



C O M U N E D I N O N A N T O L A
P R O V I N C I A D I M O D E N A

VARIANTE SPECIFICA AL PIANO REGOLATORE GENERALE _N° 1_2019

ai sensi del combinato disposto dell'art.15 della L.R. 47/1978 e dell'art. 41 della L.R. 20/2000
in attuazione al regime transitorio della LR 24/2017 Articolo 4 comma4 lettera a

8b. RELAZIONI SPECIALISTICHE VARIANTE 2

ADOTTATA CON DCC N 24 DEL 04/04/2019

CONTRODEDOTTA E APPROVATA CON DCC N _____ DEL __/__/__

Progettista

ing. Francesco Bursi

Il Responsabile del Procedimento
Gianluigi Masetti

Il Sindaco
Federica Nannetti

DOTT. ANNA VACCARI
GEOLOGO

Modena, luglio 2018

**RELAZIONE GEOLOGICO GEOTECNICA E SISMICA PER LA
COSTRUZIONE DI UN EDIFICIO COMMERCIALE
*PUNTO VENDITA A MARCHIO CONAD***



**COMUNE DI NONANTOLA – PROVINCIA DI MODENA
*VIA PROVINCIALE EST – SP255***

INDICE

1	PREMESSA	2
1.1	INTERVENTI DI PROGETTO	2
1.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE	3
1.2.1	PROVE PENETROMETRICHE STATICHE	3
1.2.2	INDAGINE GEOFISICA	4
1.3	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
2	MODELLAZIONE DEL SITO	7
2.1	LINEAMENTI MORFOLOGICI E IDROLOGICI	7
2.2	LINEAMENTI SISMOTETTONICI E SISMICITÀ DELL'AREA	8
2.2.1	CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO	8
2.3	LINEAMENTI GEOLOGICI E LITOSTRATIGRAFICI	11
2.4	LINEAMENTI IDROGEOLOGICI	12
3	MODELLO LITOSTRATIGRAFICO E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA	14
4	PERICOLOSITÀ E AZIONE SISMICA DA NTC2018 ALLO STATO LIMITE SLV	16
4.1	PERICOLOSITÀ SISMICA DA NTC 2018	16
4.1.1	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE (RIF. 3.2.2 NTC 2018)	16
4.1.2	VITA NOMINALE E CLASSI D'USO	17
4.2	CONDIZIONI DI SITO E CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE	19
4.3	AZIONE SISMICA DA NTC 2018 SLV – APPROCCIO SEMPLIFICATO	19
5	AZIONE SISMICA DA RISPOSTA SISMICA LOCALE ALLO STATO LIMITE SLV	23
5.1	INPUT SISMICO DI RIFERIMENTO	23
5.1.1	STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)	24
5.2	MODELLO GEOLOGICO	27
5.3	CALCOLO SPETTRO DI RIPOSTA REALE – PARAMETRI GENERALI	28
5.3.1	SPETTRO DI RIPOSTA REALE SLV ($T_R = 712$ ANNI) AL PIANO DI CAMPAGNA (1 OUTCROP)	28
6	CONCLUSIONI	30

ALLEGATO 1: Diagrammi penetrometrici e tabulati

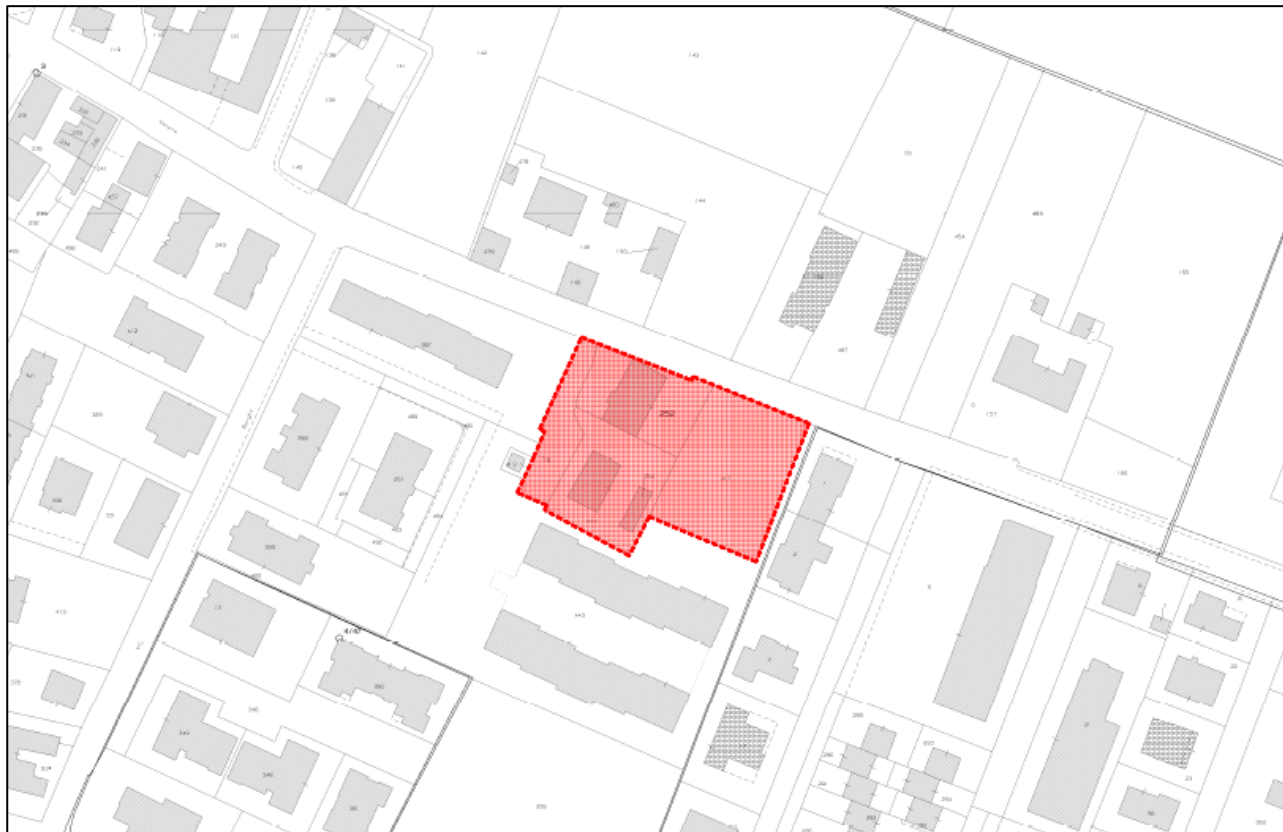
ALLEGATO 2: Report di indagine geofisica

ALLEGATO 3: Spettro di risposta reale al p.c. e coefficienti di amplificazione sismica (SLV)

1 PREMESSA

Su incarico dell'Arch. Fabrizio Zanella (Studio ARCHI - PRO) si è provveduto alla stesura di una relazione geologico-geotecnica e sismica redatta ad uso *pratica edilizia* (permesso di costruire convenzionato in deroga) inerente un'area sita in via Provinciale Est – SP255 a Nonantola (Provincia di Modena) ed identificata al Foglio 46 del Comune di Nonantola con il mappale 252 (Fig. 1), precedentemente occupata, in parte, da vecchi fabbricati oggetto di recente demolizione, al fine di verificare le caratteristiche dei terreni presenti in relazione all'idoneità delle opere di progetto.

FIGURA 1: ESTRATTO DI MAPPA CATASTALE

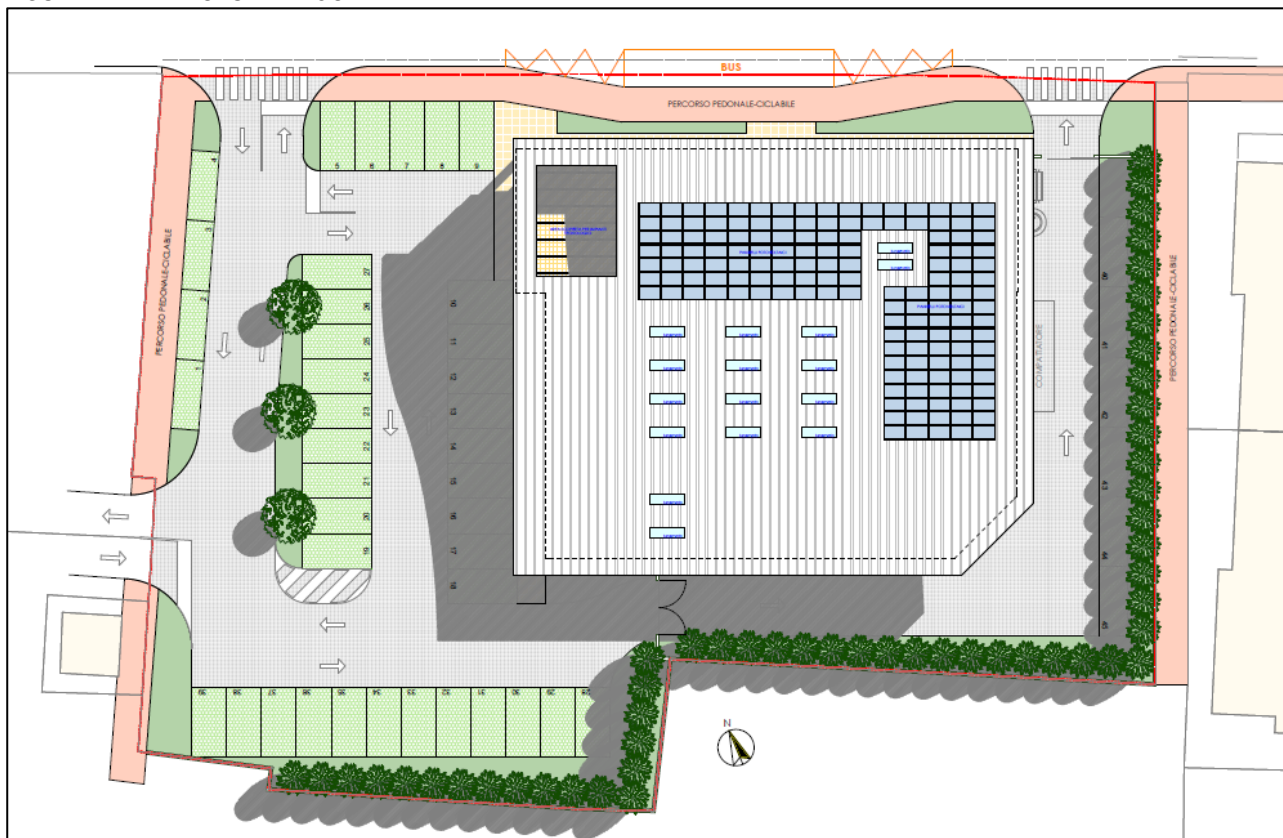


La modellazione geologico-geotecnica d'insieme scaturita dalle indagini in sito effettuate in questa sede, unitamente alla conoscenza globale dei terreni presenti in zona desunta dalla bibliografia, da P.T.C.P. e P.S.C., dagli elaborati a corredo dello studio di Microzonazione Sismica, e dall'esperienza acquisita supportata da altre campagne geognostiche effettuate nelle vicinanze prese a riferimento, ha permesso di accertare in maniera esaustiva la variabilità spaziale e verticale delle caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche ed idrogeologiche del deposito.

1.1 INTERVENTI DI PROGETTO

Dall'analisi degli elaborati grafici a firma dei Progettisti si è rilevato che l'intervento edilizio in previsione consiste nella realizzazione, per conto di NORDICONAD, di un edificio ad uso commerciale (punto vendita a marchio "CONAD") a pianta regolare (S.U. = 991.50 mq circa) dislocato su unico livello fuori terra ($H_{max} = 8.60$ ml) in prefabbricato cementizio a travi e pilastri con copertura in legno, oltre naturalmente alla creazione delle opere di urbanizzazione e dei parcheggi di urbanizzazione primaria e pertinenziali per un totale di N. 45 posti auto (Fig. 2).

FIGURA 2: PLANIVOLUMETRICO



1.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Ai fini di una verifica tecnica puntuale dei terreni volta ad individuare i parametri necessari per la determinazione dell'azione sismica e della resistenza di progetto, ovvero a fornire la stima dei principali parametri necessari alla definizione del modello geotecnico dei depositi che costituiscono il "volume significativo" interessato dalla diffusione dei carichi, in data 6 luglio 2018 si è eseguita una apposita indagine in sito espletata tramite effettuazione di N. 3 prove penetrometriche statiche, oltre ad indagine geofisica del tipo sismico a rifrazione volta alla determinazione della $V_{s,30}$ conformemente a quanto raccomandato dalle NTC2018, le cui ubicazioni compaiono nella figura successiva (Fig. 3).

1.2.1 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

Per l'esecuzione delle prove penetrometriche ad infissione statica spinte fino ad un massimo di -20 m di profondità dal p.c. si è utilizzato un penetrometro ad infissione statica Pagani cingolato modello TG 63-200 KN, impiegando per la perforazione una punta Friction Jacket Cone, avente un'area di 10 cm² ed un angolo alla punta di 60°, che consente di determinare il carico di rottura ed applicando opportune correlazioni, dal rapporto fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale locale, si risale alla granulometria e di conseguenza alla litologia dei terreni attraversati.

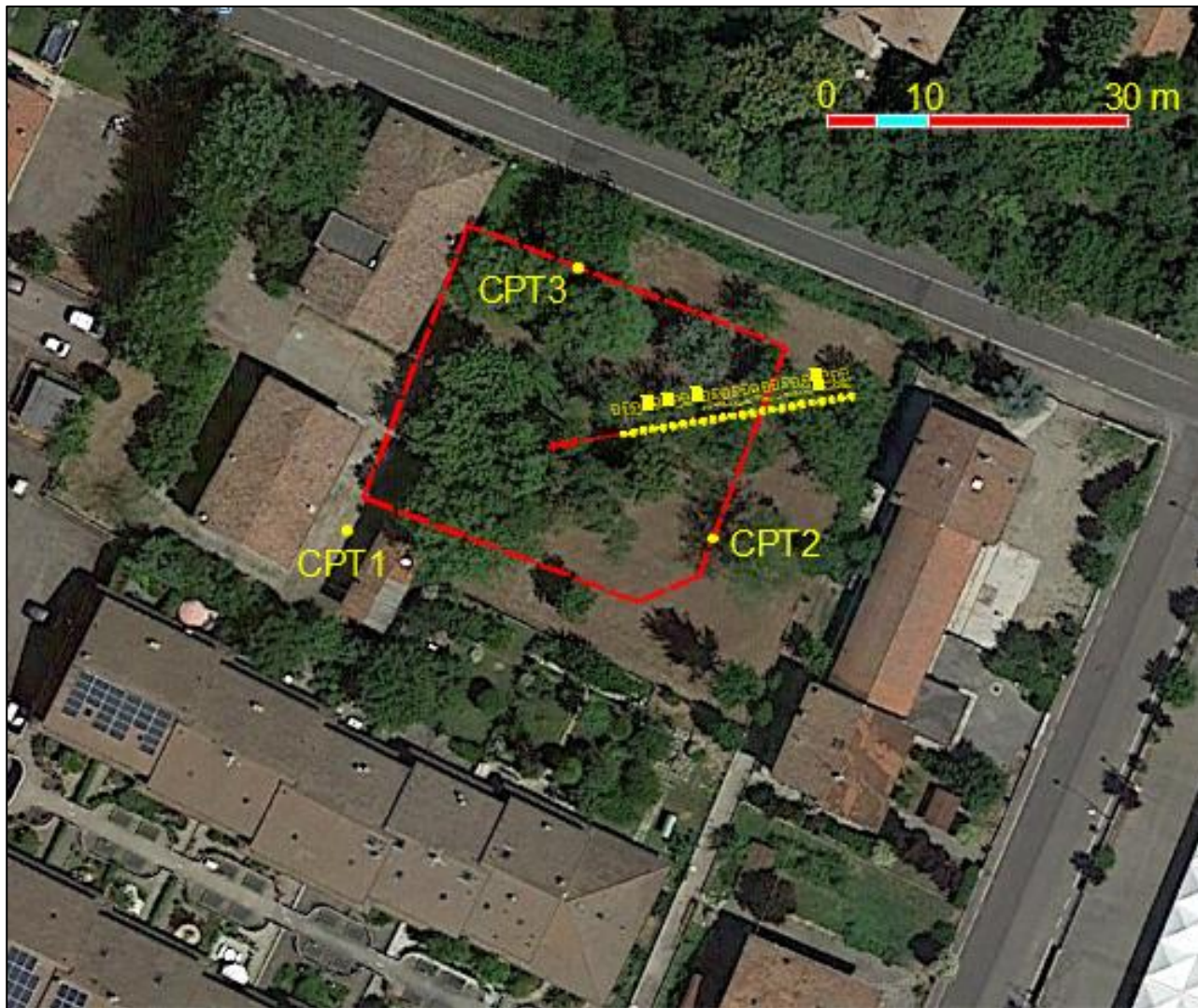
Si riportano in allegato i diagrammi penetrometrici scaturiti dalle letture di campagna con relativa elaborazione (punta, laterale, totale) dei valori misurati in sito ogni 20 cm di avanzamento della punta nel terreno, oltre alla documentazione fotografica dei vari piazzamenti della sonda penetrometrica sulle verticali indagate (Allegato 1).

I valori di resistenza all'infissione caratteristici dei vari livelli del sottosuolo, oltre a fornire utili informazioni per il riconoscimento di massima della litologia dei terreni attraversati sulla base del rapporto R_p/R_l (q_c/f_s) fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale ovvero sulla base dei valori di R_p e del rapporto $Fr = R_l/R_p$ %, possono essere empiricamente

correlati anche ad alcune delle principali caratteristiche geotecniche dei terreni. I dati ricavati mediante l'ausilio di apposito software commercializzato dalla ditta *Geostru* denominato *Static Probing* sono stati tabulati e riportati nell'apposito capitolo ove si è altresì schematizzata la successione stratigrafica (Cap. 3).

All'interno dei fori di sondaggio è stato eseguito il rilievo del livello dell'acqua mediante utilizzo di freatimetro elettroacustico, rilievo che ha evidenziato la presenza di una falda superficiale.

FIGURA 3: UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE



1.2.2 INDAGINE GEOFISICA

L'indagine geofisica è consistita in prospezione sismica di superficie con tecnica a rifrazione delle onde P e determinazione sperimentale mediante inversione con metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) del valore di $V_{s,30}$ (Allegato 2).

Nello specifico è stata eseguita n. 1 base sismica a rifrazione, avente interasse geofonico pari a 1.50 ml, con sistema di acquisizione a 24 canali; l'energizzazione è stata effettuata mediante una mazza di 10 Kg battente su un piattello metallico. Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate ripetute energizzazioni disposte a un'estremità dello stendimento ad una distanza massima pari a 9.00 ml dal primo e dall'ultimo geofono.

L'analisi dei risultati ottenuti ha portato alla caratterizzazione sismo-stratigrafica dei terreni sia di tipo geometrico che meccanico, con determinazione degli strati e delle velocità media delle onde sismiche longitudinali (V_p); l'elaborazione

MASW ha portato all'individuazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) fino alla quota di -42.02 ml dal p.c.; non essendosi riscontrati valori di velocità superiori a 800 m/s entro tale profondità si è reso necessario procedere al calcolo del valore di $V_{s,30}$.

Sulla base della $V_{s,30}$ (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità dal piano di posa delle fondazioni) si è individuata la Categoria sismica del suolo di fondazione che consente di quantificare l'amplificazione sismica al fine di definire lo spettro di risposta sismico del sito, ovvero i parametri valutativi litologici e geotecnici necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto e, conseguentemente, le azioni sismiche agenti sulle opere che interagiscono con il terreno di cui tenere conto nei calcoli delle strutture.

La zona indagata non è caratterizzata da particolari fonti di rumore antropico in grado di interferire con il segnale sismico.

1.3 RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio è stato svolto in ottemperanza alle indicazioni fornite dalla nuova normativa che ha sancito il superamento del testo del 2008 a favore delle NTC2018, di cui al decreto MIT di approvazione della revisione delle norme tecniche del 17.01.2018 intitolato "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", pubblicato in Gazzetta Ufficiale (G.U., 20 febbraio 2018, n. 42 - S.O. n. 8) che entra in vigore il 22 marzo scorso, con due regimi transitori differenziati per opere pubbliche e private, in assenza della circolare esplicativa con le Istruzioni sulle NTC2018 e delle Appendici agli Eurocodici 2018.

Per quel che concerne gli aspetti geotecnici, l'abolizione definitiva del metodo alle tensioni ammissibili e l'eliminazione dei riferimenti alle zone sismiche sono tra le modifiche essenziali.

La novità più significativa è contenuta nel capitolo 6 dove, nell'ambito delle verifiche agli SLU, sono stati eliminati i doppi approcci progettuali AP1 e AP2 che erano contemporaneamente presenti nelle NTC2008. In particolare è stato conservato il solo AP2 per tutte le opere in progetto, eccezion fatta per le paratie e le gallerie ove è stato invece mantenuto l'AP1.

Nel Capitolo 2 (Sicurezza e prestazioni attese) ed in particolare al § 2.4.1 viene modificata la definizione di "vita nominale" e le tipologie di costruzioni per cui distinguere la vita nominale di progetto.

Gli altri significativi cambiamenti di carattere geotecnico sono contenuti nel § 3.2 e nel § 7.11.

Per quanto riguarda le forme spettrali i valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, le NTC2018 prescrivono di continuare a fare riferimento agli Allegati A e B del DM del 14 gennaio 2008.

Al § 3.2.2. (Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche), dove vengono definite le categorie di sottosuolo che consentono l'analisi di risposta sismica locale semplificata, il solo indicatore di riferimento per la classificazione sismica dei litotipi rimane la velocità delle onde di taglio (V_s) da determinarsi mediante apposite misure dirette, derivanti da indagini geofisiche di tipo sismico da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. Le norme consentono, in alternativa, la definizione del profilo V_s mediante il ricorso a correlazioni empiriche "*di comprovata affidabilità*" ovvero con i risultati di altre prove in sito (quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche per i terreni a grana fine), ma solo in subordine attribuendo, di fatto, un diverso e inferiore rango a queste metodologie per la determinazione di V_s .

Sono state inoltre riviste le categorie di sottosuolo per le quali è possibile il ricorso all'approccio semplificato nella determinazione della risposta sismica locale (definite in *Tab. 3.2.II*), eliminando le categorie aggiuntive S1 e S2 e

mantenendo soltanto A, B, C, D ed E, categoria quest'ultima che è stata ridefinita migliorando la classificazione precedentemente presentata nelle NTC2008.

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle presenti norme. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche. Per le categorie di sottosuolo non comprese tra A ed E si rimanda quindi all'analisi di risposta sismica locale e in questo caso le novità sono contenute nel § 7.3.2.1 (Risposta sismica locale) ove viene espressamente fatto riferimento alla necessità di *“adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni da determinare mediante specifiche indagini e prove”*.

Per la determinazione degli accelerogrammi naturali viene invece rimandato al § 3.2.3.6 e sarà compito della CNTC esplicitare con maggiore dettaglio la metodologia applicativa.

La maggiore novità contenuta nel § 7.11 riguarda invece le verifiche agli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche per le quali i coefficienti di sicurezza parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici sono stati entrambi posti pari a 1.

Sono inoltre state introdotte le indicazioni sulle verifiche sismiche per i rilevati e i fronti di scavo (§ 7.11.4) che vanno trattati in coerenza con quanto specificato per i pendii naturali e per i quali l'azione sismica viene ricavata in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile. In mancanza di studi specifici le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente vengono espresse ancora come $F_h = k_h W$ e $F_v = k_v W$, adottando però valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito pari a 0.38 per le verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e 0.47 per le verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

Novità anche per le fondazioni superficiali (§ 7.11.5.3.1) per le quali, se l'effetto dell'azione inerziale del volume significativo di terreno viene calcolato e messo in conto esplicitamente (anziché impiegando le azioni pseudostatiche equivalenti) il valore del coefficiente di resistenza per la fondazione può essere assunto pari a 1.8 anziché 2.3.

Quanto alla sismicità di un sito, non viene più considerata la classificazione per zone sismiche ma l'accelerazione di progetto.

2 MODELLAZIONE DEL SITO

2.1 LINEAMENTI MORFOLOGICI E IDROLOGICI

Dal punto di vista altimetrico le quote dei terreni, mediamente comprese tra 25 ÷ 28 m s.l.m. collocano il territorio comunale di Nonantola nella fascia di media pianura. La morfologia, sostanzialmente pianeggiante riscontrandosi soltanto una lieve pendenza prevalente in direzione N-NE dell'ordine del 1-2 ‰ , è caratterizzata da bassissime differenze di quota e di conseguenza da un deflusso superficiale lento e meccanismi deposizionali di bassa energia, come testimoniato da una litologia superficiale marcatamente argilloso-limosa risultando interessata solo localmente e a larga scala da dossi e avvallamenti che testimoniano le antiche divagazioni dei corsi d'acqua.

Nella fascia occidentale adiacente al Panaro gli interventi antropici per la messa in sicurezza idraulica hanno dato origine ad un rilevato arginale; si rinvencono inoltre due dossi topografici correlabili a paleoalvei ad orientamento sud-nord parallelamente al tracciato della Strada Mavora sino al capoluogo e alla Loc. Casette, e ad allungamento in direzione ovest-est che segna il confine settentrionale dell'area comunale.

Un'area valliva è presente invece nel settore nord orientale del territorio comunale dove si registrano le quote più basse (20 ÷ 23 m s.l.m.) nella quale sussistono condizioni di drenaggio superficiale difficoltoso.

In particolare l'area d'interesse, posta nella zona orientale del capoluogo, presenta una giacitura pianeggiante.

Il territorio appartiene al bacino idrografico del fiume Panaro, che delimita il confine occidentale del comune per una lunghezza di circa 9.5 Km. Il resto della rete idrica superficiale è costituito in prevalenza da canali ad uso promiscuo, ovvero adibiti contemporaneamente alle funzioni di drenaggio e bonifica delle campagne e adduzione dell'acqua ai fini irrigui, in gestione al Consorzio di Bonifica di Burana, Leo, Scotenna, Panaro. In particolare il territorio comunale rientra nel sottobacino principale di scolo denominato "Collettore Zena", al cui interno si distinguono due sottobacini: quello del Collettore Bosca che interessa la parte occidentale, e quello del Collettore Sorgo che occupa tutta la parte est del territorio. Il sistema idrografico irriguo del Comune di Nonantola è alimentato dalle prese Bagazzano e Campazzo nonché dal Canal Torbido. L'attuale conformazione dell'assetto idrografico superficiale è quindi costituita da un sistema di assi drenanti orientati in senso SO-NE ed est-ovest, nel quale i collettori superficiali più importanti sono costituiti appunto dal Collettore Bosca e dal Collettore Sorgo.

Gran parte del territorio comunale è stata inserita tra le zone ad elevata criticità idraulica del PTCP.

Attualmente l'evoluzione geomorfologica del sito d'interesse è unicamente legata agli interventi edilizi e infrastrutturali.

Trattandosi di area urbanizzata non si rilevano evidenze geomorfologiche; il drenaggio superficiale è assicurato dalla presenza della rete fognaria.

La morfologia rilevata e le condizioni statiche dei fabbricati presenti al suo contorno, che non mostrano lesioni o deformazioni degne di nota attribuibili a cedimenti dei terreni di fondazione, portano a ritenere in buone condizioni di stabilità l'area d'interesse che, essendo caratterizzata da terreni nel loro complesso mediamente consistenti non interessati da processi morfodinamici in atto e/o potenziali, rende possibile la realizzazione dell'intervento edilizio proposto senza particolari problemi.

2.2 LINEAMENTI SISMOTETTONICI E SISMICITÀ DELL'AREA

L'assetto geostrutturale nel territorio in esame è caratterizzato dalla zona di transizione tra le pieghe del margine appenninico padano, denominate Pieghe Romagnole, e quella delle Pieghe Ferraresi.

Tali strutture sono interessate da numerose dislocazioni tettoniche a direttrice appenninica ancor oggi attive, che separano l'area collinare in lento sollevamento, da quella pianiziale in regime subsidente. Le Pieghe Romagnole, 3 ÷ 5 km a meridione dell'allineamento Nonantola - S. Giovanni in Persiceto, sono caratterizzate dalla presenza di strutture positive sovrascorse sul fianco settentrionale che, mediante sovrascorrimenti embricati in direttrice settentrionale, determinano l'innalzamento della base del Pliocene a -3000 ÷ 2000 m dal p.c.

