivisione del territorio in due distinte macrozone.

la prima di queste identificata dalla parte meridionale della superficie comunale e quel centro occidentale, zone dal capoluogo a Cadelbosco di Sotto, che sono contraddistinte da valori di soggiacenza mediamente equivalenti a:

$$\delta H_2O = -2,0 \div -2,5 \text{ m p.c.}$$

Fa eccezione il settore a est del capoluogo tra La Rocca e la SP 40 nel quale

$$\delta H_2O = -1,5 \div -1,0 \text{ m p.c.}$$

Nelle zone a settentrione di Quarti e sino al confine comunale nord, il livello d'equilibrio dell'acqua nel sottosuolo attesta a:

$$\delta H_2O = -1,5 \text{ m p.c.}$$

ad eccezione l'area orientale settentrionale tra Seta e Ponte della Forca dove

$$\delta H_2O = -2,0 \div -2,5 \text{ m p.c.}$$

Le profondità della falda sopra descritte, in funzione dell'andamento dei cicli stagionali del periodo dei rilevamenti sono mediamente rappresentative di periodi di sub-massimo di ricarica dell'acquifero freatico.

L'assetto della soggiacenza nelle zone settentrionali orientali concorda con le caratteristiche litologico stratigrafiche dei terreni che formano i primi 5/10 m del sottosuolo in tali aree caratterizzate da sequenze principalmente argillose – argilloso limose che localmente

determinano il confinamento della falda freatica. Detta condizione a scala territoriale non costituisce però situazioni di acquifero protetto poiché le presenze di cavi e canali che si approfondiscono -2/-3 m dal piano campagna e di tratti residuali di paleoalveo, determinano condizioni di ricarica diretta dell'acquifero per infiltrazioni della superficie.

Ne consegue che anche in tali settori del territorio sono da valutare con attenzione gli insediamenti dei tipi di attività che possono produrre fluidi potenzialmente inquinanti.

Oltre a quanto compete ai sopradescritti aspetti la carta della soggiacenza del primo acquifero assume rilevante importanza per la stima della potenziale pericolosità di liquefazione degli orizzonti sabbiosi – sabbioso limosi saturi presenti nei primi 10/15 m del sottosuolo.

5.9 Identificazione temporale del sistema Idrogeologico

L'analisi comparata tra la carta della piezometria dell'acquifero, elaborata in base ai rilievi di MS del 07/2018 e quella precedentemente redatta nell'ambito del PIAE.RE 1993, unico elaborato in scala compatibile per le valutazioni sull'assetto piezometrico freatico, evidenzia direttrici territoriali dei deflussi idrici sotterranei a medio elevato grado di corrispondenza; le differenze conseguono essenzialmente dalle differenti condizioni climatiche di alimentazione dell'acquifero, del suo regime di sfruttamento e dal maggior numero di pozzi censiti nel contesto dello studio di MS.

Nell'ambito di tale disamina si evidenzia infatti che la zona di ricarica principale nel settore centrale – centro settentrionale del territorio comunale, circa tra il capoluogo e Cadelbosco di Sotto – Botte del Begone, presenta assetti e direttrici di moto dei deflussi idrici sotterranei praticamente equivalenti nell'arco di tempo considerato (1993–2018).

Analoga considerazione è estendibile alla fascia secondo la quale si raccolgono i deflussi idrici sotterranei che contraddistingue il settore orientale dell'area comunale tra la SP 63 R e la SP 40; in corrispondenza di queste ultime si riscontra concordanza dell'assetto alimentante della falda idrica sotterranea.

Si osservano modeste differenze dell'assetto piezometrico nella fascia al bordo sud occidentale del territorio al confine con Castelnovo di Sotto, nel quale le elaborazioni del P.I.A.E. 1993 indicano un effetto alimentante nei confronti dell'acquifero freatico del T. Crostolo; tale condizione è correlabile alle differenti condizioni di invaso di detto asse idrico nel 1983 rispetto a quelle del 2018 che indicano un effetto drenante del sopracitato torrente.

Dall'analisi comparata tra la piezometria freatica 1993 e quella del 2018 si riscontra un moderato campo di escursione negativo nei settori centrali e meridionali corrispondente a:

$$\Delta H_2O = -0,5 \div -1,0 \text{ m p.c.}$$

Nelle zone settentrionali, nord di Ponte della Forca – Via Nuova per Seta il campo di escursione corrisponde a:

$$\Delta H_2O \leq -1,0 \text{ m}$$

5.10 Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica

La condizione al limite dell'acquifero nell'area comunale è contraddistinta dalle caratteristiche identificabili come di seguito descritto:

- Limite sud:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
Limite ovest: idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
Limite nord: idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
Limite est: idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita nei settori meridionale e centrale ed in entrata in quello settentrionale orientale.
Limite di tetto: nelle aree con presenza di orizzonti argilloso limosi – limoso argillosi nei primi 1÷5 m dal p.c., si ha un flusso molto basso, praticamente nullo, zone nord e nord est; d'altra parte nei settori in cui detto livello è sostituito da limi sabbiosi e sabbie limose fasce di paleoalveo, o dove si hanno incisioni di cavi e canali che si spingono a quote sottostanti -2 m p.c., si ha un flusso idrodinamico in entrata a portata imposta (infiltrazione per piovosità, per irrigazione, per fertirrigazione).
Limite di letto: condizione geologica a flusso nullo per presenza di spessi orizzonti argillosi praticamente impermeabili.

6 CARATTERI GEOLOGICO TECNICI

Le caratteristiche litologiche relative ai primi 10÷20 m del sottosuolo del territorio di Cadelbosco di Sopra sono state determinate in base alle analisi geomorfologiche, all'esame delle colonne litostratigrafiche di pozzi, sondaggi geognostici, prove penetrometriche statiche CPT e CPTU, prospezioni geofisiche, basi topografiche IGM primo impianto: 1881, alle documentazioni e pubblicazioni storico – geomorfologiche, allo Studio Geologico del PSC 2012.

Gli areali che delimitano le unità litotecniche visualizzate nell'elaborato in oggetto, Tav. 1.2, identificano gli orizzonti litologici presenti nel sottosuolo che principalmente influenzano il tipo di risentimento sismico in occasione di sollecitazione dinamica.

In funzione di quanto esposto sono state individuate come aree con prevalenti presenze sabbiose – sabbioso limose anche le fasce di territorio dove detti litotipi non affiorano in superficie ma sono presenti con spessori significativi, maggiori di 2/3 m, nei primi 5÷10/15 m del sottosuolo (paleoalvei). Le classificazioni delle unità prevalentemente limoso argillose – argilloso limose – argillose, esprimono la netta prevalenza di detti litotipi nei primi 5÷10 m dal piano campagna.

6.1 Carta Geologico Tecnica

Il territorio in oggetto appartiene prevalentemente alla fascia della Media Pianura, costituita dai depositi di piana inondabile ed in subordine alla zona di transizione alla Bassa Pianura nelle aree più settentrionali formate da deposizioni di analogo ambiente.

Dette unità sono conseguite alle evoluzioni idrografiche dei T. Crostolo – T. Modolena e T. Enza, condizionati da quelle del F. Po che ha governato le possibilità al suo afflusso dei corsi d'acqua appenninici ed alpini.

Le principali azioni di deposizione in tali ambiti si sviluppano prevalentemente in corrispondenza delle fasce degli ambiti d'alveo fluviale che costituiscono corpi sedimentari più rilevati rispetto ai settori ad essi latitanti. In concomitanza delle variazioni climatiche che comportano onde di piena si generano rotte e/o tracimazioni alle quali conseguono cambiamenti della sede di scorrimento dell'alveo e sedimentazioni delle torbide nelle aree depresse.

I tratti dei corpi fluviali abbandonati così originati costituiscono ostacoli alle successive impostazioni del nuovo reticolo idrografico che influiscono sulle direzioni dei nuovi percorsi degli alvei e determinano presenza di zone a difficoltoso drenaggio superficiale con insediamento di ambienti vallivi/palustri.

A tali sistemi deposizionali sono attribuibili la zona settentrionale orientale del territorio comunale adiacente al confine con Novellara e quella orientale centrale al confine con Castelnovo di Sotto. Nella prima di queste si osserva un orientamento degli antichi percorsi dei canali fluviali provenienti dalle zone ad occidente ed a meridione di Castelnovo di Sotto – Poviglio che tendono a flettere in direzione nord est – est uno dei quali indica

continuità in verso nord est con il dosso di San Bernardino; detta variazione di orientamento è correlata alla difficoltosa affluenza ad un antico percorso del Po; tale condizione ha indotto difficoltà dei deflussi in verso settentrionale determinando discontinuità laterali dei corpi fluviali ed una maggiore continuità laterale delle unità prevalentemente argilloso limose che hanno costituito zone planiziali vallive.

Ambiti con analoghe caratteristiche si sono impostati, come sopra indicato, nelle aree centro orientali e nord orientali, rispettivamente ai confini comunali con Bagnolo in Piano e di Novellara, nelle quali l'antico percorso fluviale estinto che si estende concordemente alla SP 63 R ad ovest unitamente a quello del dosso Pilastro S. Francesco – Fossa Marza – Santa Vittoria – San Bernardino hanno condizionato le direttici degli assi idrici superficiali inducendo condizioni di ambienti vallivi planiziali.

Equivalenti condizioni deposizionali si sono instaurate nel settore occidentale centrale tra Cavo Cava – via Corte Traghetino – Canale Modolena Alta, delimitato a sud dal Cavo Macera e a settentrione 0,5/0,6 km nord di confluenza Canale Vicozodaro/Canale Modolena Alta.

Le azioni deposizionali hanno generato una morfologia pianeggiante con principali ondulazioni, ad ampio raggio, in senso ovest est che si sviluppano in direzione sud nord ad eccezione dell'estremità settentrionale al confine con Novellara dove si estendono in senso sud ovest – nord est.

Gli interventi antropici principali sul territorio sono rappresentati dall'intensa urbanizzazione nell'area sede del capoluogo sua Zona Industriale sud, aree ad uso produttivo di Cadelbosco di Sotto e Villa Argine, nelle quali sono state modificate le caratteristiche dei suoli mediante riporti e scavi che hanno coinvolto i primi 1/2 m del sottosuolo.

In funzione delle azioni naturali ed antropiche il territorio comunale è suddivisibile in tre macro-unità litotecniche.

La prima di queste ultime è costituita da terreni argilloso limosi – argillosi e forma la netta prevalenza della superficie comunale. La seconda, alla quale appartiene il capoluogo e l'area che asseconda il T. Crostolo dal confine comunale sud a via Begarola, caratterizza la parte meridionale centrale del territorio e si estende in direzione settentrionale secondo una fascia che asseconda la SP 63R sino a Cà del Bosco di Sotto, e a ovest di detta SP, a nord di via Marzabotto, si estende concordemente a via C. Prampolini sino al Canale Arginone. La terza, nel settore sud orientale, presenta caratteristiche equivalenti a quelle sopra descritte a fascia sud– nord allungata concordemente alla Sp 40 – via G. Mazzini dal confine comunale meridionale a sud di via Cantone.

Le macro-zone due e tre sono prevalentemente costituite da limi – limi argillosi ai quali si sostituiscono lateralmente limi sabbiosi – sabbie limose e sabbie poco assortite, che individuano fasce correlate ad ambiti deposizionali di ambito fluviale estinto.

Le zone che formano la fascia orientale del territorio comunale e quel centro occidentale dello stesso sono costituite principalmente da argille – argille limose consistenti attribuibili ad ambienti deposizionali di valle planiziale. La prevalente parte della superficie di Cà del Bosco di Sopra è formata da argille limose a medio grado di consistenza nei primi 4/7 m del sottosuolo e successivamente consistenti – mediamente consistenti, a zone contenenti intercalazioni di corpi sabbiosi addensati a profondità sottostanti -15 m pc e a -27/-28 m pc.

6.2 Caratteristiche litotecniche

Gli areali sopra descritti in funzione delle indagini geognostiche precedentemente eseguite nel territorio di Cadelbosco di Sopra, indicativamente sono schematicamente suddivisibili nelle zone litotecniche di seguito descritte: l'individuazione delle aree visualizzate è visualizzata nell'allegata Tav. Unità Geotecniche.

6.3 Successioni Geotecniche

Zona A - Stato di consistenza: poco - moderatamente addensato / poco-moderatamente consistente (25-24).

Ia Unità Da piano campagna a -2,0 ÷ -3,0 m p.c.	Unità a pronunciata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza, costituita da alternanze di limi argillosi ed argille limose a zone sostituiti lateralmente di corpi sabbioso limosi - sabbiosi; a luoghi sostituiti da terreni rimaneggiati e/o di riporto; nei limi argillosi - argille limose la resistenza alla punta varia tra $q_{cm}=6/8 \div 10/12$ kgf/cm² e nelle sabbie - sabbie limose $q_{cm}=16/20 \div 30/40$ kgf/cm²; analogamente la resistenza all'attrito laterale è compresa tra $f_{sm}=0,3 \div 0,6$ kgf/cm² nei limi argillosi - argille limose e tra $f_{sm}=0,1 \div 0,3$ kgf/cm² nelle sabbie; il grado di compressibilità oscilla da medio elevato a medio ed è variabile in senso orizzontale nelle argille limose. Il grado di compressibilità nelle sabbie varia da medio elevato (poco addensato) a medio (moderatamente addensato) pronunciata differenziato lateralmente.
Ila Unità da -2,0 ÷ -3,0 m a -5,0 ÷ -6,0 m p.c.	Unità a marcata variabilità laterale sia granulometrica che del grado di consistenza costituita da alternanze limoso argillose con intercalate lenti limoso sabbiose e localmente limoso argilloso torbose, sostituite lateralmente da sabbie - sabbie limose; i valori di resistenza alla punta, nei limi argillosi - argille limose variano $q_{cm}=6/8 \div 10$ kgf/cm² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm}=0,3 \div 0,5$ kgf/cm²; nelle zone dove prevalgono le componenti sabbiose - sabbioso limose $q_{cm}=18/20 \div 40/50$ kgf/cm² ed $f_{sm}=0,2 \div 0,3$ kgf/cm².
IIla Unità da -5 ÷ -7 m a 98 ÷ 10,0 m p.c.	Alternanze prevalentemente argilloso limose - argillose, con locali sottili intercalazioni lentiformi sabbiose - sabbioso limose talora sabbioso ghiaiose, a luoghi sono incluse sequenze limoso sabbiose poco consistenti contenenti strati torbosi elevatamente compressibili; le componenti argilloso limose sono caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm}=10/12 \div 18/22$ kgf/cm² e di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm}=0,6 \div 1,0/1,2$ kgf/cm²; dove prevalgono le sabbie - sabbie limose $q_{cm}=30/40 \div 60/80$ kgf/cm² ed $f_{sm}=0,2 \div 0,5$ kgf/cm²; le zone con presenza di limi sabbiosi - limi torbosi sono contraddistinte da $q_{cm}=3/4 \div 8$ kgf/cm² ed $f_{sm}=0,1 \div 0,2$ kgf/cm². Il grado di compressibilità, marcatamente variabile in senso orizzontale, è generalmente di tipo medio - medio basso ad eccezione delle zone limoso sabbiose - limoso torbose nelle quali è elevato.

IVa Unità da -9 ÷ -10 m a -14,0 ÷ -15,0 m p.c.	Unità a marcata variabilità laterale del grado di consistenza costituita prevalentemente da alternanze argilloso limose argillose con intercalate in subordinate locali lenti sabbiose ed a luoghi limoso argilloso torbose; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose – argille variano $q_{cm}=8/10 \div 14/18$ kgf/cmq, localmente $q_{cm}=6/8$ kgf/cmq, la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm}=0,5 \div 0,8$ kgf/cmq, ad eccezione delle zone dove prevalgono le componenti sabbiose nelle quali $q_{cm}=60 \div 80$ kgf/cmq ed $f_{sm}=0,3 \div 0,5$ kgf/cmq. Il grado di compressibilità nelle argille limose varia da medio elevato a medio basso mentre nelle sabbie è basso – molto basso.
Va Unità Da -14,0 ÷ -15 m a -18 ÷ -19,0 m p.c.	Alternanze prevalentemente argilloso limose, con locali subordinate intercalazioni limoso argillose sabbiose a luoghi sostituite tra -16/-19 m pc da sabbie addensate; le argille limose sono, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm}=10/12 \div 14/18$ kgf/cmq e di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm}=0,5/0,6 \div 0,7/0,9$ kgf/cmq. Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, è generalmente di tipo medio; dove si riscontrano le sabbie $q_{cm}=140 \div 200$ kgf/cmq ed $f_{sm}=0,3/0,6 \div 1,2$ kgf/cmq.
VIa Unità Da -18 ÷ -19,0 m a -22 ÷ -23/-25 m p.c.	Unità a marcata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza, prevalentemente costituita da sabbie – sabbie ghiaiose addensate, a luoghi sostituite lateralmente da alternanze argilloso limose moderatamente consistenti; nelle sabbie – sabbie ghiaiose la resistenza alla punta varia tra $q_{cm}=110/130 \div 170/200$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm}=0,3 \div 0,5$ kgf/cmq; nelle argille limose – limi argillosi $q_{cm}=12/14 \div 16/20$ kgf/cmq ed $f_{sm}=0,7 \div 0,9$ kgf/cmq.
VIIa Unità da -22 ÷ -23/-25 m a -30,0 m p.c.	Alternanze argilloso limose – limoso argillose, con intercalati locali strati lentiformi sabbiosi – sabbioso ghiaiosi; i valori di resistenza media alla punta nelle argille limose – limi argillosi variano tra $q_{cm}=14/16 \div 20/24$ kgf/cmq e la resistenza ad attrito laterale oscilla tra $f_{sm}=0,7 \div 1,0$ kgf/cmq; nelle intercalazioni sabbiose – sabbioso ghiaiose $q_{cm}=160/180$ kgf/cmq ed $f_{sm}=0,3$ kgf/cmq. Il grado di compressibilità è medio basso nelle argille limose ed è molto basso nelle sabbie – sabbie ghiaiose

L'unità geotecnica A caratterizza la fascia meridionale centrale del territorio comunale alla quale appartengono il capoluogo e sua zona industriale sud e la fascia estesa sud – nord che comprende la SP 63 R sino a Cadelbosco di Sotto.

Zona A1 - Stato di consistenza: poco – moderatamente addensato (13/12) / poco-moderatamente consistente (25/24).

Ia Unità Da piano campagna a -3,0 m p.c.	Unità a pronunciata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza costituita da alternanze di limi argillosi ed argille limose a zone sostituiti lateralmente di corpi sabbioso limosi – sabbiosi lentiformi; nei limi argillosi - argille limose i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm}=8\div10$ kgf/cm² e nelle sabbie – sabbie limose $q_{cm}=12/14\div20/24$ kgf/cm²; analogamente la resistenza all'attrito laterale varia tra $f_{sm}=0,3\div0,5$ kgf/cm² nei limi argillosi – argille limose e tra $f_{sm}=0,1\div0,2$ kgf/cm² nelle sabbie; il grado di compressibilità oscilla da medio elevato a medio ed è variabile in senso orizzontale nelle argille limose. Il grado di compressibilità nelle sabbie è medio elevato – medio e pronunciatamente differenziato lateralmente.
IIa Unità da -3,0 m a -5,0 ÷ -6,0 m p.c.	Orizzonte a sensibile variabilità laterale e verticale del grado di consistenza costituito da alternanze argilloso limose – limoso argilloso – limose; nei limi argillosi – argille limose i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm}=8\div12$ kgf/cm² e la resistenza ad attrito laterale locale oscillante tra $f_{sm}=0,4\div0,6$ kgf/cm². Il grado di compressibilità, variabile in senso orizzontale è di tipo medio – medio elevato.
IIIa Unità da -5 ÷ -6 m a -10 ÷ -11,0 m p.c.	Alternanze argilloso limose – argilloso localmente limoso argilloso, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm}=16/18\div22/24$ kgf/cm² e di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm}=0,7\div1,0/1,2$ kgf/cm². Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, è generalmente di tipo medio basso.
IVa Unità da -10 ÷ -11 m a -15,0 m p.c.	Argille – argille limose caratterizzate da valori di resistenza media alla punta variabili tra $q_{cm}=23/30\div34/38$ kgf/cm² e di resistenza ad attrito laterale oscillanti tra $f_{sm} 0,2\div1,5$ kgf/cm². Il grado di compressibilità varia da medio basso a molto basso.
Va Unità Da -15,0 m a -17 ÷ -18,0 m p.c.	Unità a pronunciata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza, costituita da sabbie addensate sostituite lateralmente da alternanze argilloso limose – limoso argilloso moderatamente consistenti; nelle sabbie la resistenza alla punta varia tra $q_{cm}=50/70$ kgf/cm² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm}=0,3\div0,5$ kgf/cm²; nelle argille limose – limi argillosi $q_{cm}=14/16\div18$ kgf/cm² e $f_{sm}=0,5\div0,7$ kgf/cm².
VIa Unità Da -17 ÷ -18,0 a -30,0 m p.c.	Alternanze argilloso limose – limoso argilloso, con intercalati locali strati lentiformi sabbiosi - sabbioso limosi; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose variano tra $q_{cm}=12/14\div18/20$ kgf/cm² e la resistenza ad attrito laterale oscilla tra $f_{sm}=0,5\div0,8$ kgf/cm²; nelle componenti sabbiose – sabbioso limose $q_{cm}=30\div40$ kgf/cm², localmente $q_{cm}=120\div140$ kgf/cm², la resistenza all'attrito laterale corrisponde ad $f_{sm} 0,4\div0,8$ kgf/cm². Il grado di compressibilità varia da medio a medio basso ed è differenziato sia sulla verticale che lateralmente.

L'unità geotecnica A1 caratterizza la fascia sud nord che si estende concordemente alle SP n° 65 e n°40 da La Rocca a Villa Argine – Via Quarti, nel settore orientale centro meridionale del territorio comunale.

Zona B - Stato di consistenza: moderatamente addensato (12) / poco-moderatamente consistente – consistente (25-24).

Ia Unità Da piano campagna a - 0,2 ÷ -3 m p.c.	Alternanze argilloso limose – limoso argillose, con locali sottili intercalazioni limose e subordinate sottili lenti limoso sabbiose, localmente terreni rimaneggiati e/o materiali di riporto nel primo metro dal piano campagna; le componenti argilloso limose – limoso argillose sono caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm}=7/8 \div 10/12$ kgf/cm ² , $q_{cm}=20/24 \div 30$ kgf/cm ² nei materiali di riporto; i valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillano tra $f_{sm} 0,5 \div 0,7$ kgf/cm ² ad eccezione di dove prevalgono i limi argillosi – limi sabbiosi nei quali $f_{sm}=0,3$ kgf/cm ² . Il grado di compressibilità, variabile in senso orizzontale, oscilla da medio elevato a medio.
Ila Unità da -2,0 ÷ -3,0 m a -5,0 ÷ 6,0 m p.c.	Limi argillosi – argille limose, con locali sottili intercalazioni lentiformi limoso sabbiose – sabbiose, a zone prevalgono decisamente le componenti argilloso limose – argillose; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm}=12 \div 14$ kgf/cm ² e la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm}=0,5 \div 0,8$ kgf/cm ² ad eccezione di dove prevalgono le argille limose caratterizzate da $q_{cm}=18/22$ kgf/cm ² ed $f_{sm}=0,9 \div 1,2$ kgf/cm ² . Il grado di compressibilità, variabile in senso orizzontale è generalmente medio, medio basso – basso nelle argille limose.
IIla Unità da -5,0 ÷ -6,0 m a -9,0 m p.c.	Alternanze limoso argillose ed argilloso limose con locali intercalazioni lentiformi sabbiose – sabbioso limose, a zone prevalgono decisamente sequenze argilloso limose – argillose; i valori di resistenza alla punta nei limi argillosi – argille limose variano tra $q_{cm} = 12/14 \div 16/18$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,6$ kgf/cm ² ; nelle zone prevalentemente argilloso limose – argillose $q_{cm}=18 \div 24/30$ kgf/cm ² e $f_{sm}=0,9 \div 1,2$ kgf/cm ² . Il grado di compressibilità, variabile in senso orizzontale è generalmente medio nei limi argillosi e nelle argille limose – argille è basso.
IVa Unità Da -9,0 ÷ -10,0 m a -15,0 m p.c.	Orizzonte a moderata variabilità laterale e verticale del grado di consistenza, costituito da alternanze argilloso limose – limoso argillose con intercalati a luoghi strati lentiformi sabbioso limosi – sabbiosi moderatamente addensati, con locali lenti limosi argilloso torbose; nei limi argillosi argille limose i valori di resistenza alla punta media sono generalmente compresi tra $q_{cm}=8/10 \div 12/14$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale varia tra $f_{sm}=0,5 \div 0,7$ kgf/cm ² , fanno eccezione le lenti limoso argillose torbose nelle quali $q_{cm} = 4/6$ kgf/cm ² ed $f_{sm}=0,2 \div 0,35$ kgf/cm ² ; analogamente nelle lenti sabbioso limose sabbiose $q_{cm}=20/30$ kgf/cm ² ed $f_{sm}=0,3 \div 0,4$ kgf/cm ² . Il grado di compressibilità variabile in senso orizzontale è prevalentemente di tipo medio – medio basso.

Va Unità Da -15,0 m a -20,0 ÷ -22,0 m p.c.	Unità a pronunciata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza, prevalentemente costituita da sabbie – sabbie ghiaiose, a zone con intercalazioni e/o sostituzioni laterali di alternanze argilloso limose moderatamente consistenti; nelle sabbie la resistenza alla punta varia tra $q_{cm} = 110/130 \div 170/200$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm}=0,3 \div 0,5$ kgf/cmq; nelle argille limose – limi argillosi $q_{cm}=12/14 \div 16/18$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,7 \div 0,9$ kgf/cmq.
Vla Unità da -20 ÷ -22 m a 30 m p.c.	Alternanze prevalentemente argilloso limose – limoso argillose, a zone con sostituzione laterale di orizzonti lentiformi sabbiosi – sabbioso ghiaiosi; i valori di resistenza media alla punta nelle argille limose – limi argillosi variano tra $q_{cm}=14/16 \div 20/24$ kgf/cmq e la resistenza ad attrito laterale oscilla tra $f_{sm}=0,7 \div 1,0$ kgf/cmq; nelle intercalazioni sabbiose – sabbioso ghiaiose $q_{cm}=160/180$ kgf/cmq e $f_{sm}= 0,3$ kgf/cmq. Il grado di compressibilità varia da medio a medio basso nelle argille limose ed è molto basso nelle sabbie – sabbie ghiaiose

L'unità geotecnica B caratterizza i settori meridionali centrali occidentali ed orientali del territorio comunale rispettivamente tra il confine comunale con Castelnovo di Sotto – Campegine e via Quattro Case (ovest) e tra 200 m ad est della SP 63 R e confine con Bagnolo in Piano (est).

