



Attuazione dell'art.11 della legge 24 Giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

RELAZIONE TECNICA MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 1

Regione Toscana Comune di Asciano



Regione Toscana	Soggetto realizzatore	Data
	GEOGRAPHIKE SRL Dr. Geol Michele Bocci Via A. Sansedoni 7 53100 Siena 0577 – 588408 m.bocci@geographike.it	Novembre 2019



Michele Bocci

INDICE

1	Premessa.....	3
2	Selezione e delimitazione delle aree di indagine	5
3	Definizione della Pericolosità sismica di base e degli eventi di riferimento	6
4	Inquadramento geologico e geomorfologico	11
5	Indagini geologiche, geotecniche e geofisiche.....	23
6	Modello del sottosuolo	25
7	Classe di qualità.....	30
8	Metodologie di elaborazione	31
9	Elaborati cartografici	35
9.1	Carta delle indagini	35
9.2	Carta geologica.....	35
9.3	Sezioni geologiche.....	35
9.4	Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica	36
9.5	Carta delle frequenze fondamentali	36
9.6	Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)	39
10	Bibliografia	51
11	Allegati	52

1 Premessa

Con la presente relazione si riferiscono i risultati dello studio di aggiornamento della Microzonazione Sismica di 1° livello condotto su incarico del Comune di Asciano in base all'incarico assegnato con determina n. 647 del 23/07/2019. L'incarico aveva per oggetto la realizzazione dello studio di Microzonazione Sismica di 2° livello, con conseguente aggiornamento della Microzonazione Sismica di 1° livello svolta dallo scrivente nel 2017.

Lo studio è stato condotto in ottemperanza alla Del.G.R.T n.1162 del 22/10/2018, approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per la realizzazione di studi di Microzonazione sismica ed Analisi CLE (Allegato A – Edizione n.6), ed agli altri strumenti normativi vigenti in esso citati.

Lo studio ha tenuto conto delle indagini geologiche condotte a supporto del “Piano Strutturale” del Comune di Asciano, approvato con D.C.C. n. 27 del 21/04/2009¹ e di quelle condotte per la redazione del “Regolamento Urbanistico”, approvato con D.C.C. n. 31 del 31/03/2017. Anche tali studi sono stati condotti dallo scrivente.

Lo studio ha riguardato le aree già oggetto della prima edizione di Microzonazione Sismica di 1° livello, integrate da 2 nuove aree; Podere Neci e Kartodromo (vedi Cap. 2).

Per quanto riguarda le indagini lo studio si è basato su tutte le conoscenze acquisite con le indagini precedenti di cui sopra, integrate dalle seguenti attività:

1. Integrazione delle indagini esistenti con raccolta e catalogazione delle ultime indagini geognostiche e geofisiche svolte nel territorio di Asciano nel periodo 2017-2019, tra le quali si segnalano:
 - n°1 misura HVSR;
 - n°3 misure MASW;
 - n°1 misura REMI;
 - n°2 profili sismici a rifrazione P e SH;
2. Integrazione della campagna geofisica svolta per la precedente edizione dello studio di Microzonazione Sismica di 1° livello con l'esecuzione di:
 - n° 14 misure HVSR;
 - n° 2 misure ESAC-MASW;
 - n° 2 misure MASW;
 - n° 1 profilo sismico a rifrazione P e SH.

¹ il Piano Strutturale vigente del Comune di Asciano era stato redatto in conformità al precedente Regolamento di attuazione n. 26/r del 27 aprile 2007.

La nuova campagna geofisica e l'integrazione della raccolta delle indagini esistenti hanno fornito risultati che dettagliano maggiormente il quadro microsismico descritto nella precedente versione (marzo 2017); di conseguenza sono state aggiornate la "Carta delle indagini", la "Carta delle frequenze fondamentali" e la "Carta delle MOPS", nella quale sono state identificate due nuove "Zone", oltre all'aggiunta delle due nuove aree di studio sopra citate.

2 Selezione e delimitazione delle aree di indagine

Le zone del Comune di Asciano oggetto del presente studio sono le seguenti:

1. Centro urbano **Asciano** (Capoluogo)
2. Centro urbano **Arbia** (esteso alla zona industriale di **Casetta**)
3. Frazione **Chiusure**
4. Frazione **Torre a Castello**
5. Frazione **Stazione di Castelnuovo Berardenga**
6. Nucleo minore di **Podere Neci**
7. **Zona del Kartodromo**

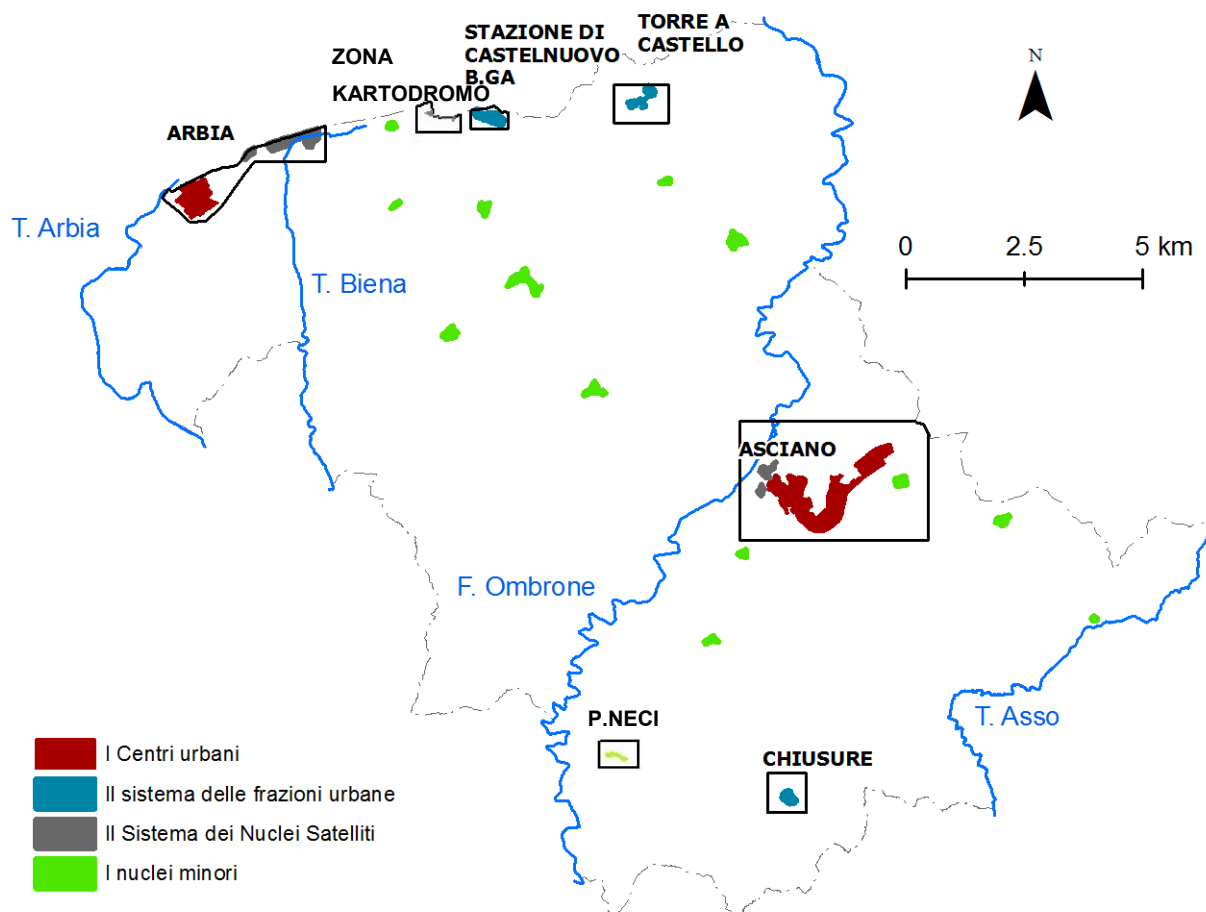


Figura 1 - Selezione e delimitazione delle aree di indagine

3 Definizione della Pericolosità sismica di base e degli eventi di riferimento

Dalla Mappa di Pericolosità Sismica realizzata dall'INGV nel 2004 (Allegato 1B dell'O.P.C.M. 3519/2006) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005), nel territorio relativo al Comune di Asciano risultano valori di a_{max} compresi tra 0.100g e 0.125g e tra 0,125g e 0,150g.

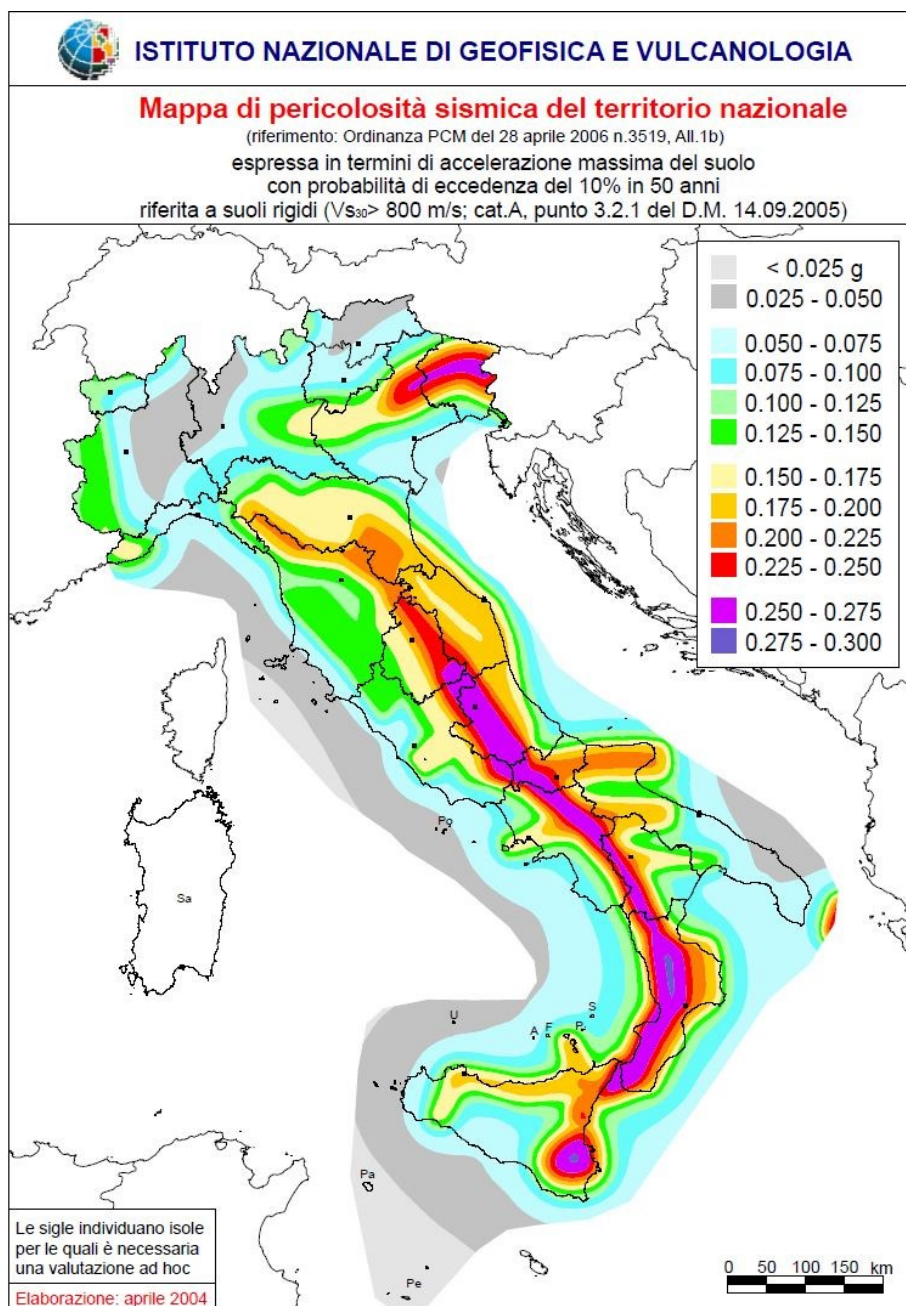


Figura 2 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale.
(http://zonesismiche.mi.ingv.it/mappa_ps_apr04/italia.html)

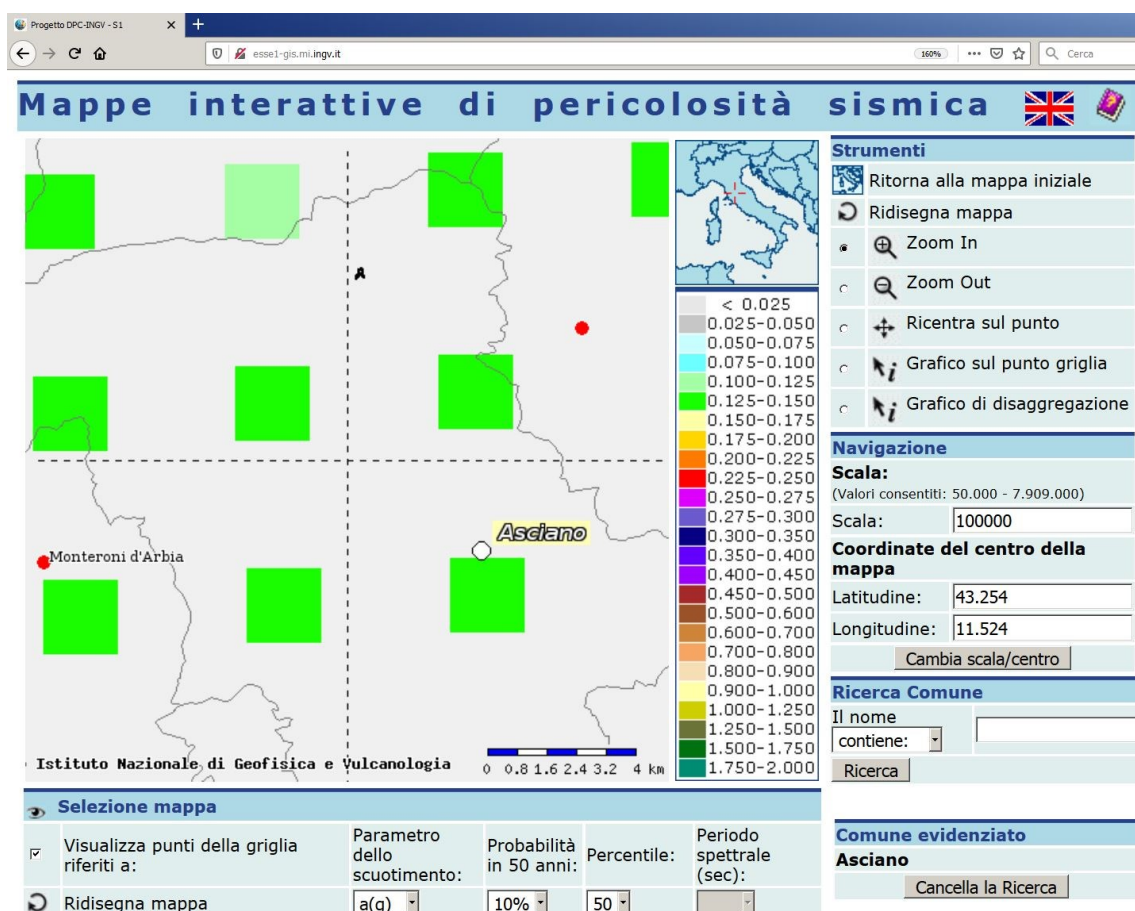


Figura 3 - Mappa interattiva di pericolosità sismica (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

Per quanto riguarda la stima della magnitudo attesa, in mancanza di una normativa di riferimento, la valutazione è eseguita sulla base dei due metodi di calcolo suggeriti nel par. 2.8.2 degli ICMS.

Considerando la zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di lavoro, 2004), secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima M_{wmax} , il territorio comunale di Asciiano ricade tra le zone 916 e 921, alle quali corrisponde una magnitudo massima pari a 6,14.

Considerando invece il metodo della disaggregazione per una probabilità di occorrenza con tempo di ritorno pari a 475 anni, la magnitudo media (ma anche la mediana) risulta inferiore a 5.

In assenza di una normativa chiara, su suggerimento dell'Ufficio Prevenzione Sismica della Regione Toscana, il secondo metodo, considerato più realistico, è stato preso a riferimento per la verifica delle condizioni di suscettibilità alla liquefazione.

Le specifiche dei terremoti avvenuti nella zona (buffer di 10 km del confine comunale di Asciiano) e registrati nel database del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione CPT15 (Rovida et alii, 2015), sono riportate in Tabella 1.



































Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7		1449	10	15	20	45	Crete Senesi	2	6	4.63
F		1705	04	14	19	20	Senese	2	4	3.70
D		1781	01	03	02	30	Crete Senesi	22	7-8	5.19
5-6		1802	10	30	18	30	Val d'Orcia	17	7	5.15
F		1854	12	04	01		Senese	3	4	3.70
5-6		1859	01	30			Crete Senesi	4	5-6	4.40
4		1859	04	12	03	28	Senese	24	6	4.46
4-5		1859	04	12	13	03	Senese	16	6-7	4.83
5		1869	02	07			Senese	8	6-7	4.81
4		1895	05	18	19	55 1	Fiorentino	401	8	5.50
3		1895	10	25	00	24 5	Chianti	36	5-6	4.51
F		1897	11	15	23	52	Val d'Orcia	26	5	4.10
5		1901	09	22	21	42 1	Valdelsa	35	6	4.68
5		1902	08	04	22	36 1	Lunigiana	60	6	4.78
3		1905	02	12	08	28	Monte Amiata	61	6	4.55
5		1908	06	26	13	15	Senese	9	5	4.36
5-6		1909	08	25	00	22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
5-6		1911	09	13	22	29 0	Chianti	115	7	5.08
3		1914	10	27	09	22	Lucchesia	660	7	5.63
3		1915	01	13	06	52 4	Marsica	1041	11	7.08
4		1919	06	29	15	06 1	Mugello	565	10	6.38
NF		1930	10	30	07	13	Senigallia	268	8	5.83
3-4		1940	01	31	11		Siena	30	5-6	4.23
3		1940	06	19	14	10	Monte Amiata	28	6	4.64
3		1940	10	16	13	17	Val di Paglia	106	7-8	5.29
4-5		1947	12	24			Crete Senesi	26	6	4.46
NF		1984	05	07	17	50	Monti della Meta	912	8	5.86
NF		1984	05	11	10	41 4	Monti della Meta	342	7	5.47
3-4		1997	09	26	00	33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
4		1997	09	26	09	40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
NF		1997	10	14	15	23 1	Valnerina	786		5.62
NF		1998	04	05	15	52 2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
NF		2000	04	01	18	08 0	Monte Amiata	68	6	4.52
3-4		2001	11	26	00	56 5	Casentino	211	5-6	4.63

Tabella 1 - Eventi sismici registrati ad Asciano nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15

(Rovida et alii, 2015 - https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/)

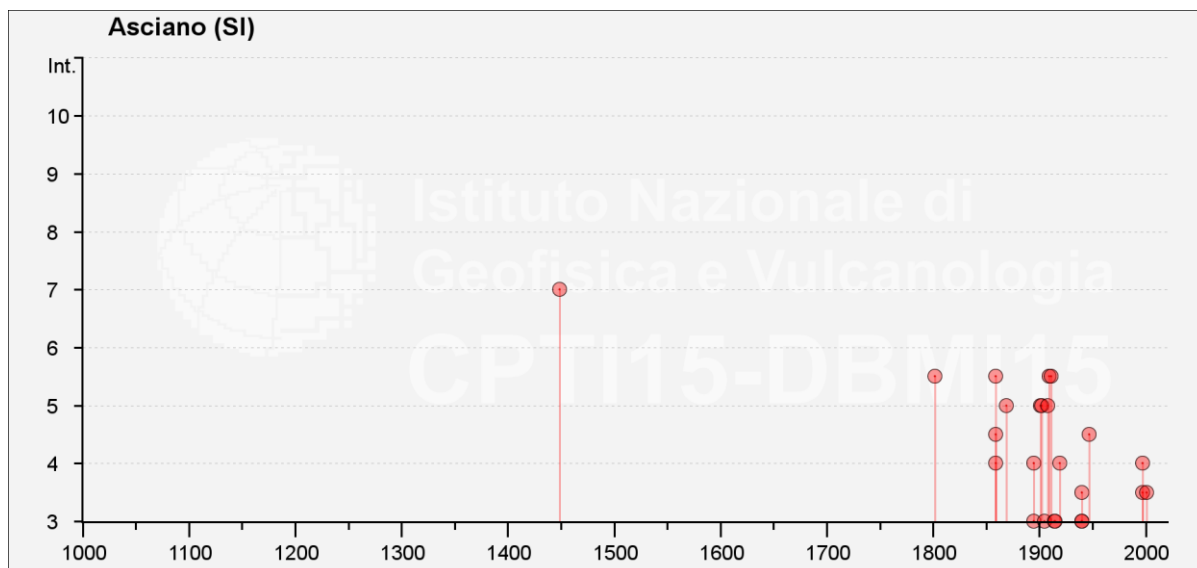


Figura 4 – distribuzione degli eventi sismici registrati ad Asciano nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (Rovida et alii, 2015 - https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/)

Il meccanismo tettonico responsabile dell'attività sismica è attribuito alla deformazione delle dorsali pre-neogeniche MedioToscana, Montalcino-Amiata e Rapolano-Cetona, e della depressione tra esse comprese, ovvero il bacino di Siena-Radicofani. Le informazioni disponibili sull'attività neotettonica e le possibili strutture sismogenetiche sono scarse ed in parte contraddittorie. La genesi del bacino Siena-Radicofani, che ospita una potente copertura sedimentaria del Miocene superiore-Pliocene medio è da tempo inquadrata nell'ambito di un regime tettonico estensionale. Tuttavia, nell'area in esame le faglie normali affiorano in modo frammentario. Al bordo orientale del bacino, in prossimità della dorsale Rapolano-Cetona, è largamente riconosciuto un sistema di faglie normali orientate circa NO-SE (Mantovani et al., 2012).

Il precedente Piano Regolatore Generale del Comune di Asciano, approvato in via definitiva dalla Regione Toscana con delibera n. 205 del 29.02.2000, segnalava un rischio sismico basato sulla vicinanza ad un lineamento profondo NE-SO denominato "Arbia - Val Marecchia", le cui caratteristiche (geometria, cinematica e potenzialità sismogenetica) sono comunque incerte (Mantovani et al., 2012).

Per la valutazione e l'ubicazione delle faglie attive e capaci², alla luce delle disposizioni vigenti, sono state utilizzate le informazioni disponibili del progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults) sviluppato dal Servizio Geologico d'Italia – ISPRA³. Dal catalogo consultabile on line non risultano faglie attive e capaci nell'area di studio.

² Struttura per la quale si sia accertato un movimento almeno negli ultimi 40.000 anni, che disloca la superficie.

³ <http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html>

L'aggiornamento della classificazione sismica della Toscana, a sei anni di distanza dall'entrata in vigore della precedente classificazione⁴, approvata con Del. GRT n° 878 del 8/10/2012 (pubblicata su BURT Parte Seconda n. 43 del 24.10.2012 Supplemento n. 136 ed aggiornato mediante Delibera_n.421_del_26-05-2014-Allegato-1), ha confermato il Comune di Asciano nella **zona sismica 3 (zone a bassa sismicità)**. Tale classificazione non produce dirette ripercussioni sulla progettazione di opere e sulla Microzonazione Sismica, la cui valutazione della pericolosità, alla luce delle vigenti norme⁵, è cambiata da un criterio “zona-dipendente” a “sito-dipendente”.

4 Delibera della Giunta Regione Toscana n. 431 del 19 giugno 2006 in attuazione alla precedente Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006.

5 NTC2008 e Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche.

4 Inquadramento geologico e geomorfologico

Dal punto di vista geologico il territorio del Comune di Asciano è costituito prevalentemente da depositi marini pliocenici e da terreni di copertura; il bedrock roccioso, costituito dalle formazioni di Dominio Toscano, affiora marginalmente, ad Est del territorio comunale, lungo la dorsale Rapolano-Monte Cetona.

L'assetto stratigrafico è rappresentato dalle seguenti formazioni, partendo dal basso verso l'alto:

Dominio toscano

RET – Calcare e marne a Rhaetavicula contorta (Retico). Calcari fetidi grigio scuri con rare intercalazioni marnose nocciola.

MAS – Calcare massiccio (Lias inf.). Calcari grigio chiari massicci o grossolanamente stratificati, talvolta brecciati

RSA – Rosso ammonitico (Lias inf. – medio). Calcari nodulari rossi e rosati, ammonitiferi, con intercalazioni pelitiche.

LIM – Calcare selcifero di Limano (Lias medio – sup.). Calcari stratificati grigi con selci grigie, nere e rosse.

POD – Marne a Posidonomya (Lias sup. – Dogger p.p.). Marne e calcari marnosi rossi e grigio-verdi.

DSD – Diaspri (Malm p.p.). Radiolariti rosse, verdi e grigie con sottili alternanze di siltiti ed argilliti.

APT – Calcari ad Aptici (Malm p.p.). Calcari detritici gialli e rossi con Aptici, calcari silicei verdi e frequenti livelli silicei rossi.

MAI – Maiolica (Titoniano sup. – Cretacico inf.). Calcilutiti grigio chiaro stratificate con liste e noduli di selce grigia, nera e rosata.

STO7 – Marne e calcilutiti (Gruppo della Scaglia toscana) (Cretacico inf. (?) – Paleogene). Marne, calcari marnosi e calcilutiti silicee con subordinate arenarie fillosilicatiche.

MAC – Macigno (Oligocene sup. – Miocene inf.). Arenarie quarzoso-feldspatiche e siltiti micacee.

Depositi marini pliocenici

PLIs – Sabbie e arenarie gialle (Zancleano – Piacenziano). Arenarie con granulometria variabile da fine a grossa, talvolta limose, di colore giallo ocre, generalmente poco cementate. Spesso si alternano in livelli con gradi di coerenza molto variabili. Possono contenere lenti conglomeratici e fossiliferi (lamellibranchi e gasteropodi). Nella zona tra Torre a Castello e Monte Sante Marie costituiscono una frammentata superficie strutturale, coincidente probabilmente con la regressione marina del Pliocene medio; in questo banco arenaceo è documentato micropaleontologicamente tale periodo e vi sono stati rinvenuti ciottoli con fori di litodomi. Altri affioramenti si trovano nel

margine Est del territorio comunale di Asciano, direttamente a ridosso delle formazioni di Facies Toscana che costituiscono la dorsale, oppure sopra i depositi argillosi marini e presentano caratteristiche deposizionali di ambiente costiero.

FAA – Argille e argille siltose localmente fossilifere (Zancleano – Piacenziano). Argille e argille siltose di colore grigio azzurre, talvolta fossilifere. All'interno di questa formazione, che è la più estesa del territorio di Asciano, sono state individuate le seguenti unità litostratigrafiche:

FAAe – Sabbie decametriche risedimentate.

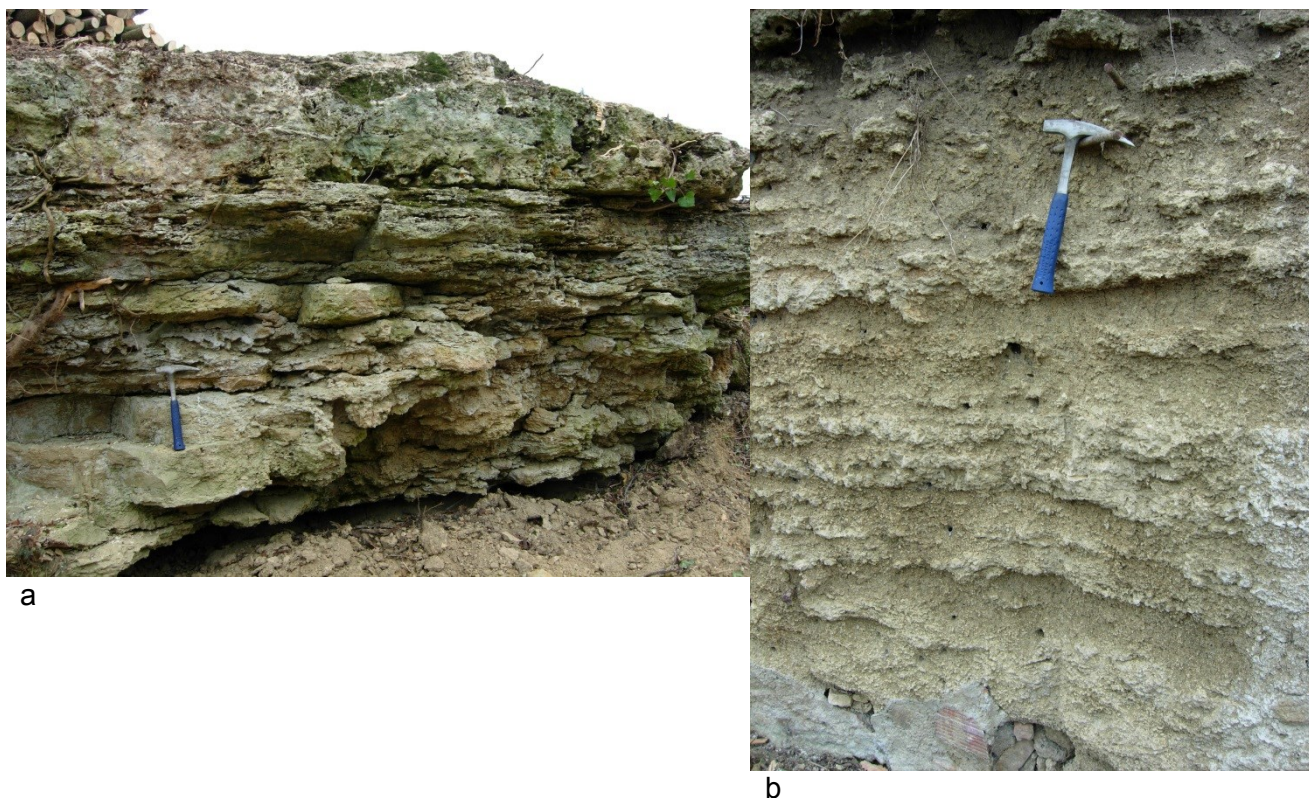
FAAd – Alternanze di argille e sabbie risedimentate.

PLIb – Conglomerati marini poligenici (Zancleano – Piacenziano). Conglomerati poligenici non classati, saltuariamente con fori di litodomi e fossiliferi. Gli affioramenti si trovano in prossimità della dorsale Rapolano – Monte Cetona, a contatto con le formazioni di Facies Toscana.

Depositi pleistocenici

f1b – Travertini e calcari continentali (Pleistocene – Olocene (?)). I travertini di Asciano si sviluppano lungo una fascia orientata in direzione appenninica (NO-SE) lunga circa 2 Km, larga 400 m e articolata in 2-3 terrazzi che degradano verso la piana dell'Ombro (NO). Un affioramento di travertino si trova anche in loc. "Il Castellare", sul rilievo ad Ovest del centro storico di Asciano, oggi isolato dal resto del corpo travertinoso verosimilmente dall'azione erosiva del Borro la Copra, attuale affluente del F. Ombro. Questo deposito calcareo, di color bianco sporco-giallognolo, è debolmente coesivo e, quindi, riferibile alla denominazione "tufa" e "gallazzone" in gergo locale. Esso è sia di tipo fitostromale sia fitoclastico; non mancano tuttavia intercalazioni di limi argillosi grigio scuri ricchi in macrofossili di acqua dolce. I travertini sono per lo più stratificati in livelli da centimetrici a pluridecimetrici ed in genere hanno una giacitura sub-orizzontale. (*PTCP di Siena - I Geositi della Provincia di Siena*).

Dal materiale sui Geositi individuati dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Siena, reperibile sul sito dell'informazione geografica della Regione Toscana, sono riproposte, in figura 5, due foto di affioramenti di travertino di Asciano che possono essere considerate significative sulla variabilità delle litofacies che caratterizzano tali depositi.



*Figura 5 – Affioramenti di travertino ad Asciano (a: litofacies più coesiva; b: litofacies terrigena meno coesiva)
(PTCP di Siena - I Geositi della Provincia di Siena).*

Nei pressi dell'abitato di Asciano sono state individuate alcune cavità e cunicoli nel travertino, come in figura 6.



Figura 6 – Cavità e cunicoli nel travertino ad Asciano (PTCP di Siena - I Geositi della Provincia di Siena)

Più in generale, le aree di affioramento di questa formazione sono due: una su cui sorge il paese di Asciano ed un'altra costituita da alcuni affioramenti allineati tra il piano del Bestina e i Bagni di Montalceto.

I travertini di Asciano costituiscono anche l'acquifero sfruttato per l'approvvigionamento idrico del comune. Questo è costituito, in sintesi, da due livelli travertinosi di spessori variabili tra i 4 e i 10 m, separati da un setto argilloso di spessore variabile tra 1 e 2 m e ospitano una falda più superficiale e una più profonda confinata (*Comune di Asciano - Studio idrogeologico per l'approvvigionamento idrico comunale, SAT sdf, 1992*).

I travertini della fascia di affioramenti orientale sono tutti legati alla risalita di acque termominerali lungo la "Master fault" di Rapolano. L'affioramento più cospicuo di questa fascia è quello al bordo tra il Comune di Asciano e quello di Rapolano Terme, dove si sono impostate numerose attività estrattive.

Più a Sud vi sono inoltre due affioramenti di travertino, presso la sorgente dell'Acqua Passante e presso i Bagni di Montalceto.