Il sottosuolo del territorio comunale di Nonantola è contraddistinto in profondità dalla sinclinale Soliera - S. Giovanni in Persiceto - Sabbiuino che raccorda la Pieghe Romagnole, presenti come detto 3 ÷ 5 km a sud della zona in oggetto, con le Pieghe Ferraresi rinvenibili 12 km circa a settentrione.

Le Pieghe Romagnole sono caratterizzate dalla dorsale di Castelfranco Emilia - Ponte Samoggia - Tavernello d'Emilia e dalla dorsale di Albareto - Bagazzano, rappresentati il proseguimento settentrionale dei motivi tettonici appenninici affioranti a sud di Modena - Bologna. In direzione nord il substrato si approfondisce rapidamente nella sinclinale di Soliera - Nonantola - Crevalcore - Castelmaggiore - Sabbiuino, per poi innalzarsi gradualmente sino ai sovrascorrimenti che delimitano l'ala meridionale dell'arco delle Pieghe Ferraresi nella fascia S. Pietro in Casale - Cento - S. Felice sul Panaro. La struttura delle Pieghe Romagnole è ulteriormente suddivisa in blocchi da faglie trasversali, che delimitano la dorsale di Minerbio - Selva e componenti arcuate dei sovrascorrimenti nella dorsale Castelfranco E. - P.te Samoggia.

Il Comune di Nonantola rientra in zona sismica 3 cui è attribuito un valore di pericolosità sismica compreso tra 0.150 e 0.175.

L'area ricade nella zona sismogenetica n. 912 denominata "Dorsale Ferrarese" che rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale dove al di sotto di una spessa coltre di depositi alluvionali è presente un sistema roccioso orogeneticamente legato alla catena appenninica, fagliato da diverse importanti linee sismotettoniche, la cui genesi è riconducibile alle forze compressive che da SO spingono verso NE.

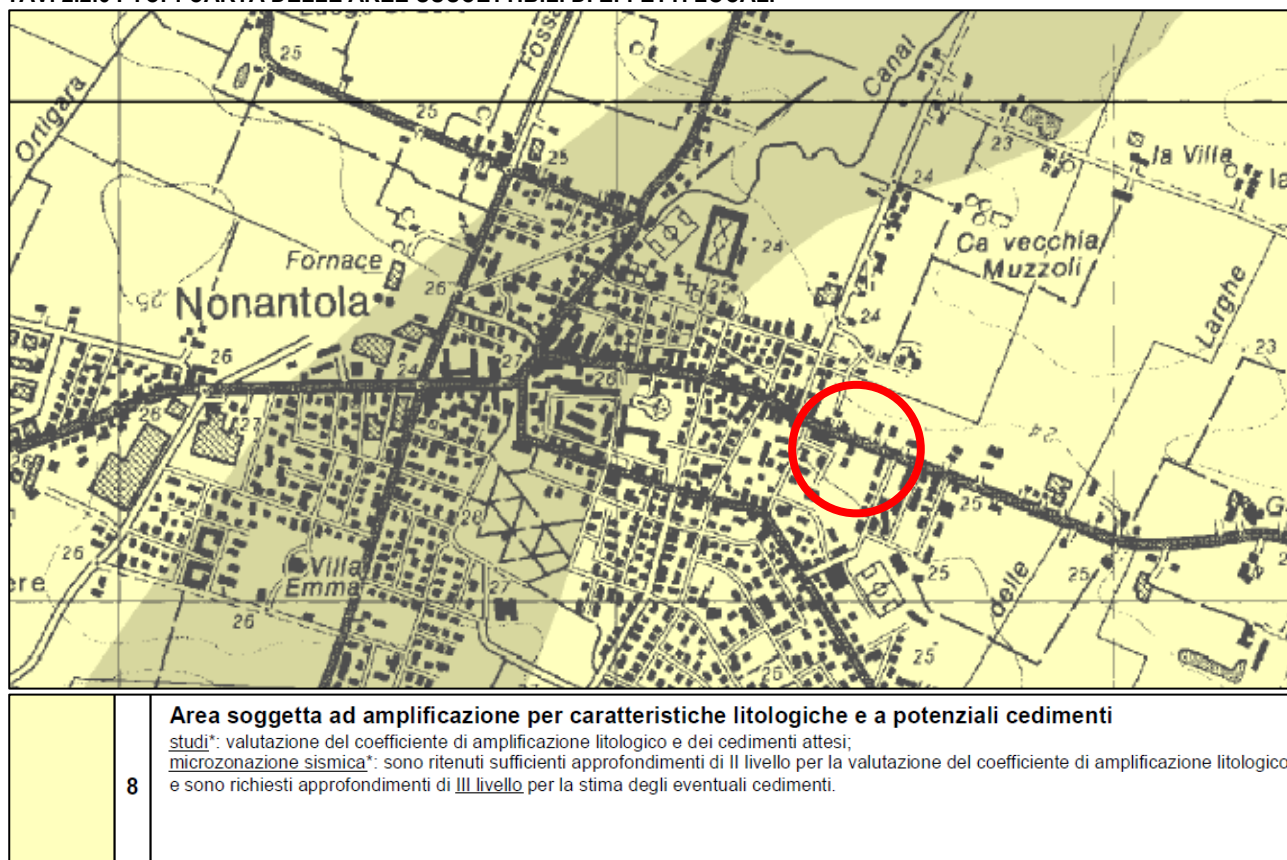
In dettaglio, il Catalogo parametrico dei terremoti italiani registra valori massimi di magnitudo momento M_w per la zona sismogenetica 912 pari a $M_{wmax} = 6.14$. Dalle rilevazioni dell'INGV tale zona risulta caratterizzata da una magnitudo massima registrata di 4.6 Md, con una profondità efficace di 7 km.

Per la relativa storia sismica, desunta mediante consultazione del database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15 (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), si rimanda al sito <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>. Il database è stato realizzato nell'ambito delle attività del TTC (Tema Trasversale Coordinato) *"Banche dati e metodi macrosismici"* dell'INGV, con il contributo parziale del Dipartimento della Protezione Civile.

2.2.1 CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO

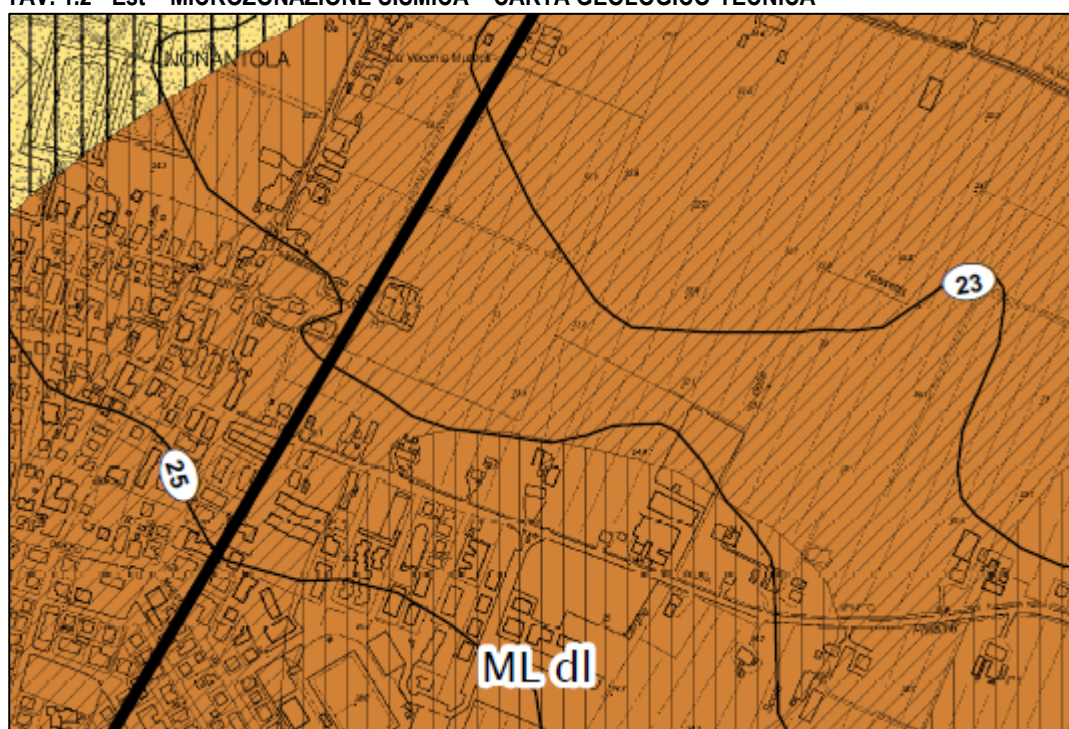
Relativamente al rischio sismico, con riferimento alla cartografia allegata al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Modena approvato con DCP n.46 del 18/03/2009 ed in vigore dal 08.04.2009, l'area oggetto di studio risulta compresa all'interno della "Carta delle aree suscettibili di effetti locali".

TAV. 2.2.5 PTCP: CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI



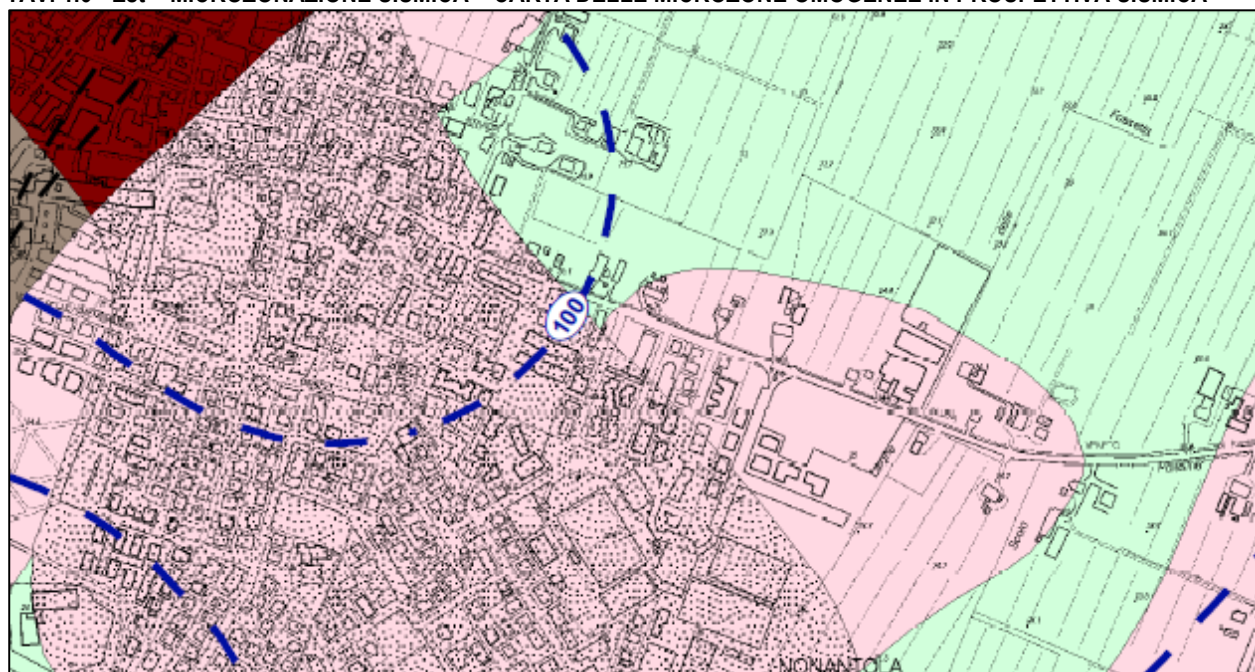
Per quel che concerne la riduzione del rischio sismico, con riferimento alla cartografia di Microzonazione Sismica del Comune di Nonantola (Attuazione dell'Art. 11 della Legge 24 giugno 2009, n. 77), l'area d'interesse risulta compresa all'interno delle seguenti cartografie tematiche:

TAV. 1.2 - Est – MICROZONAZIONE SISMICA – CARTA GEOLOGICO-TECNICA

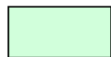


ML dl – Limi organici, argille inorganiche di media – bassa plasticità, argille limose magre, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità

TAV. 1.6 - Est – MICROZONAZIONE SISMICA – CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA



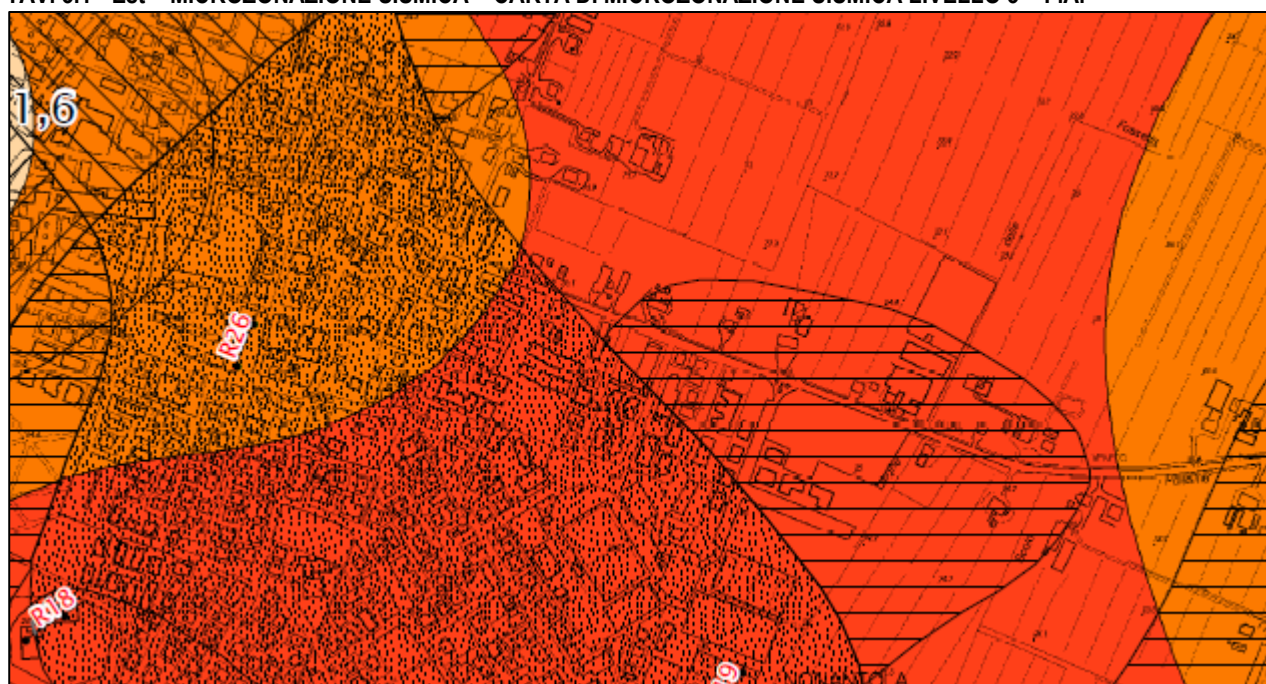
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

-  **ZONA 1** Limi - limi argillosi - argille limose, moderatamente consistenti (ML/CL-24) contenenti sottili corpi lentiformi sabbioso limosi argillosi con spessore tra 1,0 e 2,0 moderatamente addensati (SM -12).
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.
Approfondimenti di II° livello.

Zone stabili suscettibili di instabilità

-  **POTENZIALI CEDIMENTI DIFFERENZIALI**
Argille limose - limi argillosi poco consistenti (ML/CL-25) con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori tra 1 e 2 m da moderatamente a poco addensati (SM -12/13) nei primi 12-13 m pc, con l'aumento della profondità argille limose - limi argillosi moderatamente consistenti (CL-24).
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziali cedimenti differenziali per cedimenti di terreni poco consistenti e densificazione /liquefazione di sottili strati sabbioso limosi.
Approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti.

TAV. 3.1 - Est – MICROZONAZIONE SISMICA – CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 3 – F.A.



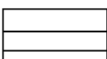
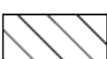
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Fattori di amplificazione F.A.

	F.A. = 1,3 - 1,4
	F.A. = 1,5 - 1,6
	F.A. = 1,7 - 1,8
	F.A. = 1,9 - 2,0
	F.A. = 2,1 - 2,2

Zone suscettibili di instabilità

Aree soggette ad approfondimenti di III° livello

	Potenziale liquefazione
	Potenziali cedimenti differenziali
	Potenziali cedimenti differenziali
	Zona suscettibile di sovrapposizione di instabilità differenti

2.3 LINEAMENTI GEOLOGICI E LITOSTRATIGRAFICI

Da un punto di vista geologico il territorio si colloca nella parte centro-meridionale del grande bacino subsidente Plio - Quaternario della pianura Padana nel settore Appenninico in diretta influenza del Po e dei suoi affluenti di destra e, più in particolare, in una zona influenzata dalle alluvioni del Fiume Panaro e dei Torrenti Appenninici minori.

I depositi alluvionali appartengono quindi al dominio deposizionale di media pianura o "Unità idrogeologica dei corsi d'acqua Appenninici", ove predominano ondulazioni ad andamento SO-NE con modificazioni delle direttrici deposizionali principali in senso O-E dovute all'influenza del dominio del Fiume Po posto a nord, ma che in epoche storiche ha influenzato aree decisamente più meridionali, sedi di modesti acquiferi generalmente profondi.

Da un punto di vista litologico il territorio è caratterizzato dall'assoluta prevalenza di terreni fini (argille e limi con i relativi termini intermedi) cui s'intercalano depositi lenticolari di materiali più grossolani (sabbie limose, sabbie medio fini e subordinatamente sabbie più o meno grossolane) sedi di acquiferi molto poveri.

In linea generale i terreni prevalentemente sabbioso-limosi corrispondono alle zone topograficamente più rilevate e rappresentano, talvolta, paleoalvei dei corsi d'acqua sia principali sia minori; tali affioramenti in corrispondenza del Panaro costituiscono quindi il risultato degli alluvionamenti del corso d'acqua che in questo settore ha depositato i materiali a granulometria relativamente più grossolana, mentre procedendo verso est si rinvencono i materiali a granulometria più fine, in accordo con la minore energia di trasporto del fiume stesso. Per quel che concerne le epoche di deposizione di tali sedimenti si ha quindi un graduale ringiovanimento da est verso Ovest mantenendo, anche a scala cronologica, fasce ad orientamento SSO-NNE.

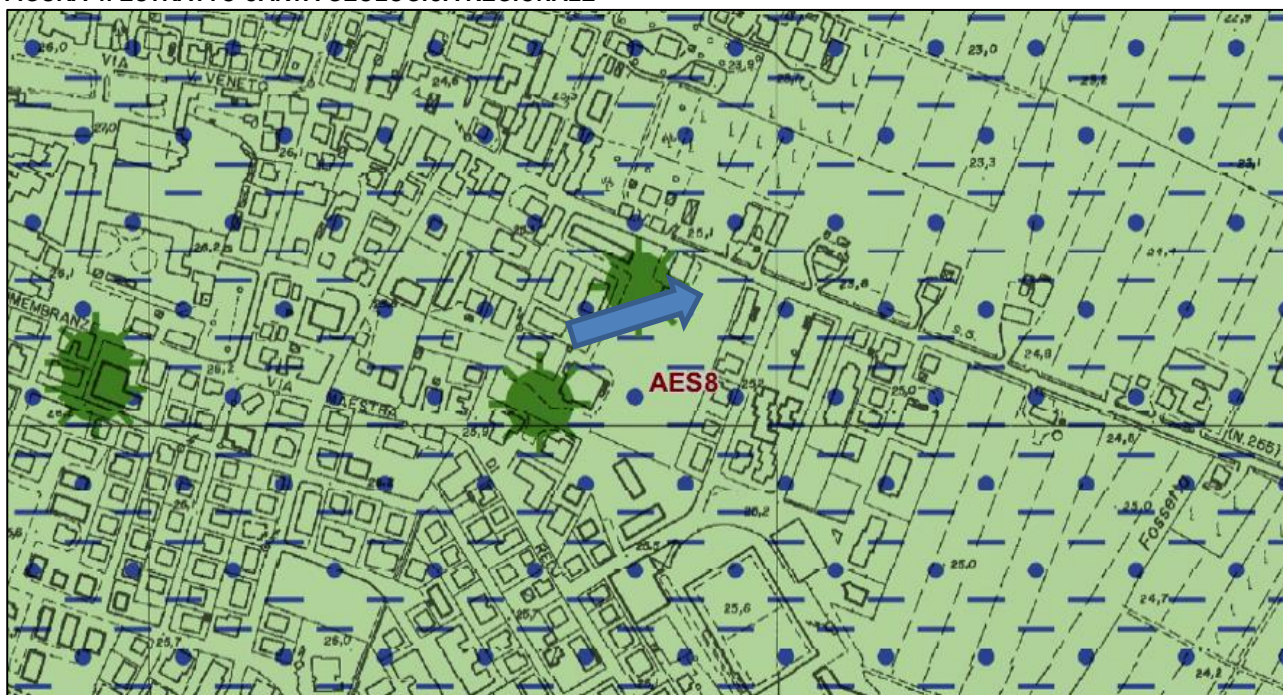
Tale settore della pianura è caratterizzato da sequenze di natura prevalentemente argilloso limosa con intercalazioni sabbiose lenticolari che, solo raramente, raggiungono il 5 % dello spessore totale. Le successioni litologiche dei primi 20

÷ 25 m dal p.c. sono rappresentate da una alternanza di strati argilloso limosi e limosi con livelli sabbioso limosi di spessore generalmente non superiore a 1.5 m.

La fascia centrale del territorio ad allungamento S-N da Rubbiara a Capoluogo - Casette e quella collocata lungo la sponda orientale del Panaro sono invece caratterizzate dalla presenza di successioni litologiche di natura prevalentemente limosa e limo sabbiosa con lenti sabbioso limose e sabbiose nei primi 6/8 m di profondità dal p.c. correlabili ad antichi percorsi fluviali estinti ed attuali.

Da un punto di vista geologico, con riferimento alla carta geologica CARG edita dalla Regione Emilia-Romagna (Fig. 4), l'area è caratterizzata dalla presenza in affioramento di terreni olocenici appartenenti al Supersistema emiliano-romagnolo denominati AES8 "Subsistema di Ravenna", qui rappresentata da limi sabbiosi di piana alluvionale.

FIGURA 4: ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE



Da un punto di vista litostratigrafico, facendo riferimento alla cartografia di MS ed in particolare alla Tav. 1.2 - Est "Carta geologico tecnica", i terreni di copertura (denominati ML dl) sono rappresentati da limi organici, argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille limose magre, sabbie fini limose o argillose e limi argillosi di bassa plasticità.

La Tav. 1.5 - Est "Carta tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido" evidenzia per l'area in esame il bedrock sismica a -100 m dal p.c.

Nella zona in oggetto la prima lente sabbiosa, arealmente continua e di spessore geotecnicamente significativo, si rinviene a profondità superiore ai -20 m dal piano campagna non essendo stata intercettata con le prove penetrometriche in sito approfondite appunto sino a tale quota.

2.4 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI

Da un punto di vista idrogeologico locale, dal momento che il dominio dei corsi d'acqua appenninici è caratterizzato dall'assoluta prevalenza di sedimenti fini (argille e limi), gli acquiferi sono ospitati in esigue lenti sabbiose e sabbioso-limose discontinue, allungate in direzione SSO-NNE seguendo le direttrici di scorrimento dei fiumi appenninici, poco spesse rappresentanti soltanto il 3 ÷ 5 % dello spessore totale. Gli orizzonti sabbiosi ospitano falde idriche che si

raccordano con quelle delle conoidi dell'alta pianura; hanno pertanto una alimentazione abbastanza remota potendosi ritenere trascurabili i fenomeni di infiltrazione diretta dalla superficie, essendo questa caratterizzata prevalentemente da limi e argille.

L'acquifero principale, inteso come quello solitamente sfruttato, si presenta quindi compartimentato con una potenzialità idrica complessivamente molto scarsa e valori di trasmissività molto bassi.

In superficie, nel complesso a litologia variabile caratterizzato da un'alternanza di livelli lentiformi si riscontrano livelli acquiferi di tipo freatico intesi come unità direttamente interessate dalla ricarica per infiltrazione superficiale, completamente separate dall'acquifero principale e dotate di acque scadenti; la grande profondità dei pozzi testimonia la scarsa disponibilità di acquiferi consistenti, ospitati in poche e sottili lenti sabbiose.

Il territorio comunale di Nonantola risulta pertanto caratterizzato da acquiferi superficiali, discontinui per spessore ed estensione areale, ospitanti una falda freatica superficiale il cui livello statico si attesta generalmente tra i $-1.0 \div 3.0$ m di profondità dal p.c.

Tale falda, così detta libera, è caratterizzata da bassi valori di trasmissività e da una variabilità del proprio livello in stretta relazione con gli apporti meteorici che ne rappresentano la prevalente fonte di alimentazione, e con la rete di canalizzazione che a seconda del periodo dell'anno può essere alternativamente drenante o alimentante, essendo alimentata prevalentemente per infiltrazione superficiale. Date le caratteristiche litologiche e stratigrafiche, si esclude che detta falda freatica possa risultare in comunicazione diretta con le sottostanti falde acquifere profonde per le quali possono quindi ritenersi trascurabili i fenomeni di infiltrazione diretta dalla superficie a causa della presenza interposta di litotipi a bassa permeabilità a copertura degli orizzonti permeabili che le contengono.

La carta delle isopieze evidenzia un assetto idrogeologico principale a falda radiale divergente nei settori meridionali e occidentali, e prevalentemente a falda conica convergente nelle zone centrali e centro orientali settentrionali.

In particolare per quanto riguarda l'area d'interesse la Tav. 1.3 - Est di Microzonazione Sismica denominata "*Carta delle isopieze*" indica valori di 22.5 m circa s.l.m., mentre la Tav. 1.4 - Est "*Carta soggiacenza primo acquifero*" indica valori compresi tra $-1.0 \div 1.5$ m dal p.c.

3 MODELLO LITOSTRATIGRAFICO E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

Come anticipato, si inseriscono in allegato i diagrammi penetrometrici delle prove statiche scaturiti dalle letture di campagna con relativa elaborazione (punta, laterale, totale) dei valori misurati in sito ogni 20 cm di avanzamento della punta nel terreno, oltre alla documentazione fotografica dei vari piazzamenti della sonda penetrometrica nelle tre verticali indagate (Allegato 1). Nei diagrammi è stato inoltre riportato il livello dell'acqua all'interno dei fori che all'atto dell'indagine risultava compreso tra $-1.50 \div 1.65$ m circa di profondità dall'attuale p.c. Tale falda, soggetta a variazioni stagionali di livello in relazione agli eventi meteorologici, è caratterizzata da moto prevalentemente verticale dal basso verso l'alto per fenomeni di risalita capillare e in senso inverso per fenomeni di infiltrazione superficiale, tale quindi da poter generare fenomeni di filtrazione idrica seppur modesti all'atto delle operazioni di scavo delle fondazioni ed in corrispondenza del piano di imposta delle stesse.

Le tabelle seguenti, con relativa legenda, evidenziano la schematizzazione della successione stratigrafica oltre ai principali parametri geotecnici dei vari livelli individuati, omogenei per caratteristiche litologiche e geotecniche, realizzata attraverso le usuali correlazioni proposte in letteratura.

Per quanto riguarda il coefficiente di sottofondo in sito (costante di Winkler), salvo la possibilità di determinazione diretta della pendenza iniziale della curva carico-abbassamento da opere eseguite, la sua corretta individuazione è limitata a prove di carico; date le difficoltà di ricavarne il valore sperimentalmente per estese fondazioni è d'uso determinarlo in funzione del modulo di elasticità del terreno ma, in relazione al fatto che le ipotesi semplificative richieste portano a sottostimare il valore che diviene quindi di scarso interesse, si è soliti darne una valutazione qualitativa riferibile a dati sperimentali del coefficiente di sottofondo ricavati da prove con piastre standard.

Il valore della coesione drenata non si ricava dal solo utilizzo di prove penetrometriche statiche in quanto, come noto, si necessita di prove di laboratorio (prova di taglio di Casagrande e/o prova triassiale CD).

Per quanto riguarda il coefficiente di Poisson, se ne possono determinare i valori per via indiretta tramite l'elaborazione della velocità delle onde P (Allegato 2).