Zona C - Stato di consistenza: Moderatamente consistente - consistente (24-23) / moderatamente addensato – addensato (12-11)

Ia Unità Da piano campagna a - 3,0 m p.c.	Argille – argille limose, con locali subordinate intercalazioni limose, caratterizzati da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 10/12 \div 14/16$ kgf/cmq e valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm}=0,4 \div 0,8$ kgf/cmq, localmente strati sovraconsolidati per essiccazione nel primo metro dal p.c. caratterizzati da $q_{cm}=16 \div 20/22$ kgf/cmq e $f_{sm}=0,8 \div 1,5$ kgf/cmq. Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, risulta generalmente di tipo medio.
Ila Unità Da -3,0 m a -9,0 ÷ -10,0 m p.c.	Argille sovraconsolidate, con locali sottili intercalazioni argilloso limose, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm}=10/20 \div 24$ kgf/cmq e valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm}=0,8 \div 1,2$ kgf/cmq. Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, è di tipo medio basso - basso.
IIla Unità da -9,0 ÷ -10,0 m a -12,0/-13,0 m p.c.	Alternanze argilloso limose – limoso argillose ed argillose con locali intercalazioni lentiformi limoso sabbiose – sabbiose, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 22/24 \div 28/30$ kgf/cmq; la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm} = 0,6 \div 0,8/1,0$ kgf/cmq. Nelle lenti sabbiose $q_{cm} = 40 \div 50$ kgf/cmq e $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cmq. Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale è generalmente basso – molto basso.

IVa Unità da -12,0 ÷ -13,0 m a -16,0 ÷ -17,0 m p.c.	Litozona a pronunciata variabilità laterale sia granulometrica che del grado di consistenza prevalentemente costituita da argille limose – argille a luoghi sostituite orizzontalmente da sabbie – sabbie limose a medio grado di addensamento ed alternanze limoso sabbiose moderatamente consistenti; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose – limi argillosi variano tra $q_{cm} = 14 \div 18$ kgf/cm² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,6 \div 1,0$ kgf/cm²; nelle componenti sabbiose – sabbioso limose $q_{cm} = 50 \div 70$ kgf/cm² ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm². Il grado di compressibilità è medio basso - basso.
Va Unità da -16 ÷ -17 m a -19 ÷ -20 m p.c.	Unità a marcata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza, costituita da alternanze sabbiose addensate sostituite orizzontalmente o intercalate a livelli argilloso limosi - argillosi mediamente consistenti; nelle sabbie la resistenza alla punta varia tra $q_{cm} = 40/50 \div 60/100$ kgf/cm² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,6$ kgf/cm²; nelle argille limose $q_{cm} = 14 \div 18$ kgf/cm² e $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm². Il grado di compressibilità è medio basso – basso nelle sabbie e medio nelle argille – argille limose.
VIa Unità da -19 ÷ -20 m a -21 ÷ -22 m p.c.	Argille – argille limose, con locali sottili intercalazioni limose e limoso argillose, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 12/14 \div 16$ kgf/cm² e di resistenza ad attrito laterale locale oscillante tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm²; nei locali corpi sabbiosi $q_{cm} = 40/50$ kgf/cm² e $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm². Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, è generalmente di tipo medio.
VIIa Unità da -21 ÷ -22 m a -25 ÷ -26,0 m p.c.	Litozona a pronunciata variabilità laterale sia granulometrica che del grado di consistenza prevalentemente costituita da argille limose – limi argillosi a luoghi sostituiti orizzontalmente da corpi sabbiosi addensati; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose – limi argillosi variano tra $q_{cm} = 18 \div 20/22$ kgf/cm² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,7 \div 0,9$ kgf/cm²; nelle componenti sabbiose $q_{cm} = 90/100 \div 170/200$ kgf/cm² e $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm². Il grado di compressibilità è medio basso nelle argille limose e basso nelle sabbie.
VIIIa Unità da -25,0 ÷ -26,0 m a -30 ÷ -31,0 m p.c.	Argille - argille limose, con locali subordinate intercalazioni sabbiose – sabbioso limose, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 12/14 \div 18/20$ kgf/cm² e valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,6 \div 1,0$ kgf/cm²; nelle intercalazioni sabbiose – sabbioso limose $q_{cm} = 30 \div 40$ kgf/cm² e $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cm². Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, risulta generalmente di tipo medio – medio basso.
IXa Unità da -30,0 ÷ -31,0 m a -35,0 m p.c.	Unità prevalentemente sabbiosa caratterizzata da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 50/70 \div 80/100$ kgf/cm² e di resistenza ad attrito laterale oscillanti tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,6$ kgf/cm². Il grado di compressibilità è medio basso – basso.

Xa Unità da -35,0 m a -40,0 m p.c.	Alternanze prevalentemente argillose – argilloso limose con intercalate locali lenti sabbiose; le argille limose sono contraddistinte da $q_{cm}=20\div30/40$ kgf/cm² e $f_{sm}=0,7\div1,0$ kgf/cm²; nelle lenti sabbiose $q_{cm}=90\div120$ kgf/cm² e $f_{sm}=0,3\div0,6$ kgf/cm². Il grado di compressibilità è medio basso e differenziato sulla verticale.
---	--

La zona C caratterizza la fascia orientale centro settentrionale – settentrionale del territorio comunale tra i confini con Bagnolo in Piano – Novellara e l'allineamento Seta – CABB/via Luzzi – via Nuova per Seta/SP 63 R – Cà Magnana Nuova.

Zona D - Stato di consistenza: addensato (11) /moderatamente consistente – consistente (24-23) / addensato (11).

Ia Unità Da piano campagna a - 3,0 ÷ - 4,0 m p.c.	Argille – argille limose, con locali sottili intercalazioni limoso argillose, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm}=8\div10/12$ kgf/cm² e di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm}=0,5\div0,8$ kgf/cm². Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, risulta generalmente di tipo medio.
IIa Unità da - 3,0 ÷ - 4,0 m a -10,0 ÷ - 12,0 m p.c.	Alternanze argillose – argilloso limose sovraconsolidate contraddistinte da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm}=18/20\div28\div34$ kgf/cm²; la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm}=0,6\div1,0$ kgf/cm². Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, è generalmente basso – molto basso.
IIIa Unità Da -10,0 ÷ -12,0 m a -15,0 ÷ -16,0 m p.c.	Argille limose – argille, con locali sottili intercalazioni lentiformi limose localmente sabbiose; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm}=12/14\div16/18$ kgf/cm² e la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm}=0,5\div0,8$ kgf/cm². Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, risulta generalmente di tipo medio – medio elevato.
IVa Unità Da -15,0 ÷ -16,0 m a -19,0 ÷ -20,0 m p.c.	Unità a pronunciata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza costituita prevalentemente da alternanze argilloso limose a zone sostituite lateralmente di corpi sabbiosi lentiformi; nei limi argillosi – argille limose i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 10/12 \div 16/18$ kgf/cm², nelle sabbie $q_{cm} = 100 \div 120/130$ kgf/cm²; analogamente la resistenza all'attrito laterale varia tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm² nei limi argillosi - argille limose e tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm² nelle sabbie. Il grado di compressibilità oscilla da medio a medio basso ed è variabile in senso orizzontale nelle argille limose; il grado di compressibilità nelle sabbie è basso – molto basso e pronunciatamente differenziato lateralmente e verticalmente.

Va Unità Da -19,0 ÷ -20,0 m a -29,0 ÷ -30,0 m p.c.	Orizzonte a marcata variabilità laterale del grado di consistenza costituito prevalentemente da alternanze argilloso limose - argillose con intercalate locali lenti sabbiose – sabbioso ghiaiose; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose – argille variano $q_{cm} = 12/14 \div 18/20$ kgf/cm ² ; la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,6 \div 1,0$ kgf/cm ² ; nelle zone dove prevalgono le componenti sabbiose $q_{cm} = 60 \div 80$ kgf/cm ² e $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm ² . Il grado di compressibilità nelle argille limose varia da medio a medio basso mentre nelle sabbie è basso – molto basso.
Via Unità da -29 ÷ -30 m a -34,0 ÷ -35,0 m p.c.	Litozona prevalentemente sabbiosa – sabbioso ghiaiosa caratterizzata da $q_{cm} = 100/110 \div 140/160$ kgf/cm ² e $f_{sm} = 0,5$ kgf/cm ² . Il grado di compressibilità è basso – molto basso.
VIIa Unità da -34,0 ÷ -35,0 m a -40,0 ÷ -42,0 m p.c.	Alternanze prevalentemente argilloso limose – argillose, con locali subordinate intercalazioni limose – limoso argillose sabbiose; le argille limose – argille sono caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 18 \div 20$ kgf/cm ² e di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,6 \div 0,7/0,9$ kgf/cm ² ; nelle sabbie $q_{cm} = 140 \div 200$ kgf/cm ² e $f_{sm} = 0,3/0,6 \div 1,2$ kgf/cm ² . Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, è generalmente di tipo medio nelle argille limose e basso nelle sabbie.

La zona D caratterizza il settore occidentale centrale del territorio comunale tra il confine con Castelnovo di Sotto e via Martiri di Sesso, delimitato a nord da via Bastiglia ed a sud da via Fangaglia.

Zona E - Stato di consistenza: poco - moderatamente consistente – consistente (25-23) / poco – moderatamente addensato (13-12).

Ia Unità Da piano campagna a - 4,0 m p.c.	Alternanze argilloso limose – limoso argillose, con locali sottili intercalazioni limose e subordinatamente limoso sabbiose, localmente terreni rimaneggiati e/o materiali di riporto nel primo metro dal piano campagna; le componenti argilloso limose – limoso argillose sono caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 8/10 \div 12/14$ kgf/cm ² e di resistenza all'attrito laterale $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cm ² ; ove prevalgono i limi – limi sabbiosi $q_{cm} = 14/18$ kgf/cm ² e $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm ² ; nei materiali di riporto $q_{cm} = 20 \div 30$ kgf/cm ² e $f_{sm} = 0,6 \div 0,9$ kgf/cm ² . Il grado di compressibilità, variabile in senso orizzontale, oscilla da medio a medio basso.
IIa Unità Da -4,0 m a -6,0 ÷ -7,0 m p.c.	Orizzonte caratterizzato da variabilità laterale sia litologica granulometrica che di consistenza costituito da alternanze argilloso limose – limose argillose lateralmente sostituite da argille – argille limose; nelle argille limose – limi argillosi la resistenza alla punta varia tra $q_{cm} = 6 \div 8/10$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm ² ; nelle argille – argille limose $q_{cm} = 10 \div 20/24$ kgf/cm ² e $f_{sm} = 0,8 \div 1,3$ kgf/cm ² . Il grado di compressibilità, variabile in senso orizzontale, oscilla da medio a medio elevato nelle argille limose – limi argillosi e da basso a molto basso nelle argille – argille limose.

IIIa Unità Da -6,0 ÷ -7,0 m a -15,0 ÷ -16,0 m p.c.	Alternanze argilloso limose sovraconsolidate, con intercalati subordinati strati lentiformi limoso argillosi – limosi, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 16/18 \div 20/24$ kgf/cm² e di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,7 \div 1,0$ kgf/cm². Il grado di compressibilità, moderatamente differenziato in senso orizzontale, è generalmente basso – molto basso.
VIa Unità da -15,0 ÷ -16,0 m a -20,0 ÷ -22,0 m p.c.	Orizzonte a pronunciata variabilità laterale sia granulometrica che del grado di consistenza costituito da argille limose – limi argillosi a zone sostituiti lateralmente da sabbie – sabbie ghiaiose a medio – medio elevato grado di densità relativa; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose – limi argillosi variano $q_{cm} = 10/12 \div 14/16$ kgf/cm² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,7$ kgf/cm²; nelle componenti sabbiose – sabbioso ghiaiose $q_{cm} = 60 \div 80$ kgf/cm² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,5$ kgf/cm². Il grado di compressibilità nelle argille limose – limi argillosi è medio basso mentre nelle sabbie è medio basso - basso.
Va Unità Da -20,0 ÷ -22,0 m a -30,0 ÷ -31,0 m p.c.	Alternanze argilloso limose – limoso argillose, con intercalati locali strati lentiformi sabbiosi nelle zone più settentrionali, in genere presenti tra -22 e -25 m pc; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose variano tra $q_{cm} = 18 \div 20$ kgf/cm² e la resistenza ad attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,8$ kgf/cm²; nelle componenti sabbiose $q_{cm} = 90/100 \div 120/150$ kgf/cm² e $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm². Il grado di compressibilità nelle argille limose è medio – medio basso e nelle sabbie è basso – molto basso.
VIa Unità Da -30,0 ÷ -31,0 m a -35,0 ÷ -36,0 m p.c.	Litozona sabbiosa sabbioso ghiaiosa addensata caratterizzata da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 70/90 \div 120/140$ kgf/cm², localmente alla base da $q_{cm} = 160/190$ kgf/cm², la resistenza ad attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,6$ kgf/cm².
VIIa Unità Da -35,0 ÷ -36,0 m a -40,0 ÷ -42,0 m p.c.	Alternanze di strati limoso argillosi – limoso sabbiosi e di livelli sabbioso limosi – sabbiosi caratterizzati da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 20 \div 22$ kgf/cm² e da resistenza ad attrito laterale oscillante tra $f_{sm} = 0,6 \div 1,0$ kgf/cm² ove prevalgono i limi – limi argillosi; nelle intercalazioni sabbiose – sabbioso limose $q_{cm} = 60/90$ kgf/cm² ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,8$ kgf/cm². Il grado di compressibilità variabile in senso orizzontale è generalmente medio basso - basso.

La zona E caratterizza la fascia occidentale centro settentrionale – settentrionale del territorio comunale tra i confini con Castelnovo di Sotto – Gualtieri e l'allineamento la Magnana – intersezione Canalazzo Tassone /CABR – incrocio SP 63 R/via Nuova per Seta – incrocio via Canalina/via Molinazzo.

7 MODELLI GEOTECNICI

Le zone litotecniche individuate assumono estensioni areali notevolmente differenziate e ad esse sono attribuibili diverse proprietà per gli utilizzi edificatori come di seguito descritto:

- **Verticali litotecniche - Zona A:** caratterizzano il settore meridionale e centro meridionale dell'area comunale tra il confine comunale sud comprendendo il capoluogo e sua zona industriale che si estende in direzione nord assecondando la SP 63 R per una fascia larga 500/600 m sino a Cadelbosco Sotto; costituisce circa il 10 % del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano la presenza di una successione prevalentemente limoso argillosa – argilloso limosa con intercalazioni e/o sostituzioni laterali di corpi lentiformi sabbiosi sino a -10/-15 m pc; a zone, come nell'area industriale a sud del capoluogo, sono presenti nei primi 3/4 m del sottosuolo terreni rimaneggiati e/o materiali di riporto e sequenze limoso argillose – limoso sabbiose a basso grado di consistenza.

Il grado di compressibilità varia generalmente da medio a medio elevato, ad eccezione delle sopra descritte zone con presenza di rimaneggiamenti riporti – terreni a scadenti caratteristiche geotecniche nelle quali la compressibilità è di tipo elevato – medio elevato.

In subordine alla stima della pericolosità di liquefazione e della compatibilità dei cedimenti differenziali, nelle aree nelle quali sono assenti litotipi elevatamente compressibili per strutture che non impongono carichi elevati al terreno e per pilastri che trasmettano tensioni al terreno non eccedenti 100/120 Ton, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

$$q_a = 0,5 \div 0,6 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,0 \div 2,0 \text{ m}$$

Per corpi di fabbrica con altezze maggiori di 10 m e/o per pilastri che trasmettono tensioni al terreno maggiori di 100/120 Ton, sono eventualmente da valutarsi fondazioni a platea e/o di tipo profondo su pali.

Nelle zone costituite da sequenze compressibili, riporti, rimaneggiamenti nei primi 3/4 m del sottosuolo, oltre all'esecuzione di dettagliate indagini geognostiche è da privilegiare l'adozione di fondazioni di tipo profondo su pali o su colonne gettocementate, oppure l'utilizzo di interventi su platee generalizzate che siano attestate su terreni consistenti qualora gli stessi siano riscontrati a profondità di -3/-4 m dal piano campagna.

- **Verticali litotecniche - Zona A1:** caratterizzano la fascia allungata sud nord larga 500 ÷ 750 m del settore orientale centro meridionale del territorio comunale che si estende concordemente alle SP 65 e 40 dal confine comunale sud a La Rocca, Argine, via Quarti; costituisce circa lo 4,4 % dell'area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano la presenza sino a -2/-3 m pc di alternanze limoso argillose – argilloso limose a zone sostituite lateralmente da corpi sabbiosi – sabbioso limosi lentiformi nei primi 6 m del sottosuolo, a pronunciata variabilità laterale del grado di consistenza.

In funzione del grado della variabilità laterale del grado di resistenza al taglio nei primi 6 m del sottosuolo, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione e della compatibilità dei cedimenti nel contesto dell'interazione terreno/struttura, per fabbricati che non impongano elevate tensioni sul suolo, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 0,7 \div 0,9 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,5 \div 2,0 \text{ m}$$

Per edifici con più di tre piani fuori terra o carichi totali superiori alle 100/120 Ton per pilastro, è consigliabile valutare anche l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali.

- **Verticali litotecniche - Zona B:** caratterizzano i settori meridionali centro meridionali occidentali ed orientali rispettivamente compresi tra via Quattro Case ed i confini con Campegine – Castelnovo di Sotto ad ovest e di Bagnolo in Piano ad est, ad eccezione della sopra descritta zona capoluogo – SP 63 R e della fascia la Rocca – Argine – via Quarti; forma circa lo 40,1 % del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano nei primi 5/7 m del sottosuolo la presenza di alternanze limoso argillose – argilloso limose a luoghi con intercalate lenti sabbioso limose e talora limoso torbose, a moderata variabilità laterale del grado di consistenza e grado di compressibilità generalmente oscillante da medio a medio elevato; alle profondità sottostanti, sino a -10/-15 m pc si riscontrano alternanze argilloso limose – argillose consistenti.

In subordine alla verifica della compatibilità dei cedimenti in funzione dell'interazione terreno struttura e della pericolosità di liquefazione, per fabbricati che non impongano elevate tensioni sul terreno sono adottabili fondazioni di tipo diretto con solette a comportamento poco flessibile con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

$$q_a = 0,7 \div 0,9 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,0 \div 2,0 \text{ m.}$$

Per edifici con più di tre piani fuori terra o carichi totali superiori alle 100/120 Ton per pilastro, è consigliabile valutare anche l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali.

In funzione delle sopradescritte caratteristiche litotecniche nelle localizzate zone ad elevata compressibilità e pronunciata variabilità laterale della stessa, oltre ad eseguire ulteriori dettagliate indagini geognostiche è raccomandato di valutare e privilegiare l'adozione di fondazioni di tipo profondo su pali o su colonne gettocementate.

- **Verticali litotecniche - Zona C:** Caratterizzano la fascia centro settentrionale – settentrionale del territorio comunale compreso tra l'allineamento Villa Seta – CABR/via Liuzzi – via Nuova per Seta/SP 63 R, Cà Magnana Nuova ed i confini con Bagnolo in Piano - Novellara; forma circa il 22,9 % della area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano la presenza nei primi 10/12 m del sottosuolo di alternanze di strati argilloso limosi – limoso argillosi a medio – medio elevato grado di consistenza; alle profondità sottostanti si riscontrano in subordine locali strati lentiformi sabbiosi – sabbioso limosi a medio grado di densità relativa.

In subordine alla verifica della compatibilità dei cedimenti nel contesto dell'interazione terreno/struttura e della stima della pericolosità di liquefazione, per i livelli sabbiosi presenti tra -9/-10 m pc e -15 m pc, in funzione del grado di consistenza dei litotipi che costituiscono i primi 10 m del sottosuolo, per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 1,0 \div 1,2 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,0 \div 2,0 \text{ m}$$

Per edifici con più di tre piani fuori terra o carichi totali superiori alle 100/120 Ton per pilastro, è consigliabile valutare l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali.

- **Verticali litotecniche - Zona D:** caratterizzano la parte settentrionale orientale centrale del territorio comunale circa compresa tra via Martiri di Sesto ed il confine con Castelnovo di Sotto delimitata a sud via Fangaglia ed a nord dalla carraia 200 m a sud di La Colombaia; forma circa il 5,2 % del territorio comunale.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme, evidenziano la presenza di una successione a moderata variabilità laterale sia litologico granulometrica che del grado di compressibilità nei primi 10/12÷15 m del sottosuolo, costituita da argille – argille limose a grado di consistenza medio – medio elevato; alle profondità sottostanti si intercalano e/o sostituiscono lateralmente corpi sabbiosi; in subordine alla valutazione della compatibilità dei cedimenti nel contesto dell'interazione terreno struttura e della pericolosità di liquefazione qualora presenti corpi sabbiosi saturi, per fabbricati che non impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 0,8 \div 1,0 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,5 \div 2,0 \text{ m}$$

Per corpi di fabbrica con altezze maggiori di 10 m e/o per pilastri che trasmettono tensioni al terreno maggiori di 100/120 Ton, sono eventualmente da valutarsi fondazioni a platea e/o di tipo profondo su pali.

- **Verticali litotecniche - Zona E:** caratterizzano la parte occidentale centro settentrionale - settentrionale dell'area comunale circa compresa tra l'allineamento La Magnana – intersezione Canalazzo Tassone/CABR – incrocio SP 63 R/ via Nuova per Seta – incrocio via Canalina/via Molinazzo; forma circa il 17,4 % del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme, evidenziano la presenza di una successione a moderata variabilità laterale sia litologico granulometrica che del grado di compressibilità nei primi 4 m del sottosuolo; l'unità è costituita da limi argillosi – argille limose a grado di compressibilità medio alle quali localmente si sostituiscono terreni rimaneggiati o di riporto nei primi 1,0/1,5 m del sottosuolo; alle profondità sottostanti, sino a -7 m pc, si riscontrano orizzonti a sensibile variabilità sia litologico granulometrica che di consistenza costituiti da alternanze limoso argillose – argilloso limose a medio basse caratteristiche geotecniche lateralmente sostituite da argille – argille limose consistenti.

In subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione e dei cedimenti nel contesto dell'interazione terreno struttura, per fabbricati che non impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 0,8 \div 1,0 \text{ kgf/cm}^2$$

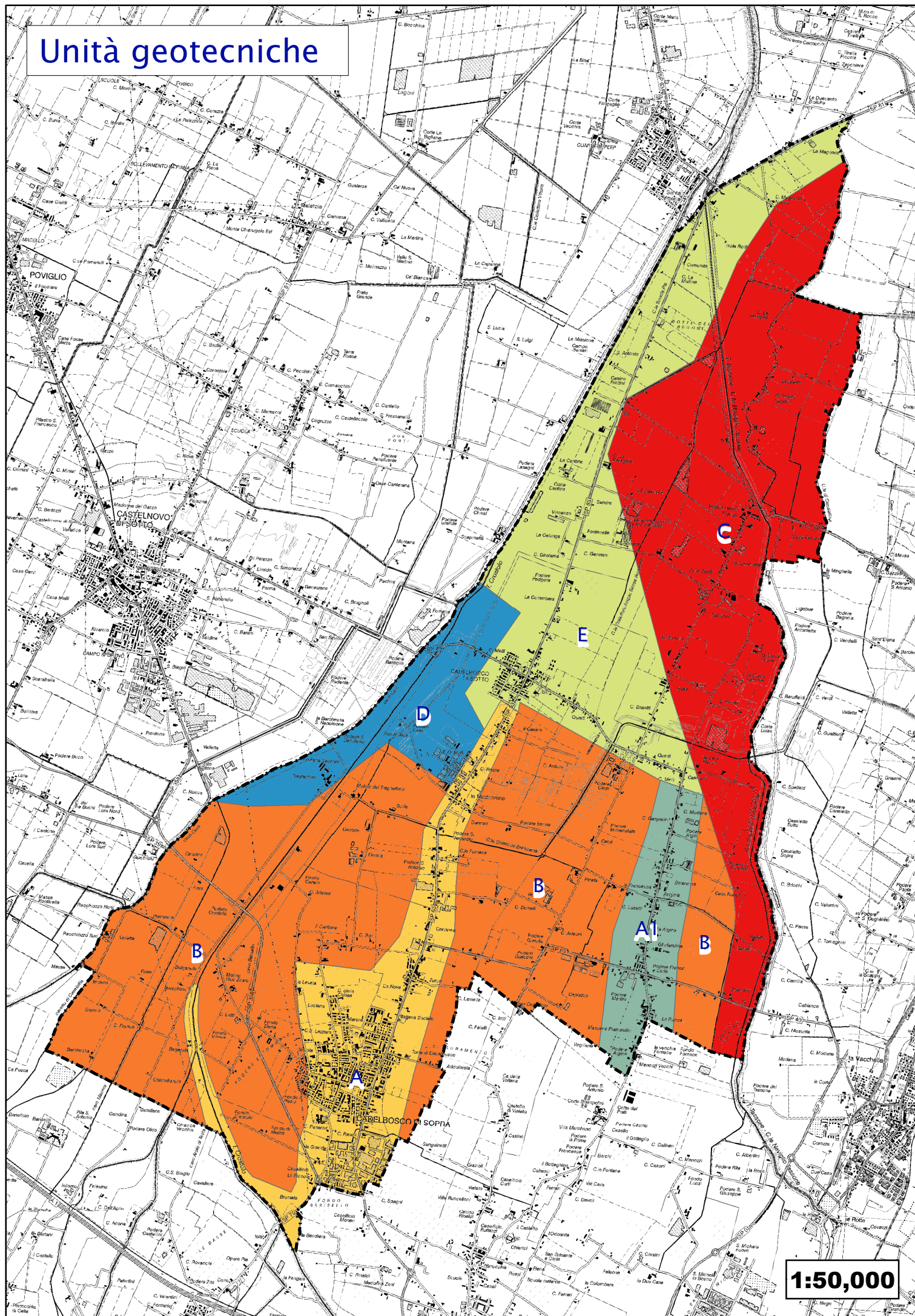
per piani di posa situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,5 \div 2,0 \text{ m}$$

In rapporto all'estensione areale delle zone litotecniche descritte e del numero di indagini geognostiche analizzate, si osserva che le valutazioni esposte sono da considerarsi rappresentative per le caratteristiche generali dei settori di territorio esaminati. Non si possono quindi escludere variazioni, anche marcate, dovute a fenomeni deposizionali locali e/o rimaneggiamenti antropici, comportanti peculiarità geotecniche pronunciatamente differenti da quelle indicate.