L'età dei depositi di travertino è indicata intorno a circa 10.000 anni fa per la fascia orientale, dove esiste tuttora una scarsa deposizione attiva, mentre il travertino di Asciano è più recente anche se non vi sono più manifestazioni idrotermali.

bnb – Depositi alluvionali terrazzati. Depositi a granulometria fine dei terrazzi fluviali

Depositi olocenici

bn1 – Depositi alluvionali terrazzati. Depositi a granulometria fine dei terrazzi fluviali

b – Depositi alluvionali attuali. Depositi a granulometria fine (argille, limi e sabbie) nei letti fluviali attuali.

b7a – Depositi eluvio-colluviali: coperture di materiale a granulometria fine (limi e sabbie), con rari frammenti litoidi grossolani, sia in aree pianeggianti che di versante, prodotte sia da processi di alterazione che da processi di trasposto limitato.

aa – Detriti di versante. Accumuli lungo i versanti di frammenti litoidi, eterometrici, angolosi, talora stratificati, con matrice sabbiosa o sabbiosa-limosa.

h1 – Discariche per rifiuti inerti: discarica di seconda categoria, tipo A, nei pressi di Torre a Castello

h3 – Discariche di cave, ravaneti: depositi di materiali litoidi o sciolti, costituiti dagli scarti della estrazione e lavorazione di travertino o di altri materiali litoidi.

h5 – Terreni di riporto, bonifica per colmata: materiali di riporto di varia natura, che costituiscono le dighe in terra degli invasi artificiali, i rilevati stradali e alcuni riempimenti di cave di travertino abbandonate.

Depositi continentali quaternari

a1a – Frane attive. A seconda del movimento prevalente, si suddividono in:

- 1) frana di scorrimento
- 2) frana di colamento
- 3) frana con movimento complesso

a1q – Frane quiescenti. A seconda del movimento prevalente, si suddividono in:

- 1) frana di scorrimento
- 2) frana di colamento
- 3) frana con movimento complesso

a1s – Frane non attive

a1z – Frane in evoluzione

Asciano Capoluogo

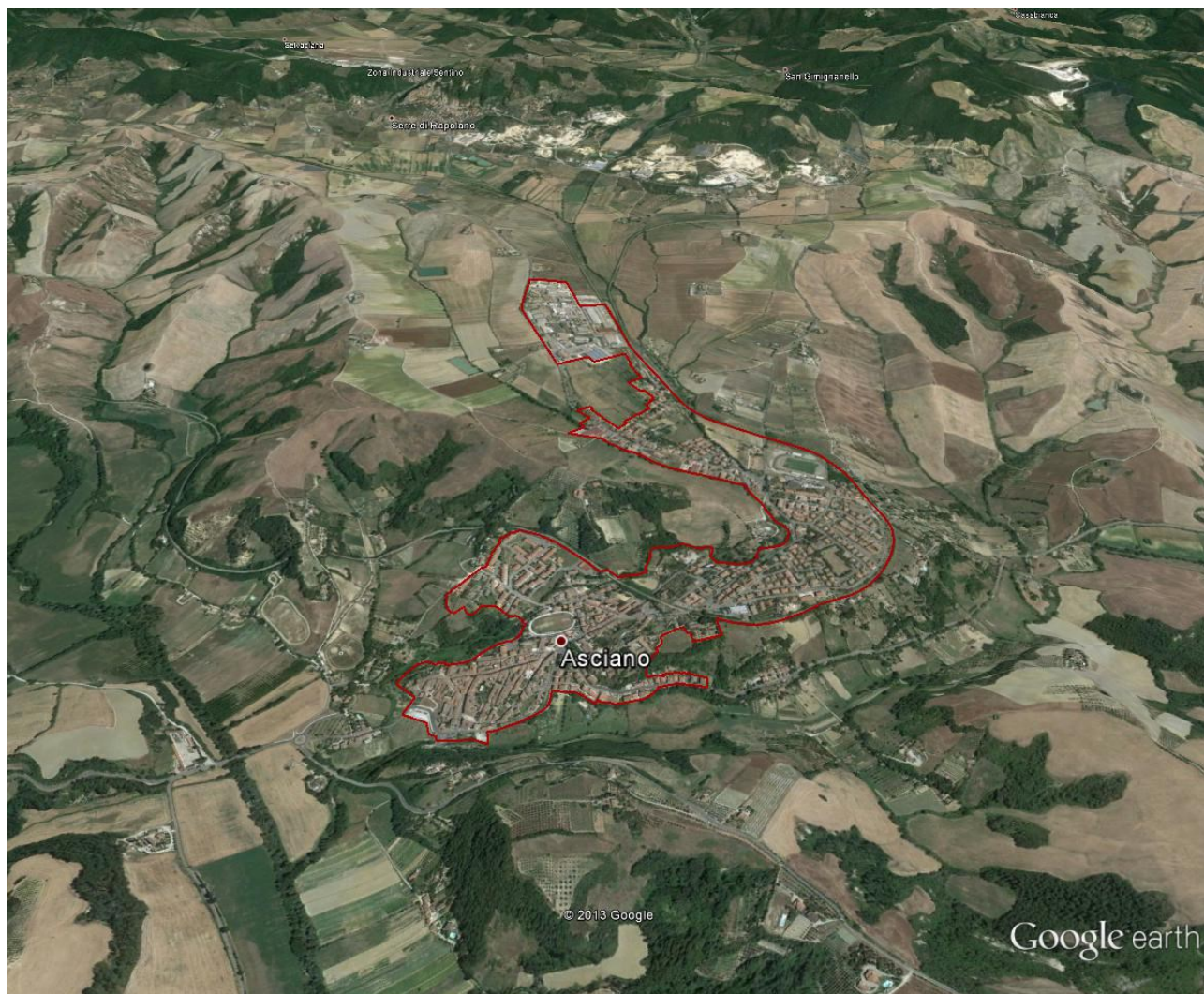


Figura 7 – Veduta panoramica di Asciano (Google Earth).

L'area del capoluogo di Asciano (figura 7) giace su depositi fluvio-lacustri terrazzati, costituiti da associazioni litologiche variabili di limi, argille e sabbie con travertini (b, bna, bnb, f1b), al di sopra di un substrato geologico rappresentato dai depositi marini pliocenici costituiti prevalentemente da argille sovraconsolidate (FAA, FAAe). Morfologicamente l'area fa parte del bacino del Fosso Bestina, affluente in sinistra del Fiume Ombrone, contraddistinta da una morfologia pianeggiante, quasi tabulare e bordata dalle incisioni dei corsi d'acqua. E' segnalata la presenza di alcune cavità sotterranee, visibili lungo il corso del Fosso Bestina, nel centro urbano, e in corrispondenza della zona industriale, ricavata dalla descrizione litologica di un sondaggio a carotaggio continuo.

Esternamente al perimetro dell'urbanizzato, sui versanti più acclivi e costituiti da depositi pliocenici marini, si sono impostati movimenti gravitativi di massa, di tipologia e stato variabili (scorrimento, colamento, movimento complesso; attivo, quiescente e non attivo), spesso associati a fenomeni erosivi dovuti a ruscellamento diffuso e concentrato. Sono segnalati alcuni orli di scarpate

morfologiche, spesso impostati su versanti con processi morfologici in atto, e orli di terrazzo fluviale. Sono marginalmente segnalati depositi eluvio-colluviali (b7a) e discariche di cave (h5).

Centro urbano Arbia, con estensione alla zona industriale di Casetta



Figura 8 – Veduta panoramica di Arbia e Casetta (Google Earth).

L'abitato di Arbia con l'estensione alla zona industriale di Casetta (figura 8) è impostato sui depositi alluvionali e terrazzati in sinistra del Torrente Arbia (b, bna e bnb) e sul substrato geologico costituito dalle argille sovraconsolidate plioceniche (FAA). I depositi alluvionali del T. Arbia sono costituiti da associazioni litologiche variabili di sabbie, limi, argille e ghiaie. In corrispondenza dell'area di scavo della ex Fornace Laterizi sono segnalati materiali di riporto.

L'area industriale di Casetta giace sui depositi alluvionali terrazzati del fondovalle del Torrente Biena, costituiti da associazioni litologiche variabili di limi, argille e sabbie.

Frazione Stazione di Castelnuovo Berardenga



Figura 9 – Veduta panoramica di Stazione di Castelnuovo Berardenga (Google Earth).

L'area di Stazione di Castelnuovo Berardenga (figura 9) giace su un versante poco acclive costituito dalle argille sovraconsolidate plioceniche (FAA) e sui depositi alluvionali terrazzati (bna, bnb) del fondovalle. La morfologia dell'area è stata in parte rimodellata dall'attività estrattiva collegata alla Fornace Laterizi.

Frazione Chiusure



Figura 10 – Veduta panoramica di Chiusure (Google Earth).

L'abitato di Chiusure (figura 10) si trova sul bordo orientale di una vasta area caratterizzata da fenomeni erosivi dovuti a ruscellamento diffuso e concentrato, che danno forma a suggestivi calanchi e balze (Monte Oliveto Maggiore), sui quali si innescano frequenti movimenti gravitativi. Quest'ultimi lambiscono l'abitato e sono stati oggetto di indagini in passato, raccolte nell'ambito del presente lavoro.

Le formazioni geologiche che vi affiorano sono prevalentemente le argille sovraconsolidate plioceniche, associate alle unità a facies più granulare (FAA, FAAe e FAAd), oltre ai depositi di frana attiva e quiescente. Sono segnalati alcuni orli di scarpate morfologiche, impostati su versanti con processi morfologici in atto.

Frazione Torre a Castello



Figura 11 – Veduta panoramica di Torre a Castello (Google Earth).

L'abitato di Torre a Castello (figura 11) giace su un rilievo collinare caratterizzato da una frammentata superficie di terrazzo marino (bnb) costituito da sabbie limose, al di sopra di arenarie e sabbie gialle plioceniche a consistenza variabile (PLIs) e argille sovraconsolidate (FAA). All'esterno della frazione, sui versanti più acclivi, sono segnalati movimenti franosi attivi, quiescenti e non attivi, associati a fenomeni erosivi dovuti a ruscellamento diffuso. Sono inoltre segnalati alcuni orli di scarpate morfologiche, spesso impostati su versanti con processi morfologici in atto.

Podere Neci



Figura 12 – Veduta panoramica di Podere Neci a sx e Necione a dx(Google Earth).

Il Podere Neci, con il vicino Podere Necione, (figura 12) sono situati ad Ovest dell'abitato di Chiusure, direzione Buonconvento, rispettivamente in due alti morfologici separati da una sella. Le formazioni geologiche che vi affiorano sono prevalentemente le facies più granulari (FAAe e FAAd) delle argille sovraconsolidate plioceniche (FAA). Dal punto di vista geomorfologico a Sud di Podere Neci è presente una limitata frana in evoluzione. Sono inoltre presenti alcuni orli di scarpate morfologiche, impostati sui versanti a Nord-Ovest e a Sud dei poderi, con processi morfologici inesistenti o quantomeno quiescenti. Tale valutazione è dovuta alla forte presenza di vegetazione che favorisce la difesa del terreno, rallentando il ruscellamento superficiale e l'instaurarsi delle morfologie tipiche dell'area .

Zona Kartodromo



Figura 13 – Veduta panoramica della zona del Kartodromo (Google Earth).

L'area del Kartodromo (figura 13) giace su un fondovalle molto ampio dove scorre il Torrente Biena sui depositi alluvionali terrazzati (bna) del fondovalle, mentre attorno, sono presenti versanti poco acclivi costituiti dalle argille sovraconsolidate plioceniche (FAA). La morfologia dell'area è stata in parte rimodellata dall'attività antropica collegata alle attività sportive del Kartodromo.

5 Indagini geologiche, geotecniche e geofisiche

Lo studio si è basato su una campagna di acquisizione dati con lo svolgimento delle seguenti attività:

1. Integrazione delle indagini esistenti con raccolta e catalogazione delle ultime indagini geognostiche e geofisiche svolte nel territorio di Asciano nel periodo 2017-2019, tra le quali si segnalano:
 - n°1 misura HVSR;
 - n°3 misure MASW;
 - n°1 misura REMI;
 - n°2 profili sismici a rifrazione P e SH;
2. Integrazione della campagna geofisica svolta per la precedente edizione dello studio di Microzonazione Sismica di 1° livello con l'esecuzione di:
 - n° 14 misure HVSR;
 - n° 2 misure ESAC-MASW;
 - n° 2 misure MASW;
 - n° 1 profilo sismico a rifrazione P e SH.

La distribuzione complessiva delle indagini, distinte per tipologia e località, è rappresentata nella tabella 2.

Tipo Indagine puntuale	Asciano	Arbia + zona industriale Casetta	Chiusure	Stazione di Castelnuovo Berardenga	Torre a Castello	Podere Neci	Kartodromo
analisi su campione	3	20	28		7		
down-hole		1					
espansione laterale libera	4	2	4		3		
Microtremori a stazione singola	25	14	6	2	4	2	1
ESAC	3	1	1				
Penetrometrica dinamica pesante	5	14					
penetrometrica dinamica SPT	15						
penetrometrica statica CPT	12	9	4				
piezometrica	10	4					
Sismica a rifrazione	14						
Sondaggio a carotaggio continuo	9	1					
Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato	2	10	11		6		
Sondaggio a distruzione di nucleo	1						
Sondaggio a distruzione di nucleo che intercetta il substrato	20	4			2		
Sondaggio con prelievo di campioni		1			2	1	
taglio diretto	8	4	36		6	2	
triassiale CD (consolidata drenata)		2					
triassiale UU (non consolidata non		3					
Tipo indagine lineare							
MASW	6	2	1		1	1	
Profilo sismico a rifrazione	2	3	2				1
REMI			1				

Tabella 2 – Quadro riassuntivo delle indagini

6 Modello del sottosuolo

Il modello geologico del sottosuolo relativo alle aree oggetto di studio è ricostruito sulla base delle indagini pregresse e nuove. Tenendo conto dell'incertezza legata alla variabilità delle caratteristiche litotecniche che contraddistingue i depositi marini pliocenici e fluvio-lacustri continentali e alla distribuzione delle indagini, concentrate in poche aree, si ritiene opportuno sottolineare che i modelli ricostruiti sono da ritenersi indicativi alla scala dello studio e non possono pertanto essere utilizzati alla scala di progettazione.

Nel centro urbano di Asciano il modello è ricostruito mediante 5 sezioni geologiche, di cui in figura 14 è rappresentata la n. 2.

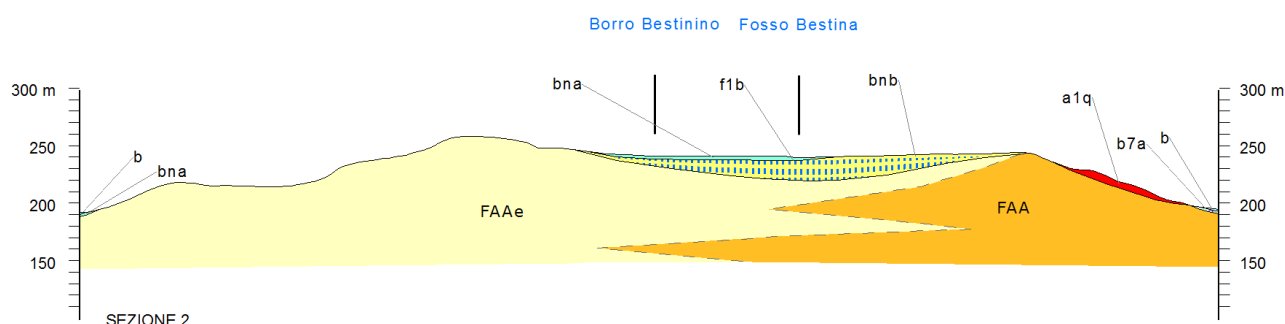


Figura 14 – Sezione geologica n. 2 - Asciano

Il capoluogo giace prevalentemente su terreni di copertura costituiti da depositi alluvionali e terrazzati (b, bna, bnb), con intercalazioni di travertini (f1b); tale associazione ha uno spessore massimo indicativo pari a 50 m. Il substrato geologico sottostante è costituito dalle argille sovraconsolidate plioceniche (FAA) associate alle facies più granulari (FAAe), di cui non ci sono elementi per indicarne lo spessore. La velocità delle onde sismiche superficiali, in termini di Vs30, alla quale si può risalire mediante le indagini MASW e profili sismici a rifrazione esistenti, risultano indicativamente variabili tra 250 e 350 m/s, alcune delle quali presentano inversioni della velocità nel profilo verticale, plausibili con l'assetto stratigrafico dell'area. Da tali indagini non risultano netti contrasti di velocità delle onde Vs, probabilmente dovuto al fatto che i travertini, per la loro variabilità in termini di coesione, stratificazione, fratturazione e alterazione, non rappresentano un orizzonte sismico significativo. Dalle analisi del rumore ambientale eseguite (HVSr) risultano contrasti di impedenza compatibili con il modello geologico.

A Sud dell'abitato di Asciano sono segnalati affioramenti di travertino associati a depositi marini pliocenici; tale situazione sembra confermata anche dalla stratigrafia relativa al pozzo d'acqua n.154958 (Archivio nazionale delle indagini del sottosuolo - Legge 464/1984) e potrebbe essere collegata, in prima ipotesi e in mancanza di opportuni studi, ad una intensa fratturazione subita a causa di un'attività tettonica pregressa.

Per l'abitato di Arbia, con la zona industriale di Casetta, il modello geologico è rappresentato da 3 sezioni geologiche, di cui in figura 15 è visibile la n.8.