LEGENDA

N.	Numero progressivo strato
Prof.	Profondità strato (m)
Tipo	Comportamento geotecnico C = Coesivo; I = Incoerente; CI= Coesivo-Incoerente
Cu	Coesione non drenata (Kg/cm ²)
Eu	Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm ²)
Mo	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
G	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
OCR	Grado di sovraconsolidazione
γ	Peso unità di volume (t/m ³)
Dr	Densità relativa (%)
ϕ	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey	Modulo di Young (Kg/cm ²)
K	Coefficiente di permeabilità (cm/s)
W	Modulo di Winkler (Kg/cm ³)

L'esperienza con una buona interpretazione e correlazione permette, quindi di ottenere informazioni circa l'andamento verticale degli intervalli stratigrafici, la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche individuate ed i relativi parametri geotecnici. L'utilizzo di tali dati, in quanto elaborati con correlazioni indirette, dovrà essere trattato con le opportune cautele

ai fini della progettazione strutturale e non potrà prescindere da adeguate esperienze “geologiche” acquisite nella zona dal Progettista.

PROVA N. CPT1

Profondità strato (m)	qc media (Kg/cm²)	fs media (Kg/cm²)	Comportamento geotecnico	Descrizione
p.c. – 1,00	5,0	0,8	Coesivo	Terreno vegetale superficiale - Argille organiche
1,00 – 9,00	10,3	0,6	Coesivo	Argille e argille debolmente limose discretamente compatte
9,00 – 12,60	15,1	0,9	Coesivo	Argille compatte con sottile intercalazione di limo argilloso
12,60 – 20,00	19,5	1,8	Coesivo	Argille molto compatte con sottile intercalazione di limo argilloso

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT 1

N.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	φ	Ey	K	W
1	1,00	C	0,35	186,07	27,41	74,86	2,00	1,75	--	--	--	1,00E-11	--
2	9,00	C	0,70	368,89	44,15	116,41	7,49	1,85	--	--	--	4,00E-11	1,8
3	12,60	C	1,01	530,21	48,38	147,07	9,00	1,91	--	--	--	1,00E-11	2,2
4	20,00	C	1,29	676,09	43,13	171,94	9,00	1,96	--	--	--	1,00E-11	2,4

PROVA N. CPT2

Profondità strato (m)	qc media (Kg/cm²)	fs media (Kg/cm²)	Comportamento geotecnico	Descrizione
p.c. – 1,00	22,6	1,7	Coesivo	Terreno vegetale apparentemente sovraconsolidato per essiccazione
1,00 – 7,80	8,4	0,5	Coesivo	Argille e argille debolmente limose poco compatte
7,80 – 12,00	14,4	0,9	Coesivo	Argille compatte con sottile intercalazione di limo sabbioso
12,00 – 20,00	21,9	1,3	Coesivo	Argille molto compatte con sottile intercalazione di limo sabbioso

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT 2

N.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	φ	Ey	K	W
1	1,00	C	1,61	844,46	45,20	188,16	9,00	1,99	--	--	--	1,00E-11	--
2	7,80	C	0,56	296,23	39,61	102,78	5,32	1,82	--	--	--	3,07E-11	1,5
3	12,00	C	0,96	503,90	48,41	142,86	9,00	1,91	--	--	--	1,00E-11	2,0
4	20,00	C	1,45	763,74	43,80	184,57	9,00	1,98	--	--	--	1,00E-11	2,4

PROVA N. CPT3

Profondità strato (m)	qc media (Kg/cm²)	fs media (Kg/cm²)	Comportamento geotecnico	Descrizione
p.c. – 1,00	12,2	1,2	Coesivo	Terreno vegetale superficiale - Argille organiche
1,00 – 8,00	12,3	0,7	Coesivo	Argille e argille debolmente limose discretamente compatte
8,00 – 13,00	13,4	0,9	Coesivo	Argille discretamente compatte con intercalazione limo sabbiosa
13,00 – 20,00	20,1	1,3	Coesivo	Argille molto compatte

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT 3

N.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	φ	Ey	K	W
1	1,00	C	0,87	454,61	47,07	129,10	5,60	1,89	--	--	--	1,00E-11	--
2	8,00	C	0,84	441,67	47,18	129,74	8,36	1,88	--	--	--	5,55E-11	1,8
3	13,00	C	0,88	463,12	48,07	136,72	9,00	1,89	--	--	--	1,00E-11	1,8
4	20,00	C	1,32	693,79	41,73	175,15	9,00	1,96	--	--	--	1,00E-11	2,4

4 PERICOLOSITÀ E AZIONE SISMICA DA NTC2018 ALLO STATO LIMITE SLV

4.1 PERICOLOSITÀ SISMICA DA NTC 2018

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi limiti considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A) con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area di costruzione.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- TC^* = valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per questi valori, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, le nuove norme NCT2018 specificano di fare riferimento agli Allegati A e B del DM del 14 gennaio 2008.

4.1.1 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE (RIF. 3.2.2 NTC 2018)

Come anticipato, al § 3.2.2. delle NTC2018 (*Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*) il solo indicatore di riferimento per la classificazione sismica dei litotipi rimane la velocità delle onde di taglio (V_s) da determinarsi mediante apposite misure dirette, derivanti da indagini geofisiche di tipo sismico da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. Le norme consentono, in alternativa, la definizione del profilo V_s mediante il ricorso a correlazioni empiriche “di comprovata affidabilità” ovvero con i risultati di altre prove in sito (quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche), ma solo in subordine attribuendo, di fatto, un diverso e inferiore rango a queste metodologie per la determinazione di V_s .

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H = 30$ m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

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

Sono state riviste le categorie di sottosuolo per le quali è possibile il ricorso all'approccio semplificato nella determinazione della risposta sismica locale, eliminando le categorie aggiuntive S1 e S2 e mantenendo le categorie A, B, C, D, E (Fig. 5 - Tab. 3.2.II) definite in base al valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,30}$ (m/s) entro i primi 30 m di profondità al di sotto della quota d'imposta delle fondazioni; è stato inoltre eliminato un “buco” nella classificazione, presente nelle NTC2008, ridefinendo meglio la categoria di sottosuolo E.

FIGURA 5: CATEGORIE DI SOTTOSUOLO CHE PERMETTONO L'APPROCCIO SEMPLIFICATO (Tab. 3.2.II)

Tipo A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
Tipo B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
Tipo C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
Tipo D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.</i>
Tipo E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.2 delle NTC2018.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Per quel che concerne l'assetto piano altimetrico, in condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici, come nel caso specifico, si può adottare la classificazione semplificata fornita dalle norme (Fig. 6 - Tab. 3.2.III) che prevede un coefficiente di amplificazione topografica S_T variabile da 1.0 a 1.4 che tiene conto della particolare ubicazione del sito, identificando i terreni in relazione alla configurazione morfologico/geometrica in 4 categorie topografiche che si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

FIGURA 6: CATEGORIE TOPOGRAFICHE (Tab. 3.2.III)

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	Fattore di amplificazione S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

4.1.2 VITA NOMINALE E CLASSI D'USO

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. Nel Capitolo 2 (*Sicurezza e prestazioni attese*) ed in particolare al § 2.4.1 delle NTC2018 viene modificata la definizione di "vita nominale" e le tipologie di costruzioni per cui distinguere la vita nominale di progetto (Fig. 7 – Tab. 2.4.I).

FIGURA 7: VALORI MINIMI DELLA VITA NOMINALE V_N DI PROGETTO PER I DIVERSI TIPI DI COSTRUZIONI (Tab. 2.4.I)

TIPI DI COSTRUZIONI		VALORI MINIMI DI V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso (Fig.8) così come di seguito definite.

FIGURA 8: CLASSI D'USO

Classe I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il D.M. prescrive che le azioni sismiche sulle costruzioni siano valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U , definito al variare della classe d'uso (Fig. 9 - Tab. 2.4.II) e stabilisce che gli stati limite, sia di esercizio (SLO e SLD) sia ultimi (SLV e SLC), siano individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso (nel caso specifico evidenziate in rosso nelle tabelle).

FIGURA 9: VALORI DEL COEFFICIENTE D'USO C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1	1.5	2

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportati in figura (Fig. 10 - Tab. 3.2.I). Qualora la protezione nei confronti dello stato limite di esercizio sia di primaria importanza, i valori di P_{VR} devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

FIGURA 10: PROBABILITA' DI SUPERAMENTO P_{VR} IN FUNZIONE DELLO STATO LIMITE CONSIDERATO (Tab. 3.2.I)

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81 %
	SLD	63 %
Stati limite ultimi	SLV	10 %
	SLC	5 %

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R si ricava il periodo di ritorno T_R del sisma utilizzando la relazione:

$$T_R = V_R / \ln(1 - P_{VR}) = C_U V_N / \ln(1 - P_{VR})$$

4.2 CONDIZIONI DI SITO E CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

L'areale di indagine si sviluppa su una superficie pianeggiante, appartenente alla fascia di media pianura, in un contesto deposizionale alluvionale di origine fluviale la cui tendenza evolutiva naturale è del tutto conservativa; in quanto agli aspetti legati all'evoluzione geomorfologica si verifica ovviamente l'assenza di elementi di evoluzione morfologica e/o di fenomeni erosivi di entità apprezzabile (dissesti idrogeologici attivi o quiescenti) che possono interferire con l'edificio ad uso commerciale in previsione.

Si escludono fenomeni di amplificazione locale per cause topografiche (Categoria **T1** con $S_T = 1.0$).

Nell'area non sono note faglie superficiali, discontinuità o cavità tali da indurre un pericolo sismico aggiuntivo.

Le condizioni rilevate nel primo sottosuolo mostrano una situazione litostratigrafica semplice e sostanzialmente omogenea, rappresentata terreni cui competono parametri geotecnici che possono definirsi nella norma rispetto alla zona in cui si trovano.

L'indagine penetrometrica spinta fino alla quota di -20 m dal p.c. non ha intercettato, in nessuna delle tre verticali indagate, il primo orizzonte sabbioso geotecnicamente significativo per spessore ed estensione areale rilevando peraltro, in accordo con quanto evidenziato da altre prove effettuate nella zona, la presenza dominante sino alla profondità di fine sondaggio di terreni a comportamento coesivo di natura prevalentemente argillosa e argilloso limosa, con rari e sottili livelli limo sabbiosi non continui lateralmente rilevati esclusivamente in corrispondenza della CPT2 a -8 m e a -17 m circa e della CPT3 a -8.5 m circa di profondità dal p.c.

Data la situazione litostratigrafica e geotecnica locale si può escludere l'insorgenza di cedimenti permanenti post-sismici causati da fenomeni di liquefazione conseguenti a sollecitazioni dinamiche; in accordo con quanto rilevato in sito dall'apposita campagna geognostica effettuata e con quanto mostrato dalla cartografia tematica, ove per la zona d'interesse ed in un suo significativo intorno non si rinvenivano depositi potenzialmente liquefacibili, mancano infatti i presupposti per l'innescio di tale fenomeno in occasione di eventi sismici.

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine sismica a rifrazione ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a -42 m circa dal piano campagna; non essendosi riscontrati valori di velocità superiori a 800 m/s entro tale profondità si è reso necessario procedere al calcolo del valore di $V_{s,30}$.

Ai sensi del DM 17.01.2018 (GU n. 42 del 20.02.2018, Suppl. Ordinario n. 8) punto 3.2.2. "*Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*", il sito d'interesse ricade in una categoria di tipo **C** riferibile a "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*", essendosi calcolata una $V_{s,30}$ pari a 189 m/s a partire dal p.c., categoria che rimane inalterata considerando l'effettivo piano di posa delle fondazioni (Allegato 2).

4.3 AZIONE SISMICA DA NTC 2018 SLV – APPROCCIO SEMPLIFICATO

Dal punto di vista progettuale lo spettro di risposta elastico in accelerazione, definito in base al valore dell'accelerazione a_g relativa alla zona indagata, moltiplicata per il coefficiente S che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, ottenuto mediante il coefficiente di amplificazione topografica S_T , riveste particolare importanza nella definizione delle azioni sismiche da adottare.

Sulla base del reticolo sismico di riferimento nazionale riportato in figura (Fig. 11) si sono calcolati con apposito software i valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascun periodo di ritorno di riferimento e stato limite, riportati in tabella (Fig. 12).

FIGURA 11: PUNTI DELLA GRIGLIA UTILIZZATI PER IL CALCOLO DEI VALORI DEI PARAMETRI

FIGURA 12: VALORI DEI PARAMETRI a_g , F_0 , T_C^* PER I PERIODI DI RITORNO T_R ASSOCIATI A CIASCUN SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0,055	2,505	0,266
SLD	75	0,070	2,484	0,275
SLV	712	0,187	2,537	0,278
SLC	1462	0,246	2,484	0,286

In relazione alla tipologia edilizia in previsione si attribuisce la Classe d'uso III e di conseguenza un coefficiente della costruzione (C_U) = 1.5; stabilendo una Vita nominale (V_N) di 50 anni, il Periodo di riferimento P_{VR} ($V_N \cdot C_U$) risulta pari a 75 anni e il periodo di ritorno per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) T_R pari a 712 anni.

Sulla base della categoria del sottosuolo ottenuta mediante indagine sismica a rifrazione ed elaborazione MASW (C) e della categoria topografica (T1), si è proceduto ad una valutazione dell'azione sismica mediante approccio semplificato. Da i coefficienti di amplificazione stratigrafica (S_s), di correzione del valore di T_C^* (C_C), di amplificazione topografica (S_T) sono stati calcolati gli spettri di risposta della componente orizzontale e verticale per il sito in oggetto per lo Stato Limite di Salvaguardia della vita (Fig. 13 - 14).

FIGURA 13: PARAMETRI E PUNTI DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ORIZZONTALE PER LO STATO LIMITE SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,187 g
F_o	2,537
T_C^*	0,278 s
S_B	1,415
C_C	1,603
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,415
η	1,000
T_B	0,148 s
T_C	0,445 s
T_D	2,349 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_B \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

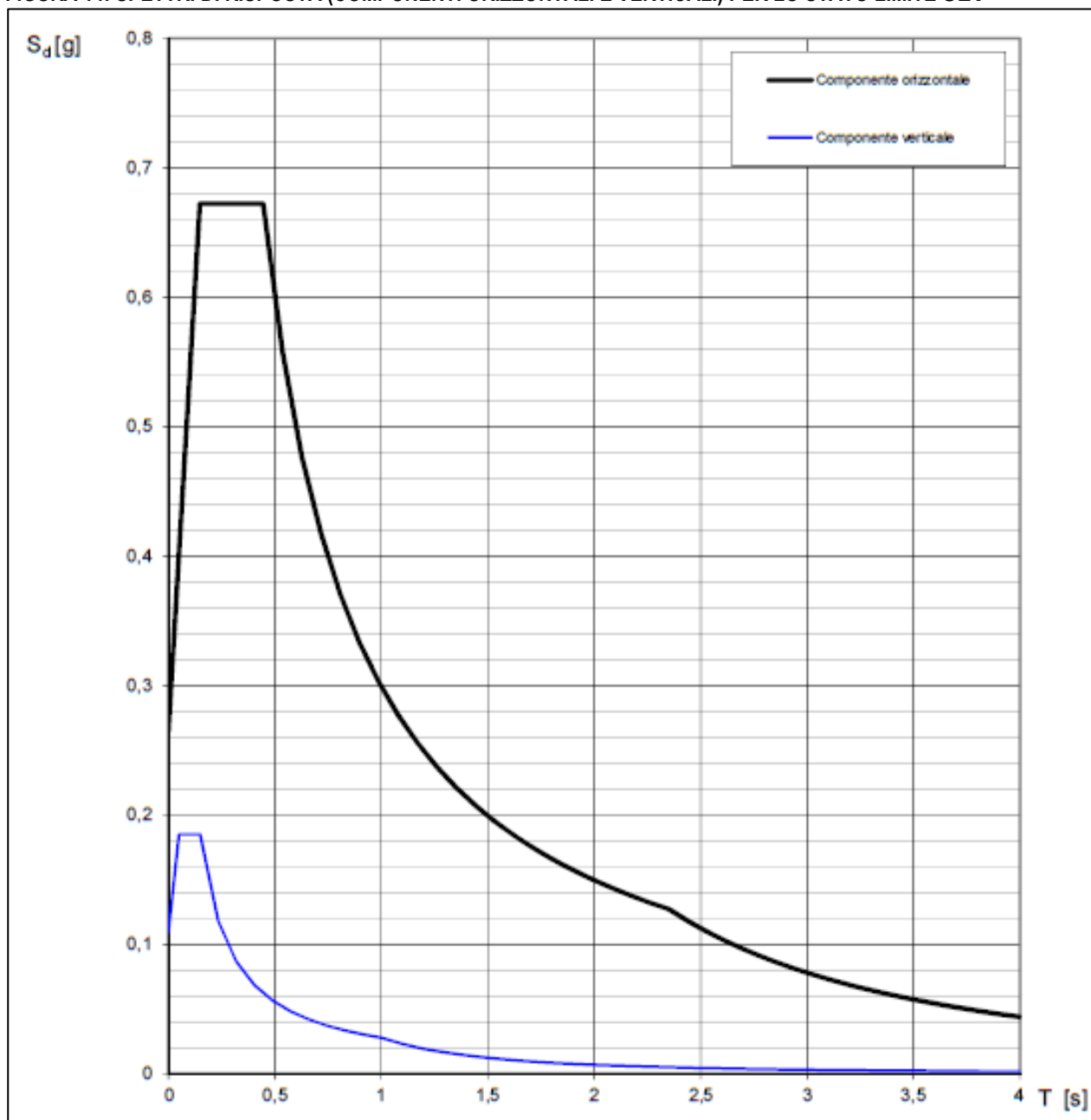
$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,265
$T_B \leftarrow$	0,148	0,672
$T_C \leftarrow$	0,445	0,672
	0,536	0,558
	0,626	0,478
	0,717	0,417
	0,808	0,370
	0,898	0,333
	0,989	0,302
	1,080	0,277
	1,170	0,256
	1,261	0,237
	1,352	0,221
	1,442	0,207
	1,533	0,195
	1,624	0,184
	1,714	0,174
	1,805	0,166
	1,896	0,158
	1,986	0,151
	2,077	0,144
	2,168	0,138
	2,258	0,132
$T_D \leftarrow$	2,349	0,127
	2,427	0,119
	2,506	0,112
	2,585	0,105
	2,663	0,099
	2,742	0,093
	2,821	0,088
	2,899	0,084
	2,978	0,079
	3,056	0,075
	3,135	0,071
	3,214	0,068
	3,292	0,065
	3,371	0,062
	3,450	0,059
	3,528	0,056
	3,607	0,054
	3,685	0,052
	3,764	0,050
	3,843	0,048
	3,921	0,046
	4,000	0,044

FIGURA 14: SPETTRI DI RISPOSTA (COMPONENTI ORIZZONTALI E VERTICALI) PER LO STATO LIMITE SLV



In relazione all'assetto stratigrafico l'area è potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche, così come risulta anche dalla cartografia di PTCP della Provincia di Modena e dalle carte di MS del Comune di Nonantola.

Sulla base di tale indicazione, unitamente al fatto che si tratta di un edificio ad uso commerciale ovvero di costruzione il cui uso preveda affollamenti significativi rientrando pertanto in classe III, per meglio definire i valori di scuotimento attesi al sito e conseguentemente l'azione sismica di progetto si è proceduto, oltre all'approccio semplificato appena illustrato, con l'effettuazione di uno studio di Risposta Sismica Locale considerando comunque un'accelerazione sul substrato rigido (PGA0) coincidente con quella prevista da norma per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e pertanto con un tempo di ritorno T_R pari a 712 anni (Cap. 5).

Sarà cura del progettista definire quale approccio utilizzare per effettuare le verifiche da normativa.

5 AZIONE SISMICA DA RISPOSTA SISMICA LOCALE ALLO STATO LIMITE SLV

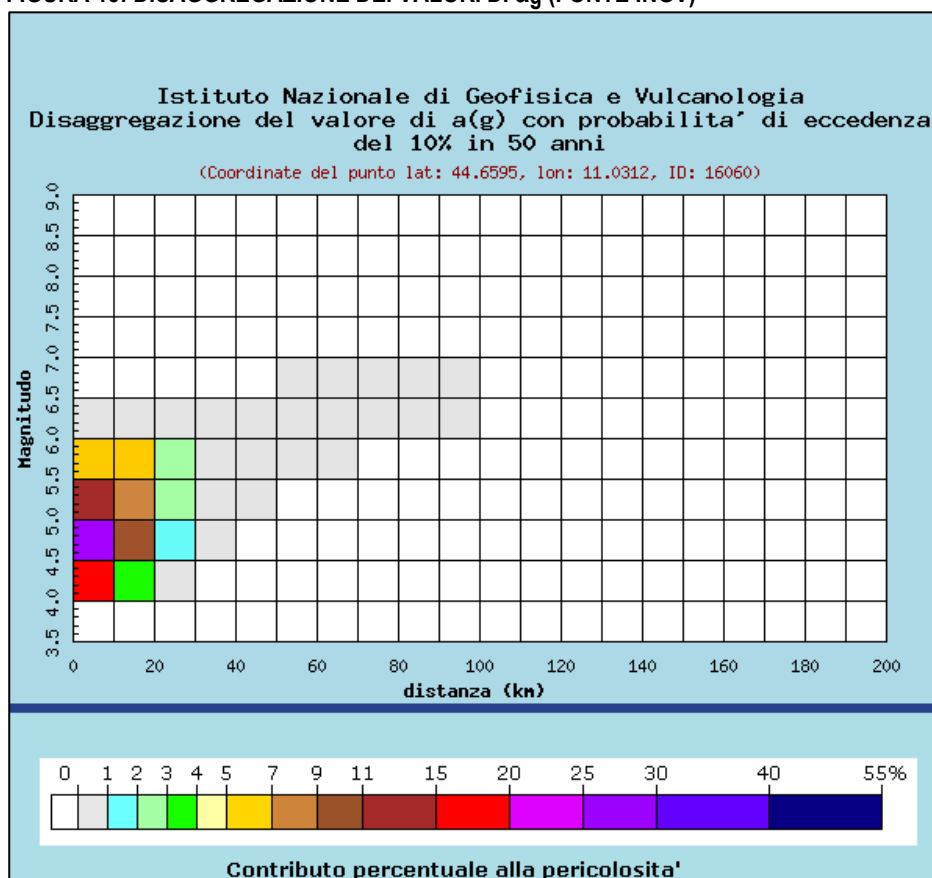
Con il termine Risposta Sismica Locale (RSL) si intende l'insieme delle modifiche che un moto sismico relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), posta ad una certa profondità del sottosuolo, subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie.

Per giungere alla determinazione della RSL, un sito deve essere sottoposto a specifiche indagini di dettaglio finalizzate alla definizione di tutte le proprietà puntuali che lo caratterizzano (morfologia di dettaglio dell'area e del substrato roccioso sepolto; stratigrafia delle formazioni superficiali con dettagliata definizione dell'andamento dei contatti tra esse; presenza di faglie; profondità della falda; profili di velocità delle onde sismiche trasversali e longitudinali dentro le formazioni superficiali; caratteristiche meccaniche dei terreni delle formazioni superficiali con particolare riferimento al loro comportamento sotto l'azione di carichi ciclici e dinamici).

5.1 INPUT SISMICO DI RIFERIMENTO

In base al D.M. 14.01.2018, lo Studio di Risposta Sismica Locale è stato eseguito inserendo come segnale di input n° 7 terremoti selezionati sulla base della valutazione della disaggregazione della pericolosità sismica di base del sito riportata nella figura successiva (Fig. 15) e spettrocompatibili (Iervolino I., Galasso C., Cosenza E. (2009). REXEL) con lo spettro di risposta su suolo di tipo A ($T_R = 712$ anni - SLV).

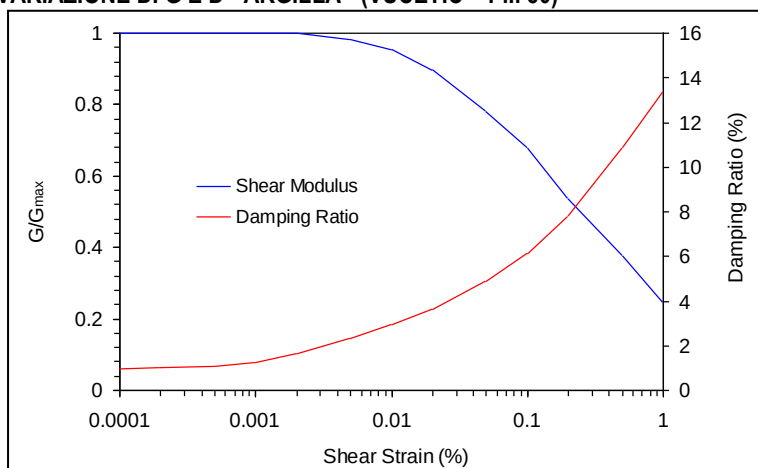
FIGURA 15: DISAGGREGAZIONE DEI VALORI DI a_g (FONTE INGV)



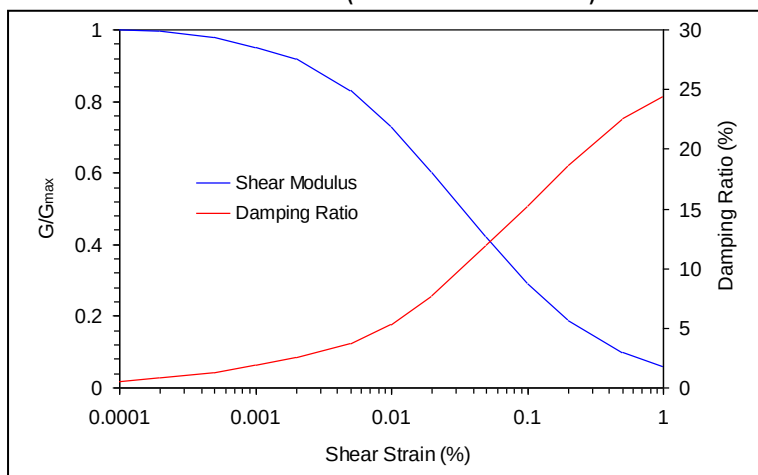
L'analisi è stata inoltre effettuata a partire da curve di variazione del modulo di rigidezza a taglio G e del fattore di smorzamento D (damping ratio) in funzione della deformazione per le diverse tipologie di materiali (*Gruppo di lavoro MS, 2008 - Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica - Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd*), riportata nelle immagini successive (Fig. 16).