Ne consegue che in tutte le aree descritte nelle successive fasi di pianificazione o di attuazione diretta, dovranno essere eseguite ulteriori indagini geognostiche ed analisi finalizzate alla caratterizzazione geologico – geotecnica dei terreni che formano i primi 15/20 m del sottosuolo.

Unità geotecniche



7.1 **SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE**

In relazione alla presenza nei primi 10/15/20 m del sottosuolo di strati sabbiosi – sabbiosi fini e sabbioso limosi/limoso sabbiosi, generalmente in percentuale rappresentata inferiore rispetto alle componenti limoso argillose ed argilloso limose, saturati dalla falda idrica sotterranea, si è effettuata l'analisi di risposta dei terreni in rapporto a condizioni di sollecitazione dinamica.

In funzione delle condizioni locali le verifiche sono state sviluppate per i terreni saturi escludendo da tale analisi i litotipi con contenuto in granulometria più fine di 0,005 mm superiore al 20%, poiché non liquefacibili.

La valutazione è stata eseguita in condizioni *free field* poiché è la configurazione più sfavorevole per il rischio di liquefazione.

Accelerazione attesa nel sito

In funzione dei risultati ottenute dalle analisi di risposta sismica locale, per le zone sottese dalle stesse, si sono applicate accelerazioni al suolo comprese tra:

$$a_{\max}/g = 0.19/0.21 \div 0.23/0.25$$

la media di detti valori compresa $a_{\max}/g = 0.20 \div 0.22$ caratterizza la prevalente parte del territorio comunale alla quale appartengono il capoluogo e la sua zona a destinazione produttiva e l'area centro settentrionale sede dalla ZI di La Madonnina, Cà del Bosco di Sotto, e la fascia dapprima ovest – est che si estende assecondando la SP 40 e successivamente nord – sud seguendo via G. Mazzini sino ad Argine; i valori con le accelerazioni relative maggiori: $a_{\max}/g = 0.24$ individuano l'estremità settentrionale dell'area comunale, nord C.A.B.R. dove a nord di via Magnana Nuova raggiungono uno dei massimi territoriali di $a_{\max}/g = 0.25$; equivalenti massimi relativi caratterizzano il settore settentrione del cimitero di Seta sino a Fossa Sarti delimitata a est dal confine comunale e a ovest dal Canale Quarti nord; analoghe proprietà evidenzia l'area a nord ovest di quest'ultima circa tra il Cavo Bresciana Vecchia (est) e Fosso Baragalla delimitata a sud dal Fosso Sarti e a nord da via Nuova per Seta; medesimi valori descrivono la zona orientale meridionale ad est del Canale Botteghino sino al confine comunale, l'area occidentale centrale circostante Mulino Traghetino – Fornace Vecchia, la fascia al confine meridionale che asseconda il T. Crostolo circa tra La Punta di Roncovesi e Strada del Vescovo – sud rotatoria SP 358R; la rimanente parte del territorio è mediamente contraddistinta da $a_{\max}/g = 0.23$ ad eccezione dei minimi relativi di $a_{\max}/g = 0.19$ che individuano l'area a est capoluogo – nord zona produttiva, area circostante l'intersezione T. Crostolo/SP 358R, e quella contigua a C. Gasparini/Podere Argine.

La distribuzione territoriale dei massimi relativi non indica significative correlazioni con la profondità e l'assetto del substrato pre-pliocenico.

Nelle valutazioni della pericolosità è stata considerata una magnitudo:

$$M_w = 6,14$$

In riferimento a detti parametri è stata sviluppata la verifica della suscettività alla liquefazione.

L'analisi delle condizioni di rischio per i litotipi potenzialmente liquefacibili per le CPTU è stata effettuata utilizzando il software CLiq v. 3.5.2.22, *Robertson*.

Per le verticali CPT Rm la stima della liquefazione è stata eseguita mediante la relazione di *Robertson & Wride modificata (1997b)*, utilizzando il fattore di scala della magnitudo per $M_w < 7,5$ raccomandato da *Idriss (2003)* che definisce la suscettività alla liquefazione in rapporto ai valori di q_c ed alla sollecitazione tangenziale ciclica; detto metodo è stato applicato anche alle CPTU

Il coefficiente di sicurezza alla liquefazione è stato determinato mediante la relazione:

$$FSL = \frac{CRR_{7,5}}{CSR} \cdot MSF$$

dove:

FSL = coefficiente di sicurezza

$$CRR = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c_{ln}})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08$$

dove:

$(q_{c_{ln}})_{cs}$ = valore resistenza alla punta normalizzato, funzione di CF (% componenti fini, definite anche in funzione del rapporto di *Begemann*) e di K, funzione di IC (indice del tipo di terreno), kPa

$$CSR = \frac{\tau_d}{\sigma'_0} = 0,65 \frac{A}{g} \frac{\sigma_0}{\sigma'_0} (1 - 0,015z)$$

dove

τ_d = tensione tangenziale ciclica; τ_e = resistenza del terreno

σ_0 = tensione verticale totale; σ'_0 = tensione verticale efficace

A/g = valore di accelerazione; z = profondità dello strato

Δn_f = coefficiente funzione del contenuto in materiali fini, in funzione del rapporto di *Begemann*

CRR_{7,5} = capacità di resistenza ciclica riferita a $M = 7,5$

MSF = fattore di magnitudo riferito all'intensità attesa in sito (*Idriss*)

Il modello di calcolo elabora gli intervalli potenzialmente suscettibili alla liquefazione in funzione del contenuto di materiali fini, restituendo i coefficienti di sicurezza sulla verticale della prova penetrometrica.

I risultati sono espressi mediante il valore dell'indice del potenziale di liquefazione I_L , definito come:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

in cui z è la profondità dal piano campagna in metri e $w(z) = 10 - 0,5z$.

Ad una data quota z il fattore $F(z) = F$ vale (*Sonmez, 2003*):

$$\begin{array}{ll} 0 & \text{per } F_L > 1,2 \\ 2 \cdot 10^6 \cdot e^{-18,427 \cdot F_L} & \text{per } 0,95 < F_L \leq 1,2 \\ 1 - F_L & \text{per } F_L \leq 0,95 \end{array}$$

ove F_L è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata.

In riferimento ai valori di accelerazione al sito sopra esposti l'analisi di suscettività alla liquefazione si è sviluppata considerando presenza della falda freatica a quote variabili tra -1,5÷-2,0 m dal piano campagna nel capoluogo e aree a settentrione del medesimo La Madonnina – Cà del Bosco di Sotto e sino al confine nord; nella zona Ponte – Forca Seta, area sud ovest a est di via Dell'Olmo, settore circostante Latteria Sociale tra SP 65 e via G. Vecchi è stata assunta una soggiacenza tra -2,0÷2,5 m pc, nelle rimanenti parti del territorio è stata utilizzata una profondità del livello idrico nel sottosuolo tra -1,0÷-1,5 m pc.

Le quote dei livelli idrici precedentemente rilevati nei pozzi sono state confrontate e comparate a quelle misurate nelle prove geognostiche eseguite dal 2018 al 2024.

Le elaborazioni sviluppate hanno evidenziato la presenza di strati sabbiosi – sabbioso limosi, saturati dalla falda idrica sotterranea con valori del coefficiente di sicurezza alla liquefazione inferiori a 1 e in prevalenza prossimi a tale valore.

In funzione di detti coefficienti è stato calcolato l'Indice del Potenziale di Liquefazione (IL *Iwasaki*, 1982 – *Sonmez* 2003).

La classificazione proposta da *Sonmez (2003)*, per potenziale liquefazione pari a 0 definisce una pericolosità di liquefazione assente/nulla, per $0 \leq IL < 2$ la pericolosità è bassa, per $2 \leq IL < 5$ la pericolosità è moderata, per $5 \leq IL < 15$ è alta.

I valori puntuali di IL sono evidenziati, per le prove analizzate corredate dei dati di acquisizione, nelle carte dei fattori di amplificazione.

I parametri ottenuti hanno evidenziato per il 95% delle verticali analizzate $IL = 0.0 \div 0.5$ e pertanto a grado di pericolosità di liquefazione molto basso/praticamente trascurabile; per una percentuale del 4 % i terreni appartengono al campo $IL = 0.6 \div 2.0$ a pericolosità bassa; una percentuale molto ridotta 1%, denota pericolosità moderata $IL = 3.6 \div 4$. Quest'ultima è localizzata in due areali di limitata estensione uno nel settore nord orientale del capoluogo tra via Marzabotto e via J. Cavazzoni, ed uno ad ovest del T. Crostolo in corrispondenza di Begarola. Detti parametri di pericolosità moderata, appartengono a fasce di tratto di canale fluviale estinto e di golena.

La distribuzione verticali di indagine esaminate è diffusa in modo “omogeneo” nelle aree urbanizzate sia a destinazione civile che produttiva e significativamente rappresentativa nel forese.

Le valutazioni effettuate evidenziano che la prevalenza del territorio comunale è contraddistinta da pericolosità di liquefazione da nulla/praticamente trascurabile a molto bassa e bassa 99% delle verticali esaminate e da una percentuale molto bassa a grado di pericolosità moderata 1%.

Tali condizioni concordano con le caratteristiche geomorfologiche territoriali: area di media pianura con presenza di ampia estensione di ambiti vallivi nei settori orientali e settentrionali, zone occidentali centrali.

Nell'insieme le analisi svolte esprimono un indice territoriale di pericolosità di liquefazione da nullo a basso praticamente per quasi la totalità dell'estensione della superficie comunale, l'indice di pericolosità moderato per una ridotta percentuale della stessa.

I risultati dei valori di IL ottenuti, di seguito esposti, sono riportati nelle allegate cartografie e schede.

Codice indagine	IL	Codice indagine	IL	Codice indagine	IL	Codice indagine	IL	Codice indagine	IL	Codice indagine	IL
035008P90	0.3	035008P117	0	035008P144	0	035008P171	0	035008P198	0	035008P272	0
035008P91	0	035008P118	0	035008P145	0	035008P172	0.4	035008P199	0	035008P273	0
035008P92	0.2	035008P119	0	035008P146	0.1	035008P173	0	035008P200	0	035008P274	0.3
035008P93	0	035008P120	0.2	035008P147	0	035008P174	0	035008P201	0	035008P275	0
035008P94	0	035008P121	0	035008P148	0	035008P175	0	035008P202	0	035008P276	0.2
035008P95	0.4	035008P122	0	035008P149	0	035008P176	0	035008P203	0	035008P53	0
035008P96	0.2	035008P123	0.1	035008P150	0	035008P177	0	035008P204	0	035008P54	3.6
035008P97	0.4	035008P124	0	035008P151	0.3	035008P178	0	035008P205	0	035008P55	0
035008P98	0.3	035008P125	0	035008P152	0	035008P179	0	035008P206	0	035008P56	0
035008P99	0	035008P126	0	035008P153	0	035008P180	0	035008P239	0	035008P57	0.6
035008P100	0	035008P127	0	035008P154	0.2	035008P181	0	035008P240	0	035008P58	0.3
035008P101	0	035008P128	0	035008P155	0	035008P182	0	035008P244	0.7	035008P59	0.1
035008P102	0.1	035008P129	0.4	035008P156	0.5	035008P183	0	035008P245	0.1	035008P60	0.4
035008P103	0	035008P130	0.2	035008P157	0	035008P184	0	035008P246	0	035008P61	0.3
035008P104	0	035008P131	0.3	035008P158	0	035008P185	0	035008P248	0	035008P62	0.3
035008P105	0	035008P132	0.4	035008P159	0	035008P186	0	035008P250	0	035008P63	0.2
035008P106	0	035008P133	0	035008P160	0.1	035008P187	0	035008P256	0	035008P64	1.5
035008P107	0	035008P134	0	035008P161	0	035008P188	0	035008P257	0.6	035008P65	0.4
035008P108	0	035008P135	0	035008P162	0	035008P189	0	035008P258	0.1	035008P66	0.1
035008P109	0.4	035008P136	0	035008P163	0	035008P190	0.1	035008P259	0.4	035008P68	0.5
035008P110	0	035008P137	0	035008P164	0	035008P191	0	035008P260	0	035008P69	0.9
035008P111	0	035008P138	0	035008P165	0	035008P192	0	035008P261	0	035008P70	0
035008P112	0	035008P139	0	035008P166	0.1	035008P193	0	035008P262	0	035008P263	0
035008P113	0	035008P140	0.1	035008P167	0	035008P194	0	035008P268	0	035008P264	0
035008P114	0	035008P141	0.1	035008P168	0.1	035008P195	0	035008P269	0	035008P265	4
035008P115	0.2	035008P142	0	035008P169	0	035008P196	0	035008P270	0	035008P266	0.3
035008P116	0	035008P143	0	035008P170	0	035008P197	0	035008P271	0	035008P267	0.6

7.2 CEDIMENTI STATICI E CEDIMENTI INDOTTI DALL'AZIONE SISMICA

La stima delle deformazioni permanenti indotte dalla sollecitazione sismica, in relazione al volume significativo dei terreni nel quale si possono sviluppare i contributi a dette deformazioni (-5/-10 m pc) ed alla presenza nei primi 10/15 m del sottosuolo di strati argilloso limosi–limoso argillosi a medio basso grado di consistenza, di alternanze limose – limoso sabbiose a modesta resistenza alla compressione e di sequenze sabbioso limose – sabbioso fini, saturati dalla falda idrica sotterranea, è stata sviluppata mediante la correlazione di *Richards e Elms (1979)* utilizzando i valori delle amplificazioni ottenuti dalle analisi di risposta sismica locale con codice di calcolo.

La valutazione effettuata fornisce parametri territoriali di tipo indicativo.

Gli abbassamenti per effetti dello scuotimento sismico sono generalmente compresi tra 0,5/-1÷3 cm tollerabili dalle opere in elevazione.

I cedimenti per consolidazione di medio termine in condizioni statiche sono generalmente compresi tra 3,0 e 5,0 cm e con differenziali inferiori a 2 cm.

Detti valori dei cedimenti e valori differenziali sono usuali per le sequenze litologico tecniche che formano il sottosuolo del territorio di Cà del Bosco di Sopra.

Le deformazioni permanenti per i terreni fini, di modesta entità, prevalentemente indicano un grado di compressibilità basso e medio di tali litotipi.

I valori dei cedimenti per sollecitazioni dinamiche sono usuali per le sequenze litologico tecniche che formano il sottosuolo del territorio in narrativa e rientrano nel campo dell'accettabilità.

8 INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Per determinare le velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio Vs, delle unità litotecniche che costituiscono i primi 40÷60/70 m del sottosuolo, sono state effettuate prospezioni geofisiche a rifrazione a doppia acquisizione dei segnali sismici con metodo Re.Mi. e metodo MASW, mediante stendimenti ad antenna monodirezionale con lunghezza di 69 m; i dati registrati sono stati elaborati con procedura integrata Re.Mi./MASW e verticali puntuali a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

Queste ultime sono state sempre eseguite congiuntamente alle prospezioni Re.Mi./MASW.

Dette indagini, che saranno in maggior dettaglio di seguito elencate, sono state distribuite sul territorio sia in funzione delle finalità di caratterizzazione sismica dell'urbanizzato, degli ambiti suscettibili di urbanizzazione e delle principali infrastrutture; oltre a ciò sono state effettuate verticali di acquisizione delle Vs anche in altri siti al fine di individuare i valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio dei vari tipi di terreni e loro spessore, presenti nel territorio di Cadelbosco di Sopra.

Le prospezioni effettuate, in rapporto all'estensione dell'area comunale, hanno esaminato il territorio con 1 punto di analisi con mappa 0,5/1,0 km (0,6÷0,9 kmq) per le aree urbanizzate del capoluogo e sue zone industriali – uso produttivo e di 0,9÷1,4 km per le zone extraurbane (1,0 ÷ 1,4 kmq).

8.1 Interpretazione e Metodologia di Elaborazione dei Risultati – Incertezze

Le indagini geofisiche e geognostiche di Microzonazione Sismica sono finalizzate all'individuazione delle caratteristiche del sottosuolo dell'area esaminata in funzione del comportamento dinamico in concomitanza di un evento sismico.

Ne consegue che i rilevamenti diretti e prospezioni geognostiche e geofisiche, analisi di laboratorio, geomorfologiche, stratigrafiche, idrogeologiche, sono da indirizzare all'individuazione del modello geologico tecnico e sismico e del comportamento dinamico delle litozone oggetto di microzonazione.

In funzione delle caratteristiche dei terreni che formano il primo metro, a zone 1,5 m, dal piano campagna costituiti da suolo agrario aerato e a zone da materiali di riporto e/o da terreni rimaneggiati, la determinazione dei valori di Vs₃₀ è stata definita trascurando lo spessore di 1/1,5 m di detti materiali. Quanto esposto si è stabilito in rapporto sia alle caratteristiche del patrimonio edilizio esistente che delle pratiche operative normalmente

utilizzate nella realizzazione di manufatti, che in netta prevalenza interessano i temini litologici sottostanti il primo metro dal piano campagna.

Nella definizione dei valori dei fattori di amplificazione che competono alle unità o formazioni è stata inoltre considerata la netta prevalenza (>80%) del campo delle amplificazioni che caratterizzano lo stesso litotipo.

In rapporto a tale tipo di analisi sono inoltre state esaminate ed utilizzate analoghe prospezioni eseguite in aree di territori comunali adiacenti, nelle quali sono presenti terreni con caratteristiche simili/equivalenti a quelle riscontrabili nella zona Cadelbosco di Sopra.

In rapporto all'estensione degli sviluppi che comprendono i più significativi insediamenti urbanizzati, dette zone sono state esaminate con un punto per unità di area compresa tra 0,6 e 1,0 kmq; in relazione alla superficie complessiva del territorio comunale corrispondente a 44,6 kmq, in base ai punti di prospezione eseguiti la zona esaminata è stata investigata per unità di area mediamente corrispondenti a $1 \div 1,1$ kmq.

8.2 Microtremori con la tecnica HVSR

Le indagini a stazione singola con acquisizione di microtremori ambientali si sono effettuate in 41 punti, che sono stati integrati da 12 analoghe verticali eseguite negli adiacenti comuni di Castelnovo di Sotto, Campegine, Bagnolo in Piano, Novellara; pertanto nella zona esaminata sono stati considerati in totale di 53 punti, distribuiti con maglia statisticamente rappresentativa che rapportata all'estensione del territorio comunale: 44.06 kmq, ha consentito di esaminare lo stesso secondo dimensioni areali medie di $1,0 \div 1,1$ kmq.

Le prospezioni sono state eseguite utilizzando un sismometro modello Tromino dotato di sensori da 4,5 Hz di frequenza propria, ad elevata dinamica (24 bits).

Le acquisizioni sono state effettuate campionando il segnale a 200 Hz per una durata di circa 30 minuti.

Tali dati sono stati analizzati con la tecnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) utilizzando il programma *Grilla*.

L'elaborazione dei dati acquisiti ha evidenziato i risultati riportati nelle allegate schede "Indagine HVSR" in cui la linea rossa continua in grassetto evidenzia la media delle finestre di calcolo, mentre le linee sottili rappresentano l'intervallo di confidenza al 90% rispetto alla media calcolata.

8.3 Prospezione sismica a rifrazione passiva/attiva Re.Mi./MASW

Le prospezioni, effettuate in numero complessivo di 41, sono state eseguite con un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica *GEOMETRICS GEODE*, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 3 m per una lunghezza totale di ogni stendimento di 69 m, dette indagini sono state integrate da 12 analoghe prospezioni precedentemente eseguite nelle aree dei territori comunali adiacenti.

Nella procedura del “metodo attivo” le onde superficiali sono generate mediante una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e sono registrate da uno stendimento lineare costituito ricevitori posti a distanza costante che varia in funzione della lunghezza complessiva dell’antenna.

Il procedimento del “metodo passivo” presenta caratteristiche geometriche dello stendimento uguali a quelle del sistema attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (microtremore) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche esaminano bande spettrali differenti: il metodo attivo consente di acquisire in modo dettagliato una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce significative informazioni relative alla parte più superficiale del sottosuolo (fino a circa 10÷20 m di profondità); il metodo passivo permette di determinare e definire una curva di dispersione nelle bande di frequenza tra 2 e 20 Hz e fornisce informazioni di maggior dettaglio sugli strati più profondi.

La combinazione delle due tecniche, mediante elaborazione integrata, consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 2 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell’andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 40–80–100 m di profondità, in funzione della lunghezza dello stendimento e della densità dei terreni.

Nell’esecuzione della prova MASW (attiva) è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 10 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking). La sorgente è stata posta ad una distanza di 6 e 10 m dal primo geofono (“Optimum Field Parameters of an MASW Survey”, *Park et al., 2005; Dal Moro, 2008*).

Per l’acquisizione dei microtremori ambientali (Re.Mi.) sono state effettuate venti registrazioni della durata di 30/50 sec. con una frequenza di campionamento di 500 Hz.

L’elaborazione del segnale consiste nell’operare, tramite un opportuno software, una trasformata bidimensionale “*slowness-frequency*” (p - f) che analizza l’energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare lo spettro di potenza su un grafico p - f . Gli spettri delle singole acquisizioni sono quindi mediati, escludendo eventualmente quelli che presentano una bassa coerenza.

In tale spettro mediato si evidenziano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, permettendo un riconoscimento visivo delle onde di superficie (che hanno carattere dispersivo), da quelle riconducibili ad altri modi e tipi (onde di superficie di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente).

In funzione di quanto esposto è possibile effettuare un “*picking*”, attribuendo ad un certo numero di punti una o più *slowness* (p o $1/velocità$ di fase) ed ottenere una “*curva di dispersione*”.

Quest’ultima è visualizzata su un diagramma in cui appare anche la curva di dispersione calcolata in base ad un modello di Vs che è modificabile in sede di elaborazione. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, la curva di dispersione calcolata è adattata sino a aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

I risultati ottenuti ed i relativi diagrammi di elaborazione sono visualizzati nelle allegate schede “Indagine.MASW/ Re.Mi, riportanti lo spettro di potenza mediato, la curva di dispersione, sia sperimentale che calcolata, ed il relativo modello interpretativo.

9 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

9.1 Carta delle indagini

In riferimento all’analisi delle caratteristiche litotecniche territoriali è stata effettuata una raccolta dati, mediante un censimento delle indagini geognostiche e geofisiche realizzate per varie finalità nel territorio oggetto di analisi, presso le Amministrazioni Pubbliche Locali: Ufficio Tecnico Comunale, Servizio Aree Affluenti del Po Reggio Emilia, database Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione Emilia Romagna.

In considerazione del contesto geo-litologico in primo luogo sono state considerate, tutte le indagini sismiche di tipo Re.Mi, HVSR prove penetrometriche statiche CPT Rm, CPTU, sondaggi meccanici.

Successivamente è stata effettuata una selezione di dette documentazioni in base alla valutazione dell’attendibilità del dato.

In sintesi tra le indagini esistenti sono stati selezionati complessivamente:

- 282 prove penetrometriche statiche, CPT-RM.
- 4 prove penetrometriche CPTE
- 26 prove penetrometriche CPTU
- 23 sondaggi meccanici a carotaggio continuo (SM)
- 5 stratigrafie derivanti da perforazioni di pozzi per acqua (PA)
- 51 prospezioni sismiche a rifrazione con metodo passivo ad antenna monodimensionale: Re.Mi. e/o con metodo integrato Re.Mi./MASW.
- 51 prospezioni sismiche con metodo sismico passivo con tecnica a stazione singola H.V.S.R.

In riferimento alla caratterizzazione degli ambiti: urbanizzati a quelli di prevedibile nuovo sviluppo, frazioni e principali reti infrastrutturali, preventivamente selezionati in accordo con l’U.T. Comunale, per i quali risulta necessario effettuare gli approfondimenti sismici prescritti dai testi di indirizzo riportati in premessa, sono state eseguite le seguenti indagini:

- 41 prospezioni di sismica a rifrazione con metodo integrato passivo/attivo con antenna monodirezionale Re.Mi./MASW; pertanto, comprendendo quelle precedentemente eseguite nelle aree comunali di Castelnovo di Sotto, Campegine, Bagnolo in Piano, Novellara si ottiene un n° complessivo di 51 siti di misura

- 41 prospezioni di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R., comprendendo quelle precedentemente eseguite nel territorio comunale ed in quelli dei comuni adiacenti si ottiene un n° complessivo di 51 siti di misura.

Le indagini sono state georeferenziate in apposito elaborato cartografico in scala 1:10.000 comprensivo dell'intero territorio comunale; le prospezioni geofisiche hanno coperto quest'ultimo secondo una maglia sub quadrata – rettangolare con lati di 500÷900 m nell'area sede del capoluogo, zone industriali e delle principali frazioni, con interassi di 900÷1400 m nelle zone extraurbane.

9.2 Carta delle frequenze naturali del terreno

La campagna di prospezioni geofisiche eseguite nell'area comunale di Cadelbosco di Sopra, unitamente a quelle precedentemente effettuate nei territori adiacenti, ha permesso di determinare le caratteristiche in termini di frequenza di vibrazione dei tipi litologici che formano il sottosuolo delle zone sede dell'urbanizzato, di previsto sviluppo, frazioni, case sparse.

A tale finalità sono state utilizzate:

- 51 verticali a stazione singola con acquisizione di microtremori (HVSr)

Nel contesto delle indagini effettuate, relativamente alle analisi di approfondimento di primo livello, sono risultate significativamente efficienti le verticali con acquisizione di microtremori con stazione singola: HVSr. I dati ottenuti dalle elaborazioni di tali prospezioni consentono infatti di definire le modalità di vibrazione del terreno ed individuare sia la frequenza di risonanza (F_0) che l'ampiezza (A) dei rapporti spettrali in corrispondenza delle frequenze.

Considerando che sussiste una correlazione diretta (anche se non lineare) tra i fenomeni di “risonanza” e l'amplificazione del moto del suolo in concomitanza di sollecitazione sismica (effetti di sito), è evidente l'efficienza di detta tipologia d'indagine per individuare, come previsto dal primo livello di approfondimento degli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica, le aree con comportamento sismico omogeneo - equivalente.

Per meglio evidenziare possibili congruenze tra i risultati, i valori Frequenza/Ampiezza rilevati sono stati associati, in termini di frequenza e di ampiezza del picco HVSr come di seguito esposto:

Frequenze Hz	Ampiezze A
	$1,5 \leq A$
	$1,5 \leq A < 2$
$0,6 \leq F_0 < 1,0$	$2,0 \leq A < 3,0$
	$A \geq 3,0$

Dette associazioni sono riportate nella tavola “Frequenze Naturali Terreni” (Tav. 1.4). Le misure sono state identificate mediante una serie di simboli con colori e dimensioni

differenti. Il colore è correlato alle diverse classi di frequenza mentre la dimensione alla classe di ampiezza.