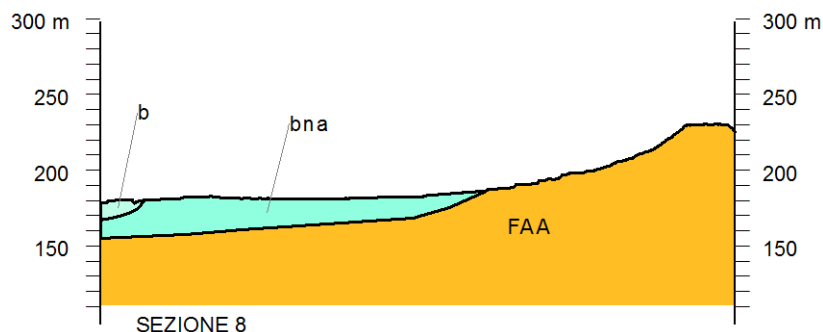


Figura 15 – Sezione geologica n. 8 - Arbia

Il centro abitato giace in parte sui terreni di copertura costituiti dai depositi alluvionali e terrazzati del Torrente Arbia (b, bna, bnb), con uno spessore massimo indicativo di circa 25m e in parte sul substrato geologico costituito dalle argille sovraconsolidate plioceniche (FAA). Nella ex area di scavo della Fornace Laterizi sono presenti terreni di riporto per uno spessore di circa 20m. Dalle indagini geofisiche condotte (misure HVSR) risultano bassi contrasti di impedenza tra copertura e substrato.

L'area industriale di Casetta è caratterizzata dalla presenza di terreni di copertura costituiti dai depositi alluvionali terrazzati del Torrente Biena (bna), con uno spessore massimo indicativo di circa 15 m, sovrastanti il substrato geologico costituito dalle argille sovraconsolidate plioceniche (FAA). Dall'analisi del rumore ambientale (HVSR) risultano contrasti di impedenza alti, per profondità indicativamente comprese tra 50 e 100m.

La velocità delle onde sismiche superficiali, in termini di Vs30, alla quale si può risalire mediante le indagini MASW e ESAC eseguite, risultano indicativamente variabili tra 280 e 310 m/s.

Per l'abitato di Stazione di Castelnuovo Berardenga, il modello geologico è rappresentato dalla sezioni geologica n.9, visibile in figura 16.

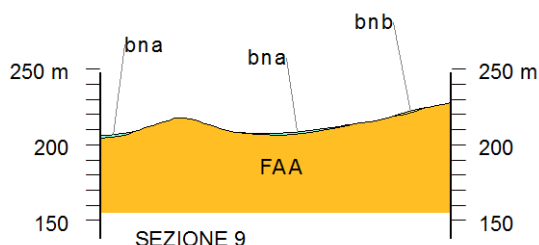


Figura 16 – Sezione geologica n. 14 – Stazione di Castelnuovo Berardenga.

Il centro abitato giace in parte sui terreni di copertura costituiti dai depositi alluvionali terrazzati del Torrente Biena (bna, bnb), con uno spessore di pochi metri e in parte sul substrato geologico costituito dalle argille sovraconsolidate plioceniche (FAA). L'analisi delle misure HVSR eseguite non ha messo in evidenza significativi contrasti di impedenza nel sottosuolo.

Per l'abitato di Torre a Castello, il modello geologico è rappresentato da 2 sezioni geologiche, di cui in figura 17 è visibile la n.12.

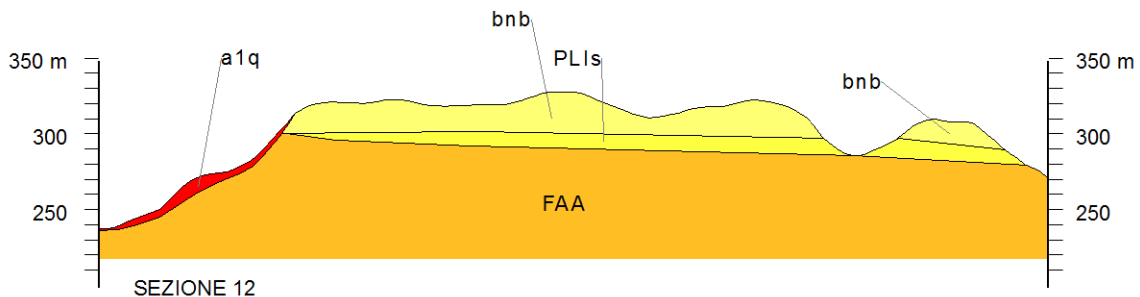


Figura 17 – Sezione geologica n. 12 – Torre a Castello

Il centro abitato giace prevalentemente su terreni di copertura costituiti da depositi marini terrazzati (bnb), con spessore massimo indicativo pari a 25 m. Il substrato geologico sottostante è costituito dalle sabbie e arenarie (PLIs), con spessore massimo indicativo pari a 10 m, sovrastanti le argille sovraconsolidate plioceniche (FAA). La velocità delle onde sismiche superficiali, in termini di Vs30, ricavabile da un'indagine MASW, risulta indicativamente pari a 350 m/s. L'analisi delle misure di rumore ambientale non ha messo in evidenza significativi contrasti d'impedenza nel sottosuolo.

Per l'abitato di Chiusure, il modello geologico è rappresentato dalla sezione geologica n.6, visibile in figura 18.

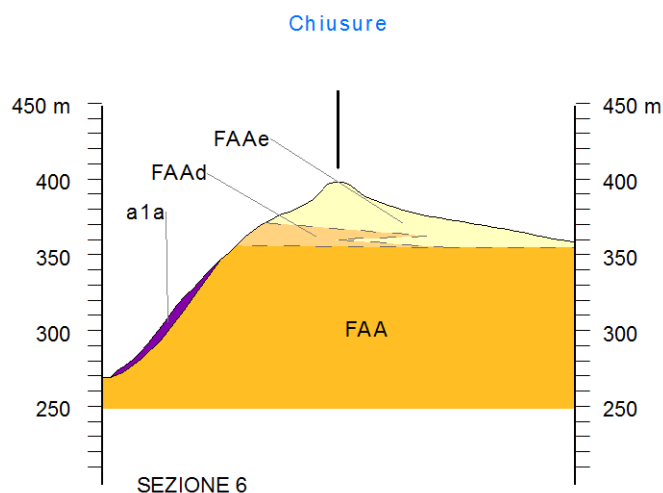


Figura 18 – Sezione geologica n. 6 - Chiusure

Il centro abitato giace sul substrato geologico costituito dalle argille sovraconsolidate plioceniche (FAA) associate alle litofacies più granulari (FAAe, FAAd). L'area è interessata marginalmente da deformazioni dovute a movimenti franosi attivi associati a fenomeni erosivi da ruscellamento diffuso e concentrato; gli aspetti relativi all'area di influenza di possibile evoluzione del dissesto potrebbero essere presi in considerazione in fasi successive di studio.

L'analisi del rumore ambientale ha messo in risalto un alto contrasto di impedenza, indicativamente a profondità comprese tra 10 e 30 m.

Per l'area che interessa il Podere Neci il modello geologico è rappresentato dalla sezione geologica n°13, visibile in figura 19.

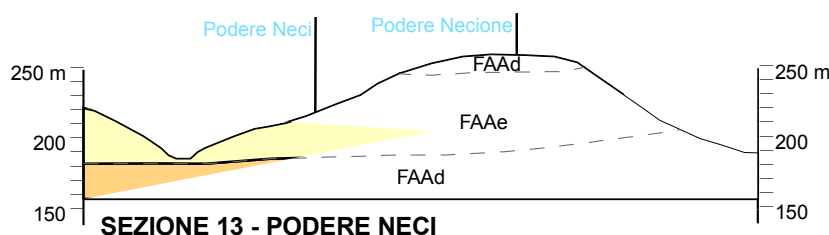


Figura 19 – Sezione geologica n. 13 – Podere Neci

Il Podere Neci, ed il vicino Podere Necione, giacciono direttamente sul substrato geologico costituito prevalentemente le facies più granulare (FAAe e FAAd) delle argille sovraconsolidate plioceniche (FAA). L'area è interessata molto marginalmente da deformazioni dovute a movimenti franosi attivi o in evoluzione, associati a fenomeni erosivi da ruscellamento. Sono presenti anche alcuni orli di scarpate morfologiche rivegetate, impostati sui versanti a Nord-Ovest e a Sud dei poderi.

L'analisi delle onde sismiche superficiali, in termini di Vs30, ricavabile dall'indagine MASW risulta essere indicativamente 330m/s, mentre le misure di rumore ottenute dalle indagini HVSR mostrano un alto contrasto di impedenza, indicativamente a profondità comprese tra 50 e 100m.

Per l'area del Kartodromo, il modello geologico è rappresentato dalla sezione geologica n.14, visibile in figura 20.

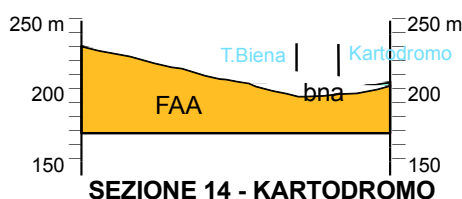


Figura 20 – Sezione geologica n. 14 – Zona Kartodromo

Gli impianti sportivi giacciono su terreni di copertura costituiti dai depositi alluvionali del Torrente Biena (bna), con uno spessore di pochi metri e circondati da versanti poco acclivi costituiti dalle argille sovraconsolidate plioceniche (FAA) cui fanno parte del substrato geologico. L'analisi delle misure HVSR eseguite non ha messo in evidenza significativi contrasti di impedenza nel sottosuolo, mentre il valore della V_{s30} è stato calcolato empiricamente dalla prova a rifrazione eseguita antistante la zona del parcheggio del Kartodromo e si aggira indicativamente sui 350m/s.

7 Classe di qualità

La qualità della carta del livello 1 di microzonazione sismica, sulla base delle indagini pregresse e/o nuove, è stata valutata mediante la procedura semiquantitativa prevista dalle specifiche tecniche regionali, il cui risultato è raffigurato in Tabella 3.

Nel dettaglio:

- La cartografia geologica soddisfa le condizioni al 88%
- I sondaggi a distruzione soddisfa le condizioni al 44%
- I sondaggi a carotaggio continuo soddisfa le condizioni al 44%
- Le indagini geofisiche soddisfa le condizioni al 44%
- Le prove geotecniche soddisfa le condizioni al 44%
- Le misure di rumore ambientale soddisfa le condizioni al 66%

In generale, quindi, la qualità risulta sufficiente; il numero delle indagini è buono ma risulta mal distribuito sul territorio.

FOGLIO DI CALCOLO PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARTA DEL LIVELLO DI MICROZONAZIONE SISMICA SULLA BASE DELLE INDAGINI PREGRESSE E/O NUOVE									
a	Parametro	4							
b	Carta Geologica tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala				
	Punteggi indicatori		1	0.66	1				
	Pesi indicatori		0.33	0.33	0.33				
c	Sondaggi a distruzione	0.5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock				
	Punteggi indicatori		1	0.33	0				
	Pesi indicatori		0.33	0.33	0.33				
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock				
	Punteggi indicatori		1	0.33	0				
	Pesi indicatori		0.33	0.33	0.33				
e	Indagini geofisiche	0.5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock				
	Punteggi indicatori		1	0.33	0				
	Pesi indicatori		0.33	0.33	0.33				
f	Prove geotecniche	0.25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock				
	Punteggi indicatori		1	0.33	0				
	Pesi indicatori		0.33	0.33	0.33				
g	Misure Frequenze	0.75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità				
	Punteggi indicatori		1	0.33	0.66				
	Pesi indicatori		0.33	0.33	0.33				
a	25	punteggi parziali	CLASSE	VALORI	INDICAZIONI				
b	0.88	21.9	A	≥ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità				
c	0.22	5.5	B	50%-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri				
d	0.44	11.0	C	25%-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità				
e	0.22	5.5	D	≤ 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08 e Linee Guida Regione Toscana				
f	0.11	2.7							
g	0.49	12.3							
Tot	58.9	58.9	classe B - qualità sufficiente						

Tabella 3 – Classe di qualità della carta di livello 1 di microzonazione sismica

8 Metodologie di elaborazione

I dati acquisiti sono stati memorizzati in una banca dati geografica (Geographic Information System, "GIS").

Lo scopo è quello di poter gestire un quantitativo ingente di informazioni provenienti da diverse discipline e di integrare tali dati in modo oggettivo e dinamico, in modo da poterli modificare e aggiornare nel corso del progetto ed utilizzarli per scopi diversi, quali la semplice rappresentazione cartografica, l'estrazione dei dati sulla base di specifiche richieste dell'utente o l'analisi con diversi metodi.

La banca dati si sviluppa secondo due filoni strettamente dipendenti:

- 1) la banca dati geografica delle elaborazioni cartografiche
- 2) la banca dati delle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche.

Per strutturare la banca dati è stato preso come riferimento lo "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" (versione 4.1 – Novembre 2018) del Dip.to della Protezione Civile Nazionale prodotto dalla "Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica" costituita ai sensi dell'art.5 comma 7 dell'OPCM 3907/2010.

Le entità cartografate vengono ricondotte a tre tipi di elementi geometrici: punti, linee, poligoni. Uno strato informativo è costituito da una tipologia di elementi geometrici (solo punti, solo linee, solo poligoni) connessi ad elementi descrittivi (tabelle).

La banca dati geotecnica e geofisica è stata organizzata in un DBMS unico per le due tipologie di indagini: quelle riconducibili in un piano ad elementi puntuali (sondaggi geotecnici, prove down-hole, prove penetrometriche) e ad elementi lineari (MASW, sismica a rifrazione). La banca dati è stata strutturata in modo da permettere l'estrazione e l'utilizzo delle informazioni inserite per l'analisi integrative attraverso sistemi GIS. Per ogni punto di indagine vengono inserite le coordinate geografiche nel sistema UTM WGS84 fuso N33, in modo di legare le informazioni descrittive a forme geometriche georeferenziate attraverso specifiche operazioni di conversione. Tutti i dati georeferenzati sono forniti anche nel sistema Gauss-Boaga.

Di seguito si riporta lo schema logico (Figura 21) delle relazioni che devono essere implementate tra le tabelle di tipo alfanumerico che servono per archiviare i dati dei siti relativi alle indagini (puntuali e lineari) ed ai parametri ad esse collegate. La relazione con gli shapefile è stabilita attraverso i campi ID_SLN (Tabella Sito_Lineare) e ID_SPU (Tabella Sito_Puntuale). Ogni tabella è definita in maniera univoca secondo le specifiche tecniche nazionali riportate nel suddetto documento.

La banca dati completa di tutte le indagini (sia pregresse che di nuova acquisizione), le cartografie tematiche prodotte, i layout predisposti e le basi dati sono archiviate secondo una struttura di archiviazione dei file in cartelle in maniera standard seguendo lo schema indicato in figura 22.

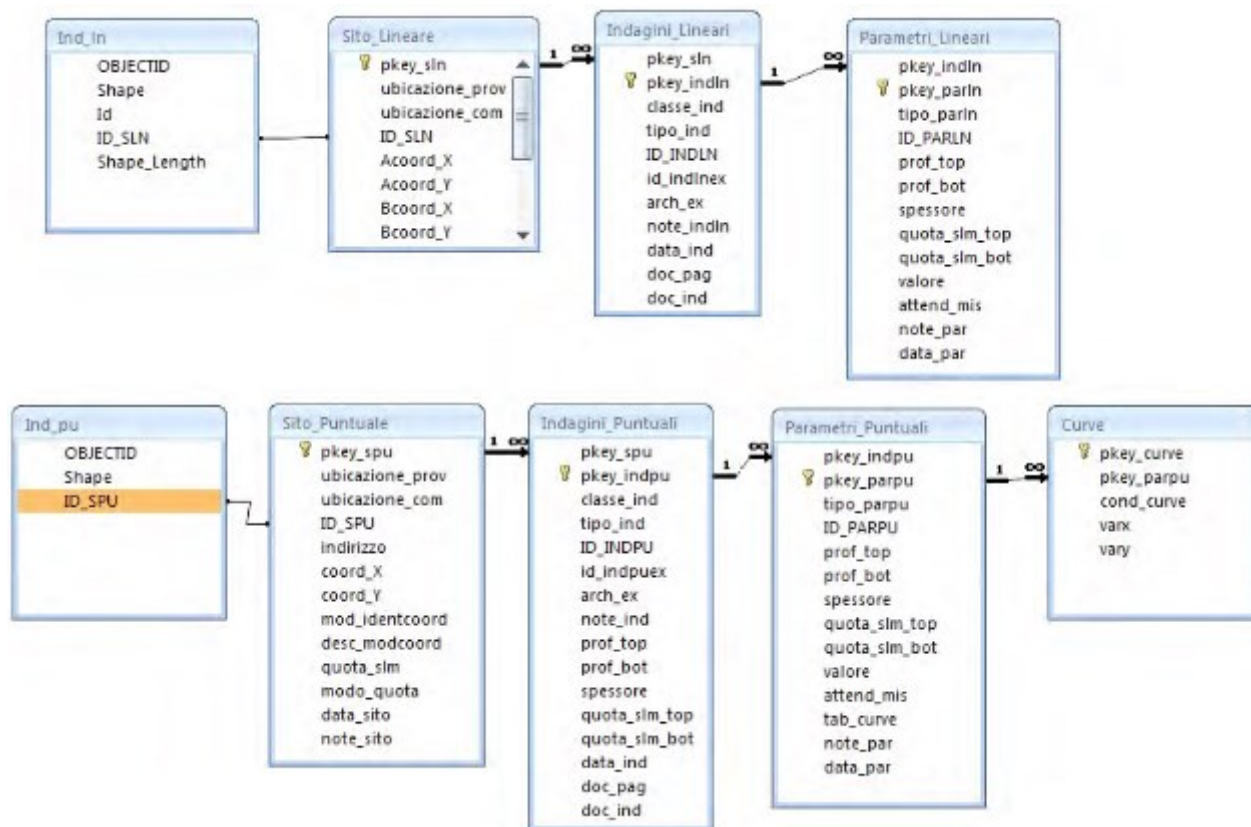


Figura 21 – Relazione tra tabelle e shapefile

- ☐ Nomecomune_S40
 - ☐ BasiDati
 - ☐ CLE
 - ☐ GeoTec
 - ☐ Indagini
 - ☐ Documenti
 - ☐ MS1
 - ☐ MS23
 - ☐ Spettri
 - ☐ Plot
 - ☐ MS
 - ☐ CLE
 - ☐ Progetti
 - ☐ Vestiture