FIGURA 16: VARIAZIONE DEL MODULO DI RIGIDEZZA A TAGLIO E DEL FATTORE DI SMORZAMENTO IN FUNZIONE DELLA DEFORMAZIONE

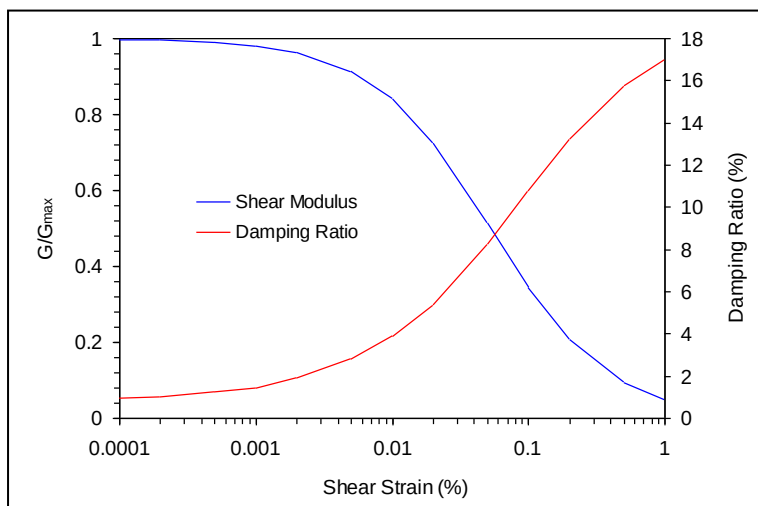
VARIAZIONE DI G E D - ARGILLA - (VUCETIC – P.I. 50)



VARIAZIONE DI G E D - SABBIE - (SEED & IDRIS - MEDIA)



VARIAZIONE DI G E D - GHIAIE - (ROLLINS ED ALII – 1998)

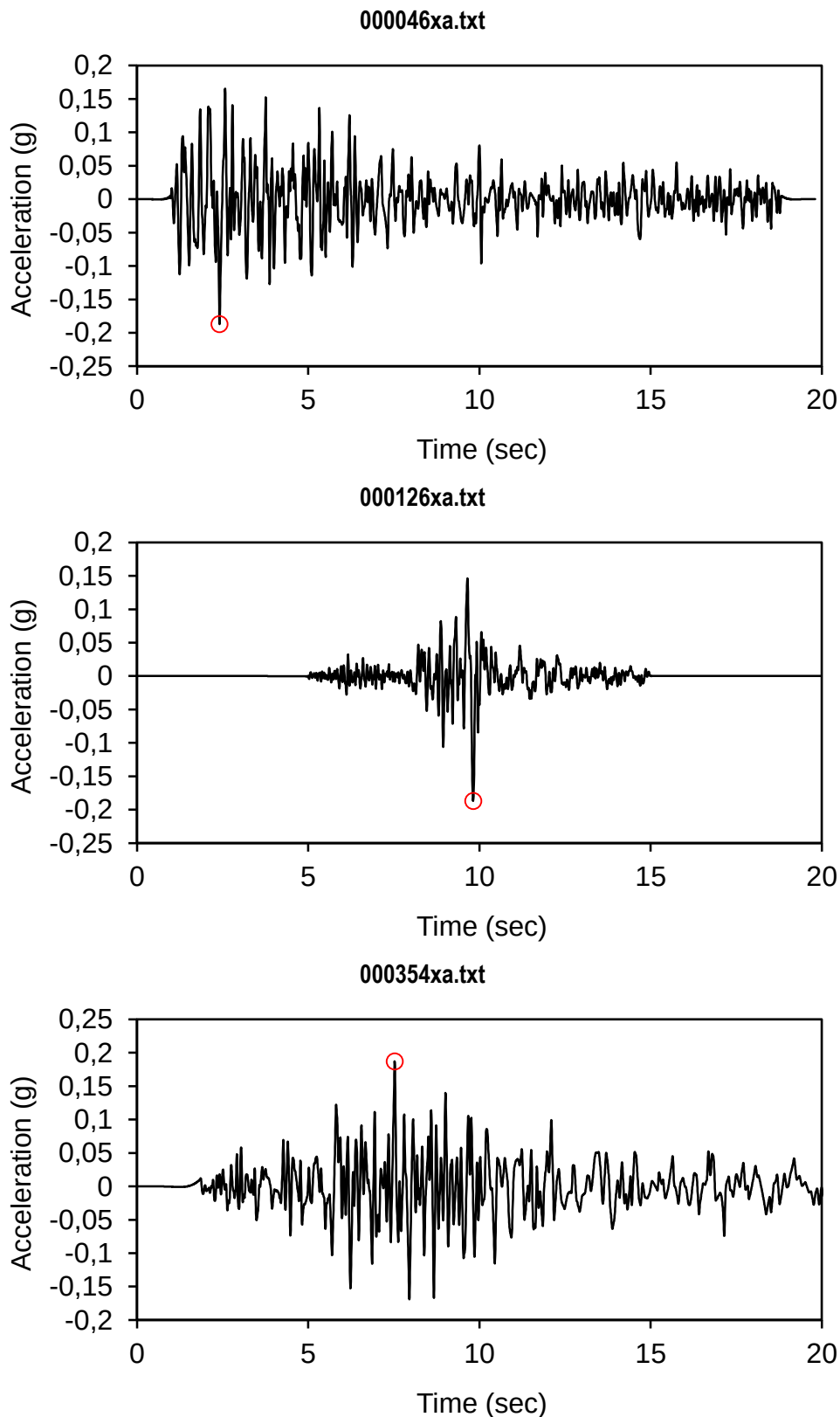


5.1.1 STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)

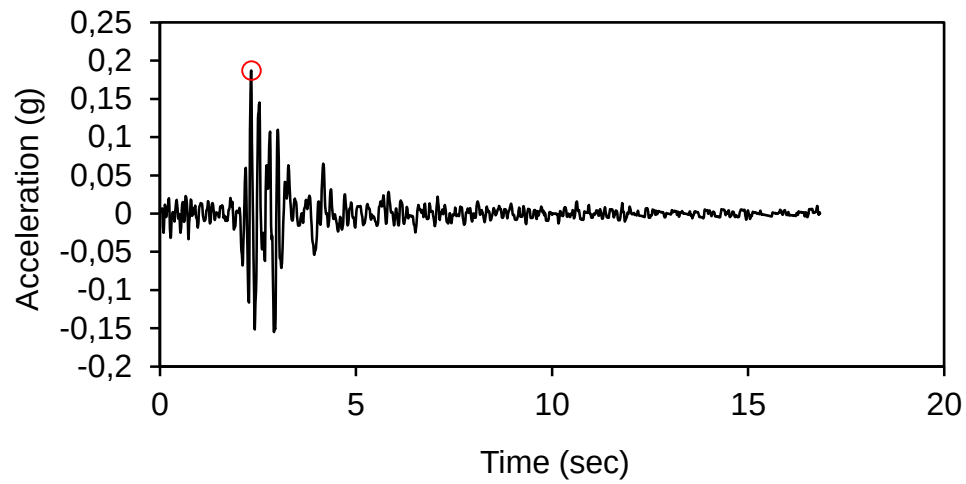
Partendo dal segnale di input dei n° 7 terremoti considerati, di cui si riportano i relativi accelerogrammi (Fig. 17), provvedendo al taglio delle frequenze superiori ai 25 Hz e scalati sulla base di un valore di accelerazione massima

orizzontale di picco (PGA) su un suolo di riferimento di tipo A per $T = 0$ espressa in frazione dell'accelerazione di gravità (arefg - 10% di probabilità di superamento in 50 anni), l'accelerazione di ancoraggio è risultata pari a **0.187 g** per un periodo di ritorno di **712 anni** e calcolata secondo le procedure delle NTC 2018 considerando una **Classe d'uso III**.

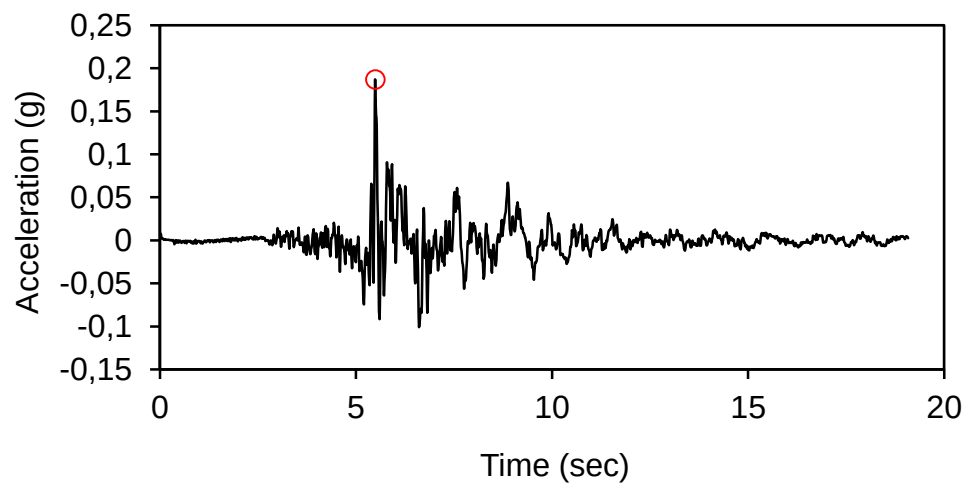
FIGURA 17: ACCELEROGRAMMI TERREMOTO DI RIFERIMENTO



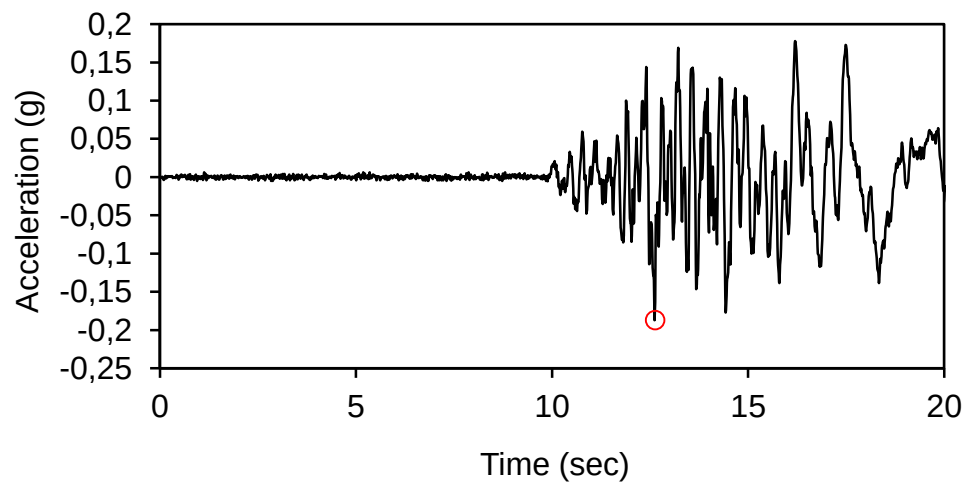
001917xa.txt

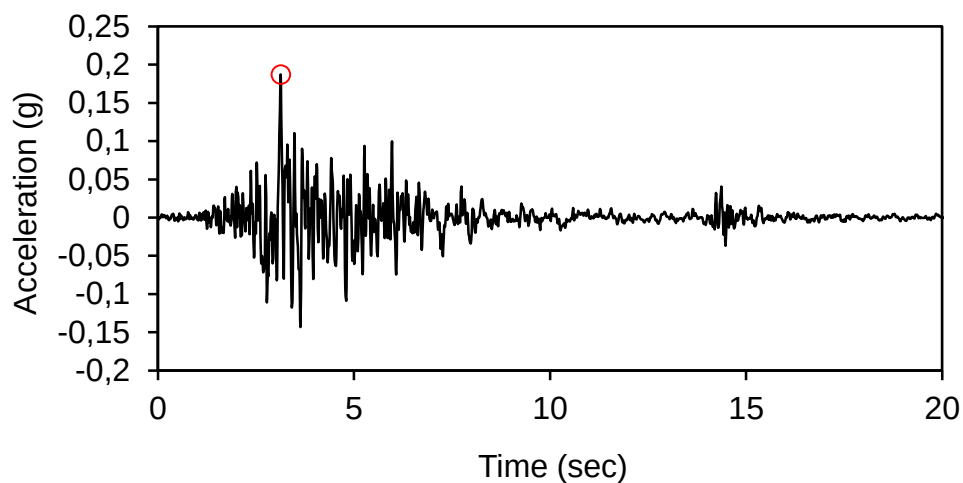


005078ya.txt



005085xa.txt

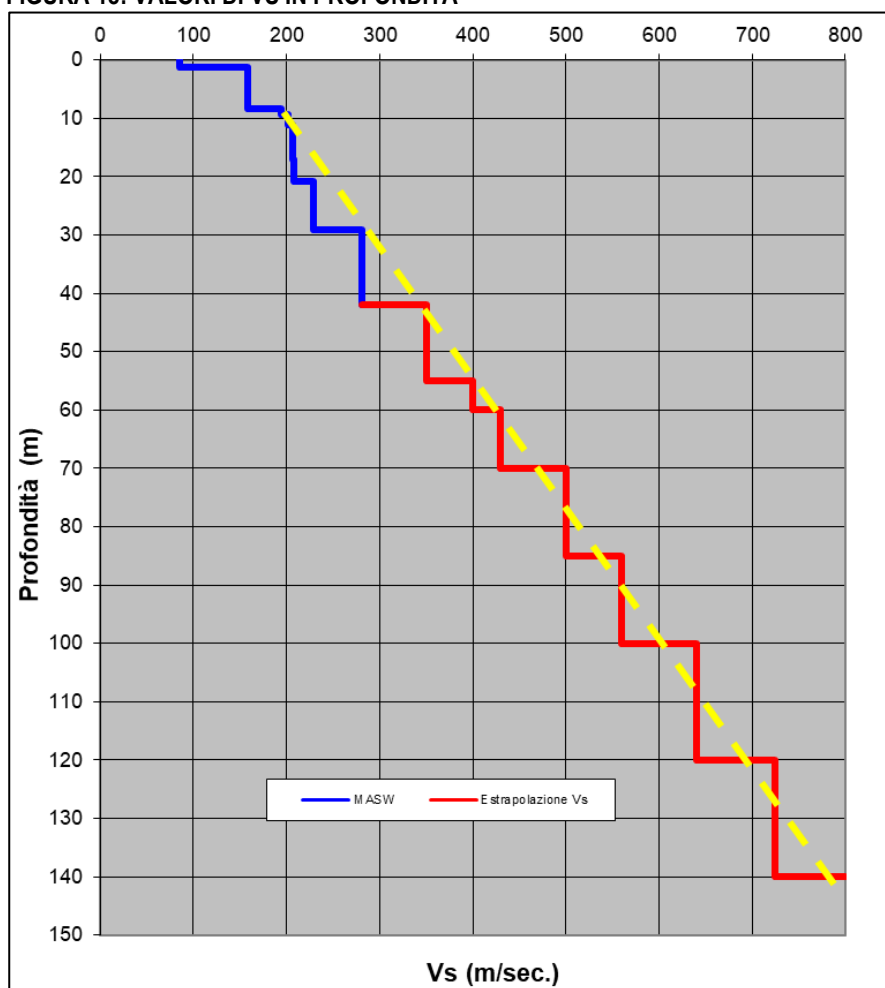




5.2 MODELLO GEOLOGICO

Le indagini sismiche effettuate mediante metodo MASW hanno permesso di ricostruire un profilo delle velocità delle onde di taglio (V_s) fino a **-42.02 ml** dal p.c., profondità che non ha consentito di individuare la collocazione del bedrock convenzionale caratterizzato da velocità superiori a 800 m/sec. Si è pertanto proceduto all'interpolazione lineare delle velocità rilevate al fine di determinarne la profondità (Fig. 18).

FIGURA 18: VALORI DI V_s IN PROFONDITÀ



In termini stratigrafici, dai risultati delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite sul lotto integrate in profondità da stratigrafie di pozzi per acqua presenti in zona e ricavate da bibliografia, è stato possibile collocare il bedrock sismico alla quota -140 ml dal piano di campagna.

5.3 CALCOLO SPETTRO DI RIPOSTA REALE – PARAMETRI GENERALI

Tra i diversi programmi di calcolo per eseguire modellazioni numeriche ai fini della valutazione della risposta sismica locale, si è utilizzato il programma EERA (Equivalent-linear Earthquake site Response Analysis of Layered Soil Deposits), basato sul codice SHAKE per quanto concerne le soluzioni relative alle propagazioni delle onde di taglio.

Si tratta di un modello monodimensionale applicabile al sito in esame, in cui le cause principali di amplificazione del moto sismico sono il fenomeno di intrappolamento di onde S all'interno del deposito, favorito dal contrasto di impedenza fra terreno e basamento roccioso, e dalla risonanza determinata dalla prossimità tra le frequenze del moto al substrato e quelle naturali di vibrazione del deposito.

L'analisi è di tipo lineare equivalente che consiste nell'esecuzione di una sequenza di analisi lineari complete con aggiornamento successivo dei parametri di rigidità e smorzamento fino al soddisfacimento di un prefissato criterio di convergenza.

Il calcolo è stato eseguito inserendo come input il terremoto risultante dalla media dei 7 terremoti di riferimento, provvedendo al taglio delle frequenze superiori ai 25 Hz. Si è quindi inserito il profilo del terreno sino alla profondità di **140.00 m**, che corrisponde al substrato sismico individuato, secondo lo schema di seguito riportato.

Fundamental period (s) = 1.24 Average shear wave velocity (m/sec) = 452.66 Total number of sublayers = 18												
	Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m ³)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1	1	1.2	13.97		18.55	86			0.6	11.13
	2	1	2	7.1	47.33		18.60	158		W	3.0	55.28
	3	1	2	1.0	72.29		18.65	195			6.5	103.89
	4	1	1	1.9	77.78		18.70	202			8.5	121.70
	5	1	1	5.9	81.68		18.70	207			9.0	126.12
	6	3	1	3.8	83.35		18.90	208			10.2	136.69
	7	1	1	8.3	101.38		18.80	230			14.1	171.27
	8	1	1	12.9	151.32		18.80	281			19.0	214.54
	9	1	1	13.0	236.01		18.90	350			25.0	269.07
	10	2	1	5.0	309.89		19.00	400			35.6	364.32
	11	1	1	10.0	359.06		19.05	430			48.5	481.08
	12	1	1	15.0	486.75		19.10	500			57.5	563.05
	13	3	1	15.0	613.77		19.20	560			65.0	632.22
	14	1	1	20.0	805.84		19.30	640			77.5	748.10
	15	1	1	20.0	1039.46		19.40	725			92.5	888.20
Bedrock	16	0			1304.79	1	20.00	800	Outcrop		110.0	1053.52

Sono stati pertanto definiti gli spettri di risposta al sito in accelerazione per la componente orizzontale per i tre input sismici di riferimento riportati in precedenza, considerando un valore di smorzamento critico pari al 5%.

5.3.1 SPETTRO DI RIPOSTA REALE SLV ($T_R = 712$ ANNI) AL PIANO DI CAMPAGNA (1 OUTCROP)

Si riportano in allegato (Allegato 3) le forme spettrali ottenute e la loro media, che hanno portato ad un valore di PGA al piano di campagna pari a **0.306 g** a partire da un valore pari a **0.187 g** relativo all'accelerazione di ancoraggio prevista dalle NTC2018 per il lotto in esame portando ad un valore del Fattore di Amplificazione (**FA**) della PGA pari a **1.63**.

Nella medesima figura vengono inoltre inseriti:

1) la funzione di amplificazione locale come rapporto tra ampiezza degli spettri al suolo (**1 OUTCROP**) e quello in corrispondenza dell'affioramento della formazione rocciosa (**18 OUTCROP**) per un valore di smorzamento critico pari al 5%;

2) i coefficienti di amplificazione sismica espressi come rapporto di Intensità di Housner (S_I/S_{I0}) negli intervalli di tempo $0.1 < T_0 < 0.5$ sec e $0.5 < T_0 < 1.0$ sec ricavati dallo spettro delle pseudovelocità mediato sui terremoti di riferimento utilizzati, che hanno permesso di calcolare i coefficienti di amplificazione sismica espressi in termini di S_I/S_{I0} che risultano essere rispettivamente pari a **1.61** e **2.22**.

Se ne riporta di seguito la tabella riassuntiva indicante i parametri di RSL:

TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE	
Valore della PGA_0 di riferimento da Norme Tecniche per la Costruzioni (NTC 2008)	0.187
Valore della PGA rilevata sul sito in esame	0.306
Fattore di Amplificazione (FA) della PGA	1.63
Coefficiente di amplificazione in termini di S_I/S_{I0} – intervallo di frequenza $0,10 \div 0,50$ s	1.61
Coefficiente di amplificazione in termini di S_I/S_{I0} – intervallo di frequenza $0,50 \div 1,00$ s	2.22

6 CONCLUSIONI

Con riferimento a quanto reperito durante le fasi di ricerca bibliografica e di archivio, integrate con indagini geognostiche e geofisiche in sito (N. 3 prove penetrometriche ad infissione statica con misurazione del livello di falda all'interno dei fori approfondite fino a un massimo di -20.0 m di profondità dal p.c.; indagine geofisica del tipo sismico a rifrazione con determinazione sperimentale mediante inversione con metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) del valore di $V_{s,30}$, conformemente alle NTC2018) si esprime, per quanto di competenza, parere positivo relativamente all'intervento di progetto proposto da ARCHI - PRO per conto di NORDICONAD, da realizzarsi nel rispetto di quanto indicato in relazione.

Per la definizione dell'azione sismica, oltre all'approccio semplificato, si è realizzato un dettagliato Studio di Risposta Sismica Locale al fine di meglio definire i valori di scuotimento attesi al sito. L'elaborazione è stata realizzata considerando le accelerazioni previste dalle NTC2018 per una Classe d'uso di tipo III (Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi) con coefficiente della costruzione (C_U) pari a 1.5, stabilendo una Vita nominale della costruzione (V_N) pari a 50 anni con risultante periodo di riferimento P_{VR} ($V_N \cdot C_U$) pari quindi a 75 anni, ottenendo un periodo di ritorno per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) T_R pari a 712 anni, finalizzato alla microzonazione dell'ambito in esame per la riduzione del rischio sismico relativamente ai possibili effetti attesi.

Sarà cura del progettista definire quale approccio utilizzare per effettuare le verifiche da normativa.

Si riassumono di seguito le caratteristiche del sito di costruzione:

- Il valore di $V_{s,30}$ determinato, pari a 189 m/s, consente di attribuire al suolo di fondazione la categoria **C**;
- Data la situazione litostratigrafica e idrogeologica riscontrata, si esclude l'insorgenza di cedimenti permanenti post-sismici causati da fenomeni di liquefazione conseguenti a sollecitazioni dinamiche;
- La topografia pianeggiante dell'area permette di attribuirle alla categoria topografica **T1**;
- In relazione all'assetto stratigrafico l'area è interessata da un'amplificazione locale degli effetti sismici per caratteristiche litologiche (amplificazione stratigrafica);
- Le caratteristiche stratigrafiche comportano una amplificazione sismica locale per effetti litologici con un coefficiente di amplificazione pari a **1.415** con l'utilizzo dell'approccio semplificato;
- Le caratteristiche stratigrafiche comportano una amplificazione sismica locale per effetti litologici con un coefficiente di amplificazione pari a **1.63** determinato con lo studio di RSL;
- Il sito è soggetto ad un'attività sismica media indotta sia dai terremoti documentati con epicentro nell'ambito del territorio provinciale che, di riflesso, dagli eventi appenninici;
- Nell'area non sono note faglie superficiali, discontinuità o cavità tali da indurre un pericolo sismico aggiuntivo;
- La situazione morfologica e geologico geotecnica d'insieme indica che i terreni presenti sono dotati di una continuità laterale tale da assicurare un piano fondale omogeneo per i singoli fabbricati da realizzare;
- Sebbene le prove abbiano evidenziato una sostanziale omogeneità, trattandosi di indagini di tipo puntuale che non consentono quindi una "visione" complessiva del sottosuolo coinvolto, risulterà comunque conveniente in fase di scavo la verifica della natura, consistenza ed uniformità del piano di posa in modo da evitare una differenziazione, per quanto estremamente improbabile, nei terreni di appoggio delle fondazioni;

-
- L'indagine penetrometrica approfondita fino a -20 m dal p.c. non ha intercettato il primo orizzonte sabbioso geotecnicamente significativo per spessore ed estensione areale;
 - Le condizioni litostratigrafiche rilevate nell'ambito delle profondità d'interesse progettuale evidenziano una situazione litomeccanica semplice e sostanzialmente uniforme rappresentata da terreni coesivi di natura prevalentemente argillosa e argilloso limosa con rari e sottili livelli limo sabbiosi non continui lateralmente, rilevati soltanto in corrispondenza della CPT2 a -8 m e a -17 m circa e della CPT3 a -8.5 m circa di profondità dal p.c.;
 - I depositi interessati dalla trasmissione dei carichi sono caratterizzati da discreti parametri geotecnici e tali quindi da poter affrontare normali problematiche fondazionali;
 - La presenza di terreni fini con comportamento coesivo entro il "volume significativo" interessato dalla trasmissione dei carichi favorisce lo sviluppo di cedimenti per consolidazione e si dovrà quindi porre attenzione ai cedimenti assoluti, differenziali e relative distorsioni;
 - Risulterà quindi di fondamentale importanza sopperire a possibili effetti di sito mediante la realizzazione di opere con adeguati requisiti prestazionali;
 - Le misurazioni effettuate all'atto dell'indagine confermano l'esistenza di una modesta falda superficiale, essendosi riscontrata presenza di acqua all'interno dei fori penetrometrici a profondità comprese tra i $-1.50 \div 1.65$ m circa dall'attuale p.c.;
 - Tale falda, soggetta a variazioni stagionali di livello in relazione agli eventi meteorologici, è caratterizzata da moto prevalentemente verticale dal basso verso l'alto per fenomeni di risalita capillare e in senso inverso per fenomeni di infiltrazione superficiale, tale quindi da poter generare fenomeni di filtrazione idrica seppur modesti all'atto delle operazioni di scavo delle fondazioni ed in corrispondenza del piano di imposta delle stesse;
 - In ogni caso al fine di garantire una buona durata nel tempo e limitare i danni prodotti dall'umidità, si dovrà porre attenzione nella progettazione degli strati impermeabilizzanti;
 - In relazione alla tipologia edilizia proposta si ritiene possibile l'adozione di fondazioni dirette superficiali del tipo a plinti associati a cordoli, opportunamente dimensionate in linea con i parametri geotecnici forniti;
 - Qualora esigenze progettuali rendessero conveniente l'utilizzo di fondazioni a platea, i terreni risultano naturalmente idonei anche per questa soluzione fondale;
 - Per quanto riguarda l'altezza d'imposta consiglia di adottare una profondità di posa non inferiore a $-0.8/1.0$ m in modo da evitare la coltre alterata più superficiale considerando di fatto il superamento della stessa, cercando nel contempo di restare al di sopra del livello di variazione stagionale della falda superficiale, in quanto risulta maggiormente soggetta a variazioni di temperatura e umidità e, conseguentemente, a fenomeni di rigonfiamento e ritiro per essiccazione;
 - Sulla base del modello geologico - sismico e della caratterizzazione geotecnica dei terreni di sottofondazione, sarà cura del calcolatore delle strutture l'effettuazione delle verifiche geotecniche agli stati limite ultimo e di esercizio (SLU, SLV e SLE) sulle strutture in progetto sulla base delle reali combinazioni di carico, con calcolo dei cedimenti come previsto dalla vigente normativa;
 - Al fine di escludere problemi dovuti all'eventuale ritiro per essiccamento (variazioni sostanziali del contenuto naturale d'acqua dei terreni coesivi superficiali) si consiglia di evitare la realizzazione di superfici impermeabilizzate estese che non consentano un'adeguata infiltrazione delle acque meteoriche nel terreno;

-
- Le operazioni di scavo delle fondazioni dovranno essere dirette in cantiere da un tecnico specifico per la verifica in corso d'opera delle condizioni geotecniche assunte in questa sede;
 - Per quel che concerne la gestione dei terreni derivanti dalle operazioni di scavo si dovrà fare riferimento al DPR/Regolamento 120/2017, ricordando che la non contaminazione deve essere verificata con il campionamento e l'analisi del terreno scavato anche nei piccoli cantieri ([art.24 del dpr 120/2017](#)).