Mediante questa indicizzazione dei risultati è stato possibile valutare la distribuzione delle classi di frequenza e ampiezza sul territorio e sviluppare alcune considerazioni qualitative sull'area oggetto di studio.

I valori delle frequenze principali nel territorio di Cadelbosco di Sopra presentano un modesto campo di variabilità compreso tra $F_0 = 0.7/1.0$ Hz.

Detti parametri, sebbene non evidenzino significative differenziazioni, indicano comunque una tendenziale localizzazione dei valori relativi minori, 0.8 Hz, nel settore occidentale centro meridionale della superficie comunale.

Tali aspetti indicano una tendenziale correlazione con il modello litostratigrafico del sottosuolo dell'area in esame che nelle zone meridionali orientali è caratterizzato dall'aumento in spessore e delle componenti argilloso limose dei depositi del Sintema Emiliano Romagnolo Superiore e dall'incremento in profondità del substrato pre-pliocenico.

9.3 Tetto delle ghiaie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico

Gli elementi nel sottosuolo delle zone di pianura che influenzano il moto in superficie sono rappresentati da depositi a comportamento relativo più rigido quali le unità o corpi prevalentemente ghiaioso sabbiosi – sabbiosi più o meno lentiformi nei primi 10÷20/40 m del sottosuolo e la profondità del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.

9.3.1 Tetto Ghiaie e sabbie

La carta del tetto delle ghiaie sabbiose – sabbie e delle unità sabbiose superficiali (da pc. a -10/-15 m pc), ottenuta dall'analisi congiunta delle prove penetrometriche CPT – stratigrafie di sondaggi meccanici, dei pronunciati contrasti d'impedenza nei primi 5÷20 m del sottosuolo evidenziati da alcune delle verticali Re.Mi./MASW eseguite, visualizza la profondità in m rispetto al piano campagna nelle quali prevalgono le litozone ghiaioso sabbiose – sabbiose con spessori significativi in rapporto agli effetti indotti al moto sismico in superficie.

Il tetto delle ghiaie sabbiose-sabbie, costituito dalle propaggini di terminazione frontale delle conoidi alluvionali dei Torrenti Minori e del T. Enza, si rinviene nei settori meridionali-centro meridionali del territorio comunale: sud di via C. Prampolini – SP 40 per Bagnolo circa, delimitato ad ovest dalla SP 358R –Cavo Cava e ad est dal Cavo Bresciana – via Vialato, nei quali le sequenze contenenti strati sabbioso ghiaiosi si riscontrano a -20/-30 m pc con profondità che aumentano da sud a nord.

Il tetto delle sabbie nella zona centro occidentale settentrionale e nella fascia all'estremità nord orientale indica la presenza delle propaggini di terminazione meridionale dei corpi sabbiosi dell'Unità Idrogeologica del Po.

Il tetto delle sabbie delle unità sabbiose superficiali visualizza le linee di egual profondità rispetto al piano campagna delle quali quella più esterna individua il letto dell'unità (contratto tra la base delle litozone sabbiose con i depositi fini argillosi limosi – limoso argillosi) e quella più interna con il tetto della stessa; dette isolinee individuano fasce nastriformi discontinue prevalentemente allungate in direzione sud ovest – nord est.

Nelle litozone in oggetto lo spessore degli orizzonti sabbiosi varia tra $1/2 \div 3/4$ m e lo stato di addensamento oscilla generalmente da poco addensato a moderatamente addensato.

I settori nei quali i corpi sabbiosi evidenziano gli spessori relativi maggiori: $2 \div 3/4$ m, si riscontrano nella parte centro meridionale del territorio al quale appartengono il capoluogo e sue zone industriali e nel settore orientale; in dette aree quelli più significativi sono individuati dalla fascia allungata sud – nord est circa dal capoluogo – Zona Industriale sud a La Madonnina, che asseconda l'andamento della SP 63 R; analoga caratteristica evidenzia l'area allungata sud nord che si estende concordemente a via G Mazzini – SP 40 dal confine comunale sud a La Rocca a Villa Argine – via Quarti.

La distribuzione areale delle profondità minori del tetto delle sabbie e di quello delle ghiaie concorda con le caratteristiche di accrescimento deposizionale territoriale: tratti di antichi percorsi d'alveo fluviale estinti e fascia di terminazione frontale delle conoidi alluvionali dei Torrenti Minori e del T. Enza; nell'estremità meridionale centrale, sud capoluogo, si evidenzia la correlazione di valori relativi di V_{s30} mediamente maggiori con la presenza del limite delle conoidi minori.

9.4 Tetto del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico

Le profondità dal piano campagna e l'assetto spaziale, dell'unità litotecnica che localmente indica comportamento relativo più rigido, con caratteristiche assimilabili al bedrock sismico, sono state individuate in funzione dei valori di frequenza principale ottenuti dalle prospezioni HVSR e dalle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio della successione litotecnica che costituisce i primi 250/300 m del sottosuolo, valutate in base ai dati di V_s ottenuti dalle prospezioni MASW/Re.Mi.

In riferimento a tali dati mediante la relazione:

$$H = \frac{V_s}{4f_0}$$

si è stimata la profondità dal piano campagna alla quale sono rinvenibili gli orizzonti litotecnici assimilabili al bedrock sismico, assunto con $V_s=700$ m/sec.

Tale stima è stata integrata in base al prolungamento in profondità dell'inclinazione delle parti terminali dei profili V_s delle verticali MASW/Re.Mi., nelle quali detta analisi risultava affidabile, sino al raggiungimento dei sopra indicati valori di V_s .

L'andamento spaziale denota una generale tendenza ad assecondare l'assetto della base dei depositi continentali del Sintema Emiliano Romagnolo Superiore ed in particolare della parte medio basale dell'unità stratigrafica AES3. Il tetto dell'unità assimilabile al bedrock sismico evidenzia geometrie con tendenziale incremento di gradiente della profondità nel

sottosuolo delle zone sud occidentali (ovest–sud ovest capoluogo) del territorio comunale. Nelle zone più settentrionali, nord – nord est di Cadelbosco di Sotto, la profondità tende a diminuire in accordo con il progressivo incremento in percentuale rappresentata e spessore degli orizzonti sabbiosi dell'unità deposizionale del Po.

Nella fascia orientata sud ovest – nord est circa tra Zurco e Villa Seta le profondità relative minori (-100/-110 m pc) indicano una correlabilità con il settore di territorio nel cui sottosuolo sono assenti sovrascorrimenti o faglie principali che coinvolgono il substrato pre-pliocenico e con minore locale profondità relativa dello stesso.

Il tetto dell'unità litostratigrafica assimilabile al bedrock sismico è tendenzialmente correlabile alla parte medio basale dell'unità AES3.

9.5 Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dipartimento Protezione Civile e Conferenza Delle Regioni e P.A., DGR.ER 1936/2023, e DGR 564/2021, sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica.

Per dette aree sono stati definiti gli approfondimenti di indagine ed analisi per la microzonazione sismica ed i livelli di approfondimento da effettuarsi in funzione delle condizioni di pericolosità sismica che ad esse compete.

Nell'individuazione e delimitazione di dette zone oltre alle documentazioni territoriali prove penetrometriche CPT – CPTU, sondaggi meccanici, sono state utilizzate le verticali di indagine geofisica di tipo lineare ed antenna monodirezionale (MASW/Re.Mi.) che puntuali a stazione singola (HVSr). Detta analisi integrata ha consentito una più attendibile individuazione delle unità litologiche contraddistinte da comportamenti in condizioni statiche e dinamiche considerabili tra essi praticamente equivalenti.

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS Tav. 1.3, scala 1: 10.000, costituisce pertanto una zonazione di primo livello di approfondimento di tipo avanzato.

Al fine di individuare le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica sono stati utilizzati gli elaborati cartografici, prospezioni geognostiche precedentemente descritti, integrando detti dati con valutazioni di carattere geotecnico.

Dette disamine sono state sviluppate anche in riferimento alle elaborazioni individuanti i differenti scenari di pericolosità sismica locale e degli effetti locali attesi del PTCP della Provincia di Reggio Emilia, agli elaborati della Microzonazione sismica di II° livello 2016/2019 (*Centrogeo*) del Comune di Cà del Bosco di Sopra.

Le sopradescritte analisi e documentazioni hanno consentito di delimitare ambiti litologico tecnici contraddistinti da differenti caratteristiche geotecniche, di rigidità e di deformabilità, definendo le diverse condizioni di pericolosità sismica locale.

9.5.1 Definizione successioni a comportamento sismico equivalente

L'individuazione delle sequenze litotecniche - sismiche delle aree a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica, è stata definita in funzione delle prospezioni geognostiche e geofisiche ed elaborati sopra descritti integrati dalle prospezioni geofisiche e geognostiche eseguite nelle zone adiacenti/prossime al confine comunale di Cà del Bosco di Sopra.

La discretizzazione delle verticali litotecniche, redatta in conformità alle simbologie e criteri degli standard di MS versione 4.2-12/2020, è stata eseguita in funzione delle caratteristiche litologiche e geotecniche che principalmente influenzano gli effetti dello scuotimento sismico in superficie, relativamente ai primi 20 – 30 m del sottosuolo.

In riferimento a quanto esposto sono state quindi individuate le sequenze delle zone stabili nelle quali gli effetti sono correlati ad amplificazione per caratteristiche litologico stratigrafiche: zone 2001-2002-2003, le zone di attenzione per instabilità: zone 3050:2004-2005-2006.

Queste ultime distinguono le successioni nelle quali sono presenti nei primi 5/15/20 m del sottosuolo orizzonti sabbiosi a medio basso grado di addensamento ($q_c < 20/40$ kgf/cm²) con $V_s < 170/200$ m/sec e con spessori compresi tra 1/2 m e 4/6 m, soggetti a potenziale pericolosità di liquefazione: zone di attenzione LQ.

Nelle zone in cui le successioni litologiche prevalentemente limoso argillose – limose contengono intercalazioni di strati sabbioso limosi – limoso sabbiosi, ad assetto prevalentemente lentiforme, con spessori inferiori/uguali ad 1 m e che nell'insieme dei primi 15 m pc non superano spessori di 2/3 m, contraddistinti da $V_s \leq 170$ m/sec nei primi 7/9 m pc, possono insorgere deformazioni correlate ad addensamenti di sottili strati sabbioso limosi, ai quali possono conseguire cedimenti differenziali.

Analoghi effetti caratterizzano le sequenze prevalentemente limoso argillose – argilloso limose che formano i primi 6/8 m del sottosuolo, volume significativo, a luoghi contenenti livelli sabbiosi lentiformi con spessore inferiore a 1 m, contraddistinte da valori di media resistenza alla punta di insieme al penetrometro statico corrispondenti a $q_c \leq 7/8$ kgf/cm² e valori di velocità di propagazione delle onde di taglio equivalenti a $V_s \leq 150/170$ m/sec.

9.5.1.1 Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – Aree Suscettibili di Effetti Locali e di attenzione per potenziale instabilità

Per la redazione “Carta delle aree suscettibili di effetti locali (MOPS)”, prevista come elaborato del presente studio al primo livello di approfondimento, le porzioni di territorio urbanizzato o suscettibili di trasformazione urbanistiche, classificate in conformità alle categorie previste nell'allegato 2 della DGR.ER 1936/2023, sono state suddivise in:

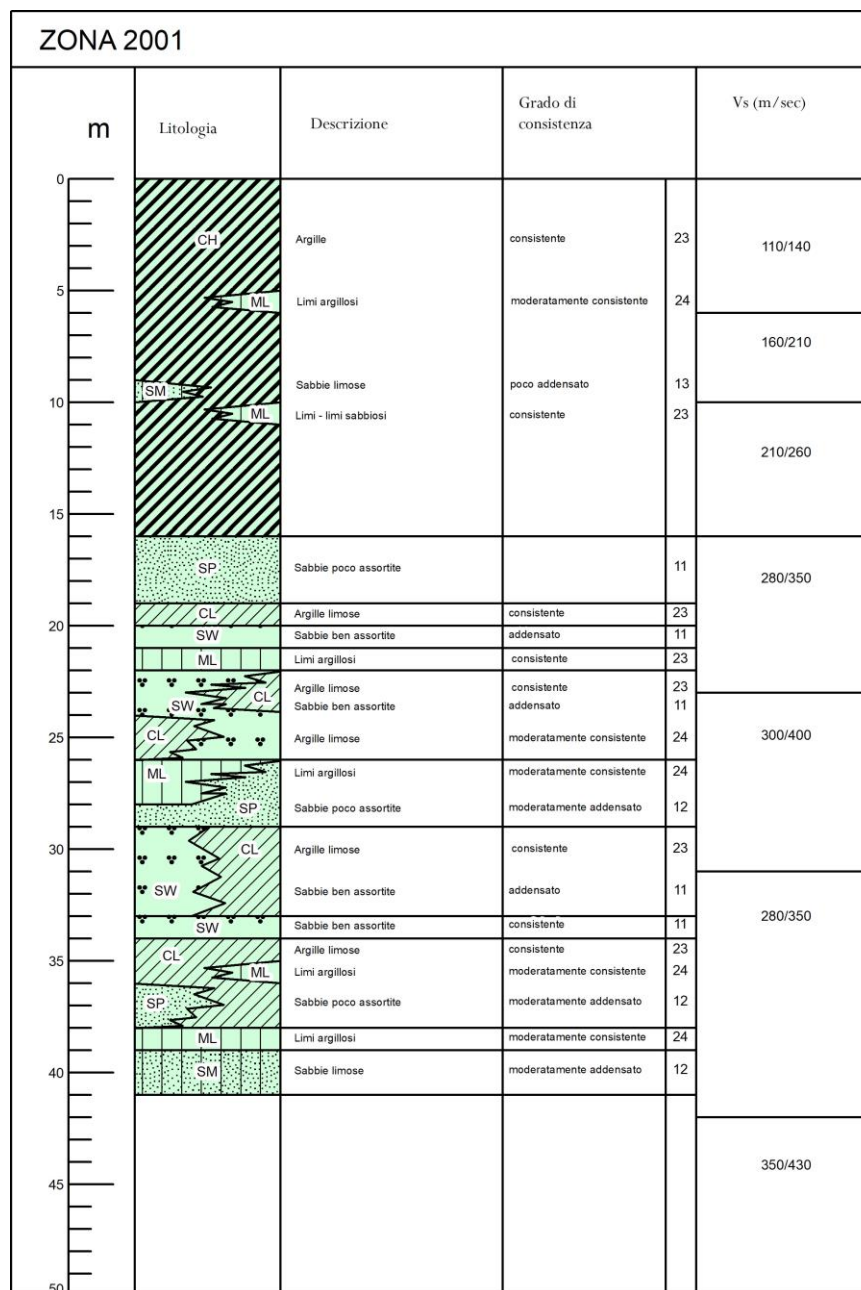
Zone stabili suscettibili di amplificazione locali

Zone di attenzione per instabilità

alle quali sono riconducibili le caratteristiche di seguito descritte:

- **Zone stabili suscettibili di amplificazione locali:** appartengono a tale categoria tutte le aree con caratteristiche stratigrafiche tali da indurre effetti locali di amplificazione per effetti della stratigrafia zone 2001/2002/2003 di legenda, secondo quanto previsto dai testi di riferimento indicati in premessa, in particolare dall'allegato 2 della DGR 1936/2023.
- **Zone suscettibili di instabilità:** appartengono a tale categoria tutte le aree potenzialmente soggette a deformazioni permanenti nelle quali le caratteristiche litostratigrafiche evidenziano la presenza di alternanze di strati sabbiosi – sabbioso limosi che nei primi $5 \div 15/20$ m del sottosuolo presentano spessori compresi tra $1/2 \div 4/6$ m, potenzialmente suscettibili di liquefazione: zone 30xy-ZA_{LQ}: 3050–2004/2005/2006; le zone a sequenze prevalentemente limose – limoso argilloso sabbiose che contengono corpi lentiformi sabbioso limosi di spessori inferiori/uguali a 1 m, moderatamente addensati – poco addensati, suscettibili di liquefazione – addensamenti; le successioni limoso argillose– argilloso limose poco consistenti nei primi 7 m del sottosuolo e con velocità di propagazione delle $V_s \leq 170$ m/sec, le sequenze prevalentemente limoso sabbiose – sabbioso limose poco consistenti nei primi $6 \div 8$ m del sottosuolo e con $q_c < 20 \div 40$ kgf/cm², $V_s \leq 170 \div 200$ m/sec soggette a potenziale pericolosità di addensamenti.

Le delimitazioni delle zone e relative colonne stratigrafiche, espresse nella legenda della tav. 1.3, si sono articolate come di seguito esposto:



ZONA 2001 – Aree stabili di piana inondabile a sequenze prevalentemente argillose consistenti (CH-23), con intercalati subordinati locali sottili strati lentiformi limoso argillosi moderatamente consistenti (ML-24) e sabbioso limosi poco addensati (SM-13) sino a -16 m pc contraddistinti da $V_s < 140$ m/sec nei primi 6 m pc e $V_s \leq 210$ m/sec da -6 a -10 m pc; alle profondità sottostanti sino a -34 m pc alternanze di strati sabbiosi e argilloso limosi con sostituzioni laterali tra gli stessi, sabbie ben assortite addensate (SW-11) – argille limose consistenti (CL-23), $V_s = 280/350$ m/sec sino a -23 m pc e $V_s = 300/400$ m/sec sino a -31/-34 m pc; seguono sino a -38 m pc argille limose consistenti (CL-23) con intercalati corpi lentiformi limoso argillosi consistenti (ML-23) e corpi sabbiosi a granulometria poco assortita moderatamente addensati (SP-12), $V_s = 280/350$ m/sec; soggiacciono alternanze di strati limoso argillosi consistenti e sabbioso limosi moderatamente addensati (ML-23/SM-12), sino a -41 m pc, $V_s = 350/430$ m/sec.

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

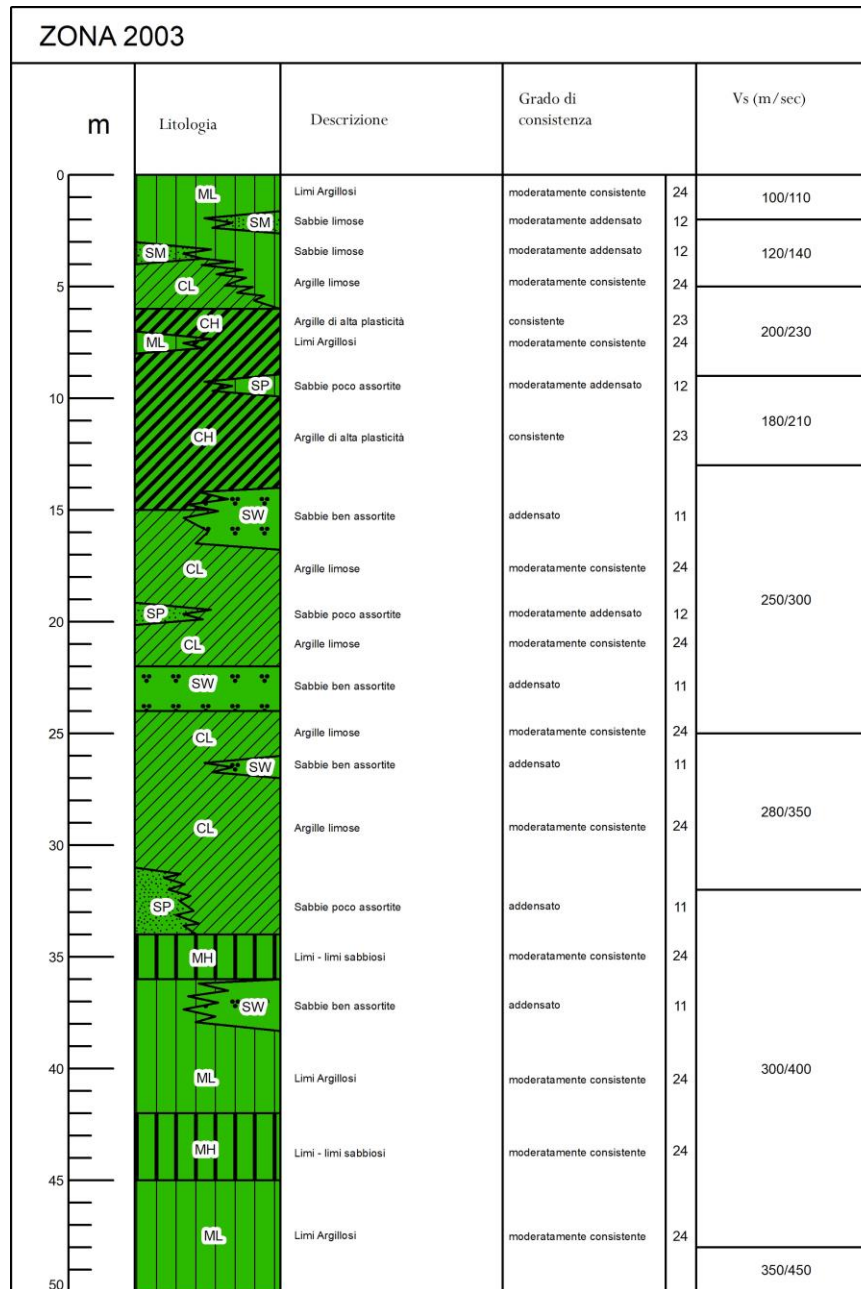
ZONA 2002					
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza		Vs (m/sec)
0	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	100/120
	SM	Sabbie limose	moderatamente addensato	12	
5	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24	190/210
	SM	Sabbie limose	moderatamente addensato	12	
10	CH	Argille di alta plasticità	consistente	23	180/200
	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12	
15	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	200/250
	SM	Sabbie limose	moderatamente addensato	12	
	ML	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12	
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	
20	SM	Sabbie limose	poco addensato	13	250/300
	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24	
	SM	Sabbie limose	poco addensato	13	
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24	
25	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12	300/350
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24	
	SW	Sabbie ben assortite	addensato	11	
	CH	Argille	consistente	23	
30	CH	Argille	consistente	23	350/400
	SW	Sabbie ben assortite	addensato	11	
35	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	
	SW	Sabbie ben assortite	addensato	11	
40	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24	350/400
45					
50					

ZONA 2002 – Aree stabili di piana inondabile con presenza di alternanze prevalentemente argilloso limose, moderatamente consistenti (CL-24), con intercalati subordinati sottili corpi sabbioso limosi moderatamente addensati (SM-12) con spessori inferiori a -1 m e strati limoso argillosi moderatamente consistenti (ML-24) sino a -7 m pc contraddistinti da Vs=190/210 m/sec; seguono sino a -13 m pc argille di alta plasticità consistenti (CH-23) con intercalati corpi di sabbiosi a granulometria poco assortita moderatamente addensati (SP-12), Vs=180/210 m/sec; alle profondità sottostanti sino a -34 m pc alternanze di strati, a zone con sostituzione laterale tra loro, argilloso limosi – limoso argillosi moderatamente consistenti (CL/ML-24) e sabbiosi – limoso sabbiosi moderatamente addensati – addensati/moderatamente consistenti (SP/SW-12/11; MH-24), Vs=200/250/350 m/sec; successivamente sino a -40 m pc argille limose mediamente consistenti (CL-24) con lenti di sabbie ben assortite (SW-11), Vs=300/350 m/sec; soggiacciono sino a -50 m pc limi argillosi moderatamente consistenti (ML-24) con Vs=350/400 m/sec.

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello

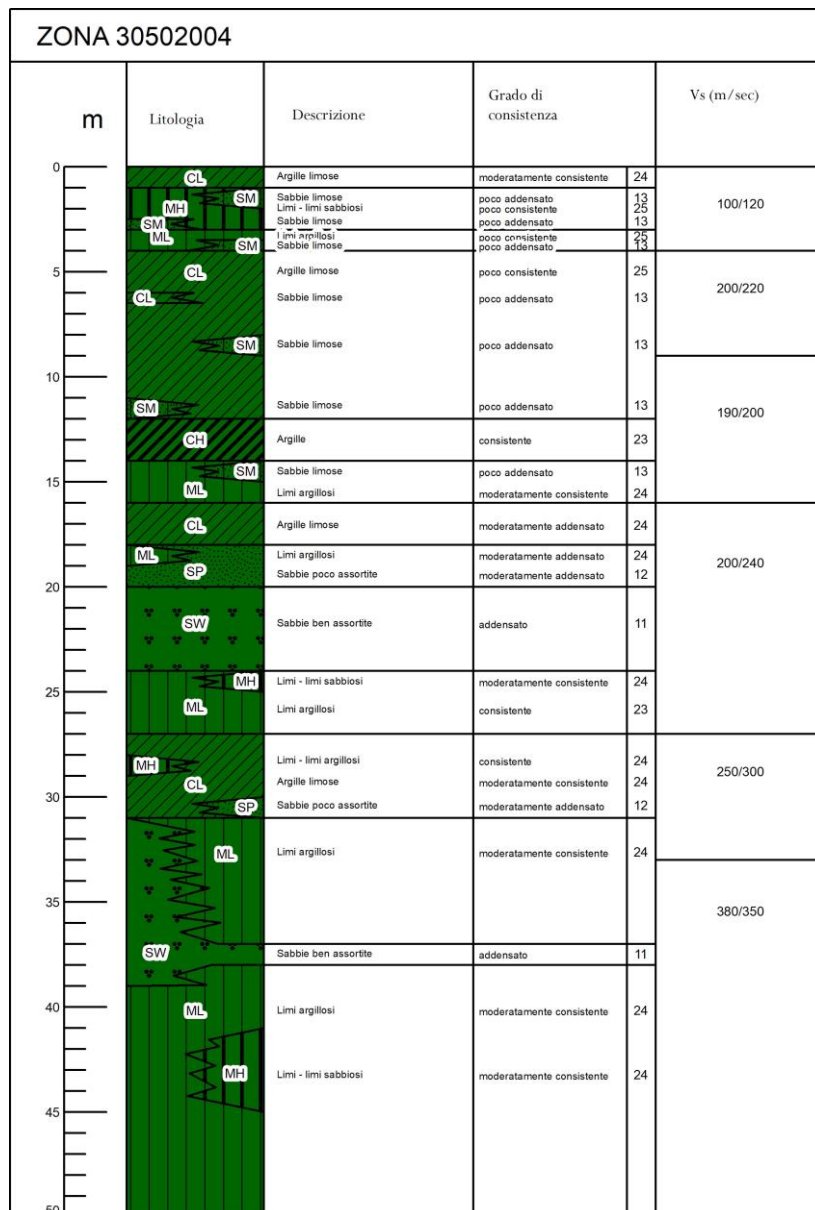


ZONA 2003 – Aree stabili di piana inondabile con presenza di sequenze prevalentemente limoso argillose – argilloso limose moderatamente consistenti (ML/CL-24) con intercalati subordinati corpi lentiformi sabbiosi limosi moderatamente addensati (SM-12) con spessori inferiori a -1 m, sino a -6 m pc, VS<140 m/sec; seguono sino a -24 m pc argille – argille limose consistenti – moderatamente consistenti (CH/CL-23/24) con intercalati corpi lentiformi, a zone continui, di sabbie poco assortite – ben assortite moderatamente addensate – addensate (SP/SW-12/11), Vs=250/350 m/sec; soggiacciono sino a -50 m pc alternanze limoso argillose – limoso sabbiose moderatamente consistenti (ML/MH-24) con intercalati locali lenti di sabbie ben assortite addensate (SW-11); Vs=350/450 m/sec.