Nome cartella	Descrizione sintetica dei contenuti
Nomecomune_S40	Cartella principale contenente tutte le cartelle funzionali alla realizzazione degli studi di microzonazione sismica e dell'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza. Questa cartella deve essere rinominata con il nome del Comune per il quale si sta eseguendo lo studio.
BasiDati	Nella cartella BasiDati andranno inserite le carte di base utilizzate (es. CTR) in formato raster o vettoriale georeferenziate in WGS84UTM33N. Eventuali ulteriori cartografie di riferimento richieste dalle singole Regioni potranno essere inserite qui.
CLE	Cartella contenente: <ul style="list-style-type: none"> • Gli <i>shapefile</i> per l'analisi della CLE o il <i>geodatabase</i>: <ul style="list-style-type: none"> • CL_AC • CL_AE • CL_AS • CL_ES • CL_US • Il <i>database</i> CLE db.mdb che contiene le tabelle relative alle schede: <ul style="list-style-type: none"> • scheda_ES • scheda_AE • scheda_AC • scheda_AS • scheda_US
GeoTec	Cartella contenente gli <i>shapefile</i> o il <i>geodatabase</i> riferiti ad elementi geologici e idrogeologici: <ul style="list-style-type: none"> • Epuntuali • Elineari • Forme • Geoidr • Geotec Cartella nella quale inserire il raster georeferenziato della Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica prodotta e il file "Legenda".
Indagini	Cartella contenente: <ul style="list-style-type: none"> • gli <i>shapefile</i> delle indagini o il <i>geodatabase</i>: <ul style="list-style-type: none"> • Ind_pu • Ind_ln • il <i>database</i> "CdI_tabelle" con le tabelle per l'archiviazione delle indagini. Se si utilizza SoftMS esportare il file con il comando "Esporta Comune". • la cartella "Documenti" per inserire i documenti pdf delle Indagini_puntuali e delle Indagini_lineari
MS1	Contiene i seguenti <i>shapefile</i> o il <i>geodatabase</i> : <ul style="list-style-type: none"> • Isosub • Instab • Stab
MS23	Identico contenuto della cartella MS1. Contiene anche la cartella "Spettri" nella quale inserire gli spettri in formato .txt
Plot	Cartella contenente: <ul style="list-style-type: none"> • la cartella "MS" nella quale inserire i file di stampa delle carte realizzate e la Relazione Illustrativa • la cartella "CLE" nella quale inserire la Carta degli Elementi dell'analisi della CLE, con i relativi stralci e la Relazione Illustrativa
Progetti	Cartella per eventuali progetti (per esempio .mxd realizzati in EsriArcGis®).
Vestiture	Cartella per le vestiture realizzate (librerie e simboli). Sono inoltre presenti i loghi della Conferenza delle regioni e delle Province Autonome e del Dipartimento della Protezione Civile, per il <i>layout</i> delle carte

Figura 222 – Struttura di archiviazione standard

Lo studio sull'insieme dei dati raccolti ha consentito di approfondire il modello geologico interpretativo orientato alla Microzonazione Sismica ed il conseguente aggiornamento degli elaborati per la definizione della risposta sismica locale, quali la cartografia delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica a partire dagli elaborati di base (MOPS), la Carta delle

Frequenze fondamentali dei depositi, la Cartografia geologico-tecnica per la Microzonazione Sismica e la Carta delle indagini. Tali cartografie sono state informatizzate seguendo le indicazioni, i criteri, le legende tipo e le colorazioni previste dagli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” (versione 4.1 – Novembre 2018).

9 Elaborati cartografici

Lo studio è corredato dei seguenti elaborati cartografici:

elaborato	Sigla / nome file grafico	scala
Carta delle indagini	Carta_delle_indagini_2019	1:10.000
Carta geologica	Carta_geologica_2019	1:10.000
Carta geologico-tecnica	Carta_geologico_tecnica_2019	1:10.000
Carta delle frequenze	Carta_delle_frequenze_2019	1:10.000
Carta delle MOPS	Carta_MS_01_aggiornamento_2019	1:10.000
Carta MS2_ FA0105s	Carta_MS2_FA0105s_2019	1:10.000
Carta MS2_ FA0510s	Carta_MS2_FA0510s_2019	1:10.000
Carta FA_MAX	Carta_MS2_FAMAX_2019	1:10.000
Sezioni geologico-tecniche	Sezioni_geologico_tecniche_2019	1:10.000 - 1:5.000

Tabella 4 – elaborati grafici dello studio

9.1 Carta delle indagini

Nella Carta delle indagini, redatta alla scala 1:10.000, sono rappresentate le localizzazioni delle indagini pregresse e di nuova realizzazione, suddivise per tipologia, secondo gli standard di rappresentazione previsti.

9.2 Carta geologica

La Carta Geologica allegata, alla scala 1:10.000, deriva da un lavoro di revisione e approfondimento fotointerpretativo delle fonti, costituite dalla banca dati CARG della Regione Toscana, Catalogo frane IFFI, Ortofoto disponibili su Geoscopio⁶, oltre ad osservazioni dirette effettuate in sito.

9.3 Sezioni geologiche

L'elaborato presenta le n. 14 sezioni geologiche realizzate per la definizione del modello geologico del sottosuolo, in scala orizzontale 1:10.000 e verticale 1:5.000.

⁶ Servizio WMS della Regione Toscana (<http://www.regione.toscana.it/-/geoscopio-wms>)

9.4 Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica

L'elaborato deriva da una riclassificazione della carta geologica basata sugli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" (versione 4.1 – Novembre 2018) del Dip.to della Protezione Civile Nazionale prodotto dalla "Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica". Le unità geologiche sono riclassificate in terreni di copertura e substrato geologico, sulla base di un predefinito numero di classi, nell'ottica di una standardizzazione al livello nazionale delle informazioni relative agli aspetti geologici e litotecnici.

Per quanto riguarda i criteri riclassificazione delle unità geologiche, si è ritenuto più realistico raggruppare i depositi marini pliocenici affioranti nell'area di studio (FAA, FA Ae, FA Ad) nella classe COS (coesivo sovraconsolidato stratificato) del substrato geologico.

9.5 Carta delle frequenze fondamentali

Sulla base delle misure di rumore sismico effettuate ed al fine di definire le principali caratteristiche della risposta sismica delle aree in esame, è stata redatta la Carta delle frequenze fondamentali dei depositi, in conformità a quanto previsto dalle specifiche tecniche della Regione Toscana.

Tale cartografia permette, se pur con un certo margine di affidabilità, di poter fornire indicazioni di massima per le successive analisi di risposta sismica locale.

I risultati delle analisi degli spettri HVSR delle misure eseguite sono riassunti nella tabella 5.

Misura HVSR	Frequenza di risonanza fondamentale f_0 (Hz)	Ampiezza del contrasto di impedenza A_0	Stima indicativa della profondità del contrasto di impedenza (m)	Classificazione della qualità della curva H/V
S.1 - Asciano Camparboli	2,45	medio (H/V = 3)	30 - 50	A
S.2 - Asciano campo sportivo	1,85	alto (H/V = 4,5)	50 - 100	A
S.3 - Asciano zona artigianale	2	alto (H/V = 3,2)	30 - 50	A
S.4 - Asciano zona artigianale	1,95	assente	50 - 100	A
S.5 - Chiusure	6,2	alto (H/V = 5,5)	10 - 20	A
S.6 - Chiusure	3,8	alto (H/V = 3,3)	20 - 30	A
S.7 - Arbia ex Fornace Laterizi	1,25	basso (H/V = 2,2)	50 - 100	A
S.8 - Arbia scuole	1,5	basso (H/V = 2,1)	50 - 100	A
S.9 - Casetta	0,75	basso (H/V = 2,4)	> 100	A
S.10 - Casetta zona artigianale	1,25	alto (H/V = 4,6)	50 - 100	A

S.11 - Torre a Castello	0,65	basso (H/V = 2)	> 100	A
S.12 - Stazione di Castelnuovo B.ga	0,5	basso (H/V = 2,9)	> 100	A
S.13 - Torre a Castello	1,3	basso (H/V ≤ 2)	50 - 100	B
S.14 - Stazione di Castelnuovo B.ga	6,55	basso (H/V = 2)	10 - 20	B
S.15 - Chiusure	2,2	basso (H/V = 2)	30 - 50	B
S.16 - Chiusure	2,8	medio-basso (H/V ≤ 3)	30 - 50	B
S.17 - Chiusure	5,35	basso (H/V = 2,25)	10 - 20	A
S.18 - Casetta zona artigianale	1,05	alto (H/V = 3,45)	50 - 100	B
S.19 - Casetta zona consorzio agr.	1,65	alto (H/V = 4,1)	50 - 100	A
S.20 - Casetta, zona piscine	2,75	basso (H/V = 2,8)	30 - 50	A
S.21 - Arbia, via aretina	1,3	basso (H/V = 2,85)	50 - 100	A
S.22 - Arbia, zona impianti sportivi	1,55	basso (H/V = 2,55)	50 - 100	A
S.23 - Arbia, viale toscana	1,25	basso (H/V = 2,7)	50 - 100	A
S.24 - Arbia, viale campania	4,15	basso (H/V = 2,15)	20 - 30	B
S.25 - Arbia, via beccafumi	3,85	basso (H/V = 2,3)	20 - 30	A
S.26 - Asciano, zona artigianale	1,75	basso (H/V = 2,3)	50 - 100	A
S.27 - Asciano, loc. Querciolo	33,2	alto (H/V = 4,4)	< 5	A
S.28 - Asciano, loc. Querciolo	38,8	basso (H/V = 2,45)	< 5	A
S.29 - Asciano, podere Sant'Anna	42,2	basso (H/V = 2,6)	< 5	A
S.30 - Asciano, zona impianti sportivi nuovi	1,4	alto (H/V = 3,3)	50 - 100	A
S.31 - Asciano, via Alcide de Gasperi, zona verde	40,6	basso (H/V = 2,1)	< 5	A
S.32 - Asciano, San Francesco, giardino casa di riposo	47,1	basso (H/V = 2,4)	< 5	B
S.33 - Asciano, via San Francesco	39,2	alto (H/V = 3,1)	< 5	B
S.34 - Asciano, via Barna	11,5	assente	5 - 10	B

S.35 - Asciano, via Santa Maria, centro storico	1,45	basso (H/V = 2,2)	50 - 100	B
S.36 - Asciano, corso Matteotti, centro storico	2,2	basso (H/V = 2,6)	30 - 50	A
S.37 - Asciano, via delle Fonti	1,75	alto(H/V = 3,35)	50 - 100	A
S.38 - Asciano, via G. Amendola	1,7	alto(H/V = 3,25)	50 - 100	A
S.39 – Asciano scalo, zona artigianale	1.25	Basso(H/V=2.00)	50 - 100	B1
S.40 – Asciano scalo, zona artigianale	11.45	Basso(H/V=2.50)	5 – 10	B1
S.41 – Asciano, via Lauretana Antica	1.10	Basso/assente(H/V=1.73)	50 – 100	B1
S.42 – Asciano, loc strada delle Piane	1.70	Alto(H/V=3.19)	50 – 100	A1
S.43 Asciano, strada San Ripoli	1.70	Alto(H/V=3.26)	50 – 100	B1
S.44 Asciano, Via Angelo Claudio Tolomei	1.40	Basso(H/V=2.13)	50 – 100	B1
S.45 Asciano, Loc. Pod. Palazzo Monaci	21.95	Alto(H/V=5.53)	<5	A1
S.46 Asciano, Loc.Pod. Il Castellare	1.85	Alto(H/V=4.96)	50 – 100	A1
S.47 SP438, Centro urbano Arbia	3.50	Basso(H/V=1.79)	20-30	B1
S.48 Via Aretina, Centro urbano Arbia	4.10	Basso(H/V=2.53)	20 – 30	A1
S.49 Frazione di Torre a Castello	2.65	Basso/assente(H/V=1.77)	30 – 50	B2
S.50 Zona Kartodromo	2.45	Basso(H/V=2.16)	30 – 50	B1
S.51 Frazione di Chiusure	1.70	Alto(H/V=3.02)	50 – 100	A1
S.52 Pod.Neci, Frazione di Chiusure	1.55	Alto(H/V=3.08)	50 – 100	A1
S.53 Pod.Necione, Frazione di Chiusure	2.38	Alto(H/V=4.74)	50 – 100	A

Tabella 5 – Quadro riassuntivo dei risultati delle analisi delle misure di rumore ambientale (HVSR); in evidenza le misure caratterizzate da alto contrasto di impedenza.

9.6 Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) è stata redatta sulla base di tutte le informazioni raccolte ed, essendo inerente ad un approfondimento di livello 1, individua qualitativamente e grossolanamente la geometria delle aree potenzialmente caratterizzate da specifici effetti sismici locali (amplificazione, instabilità di versante, ecc...). Ciò permette quindi di guidare i necessari approfondimenti di indagini nelle successive fasi di studio identificabili con il livello 2 e/o 3.

Le microzone della carta sono classificate in due categorie, non essendo stato rilevato il substrato rigido assimilabile alle zone stabili:

- a. Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali
- b. Zone suscettibili di instabilità

Di seguito sono riportate le Sezioni geologico-tecniche con le rispettive MOPS.