Modena, 12.07.2018

IL TECNICO

Dott. Geol. A. Vaccari



ALL.1: DIAGRAMMI PENETROMETRICI E TABULATI DI CALCOLO

Studio Geologico Dott. Geol. Simone Carosi
Via Toscana, 74/A - 40048 SAN BENEDETTO VAL DI SAMBRO (BO)
Telefono / Telefax +39 0534 99264

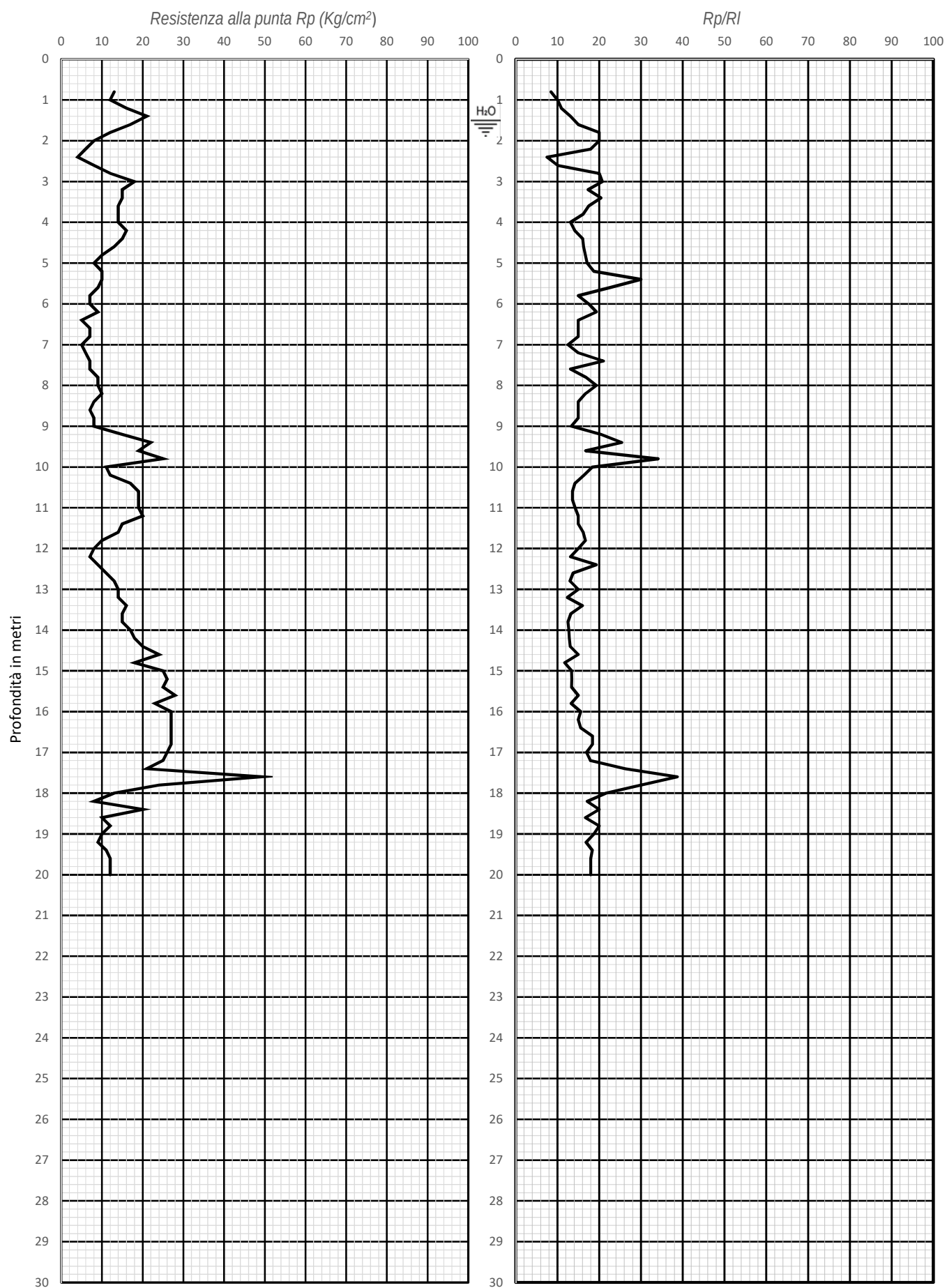
PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Pagani TG 63-200 KN



<i>Committente:</i>	AREA CONAD NONANTOLA
<i>Località</i>	Strada Provinciale Est - SP 255, Nonantola (MO)
<i>Prova numero</i>	1
<i>Data</i>	06/07/2018
<i>Operatore</i>	Dott. Simone Carosi
<i>Quota</i>	p.d.c. attuale
<i>Falda</i>	-1.51

Prova n° :	1	Committente:	AREA CONAD NONANTOLA
Data :	06/07/2018	Località:	Strada Provinciale Est - SP 255, Nonantola (MO)
Quota :	p.d.c. attuale	Falda :	-1.51



Prova n° :	1	Committente:	AREA CONAD NONANTOLA
Data :	06/07/2018	Località:	Strada Provinciale Est - SP 255, Nonantola (MO)
Quota :	p.d.c. attuale	Falda :	-1.51

Prof. (m)	P [Kg/cm ²]	P + L [Kg/cm ²]	Rp [Kg/cm ²]	Rl [Kg/cm ²]	Rp/Rl [----]
0.20					
0.40					
0.60				1.333	
0.80	13	33	13	1.533	8.478
1.00	12	35	12	1.200	10.000
1.20	16	34	16	1.467	10.909
1.40	21	43	21	1.600	13.125
1.60	17	41	17	1.133	15.000
1.80	12	29	12	0.600	20.000
2.00	8	17	8	0.400	20.000
2.20	6	12	6	0.333	18.000
2.40	4	9	4	0.533	7.500
2.60	8	16	8	0.800	10.000
2.80	12	24	12	0.600	20.000
3.00	18	27	18	0.867	20.769
3.20	15	28	15	0.867	17.308
3.40	15	28	15	0.733	20.455
3.60	14	25	14	0.800	17.500
3.80	14	26	14	0.867	16.154
4.00	14	27	14	1.067	13.125
4.20	16	32	16	1.133	14.118
4.40	15	32	15	0.933	16.071
4.60	13	27	13	0.800	16.250
4.80	10	22	10	0.600	16.667
5.00	8	17	8	0.467	17.143
5.20	10	17	10	0.533	18.750
5.40	10	18	10	0.333	30.000
5.60	9	14	9	0.400	22.500
5.80	7	13	7	0.467	15.000
6.00	7	14	7	0.400	17.500
6.20	9	15	9	0.467	19.286
6.40	5	12	5	0.333	15.000
6.60	7	12	7	0.467	15.000
6.80	7	14	7	0.467	15.000
7.00	5	12	5	0.400	12.500
7.20	6	12	6	0.400	15.000
7.40	7	13	7	0.333	21.000
7.60	7	12	7	0.533	13.125
7.80	9	17	9	0.533	16.875
8.00	9	17	9	0.467	19.286
8.20	10	17	10	0.600	16.667
8.40	8	17	8	0.533	15.000
8.60	7	15	7	0.467	15.000
8.80	8	15	8	0.533	15.000
9.00	8	16	8	0.600	13.333
9.20	15	24	15	0.733	20.455
9.40	22	33	22	0.867	25.385
9.60	19	32	19	1.133	16.765
9.80	25	42	25	0.733	34.091
10.00	11	22	11	0.600	18.333
10.20	12	21	12	0.733	16.364
10.40	17	28	17	1.200	14.167
10.60	19	37	19	1.400	13.571
10.80	19	40	19	1.400	13.571
11.00	19	40	19	1.333	14.250
11.20	20	40	20	1.333	15.000
11.40	15	35	15	1.000	15.000
11.60	14	29	14	0.867	16.154
11.80	10	23	10	0.600	16.667
12.00	8	17	8	0.533	15.000
12.20	7	15	7	0.533	13.125
12.40	9	17	9	0.467	19.286
12.60	11	18	11	0.800	13.750
12.80	13	25	13	1.000	13.000
13.00	14	29	14	0.933	15.000
13.20	14	28	14	1.133	12.353
13.40	16	33	16	1.000	16.000
13.60	15	30	15	1.133	13.235
13.80	15	32	15	1.200	12.500
14.00	17	35	17	1.333	12.750
14.20	18	38	18	1.400	12.857
14.40	20	41	20	1.533	13.043
14.60	24	47	24	1.600	15.000
14.80	18	42	18	1.533	11.739
15.00	25	48	25	1.867	13.393

Prof. (m)	P [Kg/cm ²]	P + L [Kg/cm ²]	Rp [Kg/cm ²]	Rl [Kg/cm ²]	Rp/Rl [----]
15.20	26	54	26	1.933	13.448
15.40	25	54	25	1.867	13.393
15.60	28	56	28	1.867	15.000
15.80	23	51	23	1.733	13.269
16.00	27	53	27	1.733	15.577
16.20	27	53	27	1.800	15.000
16.40	27	54	27	1.733	15.577
16.60	27	53	27	1.467	18.409
16.80	27	49	27	1.467	18.409
17.00	26	48	26	1.533	16.957
17.20	25	48	25	1.400	17.857
17.40	21	42	21	0.800	26.250
17.60	49	61	49	1.267	38.684
17.80	24	43	24	0.800	30.000
18.00	13	25	13	0.600	21.667
18.20	8	17	8	0.467	17.143
18.40	20	27	20	1.000	20.000
18.60	10	25	10	0.600	16.667
18.80	12	21	12	0.600	20.000
19.00	10	19	10	0.533	18.750
19.20	9	17	9	0.533	16.875
19.40	11	19	11	0.600	18.333
19.60	12	21	12	0.667	18.000
19.80	12	22	12	0.667	18.000
20.00	12	22	12	0.667	18.000
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					

Studio Geologico Dott. Geol. Simone Carosi
Via Toscana, 74/A - 40048 SAN BENEDETTO VAL DI SAMBRO (BO)
Telefono / Telefax +39 0534 99264

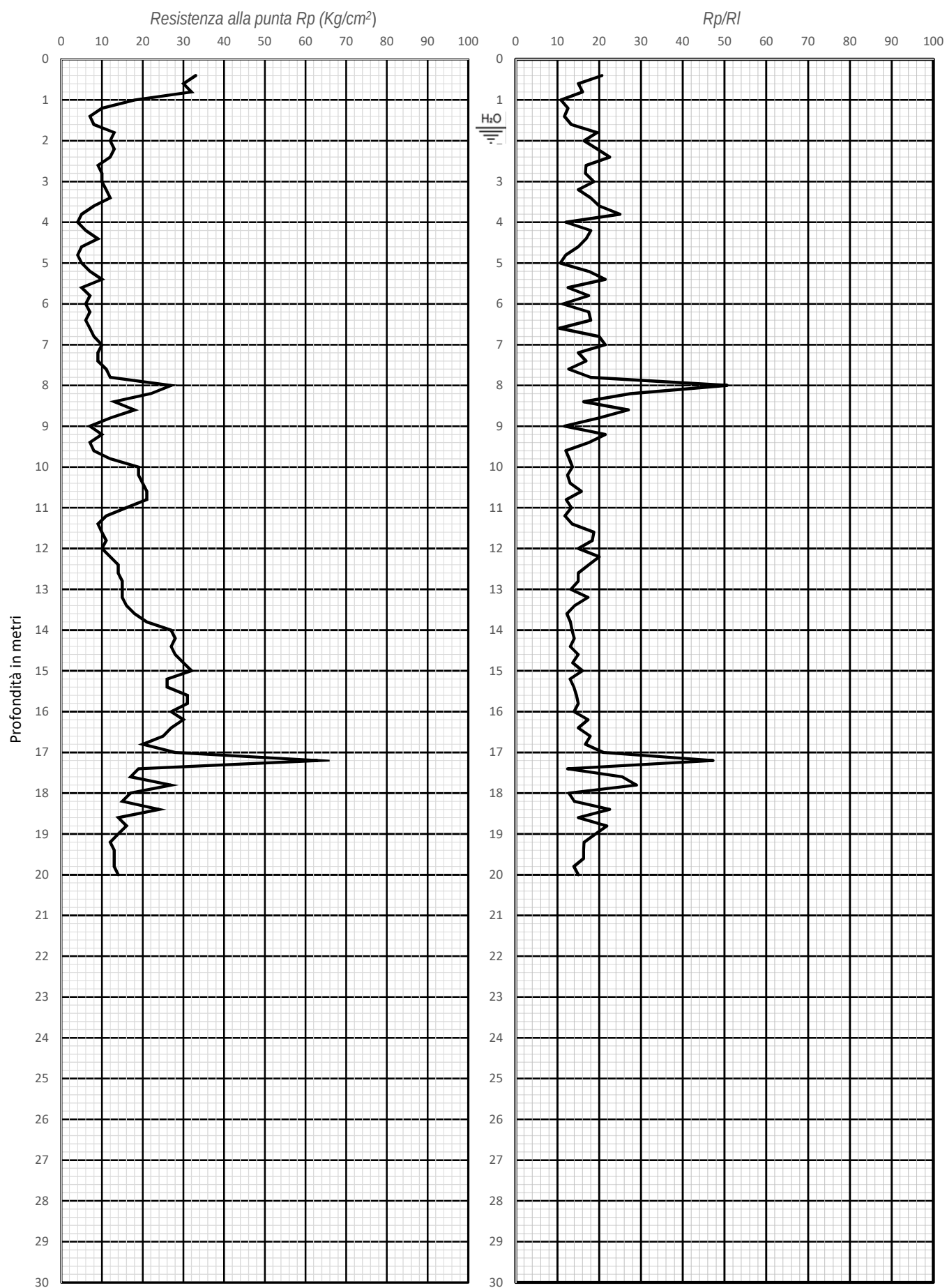
PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Pagani TG 63-200 KN



<i>Committente:</i>	AREA CONAD NONANTOLA
<i>Località</i>	Strada Provinciale Est - SP 255, Nonantola (MO)
<i>Prova numero</i>	2
<i>Data</i>	06/07/2018
<i>Operatore</i>	Dott. Simone Carosi
<i>Quota</i>	p.d.c. attuale
<i>Falda</i>	-1.63

Prova n° :	2	Committente:	AREA CONAD NONANTOLA
Data :	06/07/2018	Località:	Strada Provinciale Est - SP 255, Nonantola (MO)
Quota :	p.d.c. attuale	Falda :	-1.63



Prova n° :	2	Committente:	AREA CONAD NONANTOLA
Data :	06/07/2018	Località:	Strada Provinciale Est - SP 255, Nonantola (MO)
Quota :	p.d.c. attuale	Falda :	-1.63

Prof. (m)	P [Kg/cm ²]	P + L [Kg/cm ²]	Rp [Kg/cm ²]	Rl [Kg/cm ²]	Rp/Rl [---]
0.20				1.000	
0.40	33	48	33	1.600	20.625
0.60	30	54	30	2.000	15.000
0.80	32	62	32	2.000	16.000
1.00	18	48	18	1.667	10.800
1.20	10	35	10	0.800	12.500
1.40	7	19	7	0.600	11.667
1.60	8	17	8	0.600	13.333
1.80	13	22	13	0.667	19.500
2.00	12	22	12	0.733	16.364
2.20	13	24	13	0.667	19.500
2.40	12	22	12	0.533	22.500
2.60	9	17	9	0.533	16.875
2.80	10	18	10	0.600	16.667
3.00	10	19	10	0.533	18.750
3.20	11	19	11	0.733	15.000
3.40	12	23	12	0.667	18.000
3.60	8	18	8	0.400	20.000
3.80	5	11	5	0.200	25.000
4.00	4	7	4	0.333	12.000
4.20	6	11	6	0.333	18.000
4.40	9	14	9	0.533	16.875
4.60	5	13	5	0.333	15.000
4.80	4	9	4	0.333	12.000
5.00	5	10	5	0.467	10.714
5.20	7	14	7	0.400	17.500
5.40	10	16	10	0.467	21.429
5.60	5	12	5	0.400	12.500
5.80	7	13	7	0.400	17.500
6.00	6	12	6	0.533	11.250
6.20	7	15	7	0.400	17.500
6.40	6	12	6	0.333	18.000
6.60	7	12	7	0.667	10.500
6.80	8	18	8	0.400	20.000
7.00	10	16	10	0.467	21.429
7.20	9	16	9	0.600	15.000
7.40	9	18	9	0.533	16.875
7.60	11	19	11	0.867	12.692
7.80	12	25	12	0.667	18.000
8.00	27	37	27	0.533	50.625
8.20	22	30	22	0.800	27.500
8.40	13	25	13	0.800	16.250
8.60	18	30	18	0.667	27.000
8.80	12	22	12	0.600	20.000
9.00	7	16	7	0.600	11.667
9.20	10	19	10	0.467	21.429
9.40	7	14	7	0.400	17.500
9.60	8	14	8	0.667	12.000
9.80	12	22	12	0.933	12.857
10.00	19	33	19	1.400	13.571
10.20	19	40	19	1.533	12.391
10.40	20	43	20	1.533	13.043
10.60	21	44	21	1.333	15.750
10.80	21	41	21	1.733	12.115
11.00	16	42	16	1.200	13.333
11.20	11	29	11	0.933	11.786
11.40	9	23	9	0.667	13.500
11.60	10	20	10	0.533	18.750
11.80	11	19	11	0.600	18.333
12.00	10	19	10	0.667	15.000
12.20	12	22	12	0.600	20.000
12.40	14	23	14	0.800	17.500
12.60	14	26	14	0.933	15.000
12.80	15	29	15	1.000	15.000
13.00	15	30	15	1.133	13.235
13.20	15	32	15	0.867	17.308
13.40	16	29	16	1.133	14.118
13.60	18	35	18	1.467	12.273
13.80	21	43	21	1.600	13.125
14.00	27	51	27	2.000	13.500
14.20	28	58	28	2.000	14.000
14.40	27	57	27	2.067	13.065
14.60	28	59	28	1.867	15.000
14.80	30	58	30	2.200	13.636
15.00	32	65	32	2.000	16.000

Prof. (m)	P [Kg/cm ²]	P + L [Kg/cm ²]	Rp [Kg/cm ²]	Rl [Kg/cm ²]	Rp/Rl [---]
15.20	26	56	26	2.000	13.000
15.40	26	56	26	1.867	13.929
15.60	31	59	31	2.133	14.531
15.80	31	63	31	2.067	15.000
16.00	27	58	27	1.933	13.966
16.20	30	59	30	1.733	17.308
16.40	27	53	27	1.800	15.000
16.60	25	52	25	1.400	17.857
16.80	20	41	20	1.200	16.667
17.00	28	46	28	1.333	21.000
17.20	63	83	63	1.333	47.250
17.40	19	39	19	1.533	12.391
17.60	17	40	17	0.667	25.500
17.80	27	37	27	0.933	28.929
18.00	17	31	17	1.333	12.750
18.20	15	35	15	1.067	14.063
18.40	24	40	24	1.067	22.500
18.60	14	30	14	0.933	15.000
18.80	16	30	16	0.733	21.818
19.00	14	25	14	0.733	19.091
19.20	12	23	12	0.733	16.364
19.40	13	24	13	0.800	16.250
19.60	13	25	13	0.800	16.250
19.80	13	25	13	0.933	13.929
20.00	14	28	14	0.933	15.000
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					

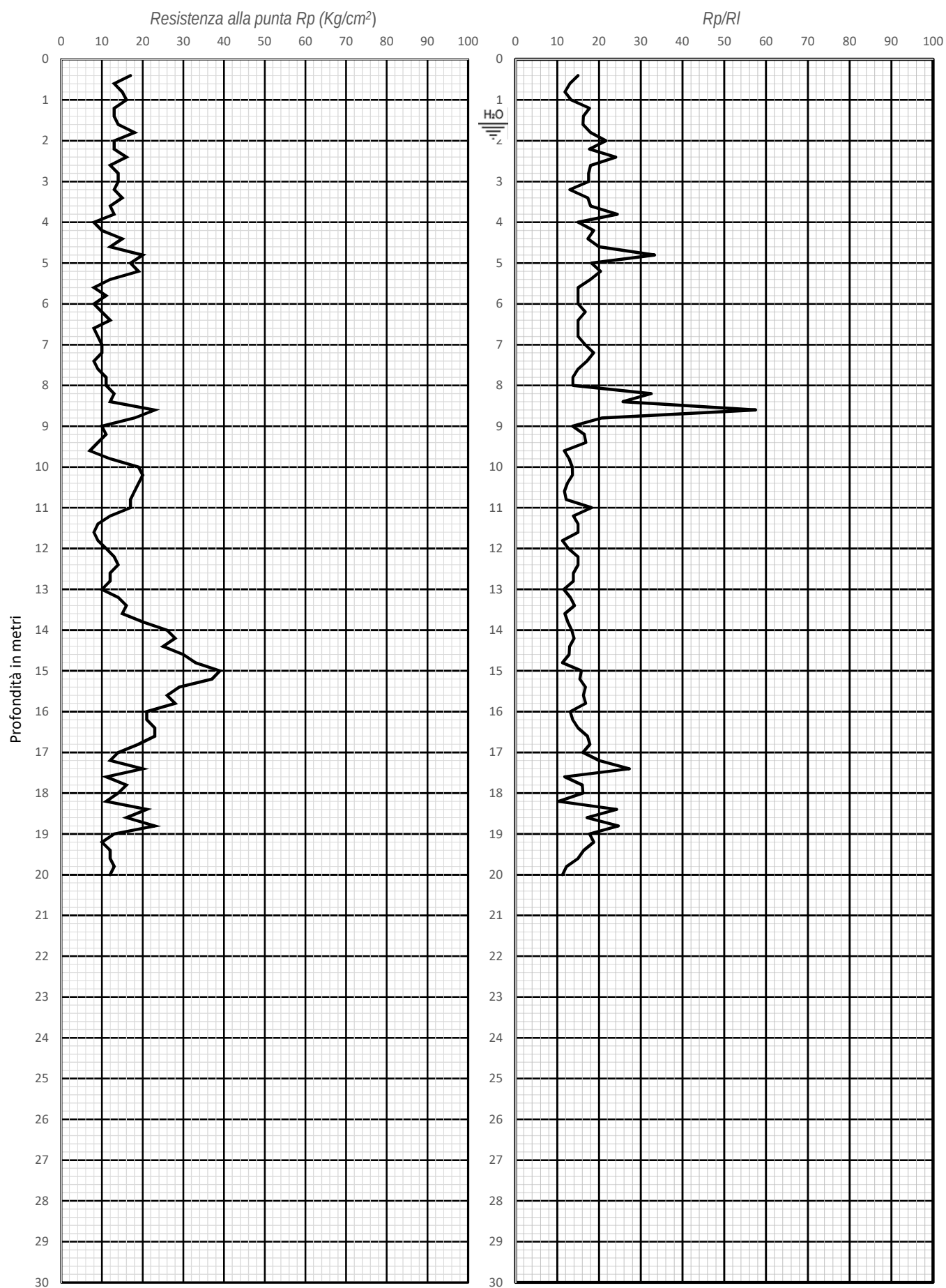
Studio Geologico Dott. Geol. Simone Carosi
Via Toscana, 74/A - 40048 SAN BENEDETTO VAL DI SAMBRO (BO)
Telefono / Telefax +39 0534 99264

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Pagani TG 63-200 KN



<i>Committente:</i>	AREA CONAD NONANTOLA
<i>Località</i>	Strada Provinciale Est - SP 255, Nonantola (MO)
<i>Prova numero</i>	3
<i>Data</i>	06/07/2018
<i>Operatore</i>	Dott. Simone Carosi
<i>Quota</i>	p.d.c. attuale
<i>Falda</i>	-1.6



Prova n° :	3	Committente:	AREA CONAD NONANTOLA
Data :	06/07/2018	Località:	Strada Provinciale Est - SP 255, Nonantola (MO)
Quota :	p.d.c. attuale	Falda :	-1.60

Prof. (m)	P [Kg/cm ²]	P + L [Kg/cm ²]	Rp [Kg/cm ²]	Rl [Kg/cm ²]	Rp/Rl [---]
0.20				1.267	
0.40	17	36	17	1.133	15.000
0.60	13	30	13	1.000	13.000
0.80	15	30	15	1.267	11.842
1.00	16	35	16	1.200	13.333
1.20	13	31	13	0.733	17.727
1.40	13	24	13	0.800	16.250
1.60	14	26	14	0.867	16.154
1.80	18	31	18	1.000	18.000
2.00	13	28	13	0.600	21.667
2.20	13	22	13	0.733	17.727
2.40	16	27	16	0.667	24.000
2.60	12	22	12	0.667	18.000
2.80	14	24	14	0.800	17.500
3.00	14	26	14	0.800	17.500
3.20	13	25	13	1.000	13.000
3.40	15	30	15	0.867	17.308
3.60	12	25	12	0.667	18.000
3.80	13	23	13	0.533	24.375
4.00	8	16	8	0.533	15.000
4.20	10	18	10	0.533	18.750
4.40	15	23	15	0.867	17.308
4.60	12	25	12	0.600	20.000
4.80	20	29	20	0.600	33.333
5.00	17	26	17	0.933	18.214
5.20	19	33	19	0.933	20.357
5.40	12	26	12	0.667	18.000
5.60	8	18	8	0.533	15.000
5.80	11	19	11	0.733	15.000
6.00	8	19	8	0.533	15.000
6.20	10	18	10	0.600	16.667
6.40	12	21	12	0.800	15.000
6.60	8	20	8	0.533	15.000
6.80	9	17	9	0.600	15.000
7.00	10	19	10	0.600	16.667
7.20	10	19	10	0.533	18.750
7.40	8	16	8	0.467	17.143
7.60	9	16	9	0.600	15.000
7.80	11	20	11	0.800	13.750
8.00	11	23	11	0.800	13.750
8.20	13	25	13	0.400	32.500
8.40	12	18	12	0.467	25.714
8.60	23	30	23	0.400	57.500
8.80	18	24	18	0.867	20.769
9.00	10	23	10	0.733	13.636
9.20	11	22	11	0.667	16.500
9.40	9	19	9	0.533	16.875
9.60	7	15	7	0.600	11.667
9.80	12	21	12	0.933	12.857
10.00	19	33	19	1.400	13.571
10.20	20	41	20	1.467	13.636
10.40	19	41	19	1.533	12.391
10.60	18	41	18	1.533	11.739
10.80	17	40	17	1.400	12.143
11.00	17	38	17	0.933	18.214
11.20	12	26	12	0.867	13.846
11.40	9	22	9	0.600	15.000
11.60	8	17	8	0.533	15.000
11.80	9	17	9	0.800	11.250
12.00	11	23	11	0.867	12.692
12.20	13	26	13	0.867	15.000
12.40	14	27	14	0.933	15.000
12.60	12	26	12	0.867	13.846
12.80	12	25	12	0.867	13.846
13.00	10	23	10	0.867	11.538
13.20	14	27	14	1.067	13.125
13.40	16	32	16	1.133	14.118
13.60	15	32	15	1.267	11.842
13.80	20	39	20	1.600	12.500
14.00	26	50	26	1.933	13.448
14.20	28	57	28	2.000	14.000
14.40	25	55	25	1.933	12.931
14.60	30	59	30	2.333	12.857
14.80	33	68	33	2.933	11.250
15.00	39	83	39	2.467	15.811

Prof. (m)	P [Kg/cm ²]	P + L [Kg/cm ²]	Rp [Kg/cm ²]	Rl [Kg/cm ²]	Rp/Rl [---]
15.20	37	74	37	2.400	15.417
15.40	29	65	29	1.733	16.731
15.60	26	52	26	1.600	16.250
15.80	28	52	28	1.667	16.800
16.00	21	46	21	1.600	13.125
16.20	21	45	21	1.533	13.696
16.40	23	46	23	1.533	15.000
16.60	23	46	23	1.333	17.250
16.80	19	39	19	1.067	17.813
17.00	14	30	14	0.867	16.154
17.20	12	25	12	0.600	20.000
17.40	20	29	20	0.733	27.273
17.60	11	22	11	0.933	11.786
17.80	16	30	16	1.000	16.000
18.00	14	29	14	0.867	16.154
18.20	11	24	11	1.067	10.313
18.40	21	37	21	0.867	24.231
18.60	16	29	16	0.933	17.143
18.80	23	37	23	0.933	24.643
19.00	13	27	13	0.733	17.727
19.20	10	21	10	0.533	18.750
19.40	12	20	12	0.733	16.364
19.60	12	23	12	0.800	15.000
19.80	13	25	13	1.067	12.188
20.00	12	28	12	1.067	11.250
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					

ALL. 2: REPORT DI INDAGINE GEOFISICA



Sede Legale: Via di Mezzo, 90 – 41058 VIGNOLA (MO) – ITALY
Telefono +39 059 761644 - Telefax +39 059 779111
Web www.geo-xpert.com ---- Email info@geo-xpert.com
PARTITA I.V.A.: 02740680364 – COD. FISCALE: 02740680364 - C.C.I.A.A.: MO 326926

COMMITENZA	STUDIO DI PROGETTAZIONE
Dott. Geol. Anna Vaccari Piazza Matteotti, 13/8 41121 MODENA	

TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO
INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE <i>(Multichannel Analysis of Surface Wave)</i>

LOCALIZZAZIONE	
STATO	ITALIA
REGIONE	EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA	MODENA
COMUNE	NONANTOLA
INDIRIZZO	VIA PROVINCIALE EST – SP 255

CODIFICA GENERALE DELL'ELABORATO					
CODICE INTERNO	VERSIONE	DATA	AREA	TIPO DOCUMENTO	NUMERAZIONE ELABORATO
3921	1	09/07/2018	A	REL	001

DITTA ESECUTRICE DELLE INDAGINI IN SITO	IL PROGETTISTA STRUTTURALE
 GEO-XPert ITALIA SRL Via di Mezzo, 90-41058 VIGNOLA (MO)-ITALY PIVA E C.F. 02740680364 C.C.I.A.A. MO-326926	
INTERPRETAZIONE DEI DATI DI CAMPAGNA	IL DIRETTORE DEI LAVORI STRUTTURALI
 REGIONE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA DOTT. GIORGIO MASOTTI Emilia-Romagna GEOLOGO SELA N. 588 ALBO. P.A.	