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

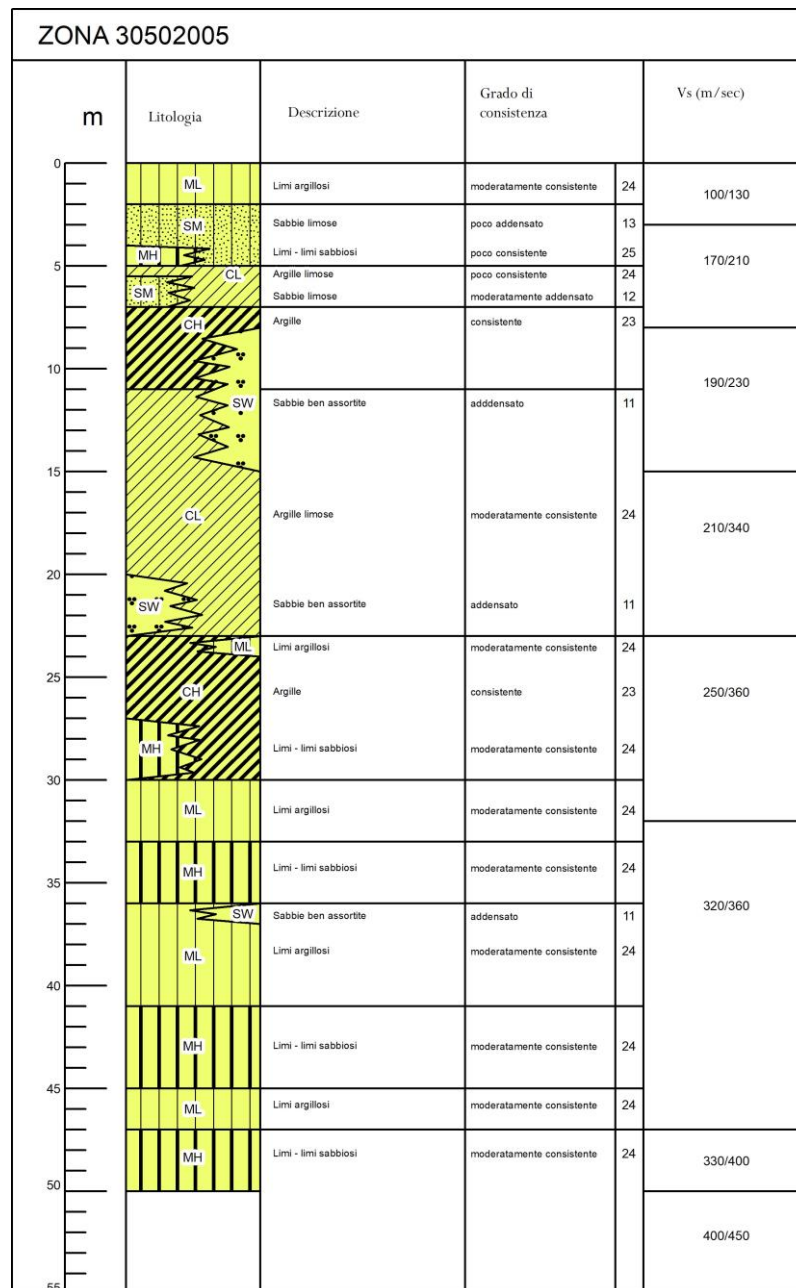


ZONA 30502004 – Zone di attenzione per instabilità (LQ): depositi di piana alluvionale prevalentemente limoso argillosi – limoso sabbiosi, poco consistenti (MH/ML-25) con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi poco addensati (SM -13) con spessori inferiori a 1 m e Vs<120 m/sec, nei primi 4 m del sottosuolo; a profondità sottostanti sino a -12 m pc argille limose moderatamente consistenti (CL-24), con intercalati corpi lentiformi limoso argillosi moderatamente consistenti (ML-24), Vs=200/220 m/sec sino a -9 m pc e successivamente Vs=190/200 m/sec; seguono sino a -18 m pc alternanze di strati argillosi – argilloso limosi e limoso argillosi consistenti – moderatamente consistenti (CH/CL/ML-23/24) e Vs=190/200 m/sec; soggiacciono sabbie ben assortite addensate (SW-11) con Vs=200/240 m/sec sino a -24 m pc; successivamente sino a -31 m pc alternanze limoso argillose e in subordine argilloso limose moderatamente consistenti (ML/CL-24) con intercalate lenti con spessori <1 m sabbioso limose poco addensate (SM-13), Vs=200/250/300 m/sec; successivamente seguono sino a -50 m pc alternanze limoso argillose – limoso sabbiose moderatamente consistenti (ML-MH-24) con intercalati corpi lentiformi, a zone continui, sabbiosi a granulometria ben assortita addensati (SW-11) con spessori di 4/7 m, Vs=280/350 m/sec.

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione – addensamenti;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, stima potenziale liquefazione/addensamento;

microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello per stima suscettività alla liquefazione e addensamenti.



ZONA 30502005 – Zone di attenzione per instabilità (LQ): sequenze prevalentemente sabbioso limose – limoso sabbiose poco addensate – moderatamente consistenti poco addensate (SM/MH-13/24) con Vs<130 m/sec nei primi 3 m del sottosuolo e successivamente sino a -5 m pc Vs=170/210 m/sec; a profondità sottostanti sino a -23 m pc argille – argille limose consistenti – moderatamente consistenti (CH/CL-23/11), Vs=190/230 m/sec, Vs=210/340 m/sec da -15 m a -23 m pc, con intercalati corpi sabbiosi lentiformi con spessori di 3/7 m addensati (SW-11); soggiacciono sino a -30 m pc argille di alta plasticità consistenti (CH-23) con intercalati corpi lentiformi limoso sabbiosi moderatamente consistenti (MH-24), Vs=250/360 m/sec; seguono sino a -50 m pc alternanze limoso argillose – limoso sabbiose moderatamente consistenti (ML-MH-24) con intercalate locali lenti di sabbie ben assortite addensate (SW-11), Vs=320/360 m/sec sino a -47 m pc e Vs=330/400 m/sec sino a -50 m pc, successivamente Vs=400/450 m/sec.

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, valutazione della suscettività alla liquefazione;

microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello per la stima di suscettività alla liquefazione.

ZONA 30502006				
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)
0	ML	Limi argillosi	poco consistente	25
	SM	Sabbie limose	poco addensate	13
	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensate	12
	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistenti	24
5	SM	Sabbie limose	poco addensate	13
	CL	Argille limose	moderatamente consistenti	24
	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistenti	24
10	CH	Argille	consistenti	23
	SM	Sabbie limose	moderatamente addensate	12
15	SW	Sabbie ben assortite	addensate	11
	CL	Argille limose	moderatamente consistenti	24
20	SW	Sabbie ben assortite	addensate	11
25	ML	Limi argillosi	moderatamente consistenti	24
30	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistenti	24
35	ML	Limi argillosi	moderatamente consistenti	24
	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistenti	24
	SW	Sabbie ben assortite	addensate	11
40	ML	Limi argillosi	moderatamente consistenti	24
45	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistenti	24
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistenti	24
50	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistenti	24

ZONA 30502006 – Zone di attenzione per instabilità (LQ): depositi di alveo fluviale a sequenze sabbiose – sabbioso limose poco addensate – moderatamente addensate (SP/SM-13/12) con intercalate lenti limoso sabbiose poco consistenti (MH-25) sino a -5 m pc, Vs=120/160 m/sec; a profondità sottostanti argille limose – argille moderatamente consistenti – consistenti (CL/CH-24/23) con lenti sabbioso limose – limoso sabbiose poco addensate – moderatamente consistenti, Vs=170/200 m/sec sino a -9 m pc; soggiacciono sino a -23 m pc argille di alta plasticità consistenti (CH-23) e argille limose moderatamente consistenti (CL-24) con intercalati corpi lentiformi di sabbie ben assortite addensate (SW-11) con spessori di 2/5 m, Vs=200/280/360 m/sec; successivamente sino a -50 m pc alternanze limoso argillose – limoso sabbiose moderatamente addensate (ML/MH-24) con intercalate locali lenti di sabbie ben assortite addensate (SW-11), Vs=300/380 m/sec sino a -30 m pc e successivamente Vs=400/450 m/sec.

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, valutazione della suscettività alla liquefazione;

microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello per la stima di suscettività alla liquefazione.

Il terzo livello di approfondimento è comunque richiesto nelle aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico come specificato nella DGR 1661/2009.

Nelle aree in cui sono previsti interventi in sotterraneo che richiedano scavi che si approfondiscano nel sottosuolo per altezze maggiori di

$$H > 2 \text{ m}$$

nelle quali dovranno essere sviluppate le verifiche di stabilità dei fronti di scavo con metodo pseudostatico o dinamico.

10 SECONDO E TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il secondo e terzo livello di approfondimento suddividono in dettaglio le aree oggetto di microzonazione sismica individuate negli elaborati di primo livello (carta MOPS) con la rideterminazione, quando necessario, dei limiti delle condizioni di pericolosità per liquefazione e densificazione; in tale fase è inoltre definita, in funzione di un indice quantitativo dipendente dalle condizioni stratigrafiche, l'amplificazione sismica attesa ($T_r=475$ anni; $\zeta = 5\%$) e dell'indice di liquefazione. In riferimento a quest'ultimo nella definizione delle condizioni di pericolosità territoriale è da considerare che per le zone con indice del potenziale di liquefazione minore di 2 (pericolosità bassa) gli effetti principali che possono conseguire alle azioni sismiche generino processi di addensamento degli strati sabbiosi limosi – sabbiosi e quindi in grado di determinare cedimenti differenziali.

Contestualmente alla classificazione del territorio con detta analisi sismica, sviluppata con codice di calcolo *Strata*, le elaborazioni individuano gli approfondimenti di terzo livello, integrativi, da effettuarsi, specificando le disamine da sviluppare.

10.1.1 Carta delle velocità delle onde di taglio (V_{s30})

La carta delle velocità delle onde di taglio V_s (Tav. 1.5), visualizza i valori di velocità equivalente di propagazione delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, soggiacenti i primi 1/1,5 m pc, (V_{s30} m/sec) determinate in base alle indagini Re.Mi./MASW effettuate.

Le elaborazioni delle acquisizioni hanno evidenziato la prevalenza di valori medi territoriali compresi tra $V_{s30}=220\div230/240$ m/sec. Si differenzia il settore sud orientale con maggiori relativi di $V_{s30}=250\div270$ m/sec, circa compreso tra la SP 358R e la SP 63R, delimitata a nord da via Marzabotto, con i massimi nella zona est del capoluogo; simili parametri con velocità media $V_{s30}=230\div260$ m/sec si riscontrano nella parte orientale centro meridionale tra il Cavo Bresciana e confine comunale est, delimitata a nord da via Molinazzo; a settentrione di quest'ultima la fascia orientale del territorio presenta velocità circa analoghe comprese tra $V_{s30}=230\div250$ m/sec, sino a C. Argine Vecchio; a nord di detta località – Cavo Modolena Alta e sino ai confini occidentale e settentrionale le velocità delle onde di taglio diminuiscono a $V_{s30}=220\div190$ m/sec con minimi nella zona adiacente a Santa Vittoria. Analoghi parametri di V_s caratterizzano la fascia al confine occidentale da detto cavo sino a via Tomba ad esclusione di Cà del Bosco di Sotto con $V_{s30}=240\div260$ m/sec. A meridione di detta via, ad eccezione di Molino del Trignano con V_{s30} equivalente a quella della sopracitata frazione, la fascia occidentale è contraddistinta da $V_{s30}=230\div210$ m/sec; simili valori di minimo relativo individuano l'area di Zurco nella quale $V_{s30}=190\div220$ m/sec.

L'assetto dei valori di V_{s30} che denota minimi relativi di $V_s=190\div210/220$ m/sec, nella fascia est – ovest Zurco – Molino Vico Zovaro indica una tendenziale correlabilità con le zone del territorio nel quale con l'aumento in profondità del substrato pre-pliocenico incrementa lo spessore dei depositi AES.

10.2 Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica

La microzonazione sismica di secondo livello di approfondimento, con valori dei fattori di amplificazione determinati con codice di calcolo, individua aree a comportamento sismico equivalente attribuendo alle stesse indici quantitativi che definiscono in base alle condizioni stratigrafiche e topografiche l'amplificazione sismica attesa ($T_r=475$ anni; $\zeta = 5\%$).

Ad ognuna delle microzone individuate sono assegnati i valori dei fattori di amplificazione $F_{PGA} - F_H - F_A$ attinenti alle microzone individuate.

In funzione di tali elaborazioni sono stati visualizzati nelle tavole i valori dei fattori di amplificazione dell'accelerazione in superficie in condizioni di *free field*: F_{aPGA} e dell'intensità spettrale: F_{aIS} , di seguito F_H , per gli intervalli 0.1 – 0.5 sec, 0.5 – 1.0 sec, 0.5 – 1.5 sec, attinenti alle microzone individuate.

I valori F_A , amplificazione in termini di accelerazione, sono riferiti agli intervalli 0.1 – 0.5 sec, 0.4 – 0.8 sec, 0.7 – 1.1 sec, 0.5 – 1.5 sec.

In funzione di questi ultimi sono stati determinati i parametri HSM ed H relativi agli stessi intervalli di F_A .

I campi dei valori sopra indicati, definiti in rapporto ai range di maggior amplificazione evidenziati dalla sovrapposizione di insieme degli spettri calcolati, sono significativamente indicativi per le azioni sismiche che possono interessare le prevalenti tipologie edificatorie esistenti presenti nel territorio comunale ed a quelle che in funzione delle indicazioni delle vigenti norme urbanistiche sono previste nella percentuale maggiore.

10.3 Definizione degli input sismici

L'analisi della pericolosità sismica del territorio comunale è stata sviluppata in base al modello di studio – elaborazione per la definizione della pericolosità sismica a scala locale proposto da A. Marcellini et alii (1998)³.

Tale schema prevede:

- *Caratterizzazione della pericolosità sismica a scala locale*: attuata mediante la definizione dello scuotimento al bedrock col 10% di probabilità di almeno una eccedenza in 50 anni mediante metodologia di tipo probabilistico.
- *Scelta dei moti di riferimento*: mediante la selezione di accelerogrammi reali da banche dati attraverso la comparazione degli spettri di risposta con quello determinato con metodo probabilistico.
- *Parametrizzazione geotecnica e sismostratigrafica dei terreni*: mediante la definizione sismostratigrafica e litotecnica delle verticali esaminate e la scelta

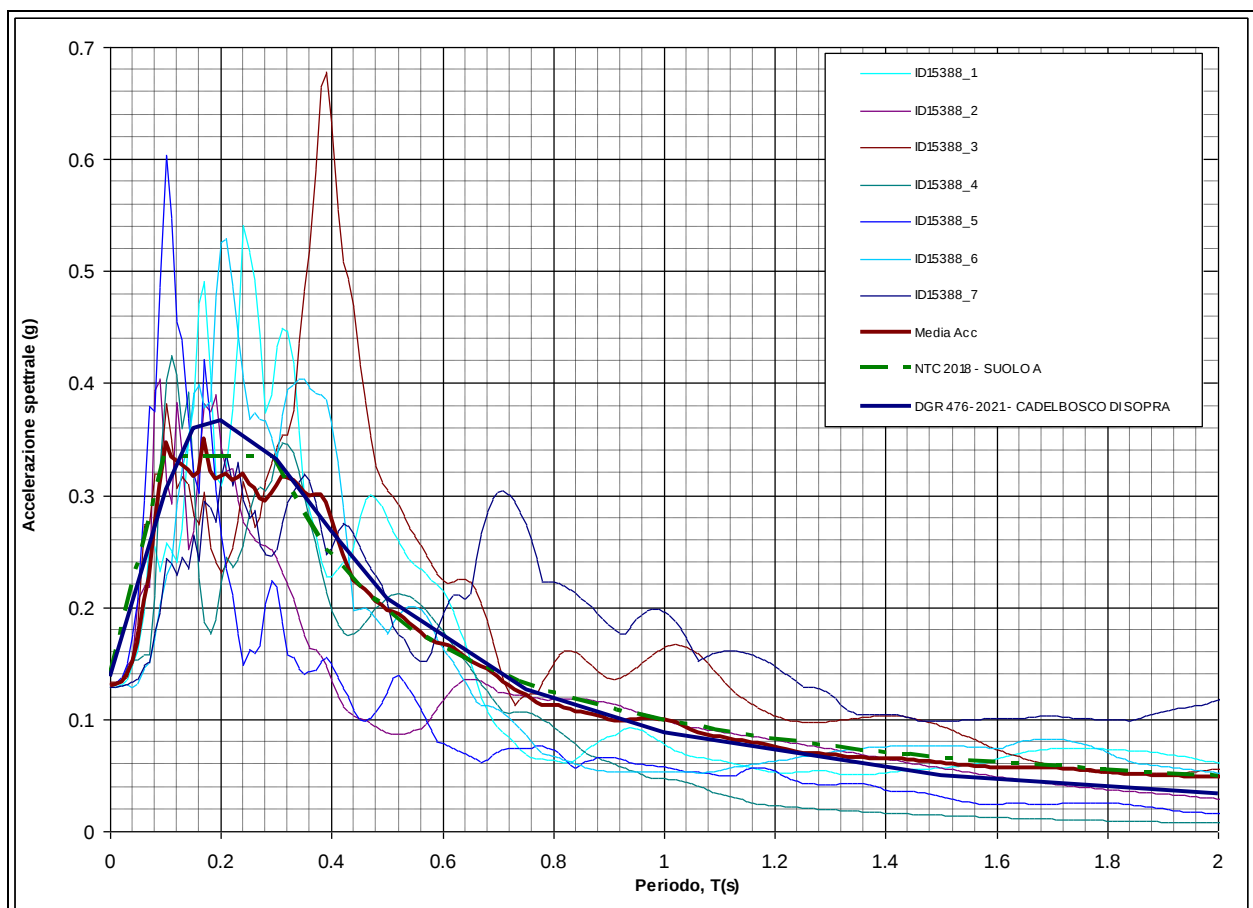
³ Marcellini, A., Daminelli, R., Pagani, M., Riva, F., Tento, A., Crespellani, T., Madiati, C., Vannucchi, G., Frassinetti, G., Martelli, L., Palumbo, A., e Viel, G. (1998). Seismic Microzonation of some Municipalities of the Rubicone area (Emilia – Romagna Region). In Proceedings of the Eleventh European Conference on Earthquake Engineering, Invited Lectures Volume, pagg. 339-350. Balkema.

delle opportune curve di decadimento per la simulazione del comportamento non lineare dei terreni in occasione di sollecitazione sismica.

- *Scelta dei moti di riferimento:* attraverso la selezione di accelerogrammi reali da banche dati attraverso la comparazione degli spettri di risposta con quello determinato con metodo probabilistico.
- *Analisi delle amplificazioni a scala locale:* mediante simulazioni di propagazione verticale delle onde SH.
- *Zonizzazione finale:* determinazione di aree a caratteristiche omogenee.

La definizione degli input sismici utilizzati per le simulazioni di scuotimento in superficie è stata eseguita confrontando lo spettro di risposta degli accelerogrammi selezionati opportunamente scalati, con quella dello spettro a probabilità uniforme determinato secondo le indicazioni della DGR 564/2021 e resi disponibili nella piattaforma webgis <http://egeos-test.eucentre.it/rer/home.html> realizzata da EUCENTRE.

Da detta piattaforma è possibile scaricare l'input sismico selezionato per ciascun nodo del reticolo di riferimento per il territorio dell'Emilia-Romagna considerato dalle NTC18 (D.M. 17.01.2018). L'input sismico è espresso mediante un gruppo di 7 accelerogrammi reali, registrati su roccia, spettro-compatibili in media agli spettri di normativa definiti nelle NTC18.



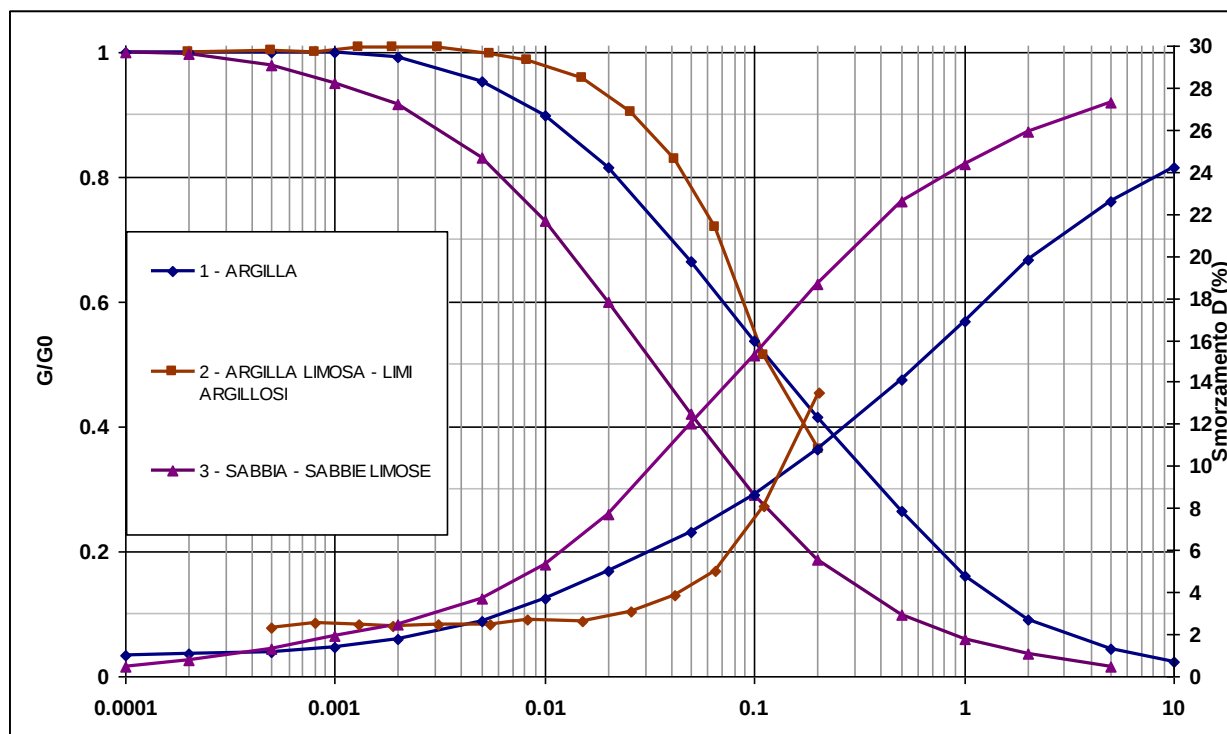
Spettro di risposta a probabilità uniforme (Periodo di ritorno di 474 anni, smorzamento=5%) costruito con i parametri esposti nelle delibere della Giunta Regionale ER n° 476/564-2021 (ID15168), spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettati delle NTC 2018 e spettri di risposta degli accelerogrammi selezionati.

10.4 Calcolo degli effetti di sito

Il comportamento non lineare dei terreni nelle analisi di risposta sismica locale (RSL) effettuate, è stato simulato utilizzando curve di degrado reperite da varie fonti bibliografiche, in particolare:

- Terreno tipo 1 - Litotipi prevalentemente argillosi: *Vucetic M. and Dobry R. (1991) – Effect of soil plasticity on cyclic response. Journal of Geotechnical Engineering, 117, 1, 89-117. N*
- Terreno tipo 2 - Litotipi prevalentemente argilloso limosi – limosi: *Regione Emilia-Romagna (2012) – "Microzonazione Sismica e analisi della condizione limite per le emergenze delle aree epicentrali dei terremoti della Pianura Emiliana di Maggio-Giugno 2012" (Ordinanza del Commissario Delegato – Presidente della Regione Emilia-Romagna n. 70/2012) - Relazione Illustrativa*
- Terreno tipo 3 - Litotipi prevalentemente sabbiosi e sabbioso limosi: *Seed and Idriss (1970) - Soil moduls and damping factors for dynamic response analyses - EERC Report 70-10, University of California, Berkeley*

Dette curve sono schematizzate nel seguente grafico:



Al fine di eliminare le possibili alterazioni dovute alla dispersione dei dati, per rappresentare analiticamente la variazione di G e D con l'ampiezza della deformazione di taglio, γ (espressa in %) è stato utilizzato il modello *Yokota et al. (1981)*.

Per il calcolo dello scuotimento in superficie è stato utilizzato un modello numerico che simula la propagazione verticale di onde SH attraverso strati piano paralleli omogenei ed isotropi a partire da uno strato di riferimento rigido (bedrock sismico). Nell'analisi è stato considerato il comportamento di tipo non lineare dei terreni con il livello di deformazione, assumendo come parametri di decadimento quelli indicati da dati bibliografici per litotipi simili a quelli dei terreni di Cadelbosco ed alle schede caratterizzazione geotecnica dello Allegato 1 delle "Analisi di Microzonazione Sismica delle Aree Epicentrali dei Terremoti della Pianura Emiliana di Maggio – Giugno 2012", L. Martelli e M. Romani R.E.R. 2013.

Il codice di calcolo 1D adottato: *Strata* (Kottke A. & Rathje M.R., 2010), simula la propagazione in direzione verticale delle onde sismiche di taglio SH, che si irradiano da un substrato sismico deformabile, orizzontale, ed attraversano livelli litologici stratificati orizzontalmente ed a spessore costante, sino al raggiungimento della superficie.

Sulla base dei risultati delle indagini geofisiche, sono stati discretizzati i profili delle onde S, estrapolando i valori e le profondità sino al raggiungimento del bedrock sismico con Vs corrispondente a 700/800 m/sec.