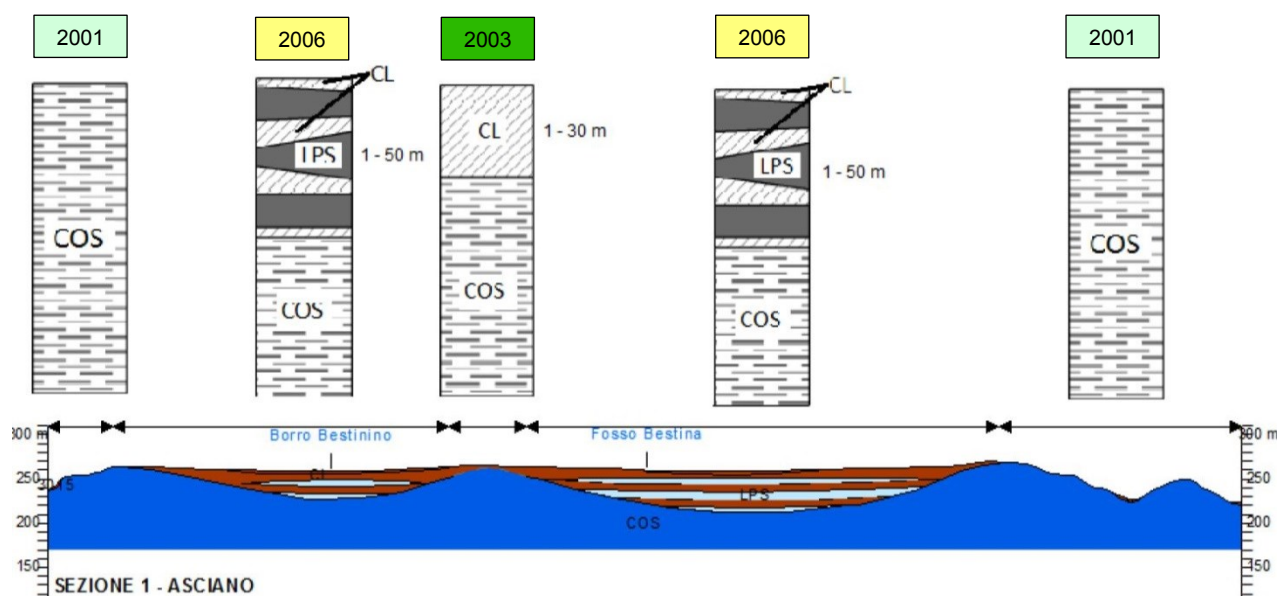


Figura 23 – Sezione geologico Tecnica n°1_Asciano

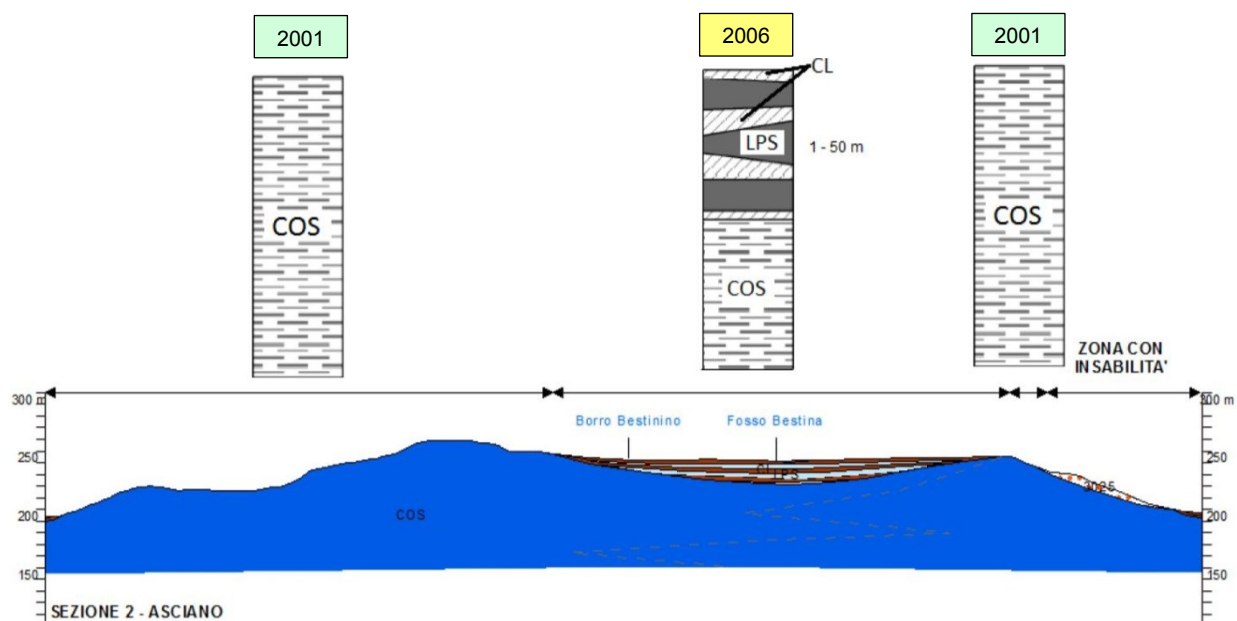


Figura 24 – Sezione geologico Tecnica n°2_Asciano

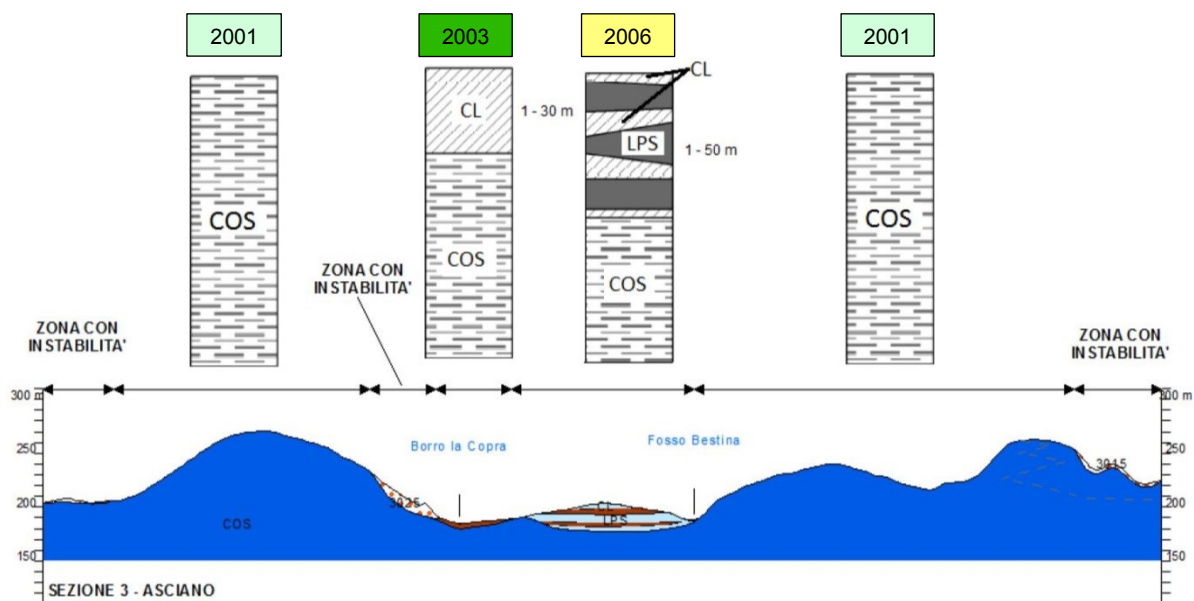


Figura 25 – Sezione geologico Tecnica n°3_Asciano

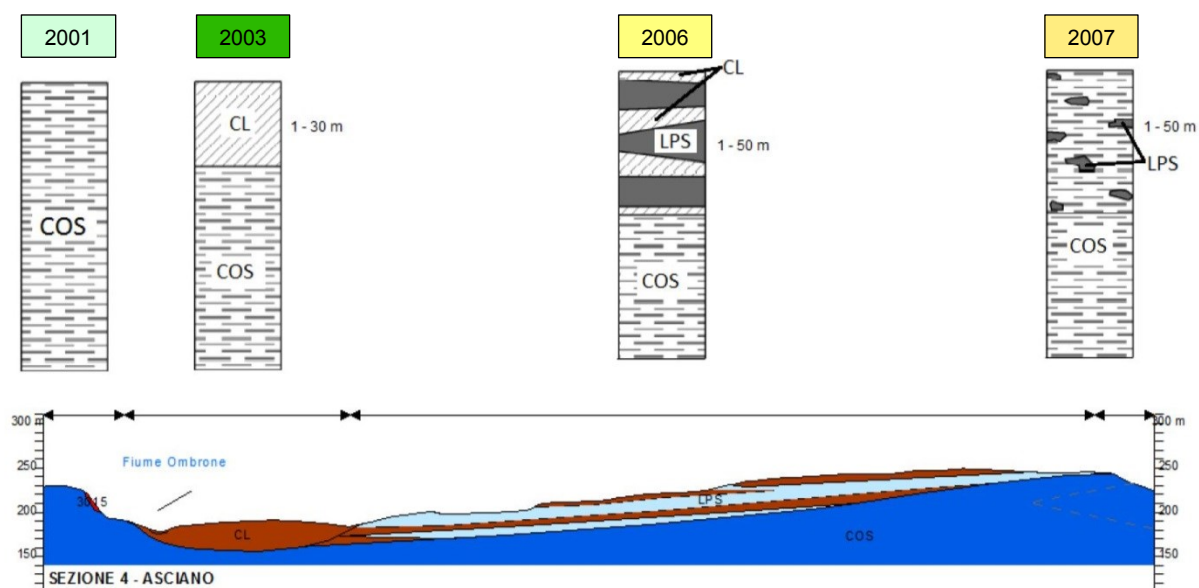


Figura 26 – Sezione geologico Tecnica n°4_Asciano

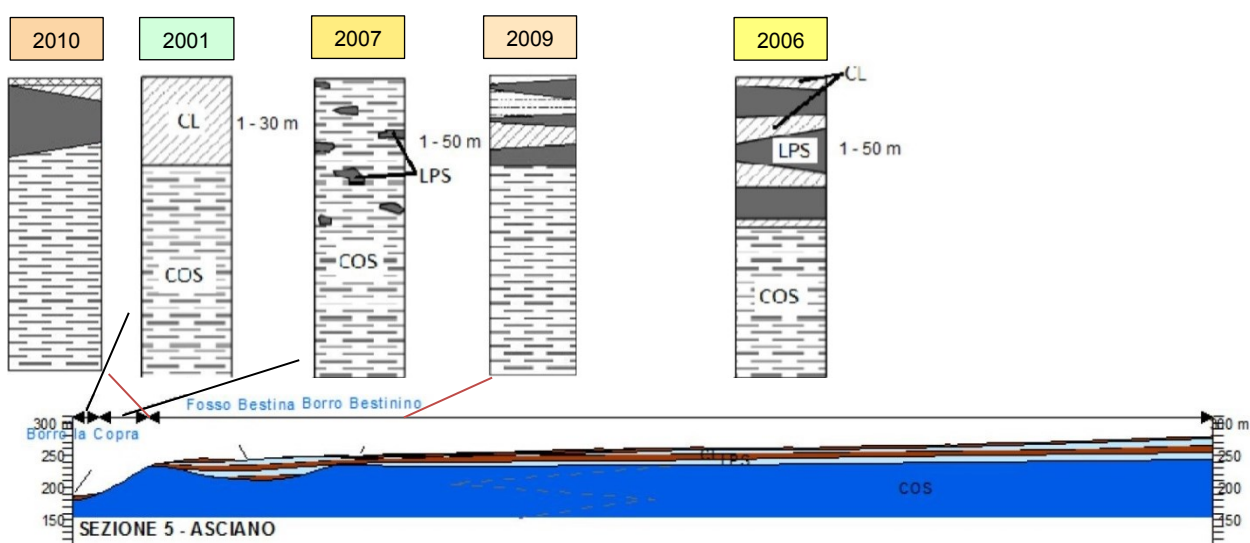


Figura 27 – Sezione geologico Tecnica n°5_Asciano

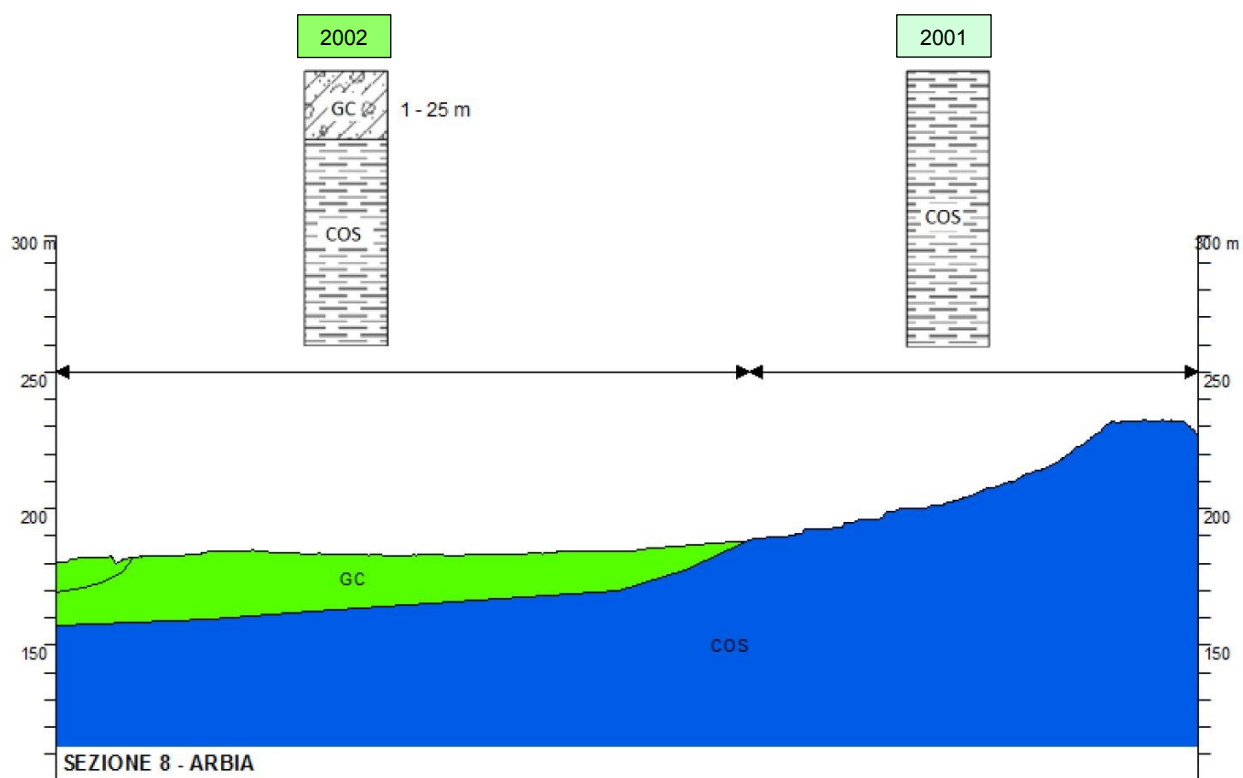


Figura 28 – Sezione geologico Tecnica n°8_Arbia

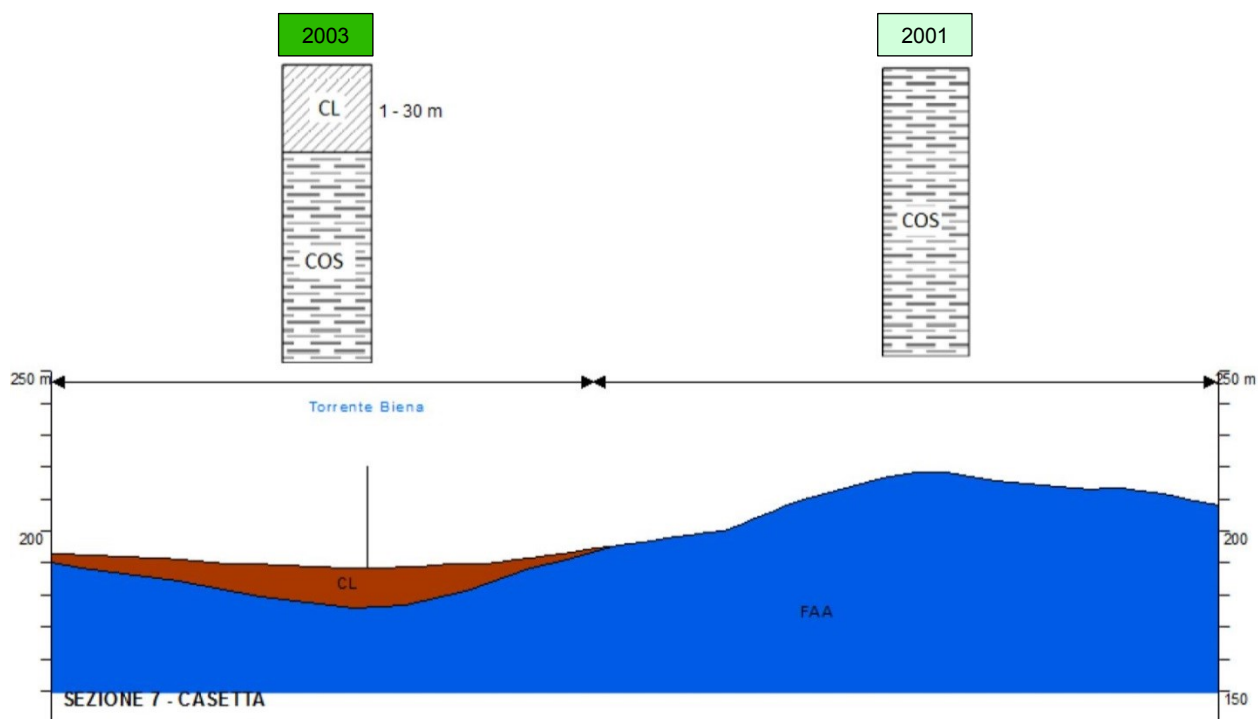


Figura 29 – Sezione geologico Tecnica n°7_Arbia

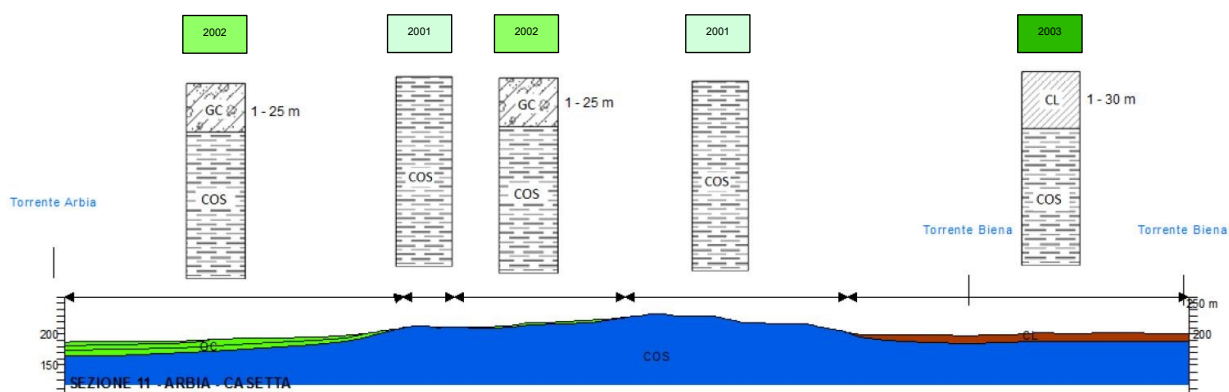


Figura 30 – Sezione geologico Tecnica n°11_Arbia-Casetta