INDICE

1	PREMESSA	2
2	INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO ATTIVO MASW	2
3	STRUMENTAZIONE E MODALITA' DI ACQUISIZIONE	4
4	ELABORAZIONE ONDE SISMICHE – VS – METODO M.A.S.W.	5

INDICE DEGLI ALLEGATI

FIGURA 1: UBICAZIONE BASE SISMICA A RIFRAZIONE	3
FIGURA 2: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	3
FIGURA 3: SCHEMA DEL SISTEMA DI ACQUISIZIONE	4
FIGURA 4: PARAMETRI DI ELABORAZIONE ED ANDAMENTO DELL'ANALISI SPETTRALE	5
FIGURA 5: ANDAMENTO DELLE TRACCE RILEVATE DURANTE L'ACQUISIZIONE	6
FIGURA 6: TABELLA RIPORTANTE I VALORI DELLA CURVA DI DISPERSIONE	7
FIGURA 7: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE	7
FIGURA 8: ANDAMENTO DELLA CURVA OTTENUTA CON IL PROCESSO DI INVERSIONE	8
FIGURA 9: ANDAMENTO DELLA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO E DISADATTAMENTO	8
FIGURA 10: ANDAMENTO IN PROFONDITA' DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO	9
FIGURA 11: TABELLA DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO E CARATTERISTICHE DEGLI STRATI IN PROFONDITA'	9

---/---

1 PREMESSA

Su incarico della Dott. Anna Vaccari con sede in Modena (MO) – Piazza Matteotti, 13/8 e in accordo con la proprietà dell'area, si è proceduto in data 06/07/2018 alla esecuzione di indagini geofisiche in sito presso un'area sita in Comune di Nonantola – Via Provinciale Est – SP 255.

In particolare si è provveduto alla stesura della presente relazione, finalizzata all'elaborazione delle indagini geofisiche effettuate con il metodo sismico a rifrazione ai fini della determinazione della caratterizzazione sismica del terreno di fondazione ai sensi del testo unitario "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 17.01.2018).

L'esecuzione delle indagini geofisiche è stata effettuata dalla ditta GEO-XPert ITALIA SRL con sede in Vignola (MO) – Via di Mezzo, 90, mentre per quanto riguarda l'interpretazione dei risultati ottenuti sono stati effettuati dal Dott. Giorgio Masotti, geologo libero professionista regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna con il nr. 588 – Sez. A.

2 INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO ATTIVO MASW

Al fine di determinare il profilo sismico del sottosuolo dell'area oggetto di studio è stato eseguito in data 06/07/2018, un rilievo sismico attivo del tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) con sistema di acquisizione a 24 canali.

Figura 1: UBICAZIONE BASE SISMICA A RIFRAZIONE

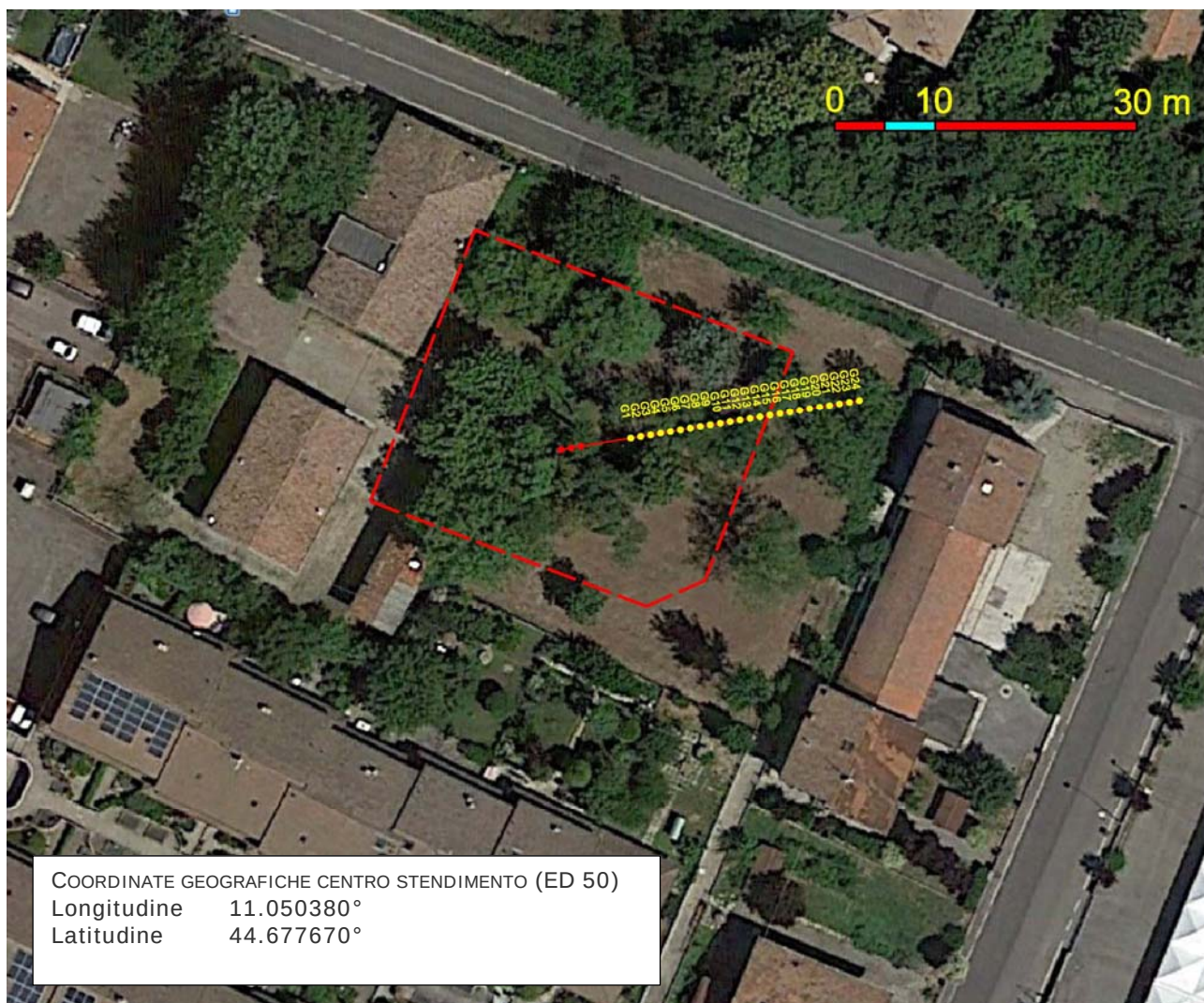


Figura 2: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



3 STRUMENTAZIONE E MODALITA' DI ACQUISIZIONE

La strumentazione utilizzata per il rilievo sismico presenta le sotto riportate caratteristiche tecniche:

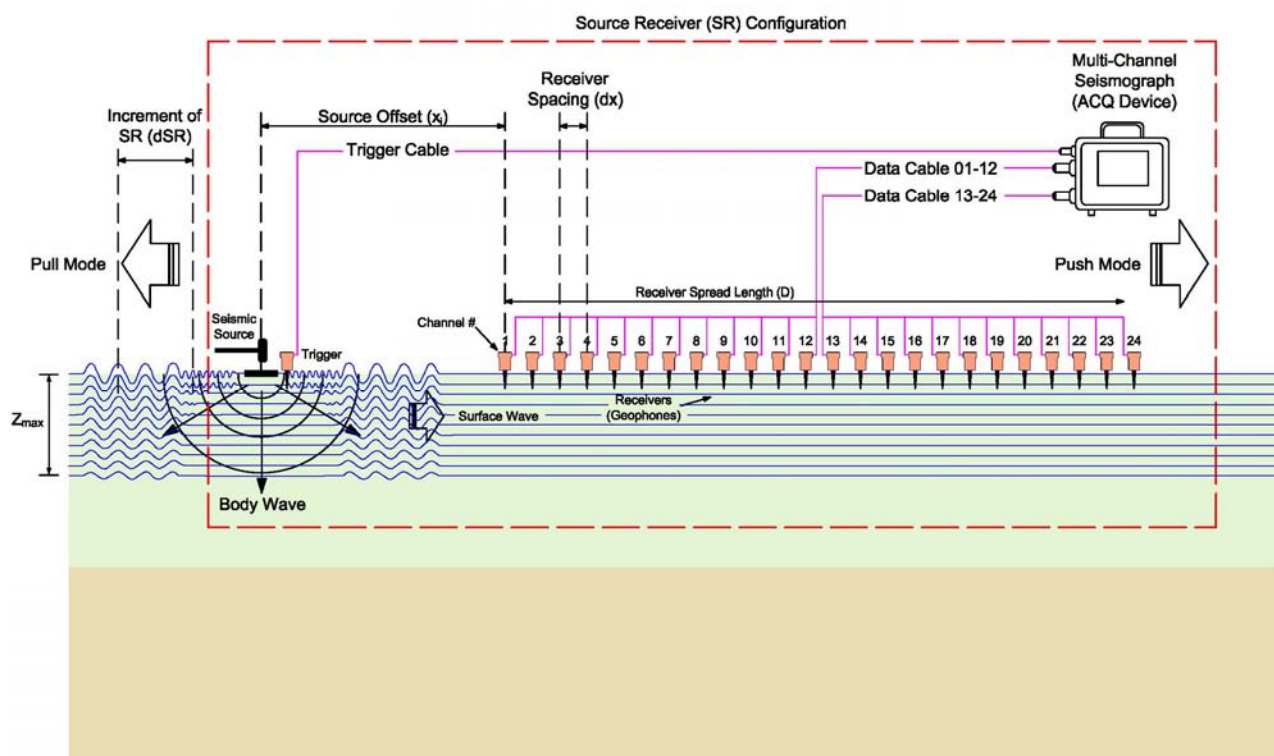
- Acquisitore a 24 canali fabbricato dalla ditta Pasi mod. 16S24 dotato di convertitore analogico/digitale
- Risoluzione 24bit
- 24 geofoni a frequenza di risonanza pari 4.5 Hz e distorsione inferiore allo 0,2%
- Nr. 2 Cavi telemetrici con 12 connettori cadauno per collegamento geofoni – lunghezza 60 mt
- Energizzazione è stata utilizzata una mazza di 10 Kg battente su un piattello metallico
- Start trigger mediante geofono da 10Hz posto a contatto del piattello metallico.

Caratteristiche geometriche e di registrazione della base sismica

- Tipo di stendimento: Lineare
- Equidistanza geofonica: 1.50 ml
- Lunghezza complessiva: 34.50 ml.
- Tempo di campionamento: 1024 mS
- Frequenza di campionamento: 500 μ S
- Filtri inseriti in fase di acquisizione: nessuno

Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate ripetute energizzazioni disposte ad una estremità dello stendimento ad una distanza massima pari a di 9,00 m dal primo e dall'ultimo geofono

Figura 3: SCHEMA DEL SISTEMA DI ACQUISIZIONE



4 ELABORAZIONE ONDE SISMICHE – Vs – METODO M.A.S.W.

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante l'elaborazione dei dati registrati dalla strumentazione con il metodo MASW, secondo quanto indicato dall'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) del 17/01/2018 pubblicate in Gazzetta Ufficiale in data 20/02/2018.

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

Con riferimento al modello geotecnico sintetico determinato con le indagini in sito, è stata tracciata una curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

In seguito i parametri del modello geotecnico preliminare si sono apportate le modifiche necessarie al fine di ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale. Questa fase definita come processo di inversione consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi caratterizzati da valori di rigidità differenti.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 1024 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS.

Figura 4: PARAMETRI DI ELABORAZIONE ED ANDAMENTO DELL'ANALISI SPETTRALE

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

Figura 5: ANDAMENTO DELLE TRACCE RILEVATE DURANTE L'ACQUISIZIONE

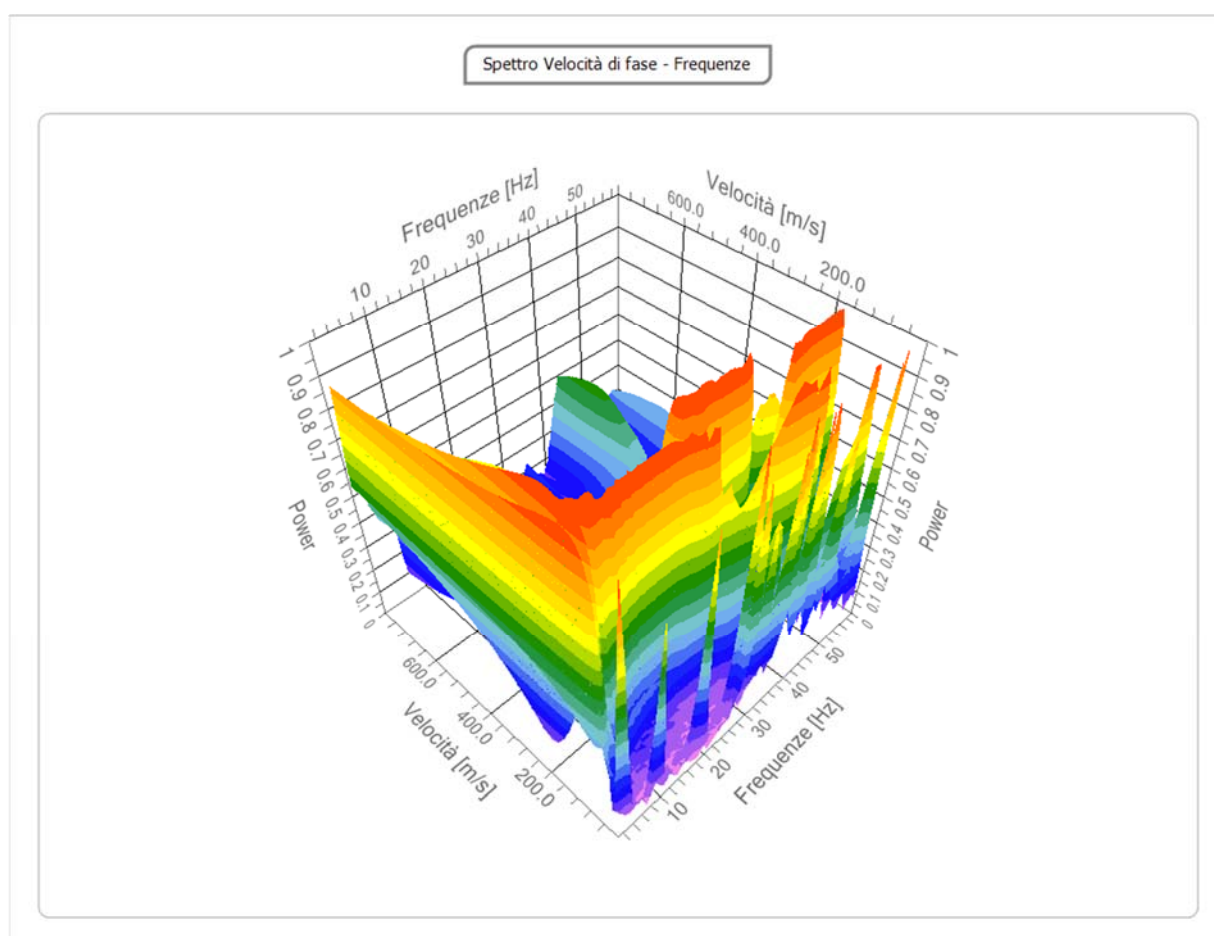
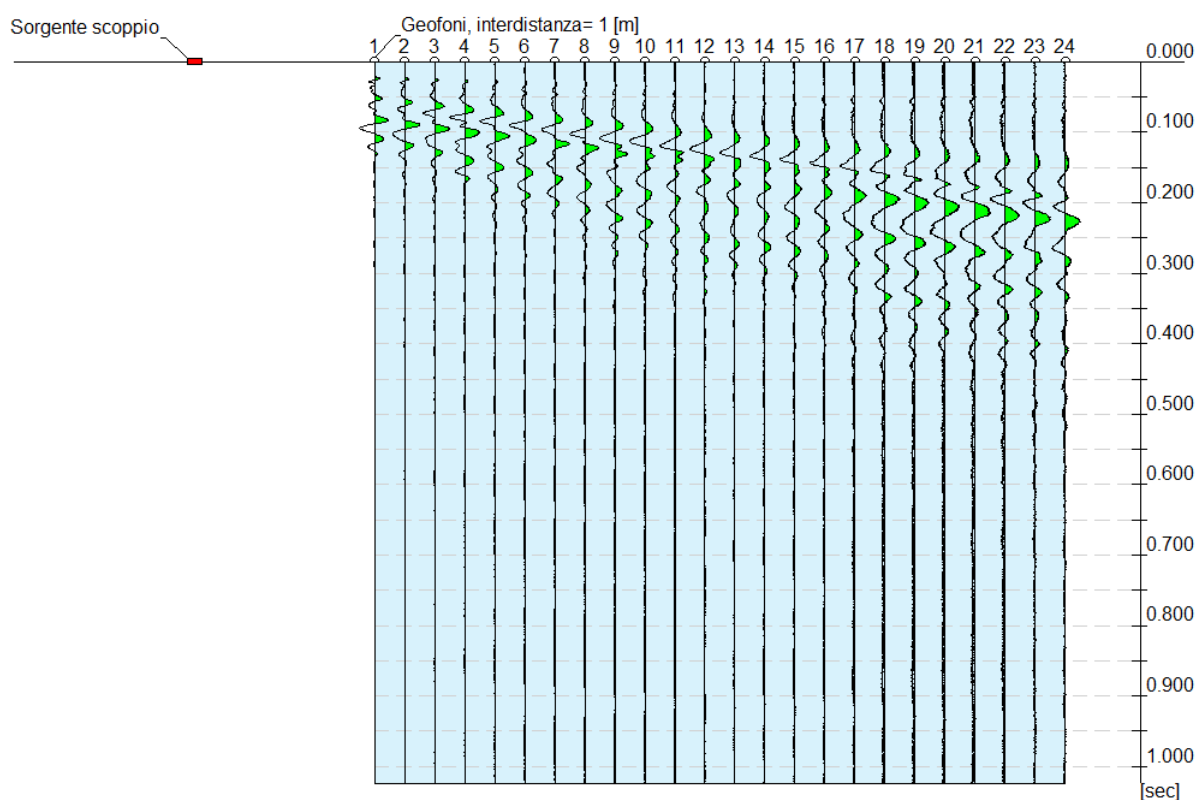


Figura 6: TABELLA RIPORTANTE I VALORI DELLA CURVA DI DISPERSIONE

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	4.3	198.8	0
2	5.1	182.8	0
3	6.3	170.0	0
4	7.3	158.9	0
5	8.4	150.9	0
6	10.0	144.5	0
7	11.8	141.3	0
8	14.2	142.9	0
9	16.5	144.5	0
10	18.3	144.5	0
11	20.7	141.3	0
12	22.8	136.6	0
13	25.0	127.0	0
14	26.5	123.8	0
15	27.5	216.3	3
16	28.9	209.9	3
17	30.9	206.7	3
18	33.2	201.9	3
19	35.3	197.2	3
20	37.2	195.6	3
21	38.0	96.7	0
22	39.0	194.0	3
23	40.1	91.9	0
24	41.1	190.8	3
25	41.5	91.9	0
26	43.0	88.7	0
27	44.7	87.1	0
28	46.4	85.5	0
29	50.6	181.2	3
30	52.3	176.4	3
31	54.2	174.8	3
32	55.6	170.0	3
33	57.5	171.6	3

Figura 7: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE

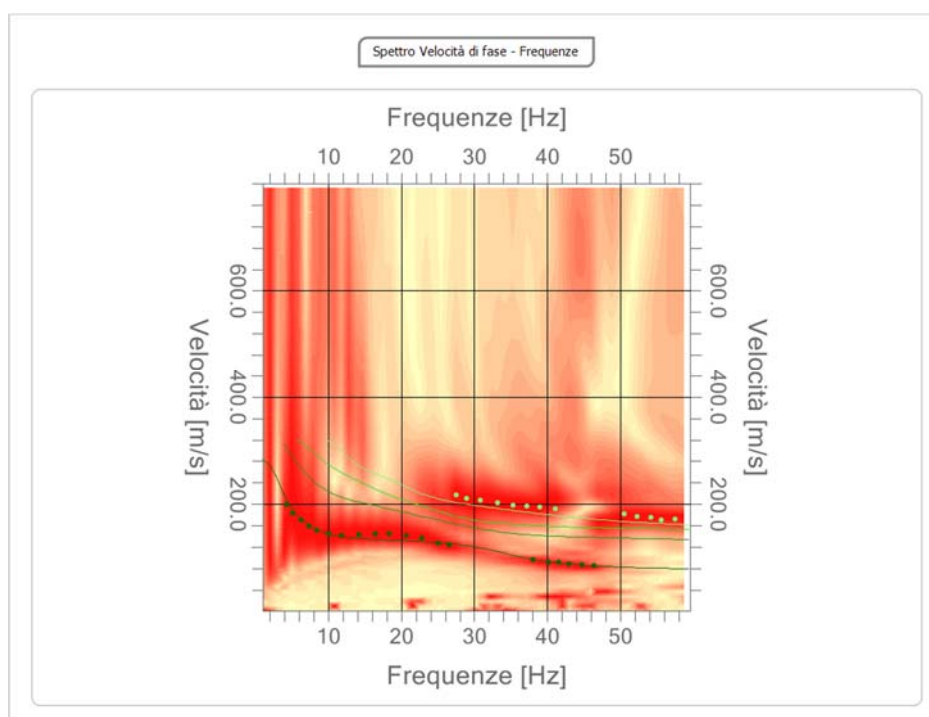


Figura 8: ANDAMENTO DELLA CURVA OTTENUTA CON IL PROCESSO DI INVERSIONE

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.20	1.20	1850.0	0.5	No	285.0	85.9
2	8.30	7.10	1810.0	0.4	Si	387.4	158.2
3	9.30	1.00	1820.0	0.3	Si	364.1	194.6
4	11.18	1.88	1830.0	0.4	Si	495.0	202.1
5	17.08	5.91	1840.0	0.5	Si	685.9	206.8
6	20.83	3.75	1850.0	0.4	Si	433.4	208.2
7	29.17	8.34	1880.0	0.4	Si	562.5	229.6
8	42.02	12.85	1900.0	0.5	Si	932.6	281.2
9	00	00	1910.0	0.3	Si	658.5	352.0

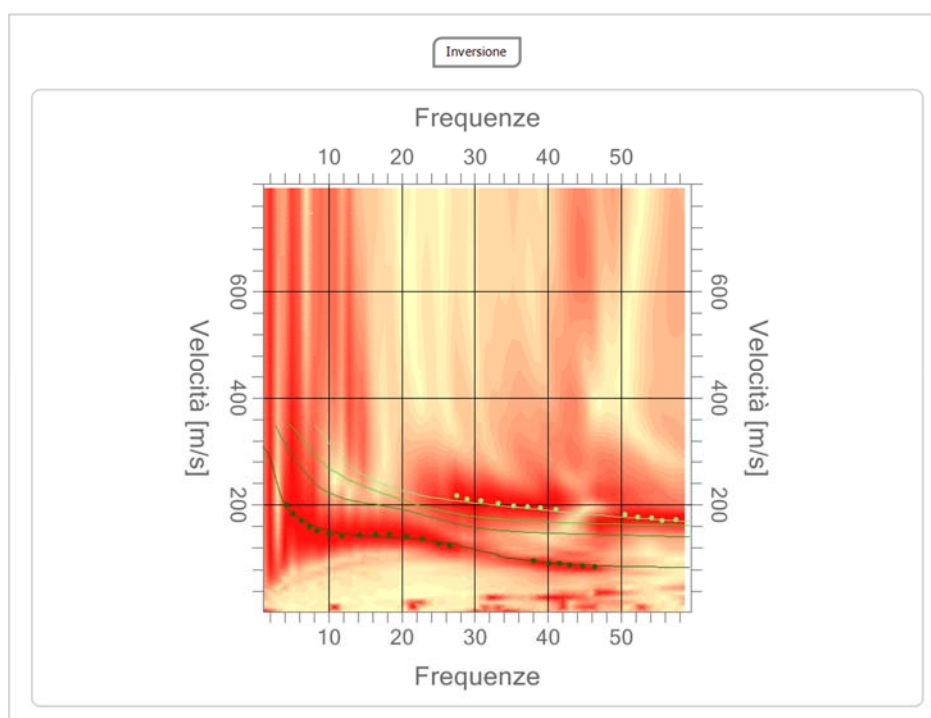


Figura 9: ANDAMENTO DELLA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO E DISADATTAMENTO

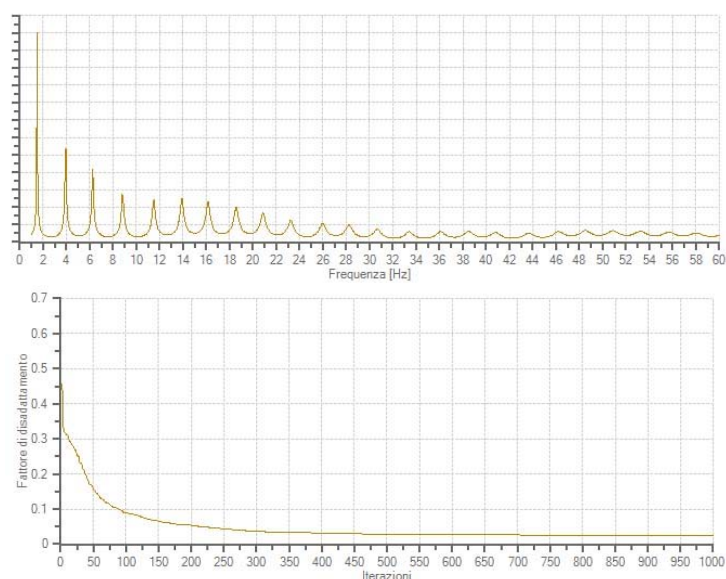
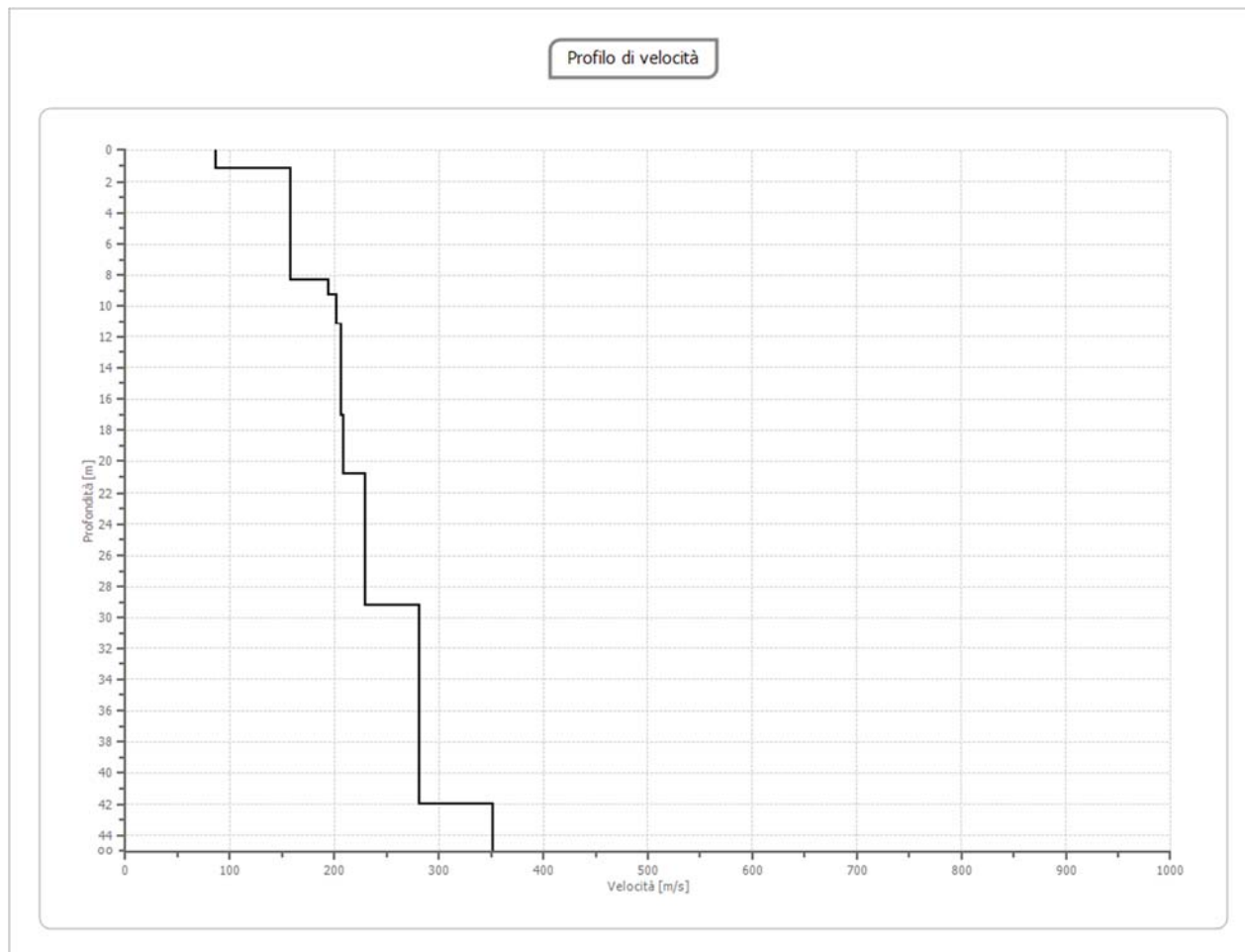


Figura 10: ANDAMENTO IN PROFONDITA' DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



Al termine della elaborazione si è riscontrata una convergenza dei valori (Errore dell'elaborazione) pari a 0,058%, con un fattore di disadattamento della soluzione pari a 0,024.