In rapporto alle profondità investigate dalle verticali sismiche effettuate che non hanno raggiunto detta velocità, è stato stimato un aumento proporzionale all'ultimo tratto di curva sperimentale. Per i sismostrati con valori di Vs interpolati maggiori di 500 m/sec. (elevata rigidità) e nel bedrock sismico (Vs=700 m/sec.) è stato considerato trascurabile l'effetto di decadimento dovuto al comportamento non lineare dei terreni; quindi si è assunto un comportamento elastico con smorzamento lineare costante desunto da dati bibliografici (Vinale et al., 1996).

10.5 Parametrizzazione geotecnica e verticali sismiche

Di seguito si riportano le stratigrafie utilizzate per il calcolo di scuotimento in superficie, il cui codice corrisponde a quello della relativa indagine sismica di riferimento.

Verticale L1REMI1 (R01) Cadelbosco di sopraPSAO01							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	5.5	1	160	48	18.3	-	-
2	3.5	1	130	31	18.15	-	-
3	7	2	200	75	18.5	-	-
4	22	3	380	286	19.4	-	-
5	37	3	520	557	20.2	1.9	-
6	35	-	600	771	21	1.5	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L2REMI2 (R02) Cadelbosco di sopraPSAO02							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	3.5	1	150	42	18.25	-	-
2	12.5	2	200	75	18.5	-	-
3	10	2	340	226	19.2	-	-
4	21	2	320	199	19.1	-	-
5	18	3	390	302	19.45	-	-
6	15	3	400	318	19.5	-	-
7	15	3	500	510	20	2	-
8	15	-	600	771	21	1.5	-
9		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L3REMI3 (R03) Cadelbosco di sopraPSAO03							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	13.5	2	200	75	18.5	-	-
2	10.5	3	430	370	19.65	-	-
3	30	3	410	335	19.55	-	-
4	26	3	430	370	19.65	-	-
5	20	3	500	510	20	2	-
6	20	-	600	771	21	1.5	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L5REMI5 (R05) Cadelbosco di sopraPSAO05							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	11.5	1	170	54	18.35	-	-
2	28.5	2	280	151	18.9	-	-
3	18	3	320	199	19.1	-	-
4	22	3	450	408	19.75	-	-
5	20	3	500	510	20	2	-
6	20	-	600	771	21	1.5	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L6REMI6 (R06) Cadelbosco di sopraPSAO06							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	3.5	1	150	42	18.25	-	-
2	25.5	2	220	92	18.6	-	-
3	14	2	250	119	18.75	-	-
4	34	3	320	199	19.1	-	-
5	23	3	400	318	19.5	-	-
6	10	3	500	510	20	2	-
7	10	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L7REMI7 (R07) Cadelbosco di sopraPSAO07							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	23	2	210	83	18.55	-	-
2	9	3	400	318	19.5	-	-
3	30	3	390	302	19.45	-	-
4	13	3	400	318	19.5	-	-
5	10	3	450	408	19.75	-	-
6	13	3	500	510	20	2	-
7	12	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L8REMI8 (R08) Cadelbosco di sopraPSAO08							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	16	2	200	75	18.5	-	-
2	4	2	270	140	18.85	-	-
3	34	3	380	286	19.4	-	-
4	31	3	430	370	19.65	-	-
5	13	3	500	510	20	2	-
6	12	-	600	771	21	1.5	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L9REMI9 (R09) Cadelbosco di sopraPSAO09							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	4.5	1	150	42	18.25	-	-
2	3	3	300	174	19	-	-
3	21.5	3	410	335	19.55	-	-
4	5	3	390	302	19.45	-	-
5	21	3	380	286	19.4	-	-

Verticale L9REMI9 (R09) Cadelbosco di sopraPSAO09							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
6	18	3	400	318	19.5	-	-
7	19	3	500	510	20	2	-
8	18	-	600	771	21	1.5	-
9		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L10REMI10 (R10) Cadelbosco di sopraPSAO10							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	10.5	1	150	42	18.25	-	-
2	3	2	220	92	18.6	-	-
3	21.5	3	310	187	19.05	-	-
4	45	3	420	352	19.6	-	-
5	15	3	500	510	20	2	-
6	15	-	600	771	21	1.5	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L11REMI11 (R11) Cadelbosco di sopraPSAO11							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	3.5	1	150	42	18.25	-	-
2	10.5	2	210	83	18.55	-	-
3	22	3	310	187	19.05	-	-
4	18	3	340	226	19.2	-	-
5	31	3	430	370	19.65	-	-
6	13	3	500	510	20	2	-
7	12	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L12REMI12 (R12) Cadelbosco di sopraPSAO12							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	12.5	1	190	68	18.45	-	-
2	6.5	1	180	61	18.4	-	-
3	25	2	300	174	19	-	-
4	21	3	340	226	19.2	-	-
5	15	3	400	318	19.5	-	-
6	15	3	500	510	20	2	-
7	15	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L13REMI13 (R13) Cadelbosco di sopraPSAO13							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	14.5	1	170	54	18.35	-	-
2	28.5	3	360	255	19.3	-	-
3	22	3	440	389	19.7	-	-
4	28	3	500	510	20	2	-
5	27	-	600	771	21	1.5	-
6		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L14REMI14 (R14) Cadelbosco di sopraPSAO14							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	4.5	1	150	42	18.25	-	-
2	3.5	2	200	75	18.5	-	-
3	4.5	2	300	174	19	-	-
4	22.5	2	280	151	18.9	-	-
5	55	3	420	352	19.6	-	-
6	15	3	500	510	20	2	-
7	15	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L15REMI15 (R15) Cadelbosco di sopraPSAO15							
---	--	--	--	--	--	--	--

Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	4.5	1	150	42	18.25	-	-
2	12.5	2	230	101	18.65	-	-
3	20	3	490	488	19.95	-	-
4	33	3	440	389	19.7	-	-
5	25	3	500	510	20	2	-
6	25	-	600	771	21	1.5	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L16REMI16 (R16) Cadelbosco di sopraPSAO16							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	3.5	1	150	42	18.25	-	-
2	12.5	2	210	83	18.55	-	-
3	25	2	270	140	18.85	-	-
4	12	3	320	199	19.1	-	-
5	27	3	430	370	19.65	-	-
6	15	3	500	510	20	2	-
7	15	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L17REMI17 (R17) Cadelbosco di sopraPSAO17							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	4	1	150	42	18.25	-	-
2	4.5	2	200	75	18.5	-	-
3	18.5	1	190	68	18.45	-	-
4	5	2	240	110	18.7	-	-
5	16	2	280	151	18.9	-	-
6	17	3	350	240	19.25	-	-
7	8	3	400	318	19.5	-	-
8	9	3	500	510	20	2	-
9	8	-	600	771	21	1.5	-
10		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L18REMI18 (R18) Cadelbosco di sopraPSAO18							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	9	1	150	42	18.25	-	-
2	7	3	330	213	19.15	-	-
3	7	3	390	302	19.45	-	-
4	37	3	420	352	19.6	-	-
5	30	3	500	510	20	2	-
6	30	-	600	771	21	1.5	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L19REMI19 (R19) Cadelbosco di sopraPSAO19							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	3	1	150	42	18.25	-	-
2	8.5	2	230	101	18.65	-	-
3	14.5	2	220	92	18.6	-	-
4	24	3	330	213	19.15	-	-
5	35	3	410	335	19.55	-	-
6	15	3	510	533	20.1	1.95	-
7	10	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L20REMI20 (R20) Cadelbosco di sopraPSAO20							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	22	1	190	68	18.45	4.1	-
2	12	2	260	130	18.8	3.4	-
3	12	3	350	240	19.25	2.75	-
4	24	3	390	302	19.45	2.55	-

Verticale L20REMI20 (R20) Cadelbosco di sopraPSAO20							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
5	10	3	400	318	19.5	2.5	-
6	10	3	500	510	20	2	-
7	10	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L21REMI21 (R21) Cadelbosco di sopraPSAO21							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	3.5	1	150	42	18.25	-	-
2	7.5	2	250	119	18.75	-	-
3	17	3	420	352	19.6	-	-
4	19	3	390	302	19.45	-	-
5	28	3	420	352	19.6	-	-
6	23	3	500	510	20	2	-
7	22	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L22REMI22 (R22) Cadelbosco di sopraPSAO22							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	10.5	1	210	83	18.55	-	-
2	12.5	1	190	68	18.45	-	-
3	24	2	280	151	18.9	-	-
4	38	3	400	318	19.5	-	-
5	18	3	500	510	20	2	-
6	17	-	600	771	21	1.5	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L25REMI25 (R25) Cadelbosco di sopraPSAO25							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	18	2	200	75	18.5	-	-
2	39	2	270	140	18.85	-	-
3	2	3	330	213	19.15	-	-
4	11	3	380	286	19.4	-	-
5	10	3	400	318	19.5	-	-
6	10	3	500	510	20	2	-
7	10	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L26REMI26 (R26) Cadelbosco di sopraPSAO26							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	7	1	150	42	18.25	-	-
2	18	2	250	119	18.75	-	-
3	18	3	430	370	19.65	-	-
4	18	3	410	335	19.55	-	-
5	19	3	420	352	19.6	-	-
6	20	3	500	510	20	2	-
7	20	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L27REMI27 (R27) Cadelbosco di sopraPSAO27							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	6	1	150	42	18.25	-	-
2	9	2	210	83	18.55	-	-
3	21	3	380	286	19.4	-	-
4	47	3	360	255	19.3	-	-
5	11	3	430	370	19.65	-	-
6	8	3	500	510	20	2	-
7	8	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L28REMI28 (R28) Cadelbosco di sopraPSAO28							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	10	1	170	54	18.35	-	-
2	15	2	260	130	18.8	-	-
3	19	3	310	187	19.05	-	-
4	11	3	370	270	19.35	-	-
5	15	3	400	318	19.5	-	-
6	15	3	500	510	20	2	-
7	15	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L33REMI33 (R33) Cadelbosco di sopraPSAO33							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	5.5	1	140	36	18.2	-	-
2	2	2	210	83	18.55	-	-
3	28.5	2	290	162	18.95	-	-
4	6	3	340	226	19.2	-	-
5	28	3	410	335	19.55	-	-
6	20	3	500	510	20	2	-
7	20	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L34REMI34 (R34) Cadelbosco di sopraPSAO34							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	10	1	160	48	18.3	-	-
2	15	2	260	130	18.8	-	-
3	16	3	320	199	19.1	-	-
4	23	3	370	270	19.35	-	-
5	26	3	420	352	19.6	-	-
6	10	3	500	510	20	2	-
7	10	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L35REMI35 (R35) Cadelbosco di sopraPSAO35							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	13	1	190	68	18.45	-	-
2	18	3	350	240	19.25	-	-
3	21	3	450	408	19.75	-	-
4	28	3	430	370	19.65	-	-
5	15	3	500	510	20	2	-
6	15	-	600	771	21	1.5	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L36REMI36 (R36) Cadelbosco di sopraPSAO36							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	13	2	210	83	18.55	-	-
2	39	2	280	151	18.9	-	-
3	11	3	340	226	19.2	-	-
4	17	3	410	335	19.55	-	-
5	15	3	500	510	20	2	-
6	15	-	600	771	21	1.5	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L37REMI37 (R37) Cadelbosco di sopraPSAO37							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	10	1	170	54	18.35	-	-
2	11	2	240	110	18.7	-	-
3	13	3	370	270	19.35	-	-
4	29	3	400	318	19.5	-	-
5	17	3	410	335	19.55	-	-

Verticale L37REMI37 (R37) Cadelbosco di sopraPSAO37							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
6	15	3	500	510	20	2	-
7	15	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L38REMI38 (R38) Cadelbosco di sopraPSAO38							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	12.5	2	240	110	18.7	-	-
2	29.5	2	280	151	18.9	-	-
3	9	3	330	213	19.15	-	-
4	24	3	390	302	19.45	-	-
5	12	3	400	318	19.5	-	-
6	11	3	500	510	20	2	-
7	12	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L39REMI39 (R101) Cadelbosco di sopraPSAO39							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	8	2	210	83	18.55	-	-
2	14	1	190	68	18.45	-	-
3	16	2	250	119	18.75	-	-
4	13	2	280	151	18.9	-	-
5	14	3	380	286	19.4	-	-
6	15	3	400	318	19.5	-	-
7	15	3	500	510	20	2	-
8	15	-	600	771	21	1.5	-
9		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L40REMI40 (R102) Cadelbosco di sopraPSAO40							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	18	2	200	75	18.5	-	-
2	6	2	220	92	18.6	-	-
3	26	3	320	199	19.1	-	-
4	25	3	440	389	19.7	-	-
5	22	3	500	510	20	2	-
6	23	-	600	771	21	1.5	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

10.6 Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica DGR 476/564-2021

La definizione dell'amplificazione del moto sismico tra bedrock sismico e superficie per ognuna delle zone identificate dai modelli in precedenza illustrati, è stata effettuata in ottemperanza alle indicazioni della DGR 476-21 in termini di:

- accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA₀)
- intensità spettrale $SI = \int_{T_1}^{T_2} V(T, \xi) dt$ tra SI1: 0.1 < T < 0.5 sec, SI2: 0.5 < T < 1.0 sec, SI3: 0.5 < T < 1.5 sec, dove V è lo spettro di risposta in velocità, T il periodo
- intensità spettrale $SA = \int_{T_1}^{T_2} PSA(T, \xi) dt$ tra SA1: 0.1 < T < 0.5 sec, SA2: 0.4 < T < 0.8 sec, SA3: 0.7 < T < 1.1 sec, SA4: 0.5 < T < 1.5 sec, dove A è lo spettro di risposta in accelerazione, T il periodo

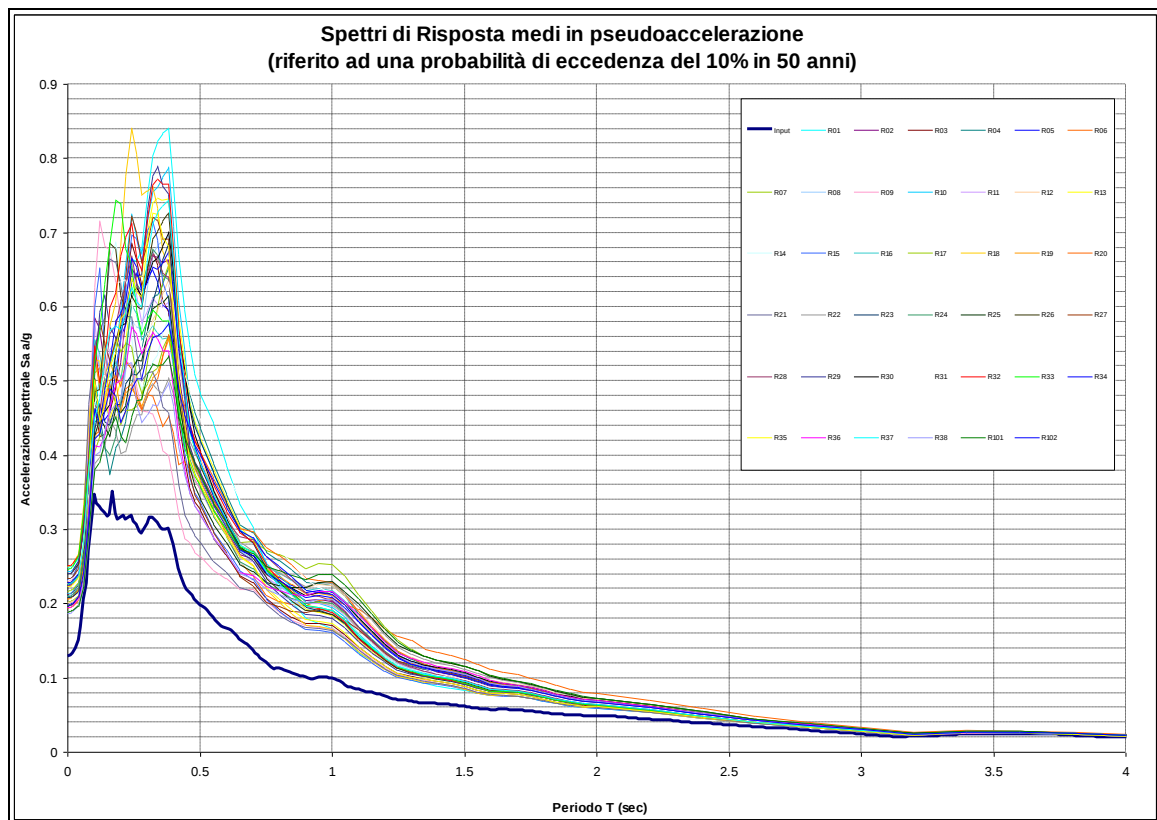
Oltre a detti fattori di amplificazione è stato determinato il livello di pericolosità sismica H_{SM} ($0.1 < T < 0.5$ sec) e tra i periodi H $0.4 < T < 0.8$; $0.7 < T < 1.1$; $0.5 < T < 1.5$ sec. e definiti come:

$$H_{SM} = (ASI_{UHS}/\Delta T) \cdot FA$$

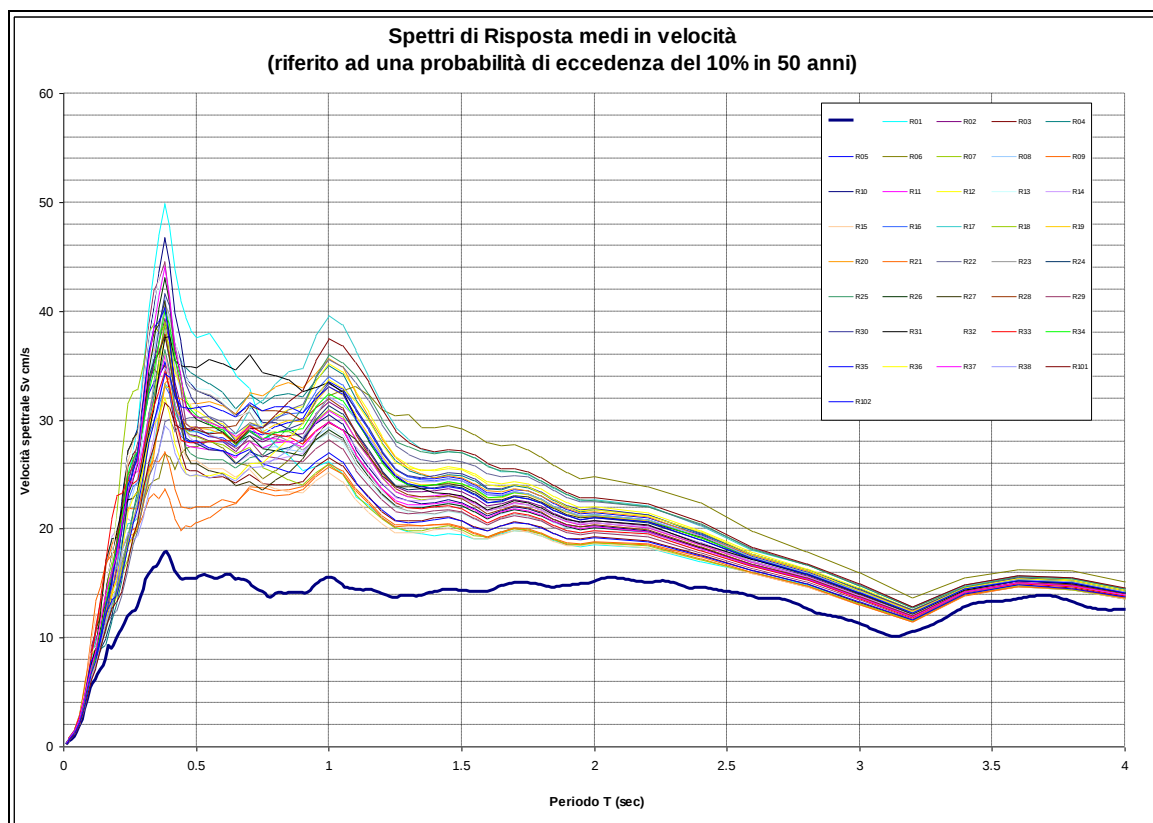
dove ASI_{UHS} è il valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per il corrispondente periodo e ΔT l'intervallo in secondi, moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi.

Il parametro risultante evidenzia la severità del moto sismico in correlazione al danno potenziale atteso per effetto dei terremoti in esame.

I risultati ottenuti, espressi in forma grafica, sono di seguito visualizzati:



Spettri di risposta in superficie in termini di pseudoaccelerazione (PSA) definiti mediando i risultati degli spettri ottenuti applicando gli scuotimenti selezionati alle verticali sismico-stratigrafiche.



Spettri di risposta in superficie visualizzati in termini di pseudovelocità, PSV (smorzamento 5%). Le simulazioni presentano i maggiori valori di accelerazione nei periodi compresi tra 0,1 e 0,4 sec. I valori di amplificazione si mantengono comunque alti sino a periodi di circa 1.5 sec con un submassimo a circa 1.0 sec.

I risultati ottenuti sono esposti nella seguente tabella:

N°	pga (g)	FPGA	SI			SA				HSM			
			0,1-0,5	0,5-1,0	0,5-1,5	0,1-0,5	0,4-0,8	0,1-0,5	0,4-0,8	0,1-0,5	0,5-1,5	0,7-1,1	0,5-1,5
L1REMI1 (R01)	0.249	1.92	2.38	2.07	1.78	2.21	2.37	1.86	1.9	0.644	0.405	0.195	0.197
L2REMI2 (R02)	0.225	1.74	1.98	1.93	1.87	1.92	1.89	2.02	1.88	0.559	0.323	0.213	0.194
L3REMI3 (R03)	0.212	1.64	1.87	1.66	1.61	1.82	1.66	1.71	1.62	0.530	0.284	0.180	0.168
L4REMI4 (R04)	0.211	1.63	1.91	2.19	2.08	1.76	2.17	2.26	2.11	0.513	0.371	0.238	0.219
L5REMI5 (R05)	0.214	1.65	1.91	1.99	1.95	1.84	1.89	2.11	1.95	0.535	0.324	0.222	0.202
L6REMI6 (R06)	0.194	1.5	1.57	1.83	1.99	1.54	1.73	1.94	1.94	0.447	0.296	0.205	0.201
L7REMI7 (R07)	0.202	1.56	1.83	1.97	1.87	1.72	1.98	2.02	1.9	0.502	0.338	0.213	0.196
L8REMI8 (R08)	0.21	1.62	1.96	1.89	1.79	1.85	1.92	1.92	1.81	0.540	0.328	0.202	0.188
L9REMI9 (R09)	0.23	1.77	1.51	1.56	1.54	1.62	1.42	1.67	1.54	0.471	0.242	0.176	0.159
L10REMI10 (R10)	0.243	1.88	2.25	2.04	1.89	2.13	2.14	2.03	1.94	0.622	0.367	0.214	0.201
L11REMI11 (R11)	0.228	1.76	1.89	1.88	1.82	1.86	1.82	1.97	1.83	0.541	0.311	0.208	0.190
L12REMI12 (R12)	0.201	1.55	1.85	2.06	2.03	1.74	2	2.19	2.03	0.507	0.342	0.230	0.210
L13REMI13 (R13)	0.228	1.75	2.14	2.01	1.82	2.02	2.13	1.95	1.89	0.587	0.365	0.205	0.196
L14REMI14 (R14)	0.227	1.75	1.84	1.82	1.78	1.84	1.81	1.89	1.79	0.535	0.309	0.199	0.185
L15REMI15 (R15)	0.233	1.8	1.97	1.66	1.57	1.95	1.7	1.66	1.59	0.569	0.291	0.174	0.165
L16REMI16 (R16)	0.213	1.65	1.8	2	1.96	1.77	1.86	2.15	1.96	0.515	0.319	0.226	0.203
L17REMI17 (R17)	0.217	1.67	1.76	2.18	2.18	1.72	1.94	2.42	2.16	0.500	0.332	0.255	0.224
L18REMI18 (R18)	0.25	1.93	2.16	1.76	1.63	2.13	1.84	1.73	1.68	0.620	0.315	0.182	0.174
L19REMI19 (R19)	0.206	1.59	1.72	1.99	1.94	1.67	1.91	2.1	1.95	0.485	0.326	0.221	0.202
L20REMI20 (R20)	0.207	1.6	1.75	2.19	2.09	1.67	2.07	2.3	2.11	0.487	0.353	0.243	0.218
L21REMI21 (R21)	0.227	1.75	1.63	1.57	1.54	1.7	1.48	1.65	1.54	0.494	0.253	0.173	0.159
L22REMI22 (R22)	0.189	1.46	1.61	2.07	2.06	1.52	1.93	2.2	2.06	0.443	0.330	0.231	0.213
L23REMI23 (R23)	0.208	1.61	1.93	2	1.83	1.81	2.09	1.95	1.88	0.526	0.358	0.206	0.195
L24REMI24 (R24)	0.21	1.62	1.9	1.86	1.84	1.81	1.82	1.96	1.84	0.526	0.312	0.206	0.190
L25REMI25 (R25)	0.197	1.52	1.77	1.92	2.01	1.69	1.78	2.13	1.97	0.492	0.304	0.224	0.204
L26REMI26 (R26)	0.241	1.86	2.11	1.89	1.79	2.05	1.97	1.9	1.82	0.596	0.337	0.200	0.188
L27REMI27 (R27)	0.234	1.8	2.05	1.72	1.75	2.01	1.71	1.82	1.73	0.586	0.293	0.191	0.180
L28REMI28 (R28)	0.224	1.72	1.98	2.04	1.92	1.93	1.96	2.12	1.94	0.562	0.336	0.223	0.201

N°	pga (g)	FPGA	SI			SA				HSM			
			0,1-0,5	0,5-1,0	0,5-1,5	0,1-0,5	0,4-0,8	0,1-0,5	0,4-0,8	0,1-0,5	0,5-1,5	0,7-1,1	0,5-1,5
L29REMI29 (R29)	0.24	1.85	2.16	1.85	1.74	2.09	1.92	1.85	1.77	0.608	0.328	0.195	0.184
L30REMI30 (R30)	0.226	1.74	2.06	2	1.96	1.95	2.02	2.08	1.97	0.567	0.346	0.219	0.204
L31REMI31 (R31)	0.232	1.79	2	2.31	2.09	1.93	2.29	2.3	2.15	0.561	0.391	0.243	0.223
L32REMI32 (R32)	0.251	1.93	2.23	1.99	1.83	2.15	2.07	1.98	1.88	0.625	0.353	0.209	0.195
L33REMI33 (R33)	0.247	1.9	1.93	1.92	1.81	1.96	1.86	1.98	1.83	0.570	0.318	0.208	0.190
L34REMI34 (R34)	0.229	1.76	2.04	1.98	1.92	1.95	1.98	2.06	1.93	0.569	0.338	0.216	0.200
L35REMI35 (R35)	0.223	1.72	2.01	1.78	1.67	1.94	1.83	1.78	1.7	0.564	0.313	0.188	0.177
L36REMI36 (R36)	0.195	1.5	1.69	1.84	1.9	1.65	1.67	2.03	1.86	0.479	0.286	0.214	0.193
L37REMI37 (R37)	0.226	1.74	2.1	1.94	1.82	2.01	1.99	1.96	1.86	0.585	0.341	0.206	0.192
L38REMI38 (R38)	0.187	1.44	1.56	1.79	1.83	1.52	1.65	1.96	1.81	0.443	0.282	0.206	0.187
L39REMI39 (R101)	0.189	1.45	1.65	2.07	2.11	1.56	1.89	2.26	2.08	0.455	0.323	0.238	0.216
L40REMI40 (R102)	0.198	1.53	1.78	2.1	1.98	1.68	2.03	2.17	2.01	0.491	0.347	0.228	0.209

Fattori di amplificazione dell'intensità spettrale determinati per ogni verticale sismostratigrafica per i vari intervalli di periodo. Tali fattori di amplificazione sono stati determinati considerando come spettro di riferimento quello definito dalle DGR ER 476 e 564/2021.