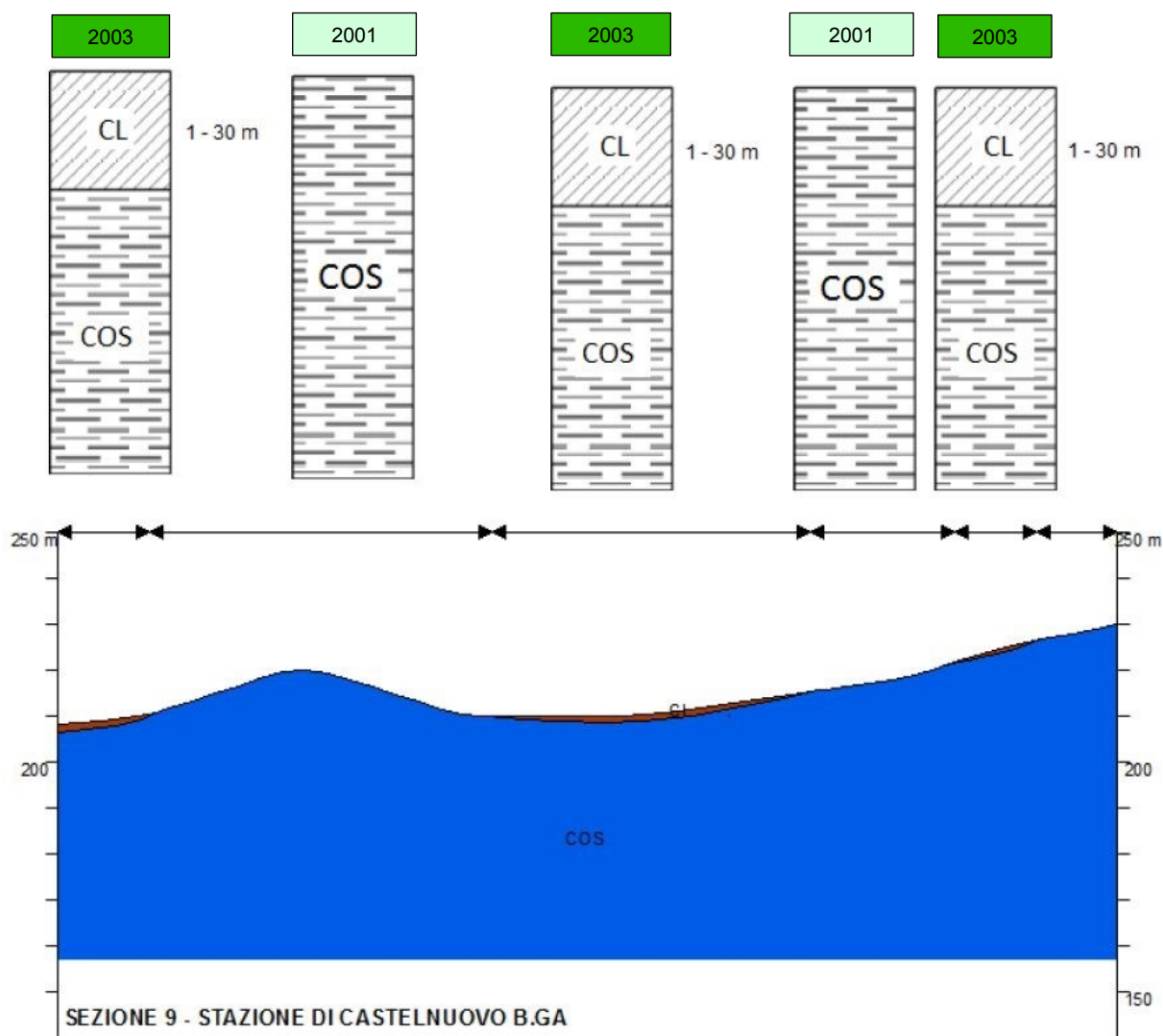


Figura 31 – Sezione geologico Tecnica n°9_Stazione di Castelnuovo B.ga

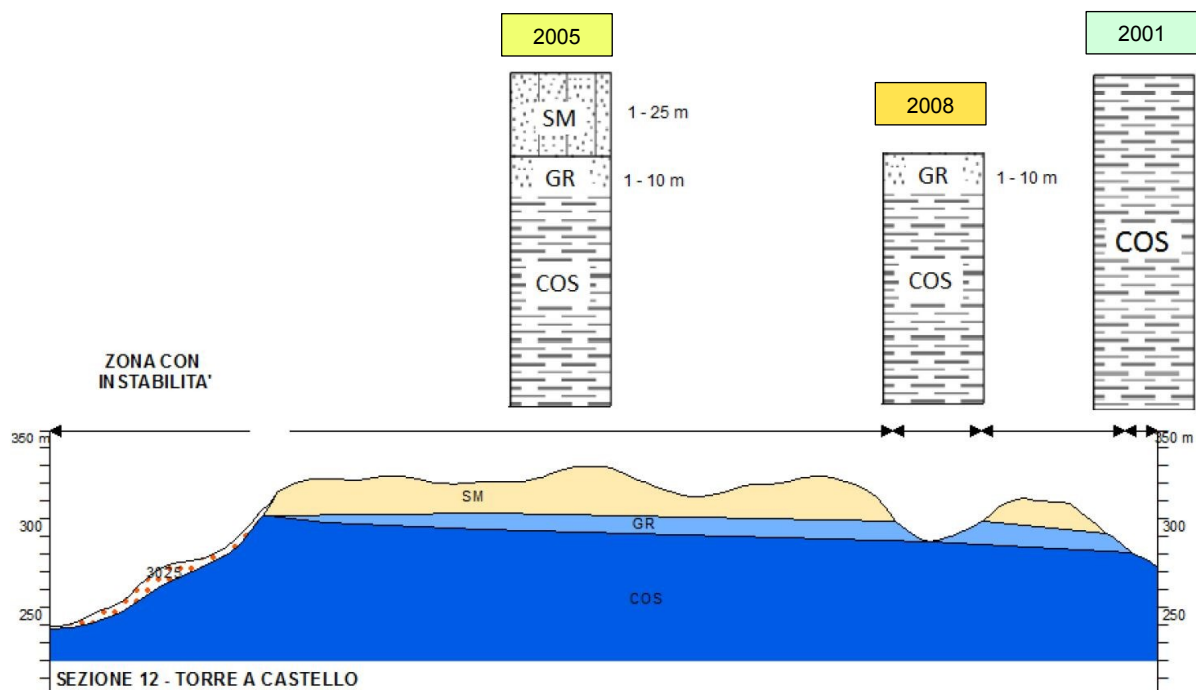


Figura 32 – Sezione geologico Tecnica n°12_Torre a Castello

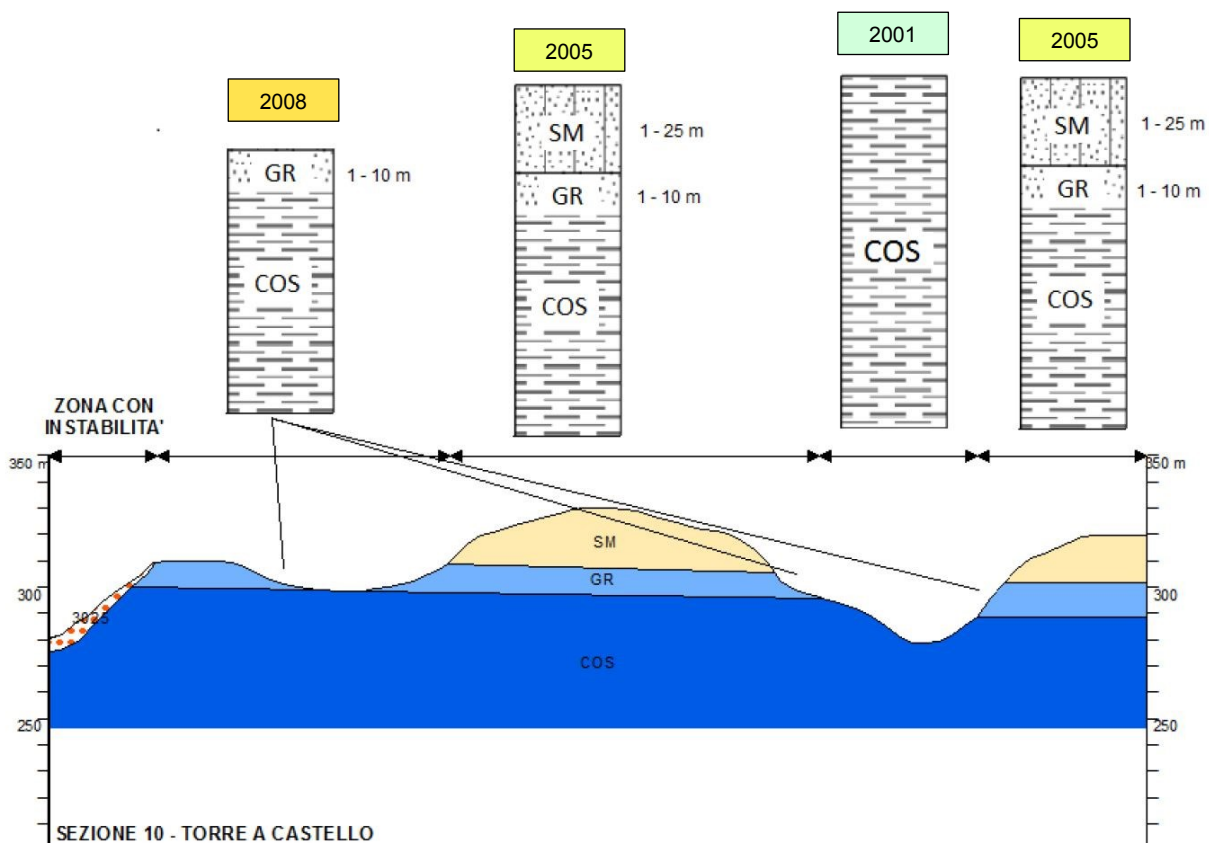


Figura 33 – Sezione geologico Tecnica n°10_Torre a Castello

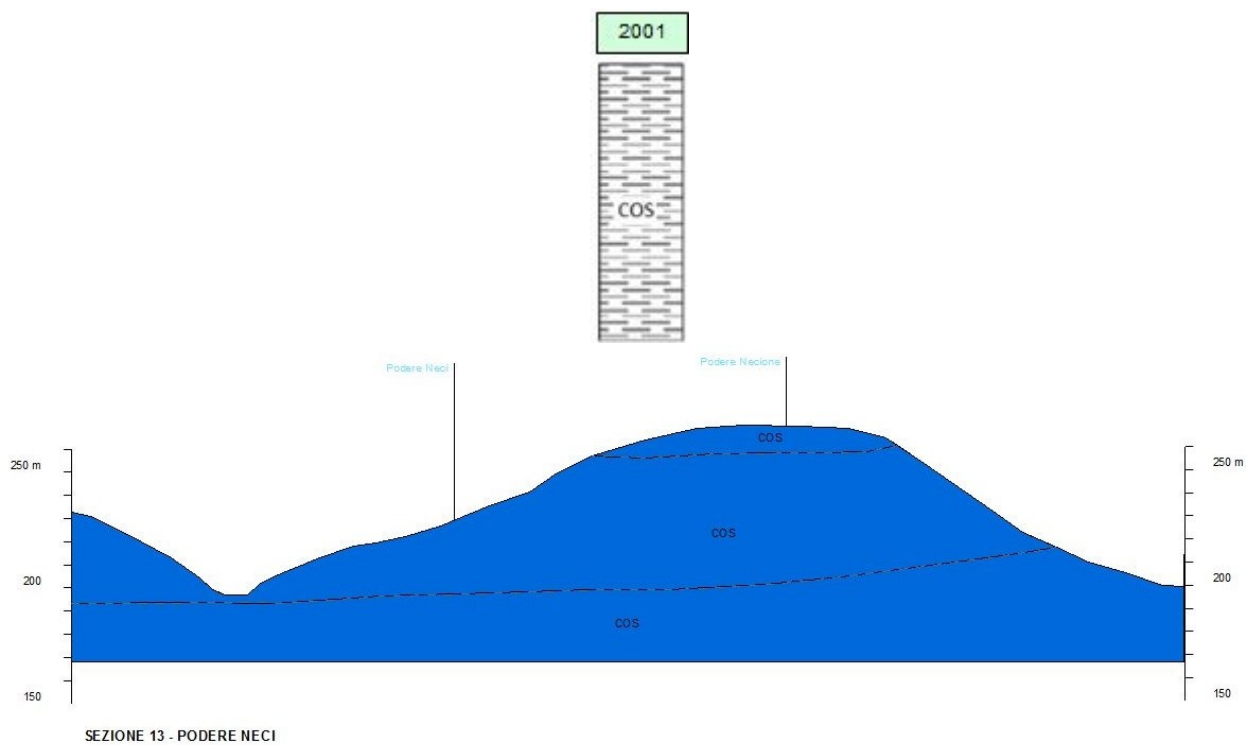


Figura 34 – Sezione geologico Tecnica n°13_Podere Necione - Podere Neci

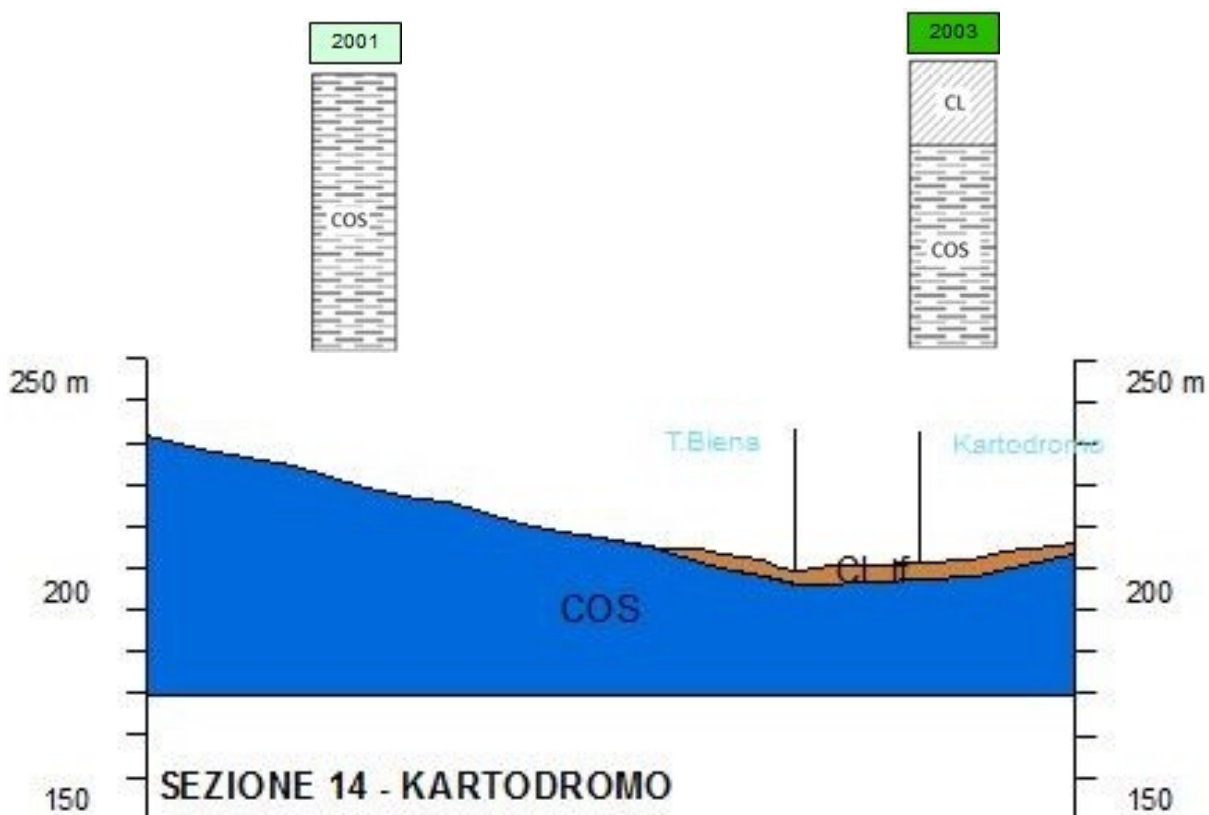


Figura 35 – Sezione geologico Tecnica n°14_Zona Kartodromo

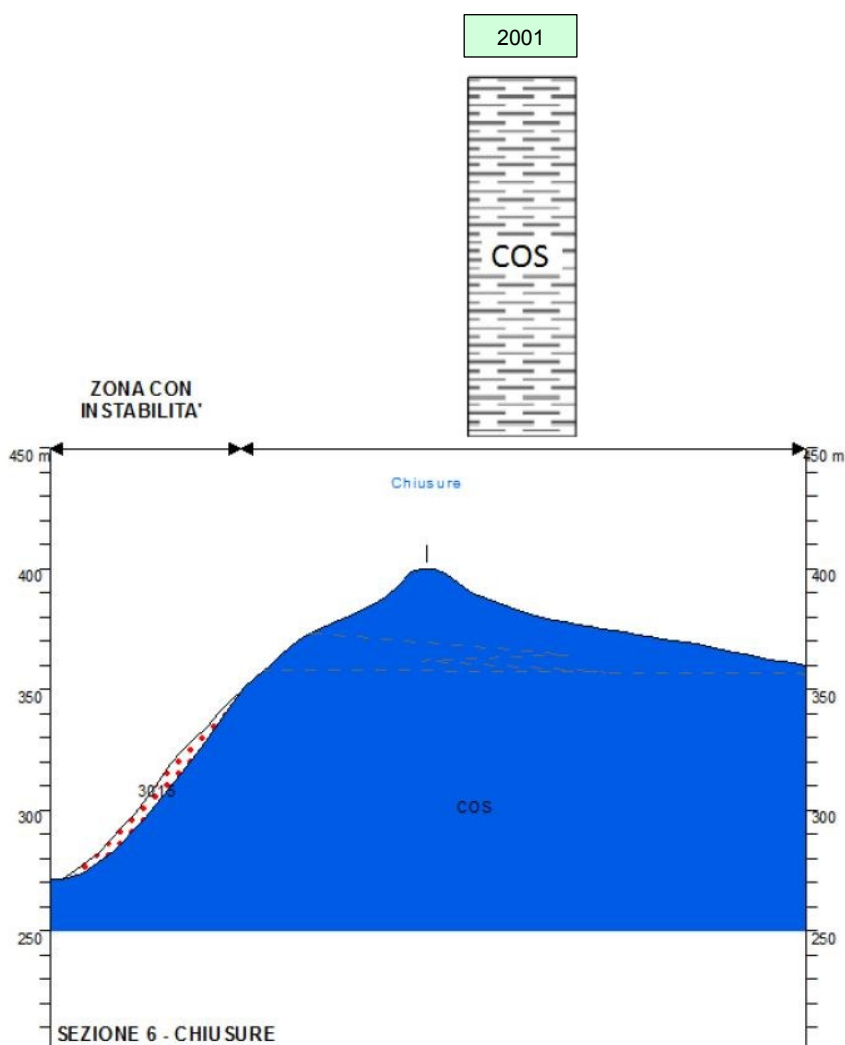


Figura 36 – Sezione geologica Tecnica n°6_Chiusure

In linea di massima, come è possibile evincere dalla legenda alla cartografia riportata in figura 34, sono riportate le seguenti microzone:

- a. **Zona stabili suscettibili di amplificazione locali.** Tali zone sono state differenziate in relazione alle possibili combinazioni tra le varie unità deposizionali quaternarie (depositi alluvionali, travertini, riporti), le quali poggiano direttamente al di sopra del substrato geologico costituito dalle argille sovraconsolidate plioceniche. Sono state fornite indicazioni preliminari circa gli spessori delle coperture. **In queste zone si possono verificare alcune situazioni stratigrafiche particolari che possono essere associate ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso entro alcune decine di metri di profondità, presumibilmente dovuto a variazioni di coesione, consistenza, alterazione,**

stratificazione, fratturazione e quindi vanno valutate con attenzione in quanto si potrebbero produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico. Di seguito si riporta la successione delle zone:

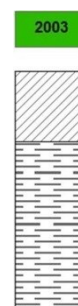
- **Zona 2001**, caratterizzato da substrato geologico COS (coesivo sovraconsolidato stratificato), con $V_s < 800$ m/s, tale da non escludere fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico e/o topografico (vedi Chiusure).



- **Zona 2002**, caratterizzata dalla presenza di depositi quaternari di copertura alluvionale (GC), nel fondovalle del T. Arbia, che presentano caratteristiche granulometriche tendenzialmente più granulari, con spessori massimi di 25m, poggianti su un substrato non rigido.



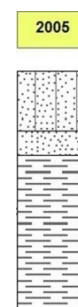
- **Zona 2003**, caratterizzata dalla presenza di depositi quaternari di copertura alluvionale ed eluvio-colluviale (CL), che presentano caratteristiche granulometriche tendenzialmente più fini, con spessori massimi di 30m, poggianti su un substrato non rigido.



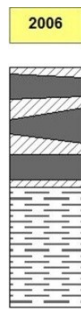
- **Zona 2004**, caratterizzata dalla presenza di terreni contenenti resti di attività antropica, con spessori massimi di 20m, poggianti su un substrato non rigido.



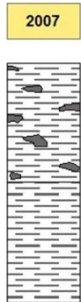
- **Zona 2005**, caratterizzata dalla presenza di depositi quaternari di terrazzo marino (SM), nella località di Torre a Castello, che presenta caratteristiche granulometriche tendenzialmente più granulari, con spessori massimi di 25m, poggianti su un substrato non rigido costituito dalle sabbie e arenarie gialle (GR), di spessori massimi pari a 10m, e argille sovraconsolidate (COS).



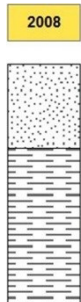
- **Zona 2006**, caratterizzata dalla presenza di depositi fluvio-lacustri quaternari di copertura alluvionale (CL), associati a travertini (LPS), nell'area del capoluogo, con spessori massimi di 50m, poggianti su un substrato non rigido. In particolare si segnala che in questa zona si possono verificare alcune situazioni stratigrafiche particolari che possono essere associate ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso entro alcune decine di metri di profondità, presumibilmente dovuto alla presenza dei depositi di travertino e quindi vanno valutate con attenzione in quanto si potrebbero produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico.



- **Zona 2007**, caratterizzata dalla presenza di substrato non rigido (COS) con frammenti e blocchi di travertino (LPS), presente in una ristretta area a Sud di Asciano.



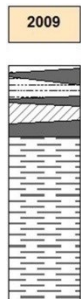
- **Zona 2008**, caratterizzata dalla presenza delle sabbie e arenarie gialle (GR), di spessori massimi a 10m, e argille sovraconsolidate (COS), presente nell'area di studio della Frazione di Torre a Castello.



Tramite gli studi di Microzonazione Sismica di livello 2 sono state riclassificate due nuove MOPS, entrambe appartenenti alla MOPS 2006.

In particolare:

- **Zona 2009**, caratterizzata dalla presenza di depositi fluvio-lacustri quaternari di copertura alluvionale (CL), limi organici ed inorganici (OL,ML), associati a travertini (LPS), delimitata nell'area di Asciano Scalo con spessori massimi di 20m, poggianti su un substrato non rigido. Anche in questa zona, come per la MOPS 2006 si segnalano alcune situazioni stratigrafiche particolari che possono essere associate ad un medio-alto contrasto di impedenza sismica atteso entro alcune decine di metri di profondità, presumibilmente dovuto alla presenza dei depositi di travertino, e quindi vanno valutate con attenzione in quanto si potrebbero produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico. La definizione di



tale area è supportata da sondaggi geognostici presenti nell'area, da valori di Vs30 desunti dai profili sismici a rifrazione, più elevati rispetto ai altri valori ottenuti nell'intorno, e da misure di rumore di fondo (F0) molto elevate.

Zona 2010, caratterizzata dalla presenza di insediamenti antropici (RI) e depositi fluvio-lacustri quaternari di copertura alluvionale (CL) associati a travertini (LPS), è delimitata nell'area di Asciano Scalo con spessori massimi di 25m, poggianti su un substrato non rigido. Anche in questa zona, come per la MOPS 2006 si segnalano alcune situazioni stratigrafiche particolari che possono essere associate ad un medio-alto contrasto di impedenza sismica atteso tra i 15 e 20 metri di profondità, presumibilmente dovuto alla presenza dei depositi di travertino e quindi vanno valutate con attenzione in quanto si potrebbero produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico. La definizione di tale area è supportata da sondaggi geognostici presenti nell'area, da misure di rumore di fondo (F0) molto elevate e dall'analisi del modello geologico (vedi in particolare la sez.5) ed è riconducibile a variazioni laterali nelle deposizioni travertinose.



E' opportuno precisare che l'indicazione relativa allo spessore di copertura può essere suscettibile di variazioni in funzione dei dati di base esistenti nell'area, il cui numero è quantitativamente buono, ma la distribuzione può non essere sufficientemente omogenea.

b. **Zone suscettibili di instabilità.** Sono state distinte esclusivamente le aree instabili connesse a fenomenologie gravitative di versante. Non sono state inserite aree con presenza di possibili cedimenti differenziali, né aree interessate da deformazioni legate alle faglie attive e capaci, né aree con terreni potenzialmente suscettibili di liquefazione in quanto, dalle informazioni disponibili, non ricorrono nessuna di queste fenomenologie. In particolare, sulla base delle caratteristiche granulometriche delle coperture presenti nell'area, prevalentemente appartenenti alla classe dei limi e argille, unitamente alla valutazione della magnitudo attesa descritta al Par. 3 (M_{wmax} inferiore a 5), sono state escluse aree suscettibili di liquefazione. Qualora da sviluppi normativi e/o da nuovi approfondimenti di indagini risultassero condizioni potenzialmente favorevoli alla liquefazione dinamica, se ne dovrà tenere conto in fase di predisposizione dei successivi livelli di approfondimento della microzonazione sismica.

La carta è stata completata riportando le più significative forme di superficie: orli di scarpata morfologica, orli di terrazzo fluviale e cavità sepolte.

Segue infine la figura 37 che riporta la vista d'insieme Microzone Omogenee in prospettiva sismica.

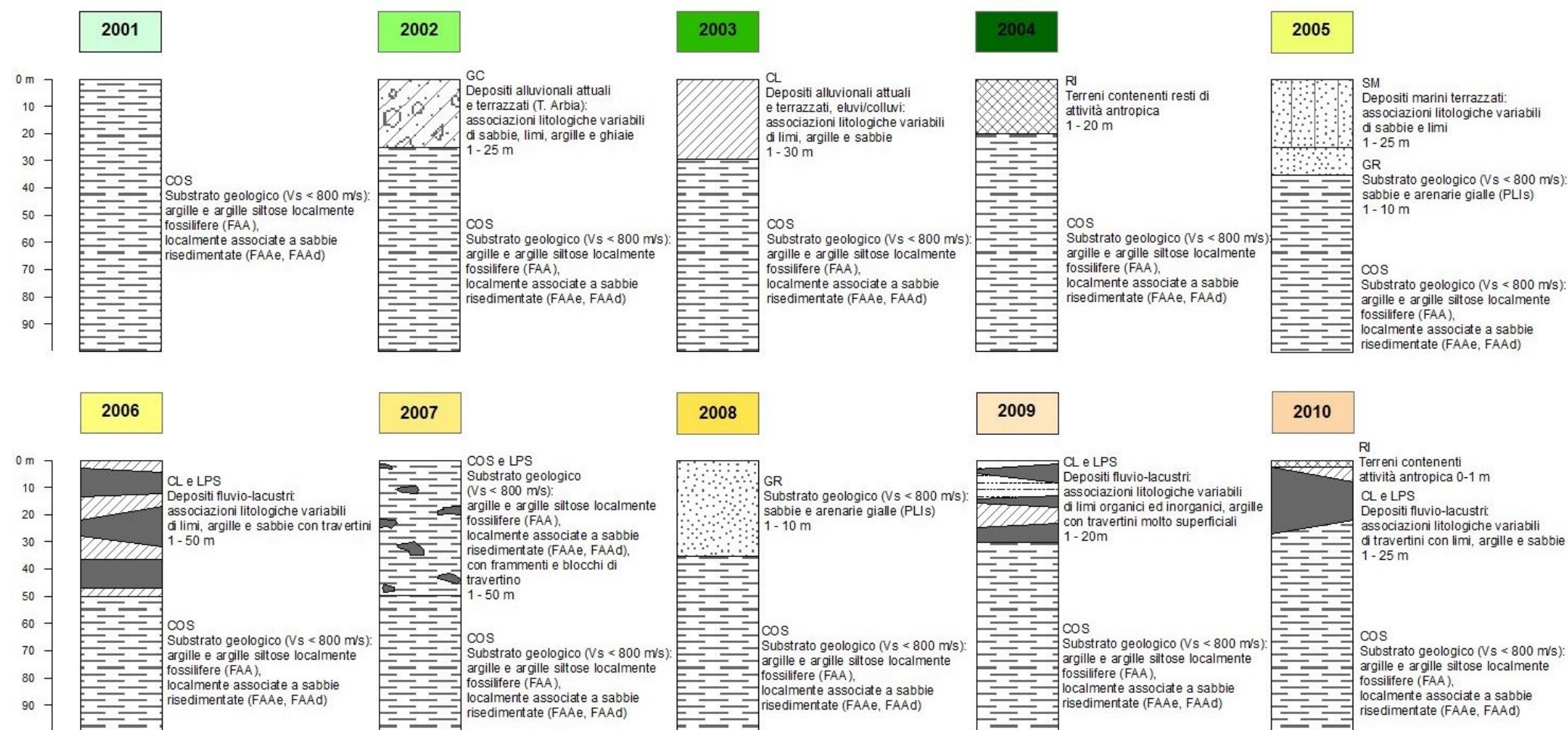


Figura 37 – Legenda delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica

10 Bibliografia

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15)*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

A. Brogi, A. Costantini, A. Lazzarotto (1999) - *Carta Geologica dell'area di Rapolano Terme*, Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra.

Comune di Asciano - *Studio idrogeologico per l'approvvigionamento idrico comunale*, SAT sdf, 1992.

Gruppo di Lavoro MPS (2004). *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile*, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

GRUPPO DI LAVORO MS (2008) – *Indirizzi e Criteri Generali per la Microzonazione Sismica*, Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – DPC, Roma.

MANTOVANI E., VITI M., BABBUCCI D., CENNI N., TAMBURELLI C., FIANCHISTI G., BAGLIONE M., D'INTINOSANTE V. & FABBRONI P. (2011) – *Quaternary Sismotettonica dell'Appennino settentrionale. Implicazioni per la pericolosità sismica della Toscana*. Stampa Centro stampa Giunta Regione Toscana.

MANTOVANI E., VITI M., BABBUCCI D., CENNI N., TAMBURELLI C., VANNUCCHI A., FALCIANI F., FIANCHISTI G., BAGLIONE M., D'INTINOSANTE V. & FABBRONI P. (2012) – *Potenzialità sismica della Toscana e definizione di criteri di priorità per interventi di prevenzione*. Stampa Centro stampa Giunta Regione Toscana.

MINISTERO DELLA INFRASTRUTTURE (2008), D.M. 14/01/2008 (G.U. n.29 del 04/02/2008) – *Norme Tecniche per le Costruzioni*, Roma.

P. Barazzuoli, G. Guasparri, A. Lazzarotto, M. Salleonini (1993) - *La storia naturale della Toscana meridionale*, Milano, Pizzi Ed., (Edizione riservata Monte dei Paschi di Siena). 11-106; 173-246.

A. Bossio, A. Costantini, A. Gandin, A. Lazzarotto, R. Mazzanti, R. Mazzei, G. Salvatorini, F. Sandrelli (1992) – *Guide alle escursioni post-congresso, Firenze 76a riunione estiva "L'Appennino Settentrionale"*, Società Geologica Italiana.

11 Allegati

Nel CD allegato:

1. N°38 Indagini geofisiche realizzate mediante la tecnica dei rapporti spettrali, N° 3 MASW, N° 3 ESAC e N° 2 profili sismici a rifrazione P e SH
2. Raccolta delle indagini pregresse
3. Dati Microzonazione Sismica livello 1

Di seguito sono riportate le relazioni delle indagini geofisiche condotte dallo Studio Geologico Associato Formichi – Bombagli, così articolate:

S.1 - Asciano Camparboli	S.29 - Asciano, podere Sant'Anna
S.2 - Asciano campo sportivo	S.30 - Asciano, zona impianti sportivi nuovi
S.3 - Asciano zona artigianale	S.31 - Asciano, via Alcide de Gasperi, zona verde
S.4 - Asciano zona artigianale	S.32 - Asciano, San Francesco, giardino casa di riposo
S.5 - Chiusure	S.33 - Asciano, via San Francesco
S.6 - Chiusure	S.34 - Asciano, via Barna
S.7 - Arbia ex Fornace Laterizi	S.35 - Asciano, via Santa Maria, centro storico
S.8 - Arbia scuole	S.36 - Asciano, corso Matteotti, centro storico
S.9 - Casetta	S.37 - Asciano, via delle Fonti
S.10 - Casetta zona artigianale	S.38 - Asciano, via G. Amendola
S.11 - Torre a Castello	Rapporto ESAC asciano zona vecchio campo sportivo
S.12 - Stazione di Castelnuovo B.ga	Rapporto ESAC asciano zona artigianale
S.13 - Torre a Castello	Rapporto ESAC arbia - Viale Toscana
S.14 - Stazione di Castelnuovo B.ga	Rapporto Masw asciano e arbia
S.15 - Chiusure	Rapporto Elaborazione_sismiche casetta e arbia
S.16 - Chiusure	Relazione sulle indagini HVSR - MS2 - 2019 - Asciano
S.17 - Chiusure	Relazione sismica - Kartodromo – MS2 - 2019 - Asciano
S.18 - Casetta zona artigianale	Relazione, ESAC - MASW - MS2 - 2019 – Asciano
S.19 - Casetta zona consorzio agrario	
S.20 - Casetta, zona piscine	
S.21 - Arbia, via aretina	
S.22 - Arbia, zona impianti sportivi	
S.23 - Arbia, viale toscana	
S.24 - Arbia, viale campania	
S.25 - Arbia, via beccafumi	
S.26 - Asciano, zona artigianale	
S.27 - Asciano, loc. Querciolo	
S.28 - Asciano, loc. Querciolo	

Indagini pregresse effettuate dal periodo Marzo 2017 a Giugno 2019:

Relazione, Podere Necione

Relazione, I poderucci

Relazione, Chiusure_via Porta Senese