Figura 11: TABELLA DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO E CARATTERISTICHE DEGLI STRATI IN PROFONDITA'

G0: Modulo di deformazione al taglio (*);

Ed: Modulo edometrico (*);

M0: Modulo di compressibilità volumetrica (*);

Ey: Modulo di Young (*);

*) Valori validi per piccolissime deformazioni comprese nel tratto lineare elastico del legame costitutivo dei materiali (deformazioni tangenziali inferiori alla soglia elastica).

N.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	densità [Kg/cm ³]	Coefficiente di Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.20	1.20	85.94	285.03	1800.00	0.45	13.29	146.24	128.51	38.55	7.00	10.91
2	8.30	7.10	158.16	387.42	1860.00	0.40	46.53	279.17	217.13	130.28	22.00	233.82
3	9.30	1.00	194.61	364.08	1870.00	0.30	70.82	247.88	153.45	184.14	37.00	662.90
4	11.18	1.88	202.09	495.03	1880.00	0.40	76.78	460.70	358.32	214.99	39.00	801.35
5	17.08	5.91	206.82	685.94	1890.00	0.45	80.84	889.28	781.49	234.45	31.00	900.04
6	20.83	3.75	208.20	433.40	1900.00	0.35	82.36	356.89	247.08	222.37	23.00	930.62
7	29.17	8.34	229.63	562.47	1920.00	0.40	101.24	607.44	472.46	283.47	30.00	1522.56
8	42.02	12.85	281.18	932.56	1950.00	0.45	154.17	1695.84	1490.28	447.08	66.00	4212.55
9	oo	oo	351.97	658.47	1960.00	0.30	242.81	849.82	526.08	631.29	0.00	N/A

Con riferimento al Cap. 3.2.2 del D. Min. Infrastrutture e Trasporti del 17/01/2018 (NTC 2018) la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (in m/s) definita dalla sottoriportata espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove:

h_i : spessore dell' i -esimo strato

$V_{s,i}$: velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato

N : numero degli strati

H : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati fino a tale profondità.

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità di 42,02 ml. dal piano campagna, profondità alla quale non si sono riscontrati valori di velocità superiori a 800 m/s, pertanto di seguito è stato calcolato il valore di $V_{s,30}$ con il quale il tecnico incaricato per la stesura della relazione geologica e sismica dovrà fare riferimento per la determinazione della categoria di sottosuolo

Velocità onde Vs da elaborazione MASW				
Strato	Base strato [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]
1	1.20	1.20	86	0.013963
2	8.30	7.10	158	0.044891
3	9.30	1.00	195	0.005138
4	11.18	1.88	202	0.009303
5	17.08	5.90	207	0.028527
6	20.83	3.75	208.20	0.018012
7	29.17	8.34	229.63	0.036319
8	42.02	0.83	281.18	0.002952

Calcolo del valore di $V_{s,30}$		
$V_{s,30}$ calcolato	188.55	[m/s]
Errore strumentale	0.024	[%]
$V_{s,30}$ - Max	188.60	[m/s]
$V_{s,30}$ - Min	188.51	[m/s]

Come riportato nella precedente tabella ai sensi del D. Min. Infrastrutture e Trasporti del 17/01/2018 il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) ottenuto mediante l'indagine M.A.S.W. è risultato pari a 188,55 m/s, il quale, tenuto in considerazione l'errore derivante dall'elaborazione dei dati, risulta essere compreso tra 188,51 e 188,60 m/s.

Con riferimento alla profondità di posa delle strutture di fondazione nella successiva tabella viene indicato il valore relativo della $V_{s,30}$ all'aumentare della profondità di posa delle fondazioni fino alla profondità massima di 5,00 ml.

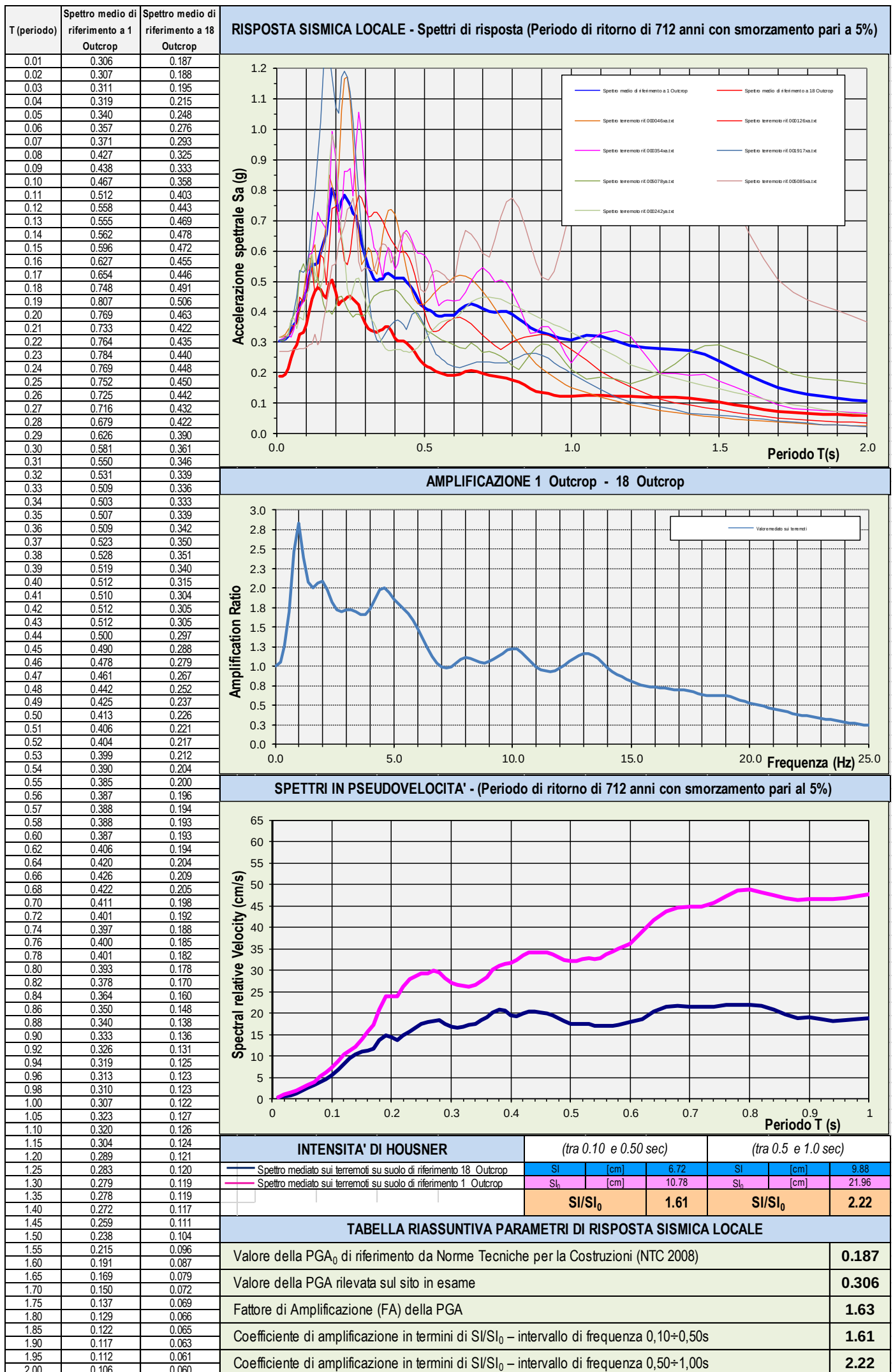
Valore di $V_{s,30}$ al variare della profondità di posa delle fondazioni			
Quota di posa delle fondazioni			$V_{s,30}$ - Min
Fondazioni posate ad una quota di	0.00	ml. da piano campagna	189
Fondazioni posate ad una quota di	0.50	ml. da piano campagna	193
Fondazioni posate ad una quota di	1.00	ml. da piano campagna	199
Fondazioni posate ad una quota di	1.50	ml. da piano campagna	202
Fondazioni posate ad una quota di	2.00	ml. da piano campagna	204
Fondazioni posate ad una quota di	2.50	ml. da piano campagna	206
Fondazioni posate ad una quota di	3.00	ml. da piano campagna	208
Fondazioni posate ad una quota di	3.50	ml. da piano campagna	210
Fondazioni posate ad una quota di	4.00	ml. da piano campagna	212
Fondazioni posate ad una quota di	4.50	ml. da piano campagna	214
Fondazioni posate ad una quota di	5.00	ml. da piano campagna	216

Vignola, 09/07/2018

Dott. Geol. Giorgio Masotti



***ALL. 3: SLV - SPETTRO DI RISPOSTA REALE AL P.C.
COEFFICIENTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA***



REGIONE EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA DI MODENA

COMUNE DI NONANTOLA

**DOCUMENTAZIONE DI PREVISIONE DI IMPATTO ACUSTICO
PER IL PUNTO VENDITA "CONAD"
IN PROGETTO A NONANTOLA
IN VIA PROVINCIALE EST – SP255**

MASSOBRIO dr. ing. DARIA
Strada America 9 – Quingentole (MN)
cell. 335.6366030
e-mail: daria.massobrio@gmail.com
PEC: daria.massobrio2@ingpec.eu

**(tecnico competente in acustica ambientale
riconosciuto con Decreto n. 32169/01
della Regione Lombardia)**

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI	3
3. INQUADRAMENTO DELL'AREA	5
4. ANALISI DELLO STATO DI FATTO	8
5. DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO	13
6. PREVISIONE DI IMPATTO ACUSTICO	17
7. ACCORGIMENTI PREVISTI PER RIDURRE L'IMPATTO ACUSTICO	22
8. CONCLUSIONI	22
ALLEGATO A – CERTIFICATI DI TARATURA (STRALCI) DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	23
ALLEGATO B – SCHEDE TECNICHE (STRALCI DI INTERESSE)	24
ALLEGATO C – SOFTWARE DI PREVISIONE ACUSTICA RAMSETE	26

1. Premessa

La presente relazione tecnica riguarda la previsione dell'impatto acustico causato dal supermercato Conad previsto a Nonantola in via Provinciale Est – SP255.

Lo studio è stato effettuato in accordo alle prescrizioni della vigente legislazione (Legge n° 447 del 26/10/1995 "Legge quadro sull'inquinamento acustico" e relativi decreti attuativi e normativa regionale).

2. Riferimenti legislativi

I principali riferimenti legislativi considerati per lo svolgimento dell'indagine sono i seguenti:

- Legge 26 ottobre 1995 n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico";
- D.P.C.M. 1 marzo 1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" (per quanto non abrogato da disposizioni successive)
- D.P.C.M. 14 novembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore";
- D.M. 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico";
- Legge Regionale Emilia Romagna 9 maggio 2001 n. 15 "Disposizioni in materia di inquinamento acustico";
- D.G.R. Emilia Romagna 14 aprile 2004 n. 673, Criteri tecnici per la redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e della valutazione del clima acustico ai sensi della L.R. 9 maggio 2001, n. 15 recante "disposizioni in materia di inquinamento acustico";
- D.P.R. 30 marzo 2004 n. 142 "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447";
- Classificazione acustica del territorio comunale di Nonantola, approvata con D.C.C. n. 118 del 30.06.2010.

Nell'ambito dei suddetti disposti normativi sono definite, in particolare, le tecniche di misura del rumore ed i valori limite consentiti per le diverse tipologie di sorgenti acustiche.

Avendo il Comune di Nonantola approvato la classificazione acustica, il proprio territorio risulta suddiviso in aree omogenee, ovvero classi, a cui sono associati dei valori limite di rumorosità ambientale e limiti di rumorosità per ciascuna sorgente; nel dettaglio:

- CLASSE I: aree particolarmente protette: *rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.;*
- CLASSE II: aree destinate ad uso prevalentemente residenziale: *rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali e artigianali;*
- CLASSE III: aree di tipo misto: *rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con*

presenza di attività commerciali, uffici con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici;

CLASSE IV: *aree di intensa attività umana: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie;*

CLASSE V: *aree prevalentemente industriali: rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni;*

CLASSE VI: *aree esclusivamente industriali: rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.*

I relativi valori limite assoluti di immissione [Leq in dB(A)] per le diverse classi sono indicati nella tabella che segue; i valori limite di emissione sono inferiori a quelli di immissione di 5 dB.

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempo di riferimento	
	Diurno (06.00-22.00)	Notturmo (22.00-06.00)
I aree particolarmente protette	50	40
II aree prevalentemente residenziali	55	45
III aree di tipo misto	60	50
IV aree di intensa attività umana	65	55
V aree prevalentemente industriali	70	60
VI aree esclusivamente industriali	70	70

All'interno degli ambienti abitativi le sorgenti sonore ubicate sul territorio devono inoltre rispettare i limiti differenziali di immissione, pari a 5 dB per il periodo diurno e a 3 dB per il periodo notturno; il criterio differenziale non si applica:

- nelle aree classificate nella classe VI dalla zonizzazione acustica;
- se il rumore misurato a finestre aperte è inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e a 40 dB(A) durante il periodo notturno,
- se il livello del rumore ambientale misurato a finestre chiuse è inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno;
- per la rumorosità prodotta dalle infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali e marittime; da attività e comportamenti non connessi con esigenze produttive, commerciali e professionali; da servizi e impianti fissi dell'edificio adibiti ad uso comune, limitatamente al disturbo provocato all'interno dello stesso.

E' opportuno ricordare che, ove siano presenti infrastrutture di trasporto, occorre fare riferimento ai decreti sulle fasce di pertinenza (ferroviarie o stradali), all'interno delle quali il rumore prodotto dall'infrastruttura è incorporato dalle altre sorgenti e deve rispettare i limiti fissati dai decreti stessi. In particolare, il D.P.R. 142 del 30/03/2004 stabilisce le norme per la prevenzione ed il contenimento dell'inquinamento da rumore avente origine dall'esercizio delle infrastrutture stradali, definite dall'art. 2 del D.Lgs. n. 285 del 1992 e successive modificazioni e dall'allegato 1 al D.P.R. stesso.

Per le strade esistenti il Decreto stabilisce che, per le infrastrutture stradali di tipo A, B, C, D, E ed F, le rispettive fasce territoriali di pertinenza acustica sono fissate dalla tabella 2 dell'allegato 1 al Decreto stesso, che si riporta qui di seguito; per le scuole vale il solo limite diurno.

DPR 142 del 30/3/2004 - Tabella 2 (STRADE ESISTENTI E ASSIMILABILI - ampliamenti in sede, affiancamenti e varianti)						
Tipo di strada (secondo Codice della Strada)	Sottotipi a fini acustici (secondo Norma CNR 1980 e direttive PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica [m]	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno [dBA]	Notturmo [dBA]	Diurno [dBA]	Notturmo [dBA]
A autostrada		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B extraurbana principale		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C extraurbana secondaria	Ca - (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb - (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D urbana di scorrimento	Da - (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db - (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100	50	40	65	55
E- urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al DPCM in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a), della legge n. 447 del 1995			
F - locale		30				

Il rispetto dei valori riportati nella tabella e, al di fuori della fascia di pertinenza acustica, il rispetto dei valori limite assoluti di immissione stabiliti nella tabella C del D.P.C.M. 14/11/1997 è verificato in facciata degli edifici ad 1 metro dalla stessa ed in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione nonché dei ricettori.

Qualora i valori limite per le infrastrutture sopra indicati non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzia l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato, per i ricettori di carattere abitativo diversi da ospedali, case di cura e case di riposo, il rispetto del limite di 40 dB(A) di Leq notturno, valutato al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1.5 metri dal pavimento.

3. Inquadramento dell'area

Il supermercato Conad in oggetto si insedierà in un fabbricato di nuova costruzione, da realizzare in un'area che si affaccia sulla SP255 nella parte orientale dell'abitato di Nonantola.

Di seguito si riportano un estratto di mappa catastale, un estratto di PRG e vista aerea, uno stralcio della tavola di classificazione acustica del territorio comunale di Nonantola con relativa legenda ed una ortofoto di inquadramento dell'area in oggetto con l'indicazione dei nomi delle strade.

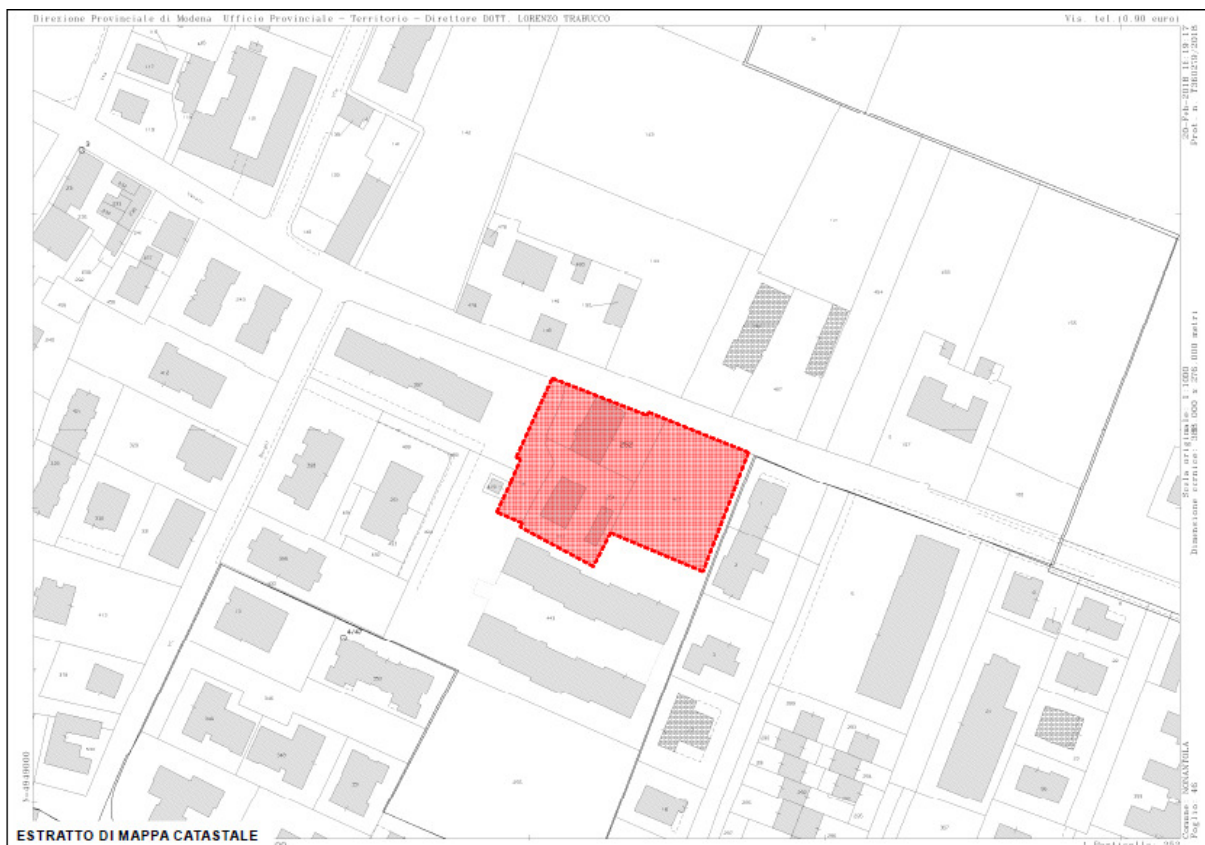


Figura 1: Estratto di mappa catastale

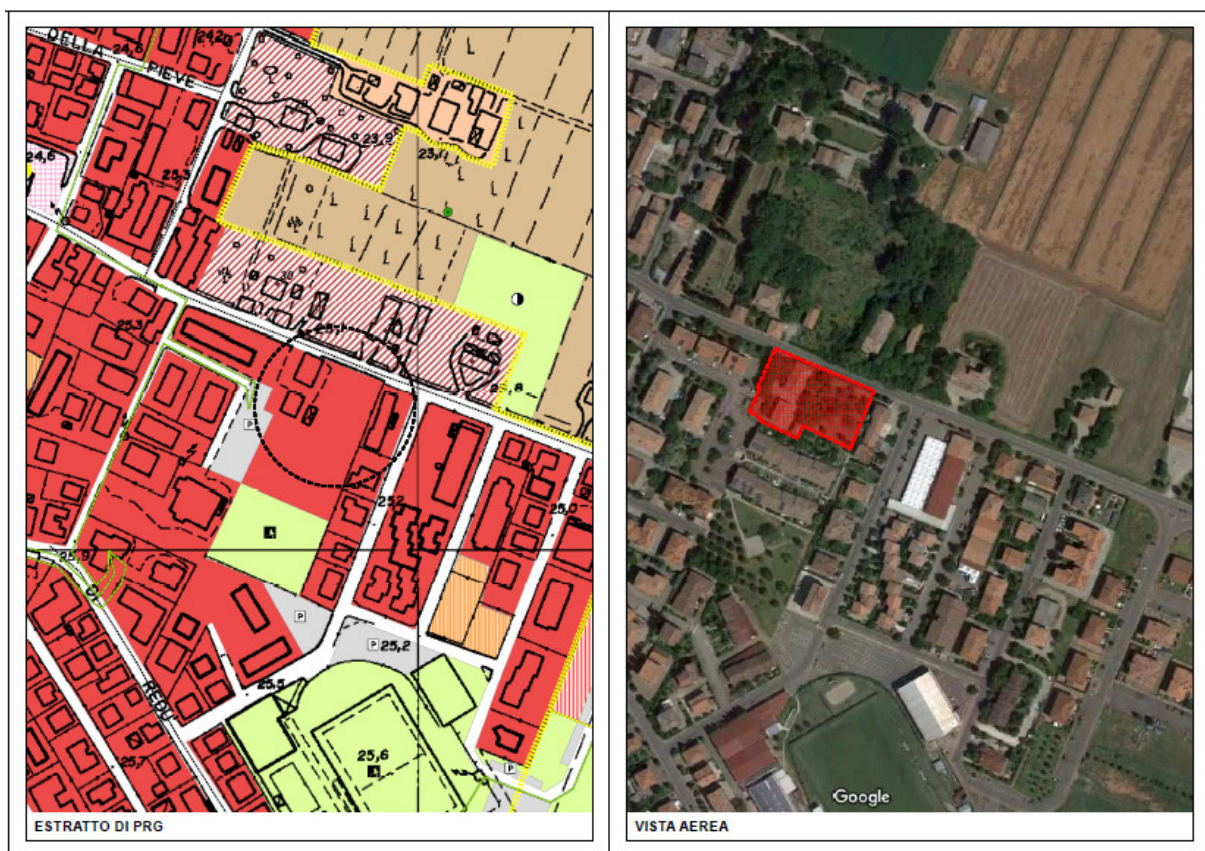


Figura 2: Estratto di PRG e vista aerea

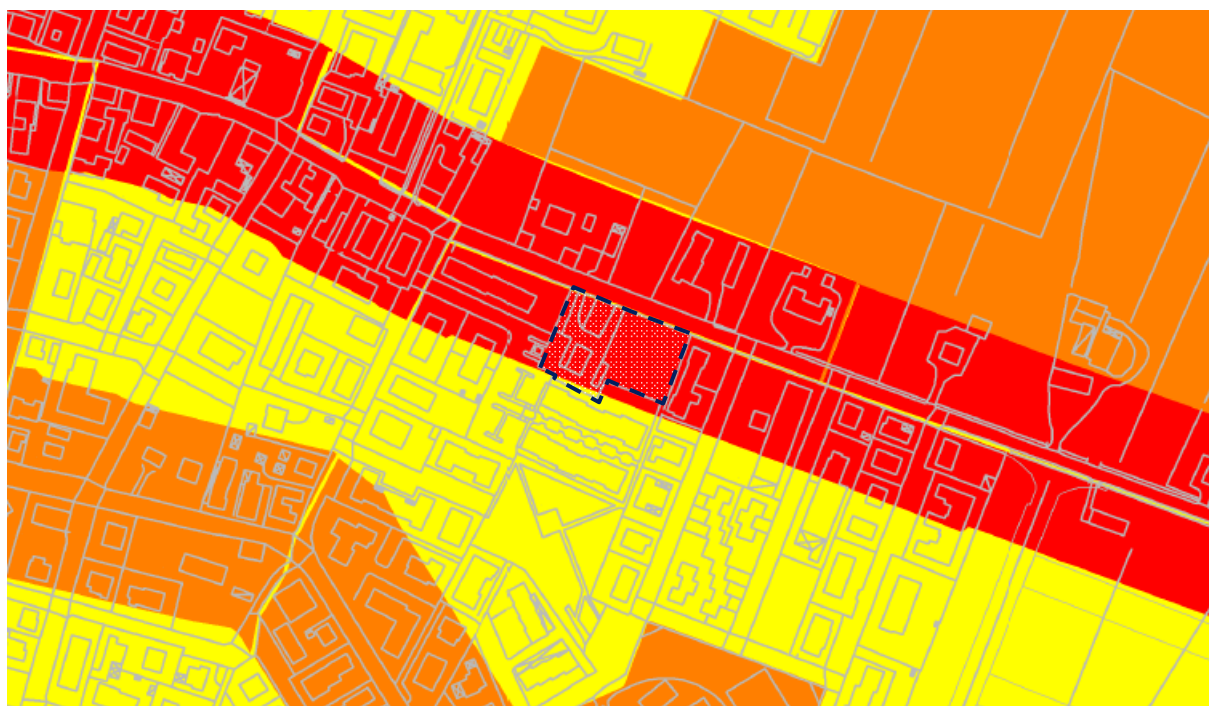


Figura 3: Stralcio tavola Classificazione acustica del territorio comunale di Nonantola (TAV. 2)

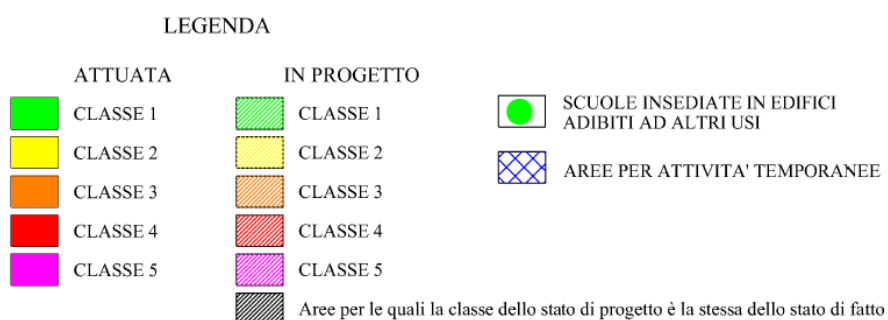


Figura 4: Legenda tavola Classificazione acustica del territorio comunale di Nonantola

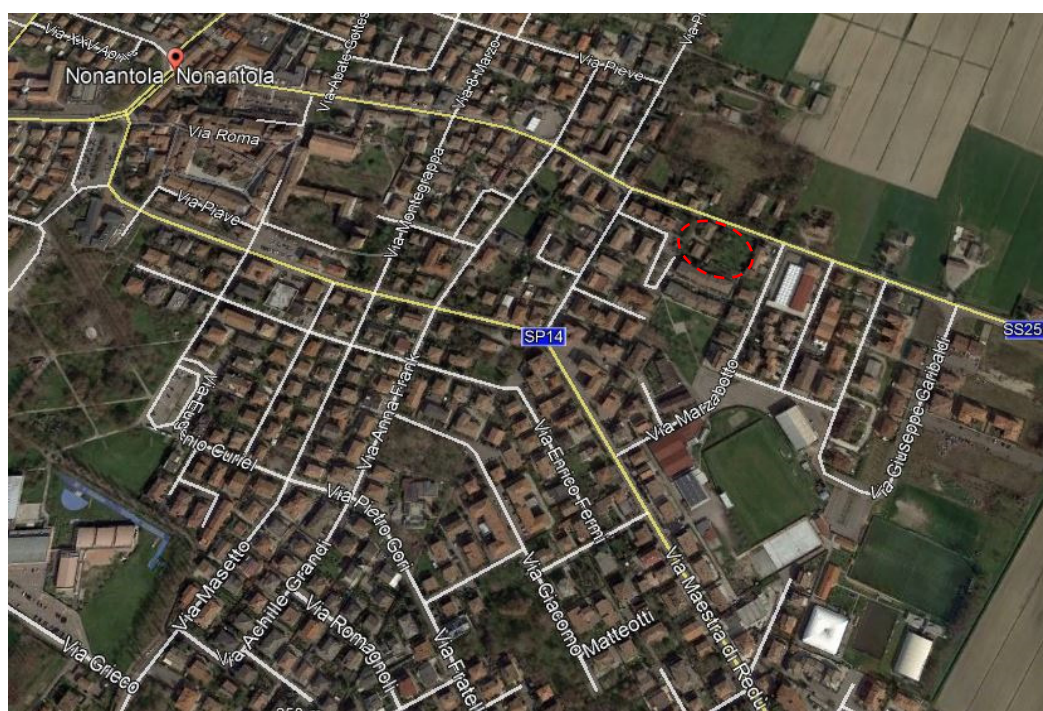


Figura 5: Ortofoto di inquadramento dell'area in oggetto con indicazione dei nomi delle strade (da Google Earth)

L'area in oggetto è inserita dalla zonizzazione acustica quasi interamente in classe IV (come quelle adiacenti pure comprese nella fascia di 50 metri dal bordo della Strada Provinciale n° 255 su entrambi i lati); i ricettori retrostanti rispetto alla SP 255 sono invece inseriti in classe II.