10.7 Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione massima orizzontale Fa PGA

La carta dei fattori di amplificazione PGA/PGA₀, elaborata per tutto il territorio comunale visualizzata, nelle relative tavole: Tavv. 2.1.1-2.1.5 evidenzia i valori massimi relativi di FPGA=1.9-2 nell'estremità settentrionale della superficie comunale, zona a nord del C.C.A.B.R., nel settore nord occidentale nell'area circostante l'incrocio via Cantina/SP 63R e nella zona orientale centro settentrionale all'intorno dell'incrocio via Ponte Forca/via Liuzzi; detta parte del territorio è caratterizzata in prevalenza da valori mediamente maggiori F.PGA=1.7-1.8÷1.9-2, rispetto alle zone più a sud. Simili condizioni denota la fascia centro meridionale est - ovest circa compresa tra confine sud est - Zurco - Fondo Canale - Argine - Cà del Bosco Sotto - Fornace Vecchia, esclusa la zona a destinazione produttiva di La Madonnina con F.PGA=1.5-1.6; la sopradescritta area è prevalentemente contraddistinta da F.PGA=1.7-1.8 e con locali massimi tra Molino Traghetino - Fornace Vecchia e a nord dell'intersezione via Della Corte/Diversivo Bresciana Vecchia, nelle quali F.PGA=1.9-2.

La parte meridionale del territorio, sede del capoluogo e sua zona a destinazione produttiva, è caratterizzata dai valori medi relativi inferiori corrispondenti a F.PGA=1.5-1.6; si differenziano l'area a sud - sud ovest e la porzione sud ovest della zona produttiva contraddistinte da F.PGA=1.7-1.8 e che raggiungono massimi di F.PGA=1.9-2 nella fascia adiacente al confine comunale sud.

È presente un locale minimo relativo con F.PGA=1.3-1.4 circa 0,6 km a nord di Argine.

La distribuzione territoriale dei valori di FA PGA non indica correlazioni con l'assetto del substrato pliocenico e pre-pliocenico ad eccezione di una tendenziale corrispondenza tra i massimi relativi territoriali dell'estremità settentrionale con la presenza di una linea di sovrascorrimento sepolta est - ovest transitante nel sottosuolo di Santa Vittoria,

10.8 Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner

In funzione delle tipologie edilizie prevalentemente presenti nel territorio comunale gli elaborati in analisi, relativi agli intervalli nei quali generalmente rientrano i fabbricati ad uso civile sino a 3÷4 piani per le strutture a telaio in c.a. e sino a 4 ÷ 5 piani per gli edifici in

muratura, che sono caratterizzati principalmente dai periodi $0,1 < T < 0,3$ sec, sono significativi per indirizzare le aree di previsto sviluppo/completamento urbanistico. Dette informazioni consentono di individuare le preferenziali scelte a destinazione residenziale dove i valori dei fattori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo $0,1 < T < 0,5$ sec sono inferiori; analogamente tale criterio di privilegio di utilizzo per i valori di FH minori nell'intervallo $T \geq 0,5$ sec. è significativo per le destinazioni di parti del territorio ad uso produttivo.

La discretizzazione degli intervalli sopraindicati è inoltre di sostanziale ausilio nelle valutazioni del grado di vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio esistente e consente di definire le priorità di previsione degli interventi di adeguamento/messa in sicurezza sismica.

In conformità a quanto previsto nelle DGR 1936/2023 e DGR 564/2021, degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS 2008) sono state elaborate le carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli FH $0,1 < T < 0,5$ sec, FH $0,5 < T < 1,0$ sec e FH $0,5 < T < 1,5$ sec.

Le tipologie edilizie prevalentemente presenti nel territorio comunale di Cadelbosco di Sopra evidenziano che gli intervalli nei quali generalmente rientrano i fabbricati ad uso civile sino a 5÷6 piani per le strutture a telaio in CA o in muratura e fabbricati industriali con altezze sotto trave inferiori a 7 m, sono caratterizzati principalmente dai periodi $0,1 < T < 0,5$ sec. Gli intervalli dei periodi ai quali di solito appartengono le strutture di tipo produttivo con altezze sotto trave > 8 m, gli edifici a telaio in C.A. oltre 7 piani, manufatti stretti e alti tipo torri, campanili, magazzini verticali ecc, sono contraddistinti prevalentemente dai periodi $0,5 < T < 1,0$ sec.

Dette suddivisioni di campi di periodo principale e relative delimitazioni delle aree che a loro competono, assumono particolare significato nel contesto delle previsioni di sviluppo urbanistico poiché consentono di indirizzare le scelte per la destinazione residenziale dove i valori dei fattori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo $0,1 < T < 0,5$ sec sono inferiori. Analogamente tale criterio di preferenza per i valori di FA.IS minori, nell'intervallo $0,5 < T < 1,0$ sec, è significativo per privilegiare le destinazioni di parti del territorio ad uso produttivo.

10.9 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner in termini di pseudo velocità nell'intervallo FH $0,1 < T < 0,5$ sec

La distribuzione generale dei valori di FH in tale intervallo (Tavv. 2.2.1-2.2.5), denota un significativo campo di variabilità dei fattori di amplificazione e nella suddivisione delle aree di massimo e minimo è simile a quelli della F.PGA.

Il territorio comunale è caratterizzato in percentuali circa equivalenti tra i minimi e massimi relativi con una tendenziale dei parametri di amplificazione maggiori.

Questi ultimi corrispondenti a FH=2,1 – 2,2 contraddistinguono in prevalenza la parte settentrionale nella quale unitamente ai fattori FH=1,9 – 2,0 praticamente rivestono completamente detta zona, ad eccezione di un areale di estensione relativa inferiore con

valori di poco inferiori $FH=1,7 - 1,8$ al bordo del confine nord orientale. Equivalenti valori dei massimi relativi individuano la zona centro settentrionale tra La Madonnina e via Vialato, l'area a sud est della stessa di Argine, la fascia nord – sud centro occidentale tra Molino Traghetino – zona occidentale capoluogo sino a Strada del Vescovo, a sud della quale si riscontrano i massimi relativi della superficie comunale corrispondenti a $FH=2,3 - 2,4$.

La fascia centrale del territorio che comprende il capoluogo e la parte orientale della sua zona e destinazione produttiva, Zurco, l Madonnina/Cà del Bosco di Sotto sino al Cavo Modolena Bassa, è caratterizzata da fattori di amplificazione medi corrispondenti a $FH=1,7-1,8$; analoghi parametri descrivono la fascia orientale dal confine comunale sud/ via Garibaldi al Cavetto Seta; fanno eccezione la sopracitata zona di Argine e la fascia meridionale adiacente al confine comunale sud con $FH=1,9 - 2,0$; di differenziano in dette zone areali di inferiore estensione contraddistinti dai minimi relativi equivalenti a $FH=1,5 - 1,6$ che individuano le aree a nord e a ovest di Argine, la parte orientale del capoluogo a est della SP 63R – sud via Gabella, la zona circostante l'intersezione T. Crostolo/SP 358R, l'area a ovest di Cà del Bosco di Sotto.

La distribuzione territoriale dei valori di FH nell'intervallo $0,1 < T < 0,5$ sec evidenzia una tendenziale correlazione dei fattori relativi maggiori della parte settentrionale con l'incremento in spessore del S.E.R.S. e con la presenza nel sottosuolo di detta zona dello sovrascorrimento sepolto che delimita l'ala occidentale della Dorsale Ferrarese e quello ovest est di Santa Vittoria –Lentigione.

10.10 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner in termini di pseudo velocità nell'intervallo $FH\ 0.5 < T < 1.0$ sec

La distribuzione territoriale dei valori di FH in tale intervallo (Tavv. 2.3.1-2.3.5), denota un andamento simile, a quello dell'intervallo $0.1 < T < 0.5$ sec. differenziandosi in una superiore estensione delle aree con i fattori di amplificazione relativa maggiori.

Questi ultimi corrispondenti a $FH=1.9-2.0 \div 2.1-2.2$ caratterizzano la parte settentrionale del territorio al limite occidentale del quale a sud est di Santa Vittoria sono presenti i massimi di $FH=2.3-2.4$. Analoghi valori, con la prevalenza di $FH=1.9-2.0$, individuano le fasce centrali e meridionali e quella orientale della superficie comunale, comprendendo areali di inferiore estensione con $FH=2.1-2.2$ tra La Madonnina – SP 40 – Diversivo Bresciana – Cavo Modolena Bassa, l'area a nord est capoluogo – via Viazza, la zona meridionale occidentale a ovest del capoluogo, tra via dell'Oldo – Fossetta Quartara – via L. Landi.

I fattori relativi inferiori di $FH=1.7-1.8$ caratterizzano il capoluogo, la zona occidentale centrale di Fornace Vecchia – Molino Traghetino – Pd.re Florida – Canale Arginone, L'area a settentrione di quest'ultima a ovest di Cà del Bosco di Sotto, la fascia sud ovest – nord est Az. Agr. Le Fontanelle – Argine Vecchio – confine est, il settore sud orientale tra confine sud –SP 40 – via D. Belo – Cavo Bresciana/ Cavo Capiazzo. In quest'ultima e quella occidentale centro settentrionale: ovest Cà del Bosco di Sotto, si riscontrano i minimi relativi di $FH=1.7-1.8$. nella fascia orientata sud ovest – nord est: intersezione T. Tresinaro/Via Begarla – Quarti e

nella zona settentrionale Santa Vittoria – C.A.B.R.; analoghi massimi individuano la fascia sud nord tra il bordo del confine comunale centro meridionale orientale e la SP 63 R delimitata a nord da via Viazza.

Il territorio di Cà del Bosco di Sopra nell'intervallo $0.5 < T < 1$ sec. è prevalentemente caratterizzato di fattori $FH=1.9-2.0$ indicanti una pericolosità sismica potenziale media-medio alta.

Analogamente a quanto precedentemente esposto per il campo $FH\ 0.1 < T < 0.5$ sec, la distribuzione territoriale dei valori di FH nell'intervallo $0.5 < T < 1.0$ sec evidenzia una tendenziale correlazione dei fattori relativi maggiori della parte settentrionale con l'incremento in spessore del S.E.R.S. e con la presenza nel sottosuolo di detta zona dello sovrascorrimento sepolto che delimita l'ala occidentale della Dorsale Ferrarese e quello ovest est di Santa Vittoria –Lentigione.

10.11 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner in termini di pseudo velocità nell'intervallo $FH\ 0.5 < T < 1.5$ sec.

La distribuzione territoriale dei valori di FH in tale intervallo (Tavv. 2.4.1-2.4.5), denota un andamento simile a quello dell'intervallo $0.5 < T < 1.0$ sec. differenziandosi con una maggiore estensione delle aree con i fattori di amplificazione relativi inferiori $FH=1.7-1.8$ sec, che caratterizzano la superficie comunale in percentuale circa equivalente rispetto a quella dei più alti.

I valori relativi maggiori corrispondenti $FH=2.1 \div 1.2$ caratterizzano l'area nord ovest a sud est di Santa Vittori, la zona centro settentrionale di La Madonnina, il settore sud orientale da via Viazza – Zurco – confine sud est – parte est zona produttiva, l'area tra fascia circa sud – nord circa assecondante il Canale Vicozaro – Cavo Barisello. Dette aree sono incluse in superfici di maggiore estensione con $FH=1.9 \div 2.0$ che contraddistinguono la fascia centrale sud –nord dal capoluogo a Quarti a Az. Agr. Le Fontanelle; equivalenti valori individuano l'area di Ponte della Forca a nord di via Liuzzi, quella a nord di quest'ultima a est – nord est di Argine Vecchio, la fascia nord occidentale con Gualtieri. La rimanente parte del territorio, alla quale appartengono il capoluogo e la porzione più occidentale della sua zona industriale, l'area tra Cantone – Molino Traghetto – F.do Aida, confine comunale ovest, quella a nord di quest'ultima di Cà del Bosco di Sotto, la fascia sud – nord Az. Agr. Le Fontanelle – Argine Vecchio – C. Magnana Nuova, l'area al confine sud ovest di, Az. Agr. Valletta – C. Franco – C. Barchessa è caratterizzata da $FH=1.7 \div 1.8$. In dette superfici sono incluse aree di minore estensione con i fattori relativi inferiori corrispondenti a $FH=1.5 \div 1.6$ nel settore ovest del capoluogo, di La Rocca, C. Pineta, Molino Traghetto – Fornace Vecchia, ovest Cà del Bosco di Sotto,

La distribuzione territoriale dei fattori di amplificazione nell'intervallo $0.5 < T < 1.5$ sec. indica una tendenziale correlazione dei fattori relativi maggiori della parte settentrionale occidentale con l'incremento in spessore del S.E.R.S. e con la presenza nel sottosuolo di detta zona dello sovrascorrimento sepolto che delimita l'ala occidentale della Dorsale Ferrarese e quello ovest est di Santa Vittoria –Lentigione.

10.12 Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo FA 0.1<T<0.5 sec

La distribuzione generale dei valori di FA nell'intervallo 0.1<T<0,5 sec (Tavv. 2.5.1-2.5.5) indica un andamento tendenzialmente somigliante a quello dei valori relativi medi di FH=0.1–0.5 sec ma con minori estensioni delle aree contraddistinte dai massimi territoriali: FA=2.1–2.2. Questi ultimi si osservano nella parte settentrionale nord C.C.A.B.R., zona centro settentrionale occidentale tra la SP 68r – Viottolo del Begone – via le Fontanelle, centro meridionale, occidentale centro meridionale Mulino del Traghetino – Fornace Vecchia, meridionale e al limite centro meridionale al confine con Reggio Emilia. Dette aree sono circoscritte da zone contraddistinte da FA=1.9–2.0; questi ultimi fattori caratterizzano inoltre la zona al confine orientale meridionale di La Rocca – Argine e il settore a nord di Seta – via Liuzzi.

Il territorio denota una significativa variabilità dei valori di amplificazione è principalmente caratterizzato da FA=1.7–1.8 che individua la fascia centrale estesa sud nord dal capoluogo a Cà del Bosco di Sotto a via Liuzzi/confine ovest, Ponte Forca allargandosi al confine est a sud del canale Gorna nel settore centrale e analogamente a quello sud ovest nella parte meridionale. Detto territorio include sia le aree con i minimi che i massimi relativi sopra indicati. Le zone di minimo con FA=1.5–1.6 individuano la parte orientale del capoluogo, settore a est SP 70 – via G. Galilei, l'area a nord ovest compresa tra T. Crostolo – Cavo Macera – diversivo Valfora – SP 358R, le aree centro orientali via Viazza/via S. Giustina – SP 40 tra via Don T. Bello – via Cantone Melli, il settore a ovest di Cà del Bosco di Sotto.

La distribuzione areale dei valori di amplificazione dello spettro in accelerazione nell'intervallo FA 0.1<T<0.5 sec indica una tendenziale correlazione dei fattori relativi maggiori della parte settentrionale occidentale con l'incremento in spessore del S.E.R.S. e con la presenza nel sottosuolo di detta zona dello sovrascorrimento sepolto che delimita l'ala occidentale della Dorsale Ferrarese e quello ovest est di Santa Vittoria –Lentigione.

10.13 Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo FA 0.4<T<0.8 sec

Le distribuzioni areali di fattori di amplificazione dello spettro in accelerazione FA nell'intervallo 0.4<T<0,8 sec (Tavv. 2.6.1-2.6.5) sono simili a quelli di FH 0.5<T<1.0 sec nelle individuazioni delle zone di massimo nella parte settentrionale e al limita del confina meridionale del territorio mentre si differenziano in quella centrale e meridionale nelle quali aumentano le estensioni delle zone con valori inferiori.

La prima di queste è caratterizzata dai massimi relativi di FA=2.1–2.2 e FA=2.3÷2.4 e che estendendosi in direzione sud si contraddistingue con FA=1.9–2.0 sino a via Cantina a ovest e sino a via Canalina a est; si differenzia la fascia adiacente al confine meridionale centrale, sud della Strada del Vescovo, nella quale sono raggiunti o massimi locali relativi di FA=2.3–2.4. Analoghi fattori corrispondenti a FA=1.9–2.0, che includono areali con

FA=2.1–2.2, individuano la fascia nord – sud centro occidentale da Quarti al Diversivo Bresciana e che a meridione dello stesso si allarga al confine ovest, e a sud si estende sino al capoluogo, in tale zona fanno eccezione l'area a ovest del T. Crostolo con FA=1.7–1.8 ed il capoluogo con equivalenti valori. Questi ultimi fattori individuano la fascia centro orientale tra la SP 40 – Cavo Bresciana e confine meridionale – via Canalina; equivalenti parametri identificano la fascia est – ovest tra via canalina /le Fontanelle e Cavo Modolena Bassa e che a ovest della SP 63R si estende in verso sud sino a Pd.re Livio. In dette zone a ovest di Cà del Bosco di Sotto è presente un'area con FA=1.5–1.6, e analoghi valori caratterizzano il settore circostante l'incrocio via Vialato/via S. Giustina nel quale in corrispondenza di C. Pineta si riscontrano i minimi territoriali di FA=1.3–1.4.

La distribuzione areale dei valori di amplificazione dello spettro in accelerazione nell'intervallo FA $0.4 < T < 0.8$ sec indica una tendenziale correlazione dei fattori relativi maggiori della parte settentrionale – settentrionale occidentale con l'incremento in spessore del S.E.R.S. e con la presenza nel sottosuolo di detta zona dello sovrascorrimento sepolto che delimita l'ala occidentale della Dorsale Ferrarese e quello ovest est di Santa Vittoria – Lentigione. I fattori territoriali locali massimi nella fascia meridionale centrale sono collegabili alla presenza delle spesse sequenze sabbiose – sabbioso ghiaiose dei primi 10/20 m del sottosuolo.

10.14 Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo FA $0.7 < T < 1.1$ sec

I valori dei fattori di amplificazione dello spettro in accelerazione FA nell'intervallo $0.7 < T < 1.1$ sec, (Tavv. 2.7.1-2.7.5) evidenziano una distribuzione areale tendenzialmente simile a quella della FH 0.5–1.5 sec nella parte settentrionale occidentale – settentrionale mentre si differenziano con una maggiore estensione delle aree contraddistinte dai fattori medi maggiori e dai più elevati valori nel settore centrale e in quello meridionale occidentale che coinvolge l'area di Zurco a nord est del capoluogo.

La maggior parte della superficie comunale è caratterizzata da FA=1.9–2.0. Si differenziano la fascia nord ovest adiacente a Santa Vittoria contraddistinta da FA=2.1–2.2 e che raggiunge i massimi locali di FA=2.3–2.4 in adiacenza alla sorra citata frazione; analoghi fattori individuano la fascia centrale nord – sud del territorio circa tra la SP 63R e Diversivi Bresciana/Canale Quarti nord nella parte settentrionale e via Canalina – SP 63R nella parte centro settentrionale, ad esclusione di Cà del Bosco di Sotto, e che a meridione di quest'ultimo si estende a ovest sino al Cavo Modolena Alta e si restringe al Diversivo Bresciana a est prolungandosi sino in direzione sud – sud est al confine meridionale centro orientale: intersezione Cavo Bresciana/via Zurco in detta fascia si evidenziano i massimi locali di FA=2.3–2.4 nella zona a destinazione produttiva La Madonnina e Zurco – Diversivo Bresciana. Equivalenti fattori di FA=2.1–2.2 caratterizzano la parte sud occidentale del territorio circa compresa tra via Quattro Case – T. Modolena/confine ovest.

La parte centro meridionale occidentale del capoluogo è contraddistinta da FA=1.7–1.8;

equivalenti fattori individuano il settore sud orientale: sud di via G. Garibaldi – est Canale Argine, l'area circostante l'incrocio via Santa Giustina/via Vialato, la zona occidentale centrale di Molino del Traghetto – Fornace Vecchia, la parte occidentale di Cà del Bosco di Sotto, l'area circostante C. le Fontanelle, la zona orientale settentrionale a est di via Argine Vecchio– confine est.

La distribuzione areale dei valori di amplificazione dello spettro in accelerazione nell'intervallo $FA\ 0.7 < T < 1.1$ sec indica una tendenziale correlazione dei fattori relativi maggiori della parte settentrionale occidentale – settentrionale del territorio con l'incremento in spessore del S.E.R.S. e con la presenza nel sottosuolo di detta zona dello sovrascorrimento sepolto che delimita l'ala occidentale della Dorsale Ferrarese e quello ovest est di Santa Vittoria –Lentigione. I fattori locali massimi nella fascia centro meridionale non indicano connessioni con l'assetto S.E.R.S. e del substrato pre-pliocenico.

10.15 Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo $FA\ 0.5 < T < 1.5$ sec

I valori dei fattori di amplificazione dello spettro in accelerazione FA nell'intervallo $0.5 < T < 1.5$ sec, (Tavv. 2.8.1-2.8.5), evidenziano una distribuzione areale simile a quelli della $FH\ 0.5-1.5$ sec differenziandosi nella maggior estensione delle zone con fattori di amplificazione relativi inferiori; quesii ultimi mediamente compresi tra $FA=1.9 \div 2.0$ caratterizzano la prevalente parte della superficie comunale. Analogamente alla sopracitata tavola FH e alle altre elaborazioni dei fattori di amplificazione, i locali massimi relativi identificano la zona occidentale settentrionale adiacente a Santa Vittoria. Simili condizioni contraddistinguono la fascia sud ovest – nord est Z.I. La Madonnina – Quarti, quella nord ovest – sud est Cananea– Zurco e la fascia al bordo sud est del confine comunale che interessa la parte est de zona a destinazione produttiva sud capoluogo; equivalenti condizioni individuano la fascia sud–nord ad occidente di via V. La Pinza – est cavo Barisello, sud SP 358R–nord Cavo Ariolo di Testa. Come sopra esposto il territorio è prevalentemente caratterizzato da $FA=1.7 \div 1.8$; tale intervallo identifica la parte occidentale del capoluogo, ovest della SP 63R, che si estende a sud sino a Strada del Vescovo, il settore nord ovest di il Cantone sino al confine con Castelnuovo di Sotto, L'area a nord di quest'ultima che riveste la parte occidentale di Cà del Bosco di Sotto, la fascia orientale del territorio comunale estesa sud – nord ad esclusione della zona Quarti – Casa Nuova, che a nord di via Liuzzi – ovest via Ponte Forca si allarga sino ai confini comunali est e ovest ed è delimitata o nord dal Cavo Modolena Alta. Incuse in dette arre sono presenti i locali minimi $FA=1.5 \div 1.6$ che individuano l'areale circostante l'incrocio via Santa Giustina/via Vialato, la parte occidentale di Cà del Bosco di Sotto: ovest di via Lello Basso.

La distribuzione areale dei fattori di amplificazione dello spettro in accelerazione nell'intervallo $FA\ 0.5 < T < 1.5$ sec indica una tendenziale correlazione dei fattori relativi maggiori della parte settentrionale occidentale – settentrionale del territorio con l'incremento in spessore del S.E.R.S. e con la presenza nel sottosuolo di detta zona sia dello

sovrascorrimento sepolto che delimita l'ala occidentale della Dorsale Ferrarese che quello ovest est di Santa Vittoria –Lentigione.

10.16 LIVELLO DI PERICOLOSITA' SISMICA HSM

In funzione dei fattori, di amplificazione in termini di accelerazione FA e dei parametri della griglia Ag-ASI – INGV sono stati determinati i valori del livello di pericolosità sismica (Naso et Alii; 2019) mediante la relazione:

$$H_{SM} = (ASI_{UHS}/\Delta T) \cdot FA$$

nella quale il valore ASI di griglia definito per l'intervallo $0.1 < T < 0.5$ sec corrisponde a 0,4 sec.

Le classi delle soglie di pericolosità sismica adottate sono riferite a quelle proposte da RER.

Oltre a queste si è fatto riferimento anche alle classi proposte in “*Maps for land management: from geological to seismic hazard* (Naso, Martelli et Alii; 2019)”; in “*Lo stato dell'arte della microzonazione sismica in Italia e prospettive future*” (G. Naso; 2019; BO – RER).

Le classi di H_{SM} – H nelle aree di pianura comprendono gli incrementi per effetti della topografia.

10.17 Carta del livello di pericolosità nell'intervallo HSM: $0.1 < T < 0.5$ sec

La distribuzione areale dei valori di H_{SM} nell'intervallo $0.1 < T < 0.5$ sec, (Tavv. 2.9.1-2.9.5) evidenzia che il territorio di Cadelbosco di Sopra è caratterizzato dalle classi di pericolosità potenziale moderata e moderato alta rispettivamente: $H_{SM}=0.39 \div 0.54$ g e $H_{SM}=0.55 \div 0.70$ g, con moderata prevalenza della classe moderata.

Come evidenziato nelle elaborazioni dei fattori di amplificazione PGA, FH, FA, la parte settentrionale è contraddistinta dai valori relativi maggiori $H_{SM}=0.57-0.63$ g con quesii ultimi che rivestono la parte nord ovest adiacente a Santa Vittoria. Analoghi parametri individuano il settore centrale circostante l'incrocio via Santa Vittoria/via Vialato, il settore sud orientale della superficie comunale a est della SP 40 sud di via Don Tonino Bello, l'areale a nord ovest d il Cantone che si estende in direzione nord occidentale a Molino del Trignano – confine con Castelnuovo di Sotto, la fascia meridionale centrale occidentale a sud di via V. Bellini adiacente al confine comunale meridionale.

La prevalente parte del territorio alla quale appartengono il capoluogo e le principali frazioni, esclusa la porzione di Argine a sud di via Don Tonino Bello, è caratterizzata da $H_{SM}=0.45-0.51$ g.

La distribuzione areale dei valori di H_{SM} nel campo $0.1 < T < 0.5$ sec indicano la tendenziale correlazione dei fattori relativi maggiori della parte settentrionale occidentale – settentrionale del territorio con l'incremento in spessore del S.E.R.S. e con la presenza nel sottosuolo di detta zona sia dello sovrascorrimento sepolto che delimita l'ala occidentale della Dorsale Ferrarese che quello ovest est di Santa Vittoria –Lentigione.

11 TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

La superficie delle aree oggetto di approfondimento di III° livello riveste il 48 % del territorio comunale.

11.1 Carta del livello di pericolosità nell'intervallo $H: 0.4 < T < 0.8$ sec

Le distribuzioni territoriali di fattori di H nell'intervallo $0.4 < T < 0.8$ sec, (Tavv. 2.10.1-2.10.5) evidenziano che il territorio compreso nello sviluppo è caratterizzato in netta prevalenza da pericolosità potenziale moderata: $H=0.26 \div 0.34$ g.

A detta classe appartengono il capoluogo, la sua area a destinazione produttiva, le principali frazioni ad eccezione della zona a destinazione produttiva di La Madonnina. Quest'ultima e la fascia che si estende in direzione nord est rispetto alla stessa sino a Quarti, circa delimitata e est da via Ponte Forca e a ovest dalla SP 63R/parte orientale di Cà del Bosco di Sotto è caratterizzata da pericolosità moderata alta $H=0.36$ g; analoghi valori, $H=0.37$ g, contraddistinguono la parte centro orientale di Argine, sede del cimitero di detta frazione, circa delimitata a nord da via Don T. Bello e a sud da Villa Argine che si estende sino al confine comunale ovest con Bagnolo in Piano; un equivalente zona con $H=0.37$ g individua l'area a sud del capoluogo a meridione della Strada del Vescovo.

La distribuzione areale dei valori di H nel campo $0.4 < T < 0.8$ sec indicano la tendenziale correlazione dei parametri maggiori della parte centro settentrionale e di quella occidentale meridionale occidentale del territorio con le aree contraddistinte dai fattori di amplificazione relativa maggiore degli intervalli FH 0.5/1.0 sec.

Detti areali non indicano significative corrispondenze dei massimi relativi con l'assetto del substrato pre-pliocenico e suoi sovrascorrimenti.

11.2 Carta del livello di pericolosità nell'intervallo $H: 0.7 < T < 1.1$ sec

La distribuzione territoriale dei valori di H nell'intervallo $0.7 < T < 1.1$ sec, (Tavv. 2.11.1-2.11.5) evidenzia che il territorio compreso nello sviluppo è caratterizzato in prevalenza da pericolosità potenziale moderata: $H=0.17-0.22$ g alta ed in percentuale secondaria da pericolosità moderata: $H=0.23-0.29$ g.

I valori relativi maggiori: $H=0.23-0.25$ g, identificano la fascia centrale del territorio attesa in direzione sud- nord circa delimitata a sud dalla Latteria Sociale e a nord dalla Z.I. La Madonnina – Quarti, da quest'ultimo si allarga a est sino a via G. Mazzini- via Canalina, a settentrione della suddetta frazione si allunga verso nord assecondando la SP 63R sino al suo incrocio con via Liuzzi; equivalenti parametri, $H=0.23$, individuano la fascia adiacente al confine comunale centrale meridionale al quale appartiene la parte orientale: est SP 63R, della zona a destinazione produttiva a sud del capoluogo; analoghi valori contraddistinguono l'area

occidentale centro meridionale a nord ovest del capoluogo, ovest di via C. Prampolini, nord via E. Filippo – Fn.do Elena, sud via L. Landi.

La rimanente parte del territorio compresa nello sviluppo, che rappresenta la prevalenza della superficie in oggetto, alla quale appartengono il Capoluogo, Cà del Bosco di Sotto, Ponte Forca, Argine, è caratterizzata da pericolosità potenziale moderata: $H=0.18-0.22$ g che individua con i valori relativi maggiori: $H=0.22$, le parti settentrionali occidentali – settentrionali dello sviluppo

La distribuzione areale dei valori di H nel campo $0.7 < T < 1.1$ sec non indica significative correlazioni dei massimi relativi con l'assetto del substrato pre-pliocenico e suoi sovrascorrimenti. Evidenzia una tendenziale corrispondenza tra le fasce dei valori relativi medio elevati con quelle dei fattori di amplificazione FH 0.5/1.5 sec.

11.3 Carta del livello di pericolosità nell'intervallo $H: 0.5 < T < 1.5$ sec

La netta prevalenza della superficie compresa nello sviluppo dell'intervallo $0.5 < T < 1.5$ sec, (Tavv. 2.12.1-2.12.5) è caratterizzata da pericolosità potenziale moderata: $H=0.17-0.22$ g ed in deciso subordine da pericolosità potenziale moderato alta: $H=0.23-0.29$ g e moderato bassa: $H=0.10-0.16$ g

A questo intervallo appartengono il capoluogo e le principali frazioni; detti parametri nell'area a nord est del centro storico all'intorno dell'incrocio via Santa Giustina/via Vialato e in quella a ovest di Cà del Bosco di Sotto individuano i minimi relativi territoriali di $H=0.16$ g. i valori relativi maggiori: $H=0.23$ g identificano il settore di Zurco – Cananea, a nord est del capoluogo, delimitato a sud dal confine comunale meridionale centrale, ad est 120 m ovest via Vialato, a ovest da una fascia larga $120 \div 220$ m a occidente della SP 63R, a nord da via Viazza.

La distribuzione areale dei valori di H nel campo $0.5 < T < 1.5$ sec non indicano significative correlazioni dei massimi relativi con l'assetto del substrato pre-pliocenico e suoi sovrascorrimenti. Evidenzia una parziale corrispondenza tra le fasce dei valori relativi di minimo e localmente a nord est capoluogo con medio elevati di quelle individuate dai fattori di amplificazione FH 0.5/1.5 sec.

RISENTIMENTO SISMICO – PERIODO FONDAMENTALE DI VIBRAZIONE PER MACRO TIPOLOGIE DI FABBRICATI

Le stime dei periodi principali dei fabbricati di seguito espone, indicative per valutazioni in prima approssimazione per manufatti con caratteristiche strutturali “omogenee”, sono state sviluppate in riferimento sia a misurazioni dirette eseguite con metodo dei microtremori in edifici (effettuate dallo scrivente) ed a rilevazioni con vibrodine eseguite da *Distart UNI BO* alle quali sono state accoppiate in simultanea misurazioni con acquisizione di microtremori effettuate dallo scrivente.

In base al metodo di Analisi Lineare previste dalle vigenti NTC punto 7.3.3.2, ed esame critico di biografia scientifica in materia, la correlazione periodi/fabbricati è stimabile come di seguito esposto.

- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0.1 – 0.3 sec:
ricadono in questo intervallo le tipologie edilizie prevalenti nel settore ad uso civile realizzate in C.A., telaio C.A., aventi max 3/4 piani – $H \leq 10$ m, edifici di 4/5 piani – $H < 12$ m per le tipologie in muratura;
- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0.3 – 0.5 sec:
ricadono in questo intervallo le più comuni strutture a telaio in C.A. a 4/6 piani, e per estensione anche le prefabbricate tipiche del settore produttivo – manifatturiero commerciale/industriale aventi altezza sotto trave inferiore a sette metri;
- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0.5 – 1.0 sec:
ricadono in questo intervallo le tipologie edilizie a torre tipicamente realizzate a telaio in C.A., fabbricati di oltre 6 piani e produttivi con altezza sotto trave maggiore di 7/8 m, e per estensione magazzini verticali e manufatti alti e stretti quali silos, torri di acquedotto, campanili, ecc.

Per i fabbricati che presentano periodo di vibrazione superiore a 1.0 sec sono da sviluppare approfondimenti mediante analisi con metodo approfondito di risposta sismica locale.

⁴ Si fa riferimento al metodo di Analisi lineare statica previsto dalle vigenti NTC 2018.

12 ELABORATI DI MICROZONAZIONE - EVENTI PASSATI

I risentimenti più rilevanti nel territorio di Cadelbosco di Sopra sono quelli conseguiti ai terremoti del 1831-1832 nel contesto dei quali detto comune ha risentito di effetti con $I=7$, ed in subordine a quelli del 1987/1996 (Bagnolo in Piano) che hanno indotto risentimenti con $I=6$.

Le documentazioni storiche per i primi di detti sismi, con M_w 5,48 – 5,51, attestano effetti nel territorio Cadelbosco di Sopra che hanno causato danni a tutte le case, che dovettero essere puntellate, danni alle volte ed alla facciata della chiesa parrocchiale ed alla torre campanaria che minacciò di crollare; queste ultime dovettero essere successivamente smantellate e la canonica divenne inagibile; si verificò il crollo di 2 piccoli edifici vicini alla parrocchia e di una piccola casa detta “La Colombaia”.

Nelle adiacenti aree sono documentati danni ai fabbricati, crepe, crolli di comignoli, crollo delle volte e del campanile della chiesa parrocchiale di Campegine e gravi danni alla canonica, crollo di parte della facciata della chiesa Parrocchiale di S. Andrea di Castelnovo di Sotto ed all'interno della stessa lesioni o sconnessioni dei pilastri, archi e volte, crollo di parte della volta della chiesa parrocchiale di San Bernardino e suo campanile divenne pericolante, crolli e lesioni a muri, volte di edifici civili e religiosi a Santa Vittoria, simili danni si manifestano nella chiesa parrocchiale di Sesso; oltre a quanto esposto insorsero ingenti danni alla chiesa parrocchiale di Coviolo, nella città di Reggio Emilia ed in quest'ultima in particolare nel quartiere di S. Croce e nel Ghetto Ebraico, si verificarono gravi danni agli edifici monumentali ed ecclesiastici con parziale crollo di alcune torri e campanili, sensibili crepe nei muri e nelle volte di molti edifici; a Bagnolo in Piano subirono gravi danni la chiesa parrocchiale e la rocca.

L'areale coinvolto dei maggiori risentimenti evidenzia due direzioni principali, una sud ovest – nord est: Coviolo – Argine – Santa Vittoria/San Bernardino ed una seconda orientata ovest est: Campegine – Bagnolo in Piano. Relativamente al forese del territorio di Cadelbosco di Sopra, in rapporto alla poco diffusa presenza in tale periodo di patrimonio edilizio con tipologia equivalente a quelle sopra descritte, non sono riportate significative altre informazioni.

Nel contesto degli eventi del 1996 il territorio di Cadelbosco di Sopra ha risentito di effetti $I_0 = 6$ ai quali sono conseguiti gravi danni in 14 edifici principalmente localizzati nella fascia estesa sud nord La Rocca – Argine; risentimenti simili, che hanno coinvolto 9 fabbricati, si sono verificati nel 1987.

Nel contesto degli eventi del maggio – giugno 2012 il comune di Cadelbosco di Sopra ha risentito di effetti $I < 5$.

Le informazioni relative ai risentimenti avvenuti nell'area di Cadelbosco di Sopra riguardanti i danni maggiori conseguiti ai sismi, indipendentemente dalle tipologie edilizie e condizioni statico strutturali delle stesse, considerate praticamente tra loro equivalenti, indicano che i danni relativi maggiori si sono verificati nella zona settentrionale a Cà del Bosco di Sotto, nel settore orientale centrale La Rocca – Argine e nella parte centro meridionale del territorio comunale sede del capoluogo.

Di tali zone quel sud nord Zurco/Cananea – La Madonnina – parte est di Cà del Bosco di Sotto, è prevalentemente caratterizzata dai valori maggiori dei fattori di amplificazione di intensità di Housner FH, negli intervalli $0,5 < T < 1,0$ sec e $0,5 < T < 1,5$ sec, e di accelerazione FA $0,5 < T < 1,0$ sec, $0,7 < T < 1,1$ sec. Gli analoghi risentimenti che si sono manifestati nell'area a sviluppo nastriforme La Rocca – Villa Argine si sono verificati in corrispondenza di settori dei contraddistinti dai valori medio massimi dei fattori di amplificazione intervalli FH $0,1 < T < 0,5$ sec e FA $0,1 < T < 0,5$ sec.

In dette zone; ad eccezione di Cà del Bosco di Sotto, nei primi 5/15 m del sottosuolo sono presenti corpi sabbiosi con spessori di $2/3 \div 5$ m, a sviluppo nastriforme e sequenze limoso argillose – argilloso limose, a loghi contenenti livelli lentiformi limoso argilloso torbosi, a scadenti caratteristiche geotecniche ed elevato grado di compressibilità tra -2 e -5/-6 m pc. soggetti a processi di addensamento e cedimenti e potenziale liquefazione in concomitanza delle sollecitazioni dinamiche.

Simili caratteristiche relativamente ai fattori di amplificazione maggiore negli intervalli FH $0,1 < T < 0,5$ sec, e FA $0,1 < T < 0,5$ sec. e FA $0,4 < T < 0,8$ sec, individuano il settore a sud ovest del capoluogo, la zona occidentale centro meridionale Molino del Trignano – Fornace Vecchie al confine con Castelnuovo di Sotto, l'area nord occidentale adiacente a Santa Vittoria.

L'analisi comparata tra gli effetti risentiti nel territorio e gli elaborati di microzonazione evidenzia la corrispondenza dei fattori di amplificazione relativi maggiori di PGA, FH 0.1/0.5–0.5/1.0 sec, FA 0.1/0.5–0.8 sec, HSM, dell'area settentrionale dell'area comunale all'intorno della quale, Santa Vittoria – San Bernardino, i sismi del 1831/1832 con Is VII-VIII hanno causato gravi danni e crolli in edifici ecclesiastici e gravi lesioni in numerose case, analoghi effetti sono avvenuti in Cà del Bosco di Sotto dove in seguito ai danni alla chiesa e al campanile gli stessi furono demoliti. Equivalenti corrispondenze tra fattori di amplificazione relativa maggiorie e effetti sono correlabili al settore meridionale del capoluogo a sud del quale nella frazione di Sesso sono documentati effetti Is VII-VIII, alla zona occidentale centro meridionale al confine con Castelnuovo di Sotto che ha subito i medesimi effetti,

In rapporto all'assetto del substrato pre-pliocenico si rileva che i risentimenti sismici registrati sono con tutta probabilità correlabili anche ad effetti di rifrazione/riflessione delle direttrici di propagazione delle onde sismiche nel settore di sottosuolo compreso tra la linea di sovrascorrimento che delimita l'ala sud occidentale della Dorsale Ferrarese e quella est – ovest Villa Boschi – Santa Vittoria – Lentigione; simili effetti sono attribuibili allo sovrascorrimento ovest-nordovest – est-sudest San Michele/Pieve Rossa – La Rocca.

STUDIO GEOLGICO CENTROGEO

Dr. Geol. GIAN PIETRO MAZZETTI



BIBLIOGRAFIA

- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2016) alla scala 1:50.000, foglio 200 REGGIO NELL'EMILIA. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di M.PIZZOLO, S.SEGADELLI, S.C.VAIANI.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2016) alla scala 1:50.000, foglio 182 GUASTALLA ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di S. ROSSELLI, F.C.MOLINARI, P.SEVERI; InfoCartoGrafica – Piacenza, D.R.E.A.M. Italia
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 202 SAN GIOVANNI IN PERSICETO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di F.C. MOLINARI, M.PIZZOLO
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 201 MODENA. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G. GASPERI, M. PIZZOLO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 220 CASALECCHIO DI RENO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di L.MARTELLI, A.BERNINI, M.T.De NARDO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2005) alla scala 1:50.000, foglio 199 PARMA SUD. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G DI DIO, S. LASAGNI, A. MARTINI, G.ZANZUCCHI.
- REGIONE EMILIA ROMAGNA – REGIONE TOSCANA – UNIVERSITA' DI SIENA 1240, AA.VV., 2013, Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco – Emiliano – Romagnolo e Val Padana. Centro Stampa – Regione Emilia-Romagna.
- NASO G. – MARTELLI L. – BRAGLIONE M. – CASTENETTO S. – D'INTIOSANTE V. – ERCOLESSI G. (2019), Maps for land management: from geology to seismic hazard, Boll. Geof. Teor. Appl., Vol.60, DOI 10.4430/bgta0263.
- REGIONE EMILIA ROMAGNA – Delibera della Giunta Regionale 1939/2023 – Approvazione dei Contributi per la realizzazione e presentazione degli elaborati relativi a studi di Microzonazione Sismica e Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza.
- REGIONE EMILIA ROMAGNA – Delibera della Giunta Regionale n. 564 del 21/04/2021 – Integrazione della propria Deliberazione N. 476 del 12 aprile 2021 mediante approvazione dell'Allegato A “Atto di coordinamento tecnico sugli studi di Microzonazione Sismica per la Pianificazione Territoriale e Urbanistica (Artt. 22 e 49, L.R. N. 24/2017).
- REGIONE EMILIA ROMAGNA – Delibera della Giunta Regionale n. 1936 del 13/11/2023 –O.C.D.P.C. 24 marzo 2023 N 978-approvazione dei criteri e delle indicazioni tecniche e procedurali per la presentazione e l'erogazione di contributi per studi di microzonazione sismica realizzati da comuni e unioni comuni.
- DISS Working Group (2021), Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), versione 3.3.1: A compilation of potential sources for earthquakes than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; doi: 10.6092/INGV.IT-DISS3.3.0.
- MARTELLI L. (coord.), BOVINI M. – CALABRESE L. – CORTI G. – ERCOLESSI G. – MOLINARI F.C. – PICCARDI L. – PONDRELLI S. – SANI F. – SEVERI P. (2017): Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna e Aree Limitrofe. Con note illustrative. Regione Emilia-Romagna, Servizio geologico, sismico e dei suoli, con note illustrative e CD, D.R.E.A.M. Italia.
- MAZZETTI G. P., GILLI S., MARTELLI L.; (2023): Site effects in a narrow and faulted valley. Atti 41st GNSTS National Conference, Bologna, febbraio 2023
- MAZZETTI G.P., GILLI S., MARTELLI L.; (2023): Possibili effetti di risonanza per convergenza di frequenza tra terreno e struttura: il caso di Castelnovo né Monti, Reggio Emilia. Atti 41st GNSTS National Conference, Bologna, febbraio 2023
- MAZZETTI G. P.; 2019: Opportunità della Microzonazione Sismica; Territori della Cultura pp 82-84, Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali Ravello.
- MARTINELLI G., CHAHOUD A., DADOMO A., FAVA A.; (2014) Isotopic features of Emilia-Romagna Region (North Italy) Groundwaters: Environmental and climatological Implications. Articolo del 31 maggio 2014. Journal of Hydrology.
- CENTROGEO, G.P.MAZZETTI; 2013/2017: Microzonazione sismica di II° livello del territorio Comunale di Bagolo in Piano. <http://www.ambiente-regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/microzonazione-sismica>
- CENTROGEO, G.P. MAZZETTI; 2025: Microzonazione sismica di III° livello del territorio Comunale di Novellara <http://www.ambiente-regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/microzonazione-sismica>.
- CENTROGEO, G.P. MAZZETTI; 2019: Microzonazione sismica di II° livello del territorio Comunale di Cadelbosco di Spr, R.E. <http://www.ambiente-regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/microzonazione-sismica>.
- G.MARTINELLI, A.CHAHOUD, A.DADOMO, A.FAVA, 2014: Isotopic features of Emilia-Romagna region (North Italy) groundwaters: Environmental and climatological implications. Journal of Hydrology.
- L.MARTELLI, M.ROMANI; 2013: Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza delle aree epicentrali dei terremoti della pianura emiliana di maggio giugno 2012. Relazione Illustrativa, (ordinanza del commissario delegato – presidente della Regione Emilia-Romagna n. 70/2012),
- A.FRAULINI, A.MANICARDI, B.MENGOLI C.UGOLETTI, G.P.MAZZETTI; 2013: Riduzione del rischio: esiti della microzonazione sismica nelle carte e norme degli strumenti urbanistici. Atti 32° GNSTS, Trieste.
- G.P.MAZZETTI, S. GILLI; 2013: Geological characters and structural seismic response of litho units between ridge Apennine foot hills: area of the Municipalities of Montese, Zocca, Guiglia, Marano s/P, Atti IX Forum Italiano di Scienze della Terra, Geitalia, Pisa,
- AA.VV. (2013) Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana, Regione Emilia Romagna – Toscana, Università di Siena 1240.
- LOCATI M., CAMASSI R. e STUCCHI M. (a cura di) (2011). BDM11, la versione 2011 del Database Microsismico Italiano. Milano, Bologna, <http://Edius.mi.ingv.it/DBM11>
- CENTROGEO (2007) Analisi Geologico Ambientale – Analisi Sismica del territorio comunale di Bagnolo in Piano, PSC 2008. Non pubblicato.
- GRUPPO DI LAVORO MS (2008). “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd. http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833

- MELETTI C. e VALENSISE G., (2004). Zonazione sismogenetica ZS9-App. 2 al rapporto Conclusivo. In: "Gruppo di Lavoro MPS (2004). *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003*". Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- BOCCALETTI M. – MARTELLI L. – AA.VV. (2004) – Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna. S.E.L.C.A. Firenze
- OPCM 3274/2003. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3274/2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". G.U. n. 155, 08/05/2003, suppl. ord. N. 72.
- L. MARTELLI, A. MANICARDI, G.P. MAZZETTI, C. UGOLETTI. (2009). PTCP MODENA carte della sicurezza del territorio, riduzione del rischio sismico, carte delle aree suscettibili di effetti locali.
- A. CAMPISI, M. GUERRA, F. MANENTI, L. MARTELLI, G. P. MAZZETTI (2007) PTCP DI REGGIO EMILIA: rappresentazione della pericolosità sismica locale provinciale e indirizzi per la pianificazione comunale, 26° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, Novembre.
- MOLINARI F.C. – BOLDRINI G. et ALII (2007) – Risorse Idriche Sotterranee della provincia di Ferrara; DB MAP, Firenze.
- G.P. MAZZETTI (2006), Evoluzione geologica del territorio reggiano. pp. 8-20 in "Una Provincia allo Specchio: Reggio Emilia"; Telesio Editrice, Carnate, Milano.
- M. PAGANI, A. MARCELLINI, R. DAMINNELLI, L. MARTELLI, G.P. MAZZETTI (2003). Valutazione della pericolosità sismica di Castelnovo né Monti, Convegno Nazionale, Gruppo Nazionale di Geofisica della terra Solida, C.N.R., Roma.
- SERVIZIO TECNICO DEI BACINI ENZA E SECCHIA (2005) – Stratigrafie catasto pozzi, dati non pubblicati.
- G.P. MAZZETTI– NASSER A.Z. – GILLI S. (2003) – Enza the alluvial cone model trough geoelectric prospecting, Atti 4th European Congress in Regional Geoscientific Cartography; R.E.R. Ind. Graf. Labanti e Nanni – BO.
- FERULANO F. ENI S.p.A. Divisione AGIP (2001) Scossa di Correggio del 18 giugno 2000: Un'Anomalia? GNGTS Atti 19° Convegno Nazionale 12/2004.
- CREMASCHI M. (2002) Clima e Ambiente nel Quaternario in "Il Mondo dell'Archeologia", Periodizzazione Cronologica; Treccani
- Il Quaternario AA.VV. (2000): Le Fluttuazioni Del Clima Nel Corso Dell'Olocene: Stato Dell'Arte; Italian Journal of Quaternary Sciences, 9, 439-444.
- ANTONIOLI F. & SILENZI S. (2000): La Risalita Del Mare Nel Corso Dell'Olocene. 29 – 42 ICRAM
- OROMBELLI G.M. & RAVAZZI C. (1996): Schema cronostratigrafico del tardo Pleistocene e dell'Olocene. Il Quaternario – Italian Journal
- CIACCO M. G., CHIARABBA C. (2001-2002) Tomographics models seismotectonics of the Reggio Emilia region, Italy, Tectonophysics, 344 (2002)
- GASPERINI P. ET ALII (1999) – Defining Seismogenic Sources from Historical Earthquake Reports. Bukk.Seism. Soc Am.Vol. 89 No1.
- DI DIO G. et ALII (1998) - Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna S.E.L.C.A. Firenze
- SCANDONE P. et ALII (1992) - Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della penisola italiana, Atti, Convegno GNDT.
- MAZZETTI G.P. – POZZI P. (1993) – Studio di compatibilità ambientale fisica per la locazione di un impianto di scarico controllato in zone pianiziali – Discarica Intercomunale di Novellara (RE) – Atti 8° convegno Nazionale C.N.G.
- AGIP (1986) –Pianura Padana Interpretazione Integrata di dati Geofisici e Geologici. Società Geologica Italiana, 4 ottobre
- BOSELLINI A. - MUTTI E. - RICCI LUCCHI F. (1989) - Rocce e Successioni sedimentarie UTET
- MAZZETTI G.P. (1983) – studio geologico ambientale del comprensorio di media pianura Carpi – Correggio, Regione Emilia Romagna.
- AGIP (1981) - Subsurface geological structure of the Po Plain. Italy - C.N.R.
- BOSELLINI A. (1981) - The emile fault. A jurassic fracture zone that evolved into a Cretaceous Paleogene sinistral wrench fault. Boll. Soc. Geol. It.
- FERRARI G - POSTPISCHL D. (1981) - Le scale macrosismiche C.N.R. P.F. Geodinamica. Pubbl. N° 387. Ist. Topografia, geodesia e geofisica Mineraria, Univ. BO
- C.N.R. (1980) - Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale - Pubblic. N° 361 ESA Editrice - Roma.
- C.N.R. (1979) - Carte preliminari di scuotibilità del territorio nazionale. Pubbl. N° 227 ESA Editrice - Roma
- IST. GEOL. UNIV. MO (1978) - Metodologie e primi risultati di neotettonica nel modenese e territori limitrofi. Mem. Soc. Geol. It.
- CASTANY G. (1976) – Traité pratique des eaux souterraines. Dunod, Paris.
- VANDENBERG J. & WONDERS A.A.H. (1976) - Paleomagnetic evidence of large fault displacement around the Po-Basin. Tectonophysics.
- VEGGIANI A. (1974) – Le variazioni idrografiche del basso corso del fiume Po negli ultimi 3.000 anni. Padusa Riv. C. Palesano St. Stor. Arch. E Etr. Rovigo.
- ENI (1972) - Acque dolci sotterranee - ENI
- ENI (1965) – Enciclopedia del petrolio e del gaso naturale, volume VI, Carlo Colombo Editore.
- AGIP (1969) - Italia II - Geologia e ricerca petrolifera; Pianura Padana Veneta-Enciclopedia del petrolio e del gas naturale, ENI
- LOSACCO U. (1949) - La glaciazione quaternaria dell'Appennino Settentrionale. Riv geografia It, 56 (2)