Essendo la SP 255 individuata nella relazione generale della classificazione acustica del territorio comunale di Nonantola quale arteria di comunicazione primaria ma trovandosi in ambito urbano si ipotizza, ai sensi del D.P.R. 142/2004, che possa essere classificata come strada urbana di scorrimento non a carreggiate separate, e quindi individuata come Db, con una fascia di pertinenza acustica di ampiezza 100 m e limiti di immissione, per tutti i ricettori diversi da scuole, ospedali, casi di cura e di riposo, pari a 65 dB(A) durante il periodo diurno ed a 55 dB(A) durante il periodo notturno. Tutti i potenziali principali ricettori sono compresi all'interno di tale fascia di pertinenza acustica.

4. Analisi dello stato di fatto

L'area in oggetto è situata a Nonantola in fregio alla via provinciale est – SP255; le principali sorgenti sonore del circondario sono costituite sostanzialmente dalle infrastrutture stradali.

I principali potenziali ricettori sono costituiti dagli edifici immediatamente circostanti, quasi esclusivamente a destinazione residenziale.

Analizzata la situazione ed il progetto (con le relative sorgenti sonore), per caratterizzare il clima acustico dell'area si è optato per un rilievo fonometrico di lunga durata (24 ore) effettuato tra giovedì 22 marzo 2018 alle ore 10:27 ed il giorno seguente alle ore 10:47 con un fonometro integratore Larson Davis 824 (s.n. A1693) posizionato all'interno dell'area in oggetto a circa 10 metri dal bordo della strada: il microfono, munito di cuffia antipioggia-antivento e di punta antivolatile, è stato posizionato su un'asta ad un'altezza di 4 metri dal piano campagna.

Prima e dopo le operazioni di misura si è proceduto al controllo della calibrazione della catena di misura (con un calibratore Larson Davis CAL 200 – s.n. 4521), verificando che la differenza delle calibrazioni fosse al massimo di 0,5 dB. L'attrezzatura è in possesso dei requisiti richiesti dal D.M. 16/03/1998 (stralci dei certificati di taratura sono riportati nell'Allegato A). Le condizioni meteorologiche durante il rilievo si sono mantenute conformi a quanto prescritto dallo stesso D.M. 16/03/1998.

Di seguito si riportano alcune fotografie e la localizzazione della postazione di misura nonché i dettagli ed alcune elaborazioni del rilievo fonometrico.



Figura 6: Fotografia della postazione di misura all'interno dell'area in oggetto



Figura 7: Fotografie della localizzazione della postazione di misura



Figura 8: Fotografie della postazione di misura



Figura 9: Localizzazione della postazione di misura (in giallo) – fonte Google Earth

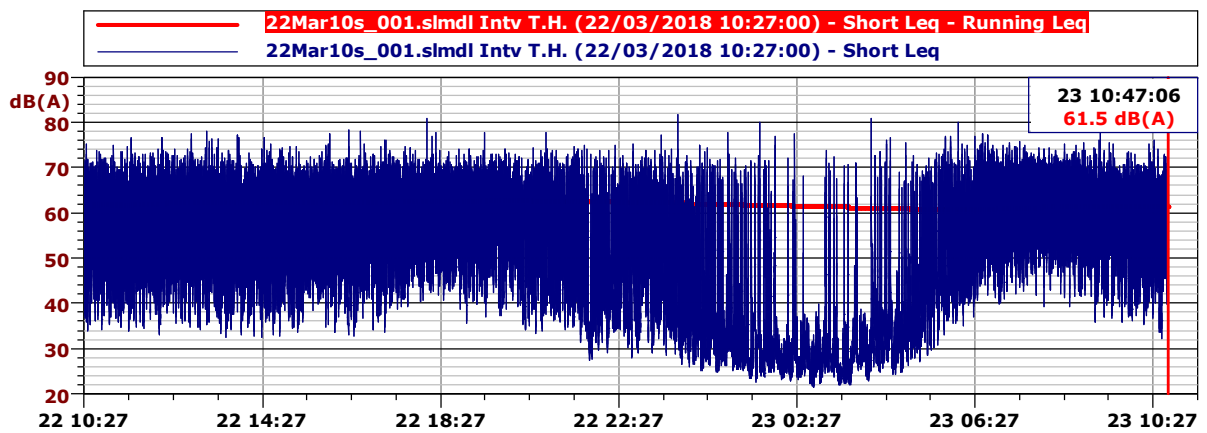


Figura 10: Time history rilievo complessivo

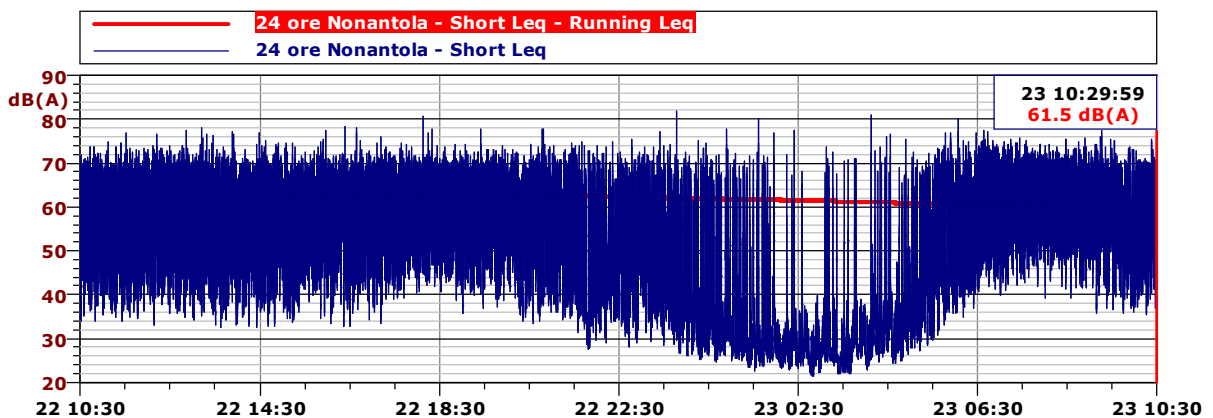


Figura 11: Estrazione 24 ore

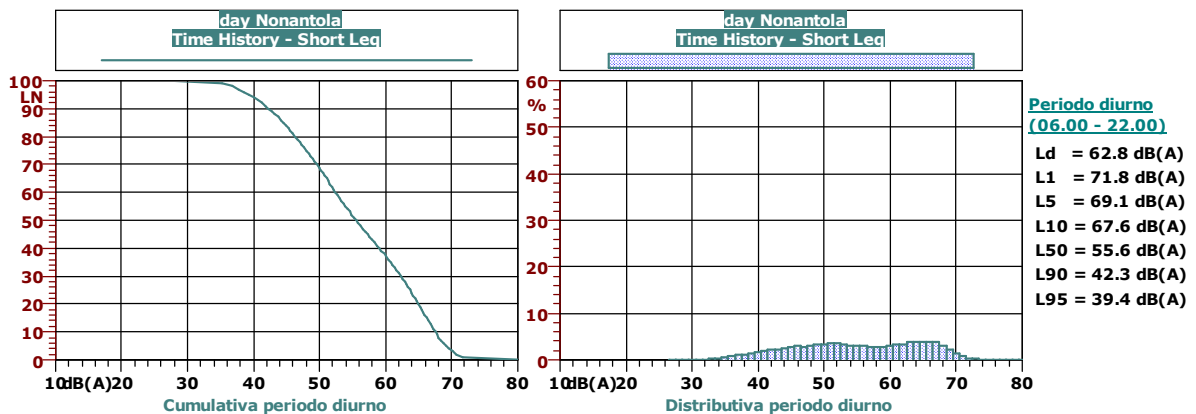
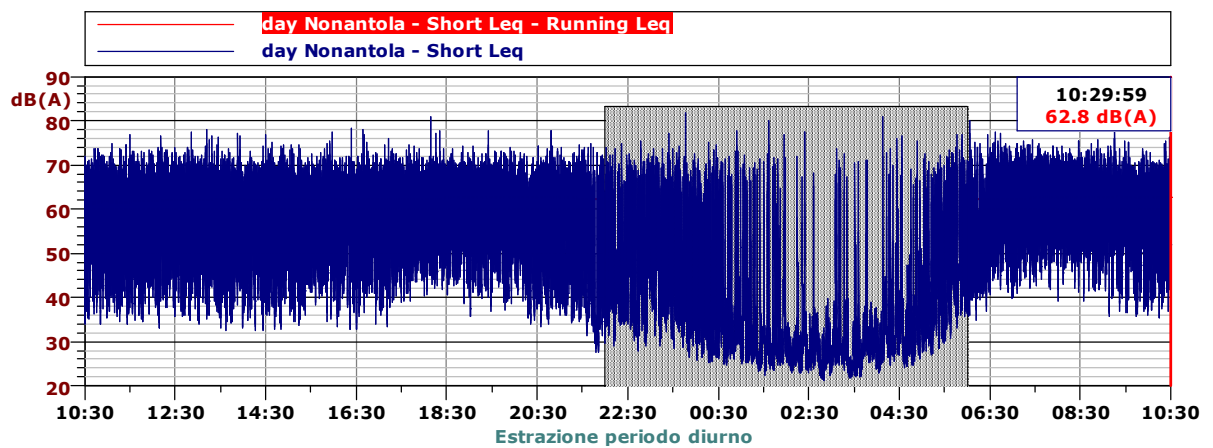


Figura 12: Elaborazioni inerenti il periodo diurno

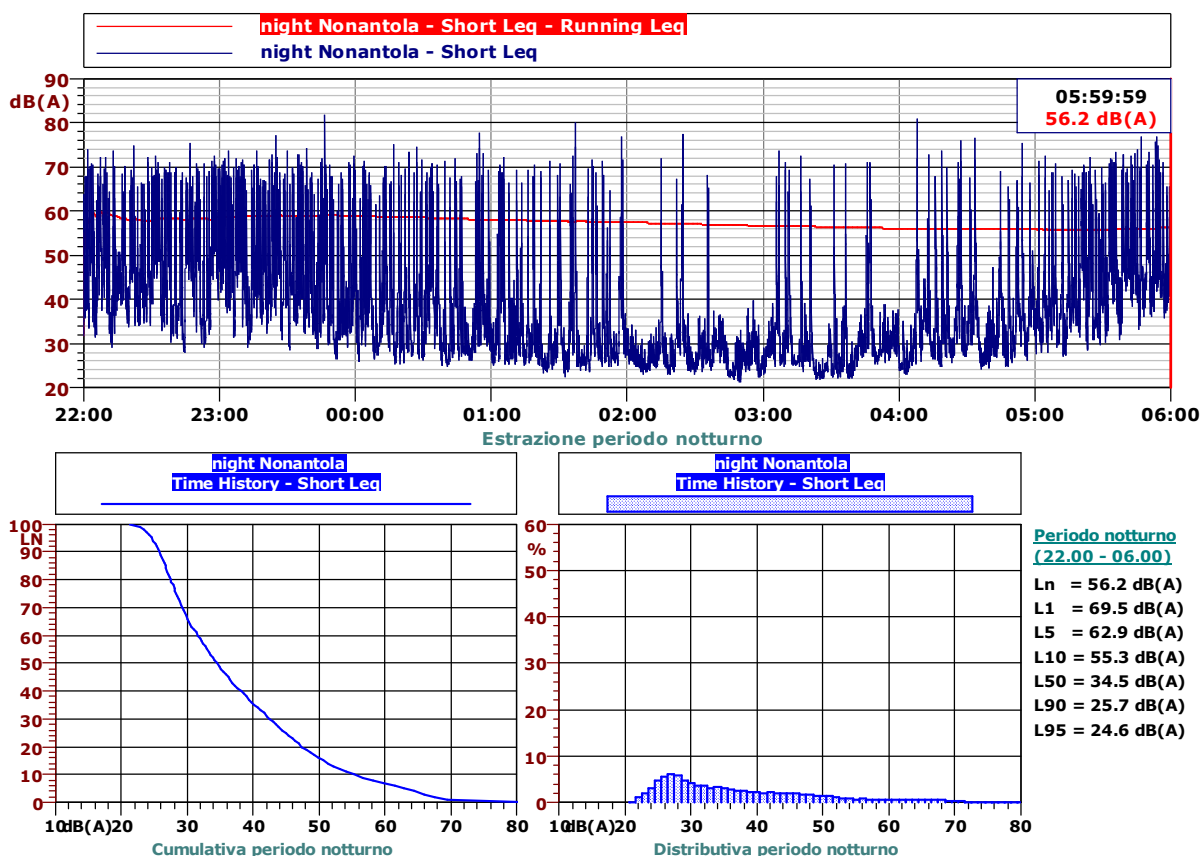


Figura 13: Elaborazioni inerenti il periodo notturno

Come si può notare i Leq del rilievo sono risultati pari a 62,8 dB(A) quelli diurno e 56,2 dB(A) quello notturno.

Utilizzando la geometria dell'area e tali valori di Leq diurno e notturno sono stati tarati i modelli acustici diurno e notturno dello stato di fatto realizzati con il software Citymap (sviluppato nell'ambito di un progetto DISIA nazionale dall'ing. Angelo Farina dell'Università di Parma). Tale software consente la mappatura del livello sonoro ponderato A sul territorio di un centro abitato, a partire dai dati di traffico stradale e ferroviario e dell'emissione sonora di sorgenti concentrate. Di seguito si riportano le relative mappe isolivello alla quota di 4 metri dal piano campagna.

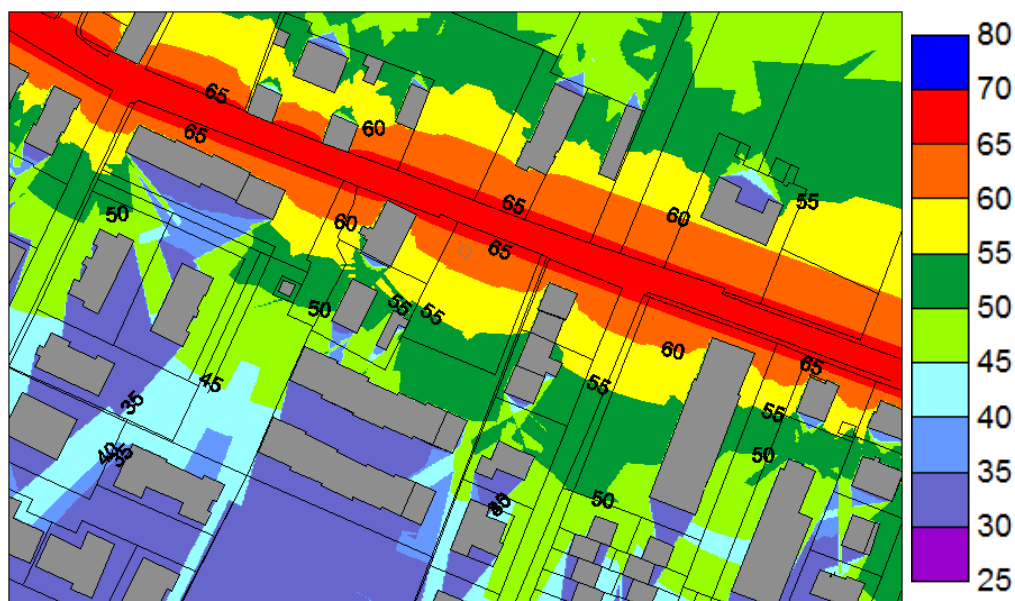


Figura 14: Mappa isolivello del livello di pressione sonora diurna stato di fatto con legenda

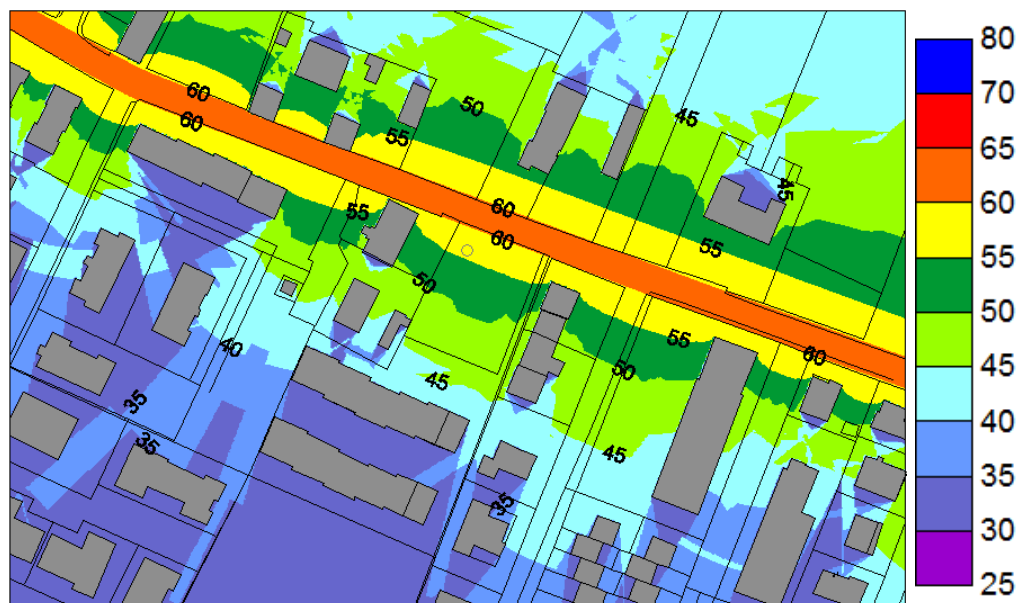


Figura 15: Mapa isolivello del livello di pressione sonora notturna stato di fatto con legenda

Ovviamente la situazione reale è caratterizzata da livelli sonori un po' più elevati rispetto a quelli derivanti unicamente dal rumore prodotto dal traffico veicolare circolante sulla SP255, soprattutto per i ricettori più lontani dalla stessa: si evidenzia in particolare la presenza di via Borghi e via Montefiorino ad ovest (con parcheggio confinante con l'area in oggetto) e di via Marzabotto ad est, oltre che di un giardino pubblico (con relativo rumore antropico) a sud e (più distanti) di campi da calcio e parcheggi in via Marzabotto.

Si riportano di seguito le fotografie dei principali potenziali ricettori, in senso antiorario a partire dall'edificio multipiano residenziale posto ad ovest dell'area in oggetto, immediatamente a sud della SP255; si fa notare che lo stesso non presenta aperture in direzione dell'area.



Figura 16: Fotografia ricettore ad ovest dell'area in oggetto (ric. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 seguenti)



Figura 17: Fotografia ricettori successivi in senso antiorario (ric. 25, 26, 27, 28 e 19, 20, 21, 22, 23, 24 seguenti)



Figura 18: Fotografia ricettori successivi in senso antiorario (ric. 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 13, 14, 15, 16, 17 seguenti)

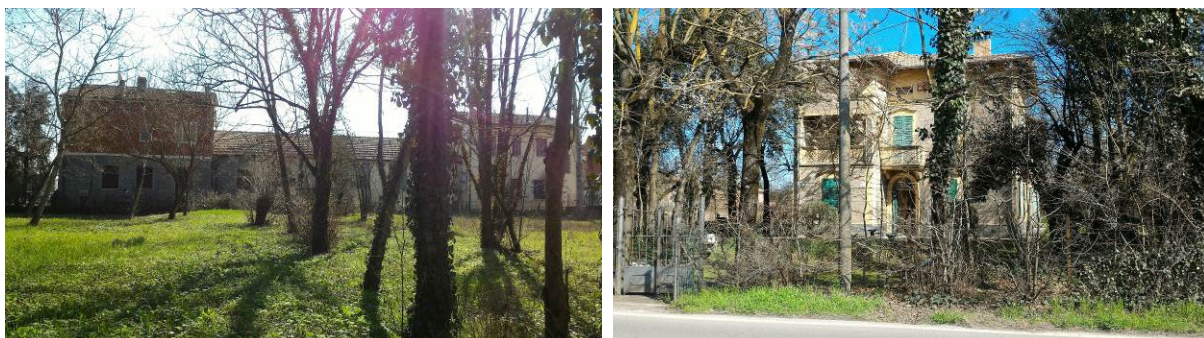


Figura 19: Fotografia ricettori successivi in senso antiorario (ric. 13, 14, 15, 16, 17 e 10, 11, 12 seguenti)



Figura 20: Fotografia ricettori successivi in senso antiorario (ric. 9, 29, 30 seguenti)

5. Descrizione dello stato di progetto

Il progetto riguarda la realizzazione di un nuovo edificio destinato ad ospitare un supermercato Conad; di seguito si riportano le tavole di progetto del planivolumetrico, della planimetria esterna, delle piante del supermercato (e localizzazione impianti), di prospetti e sezioni e le viste prospettiche, ridotte in scala opportuna.

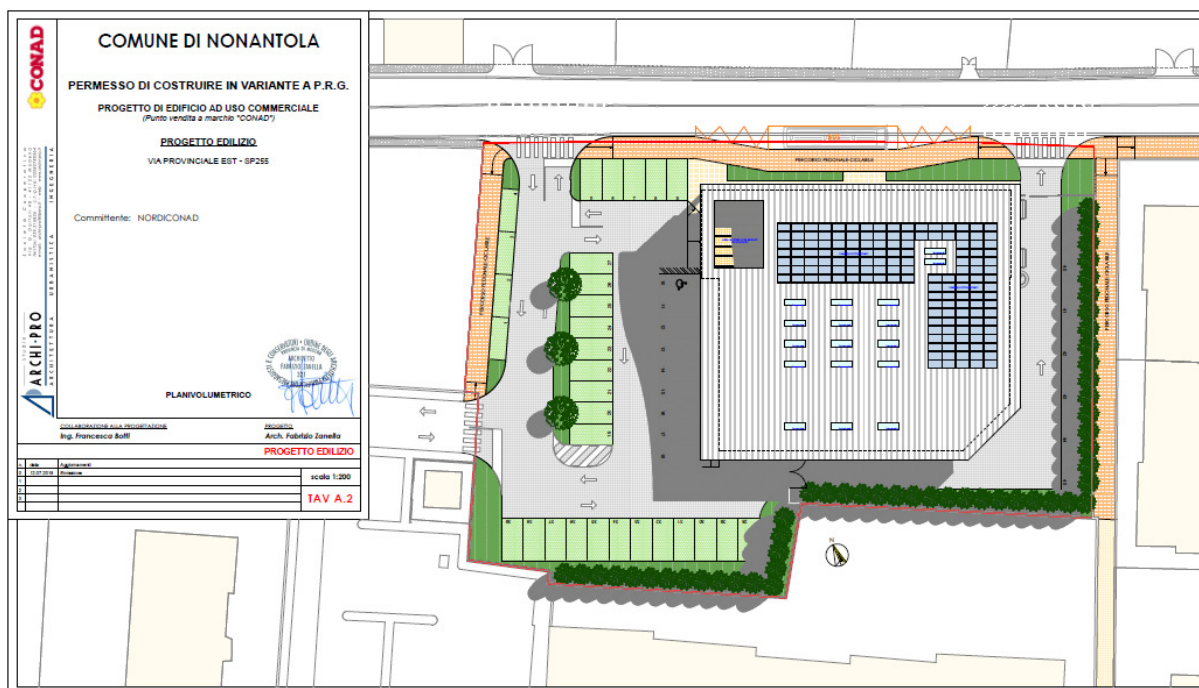


Figura 21: Planivolumetrico

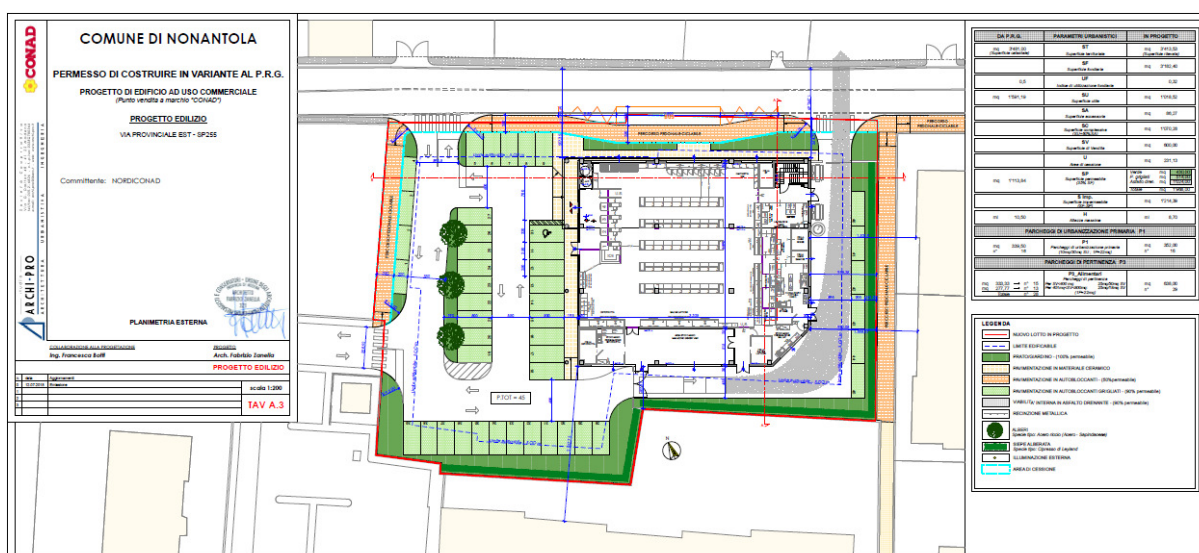


Figura 22: Planimetria esterna

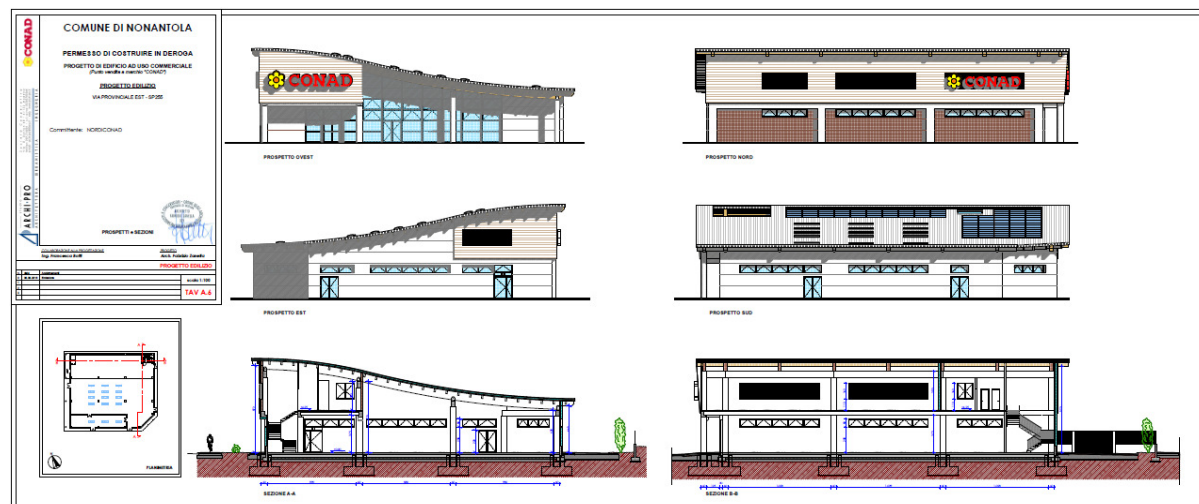


Figura 23:Prospetti e sezioni

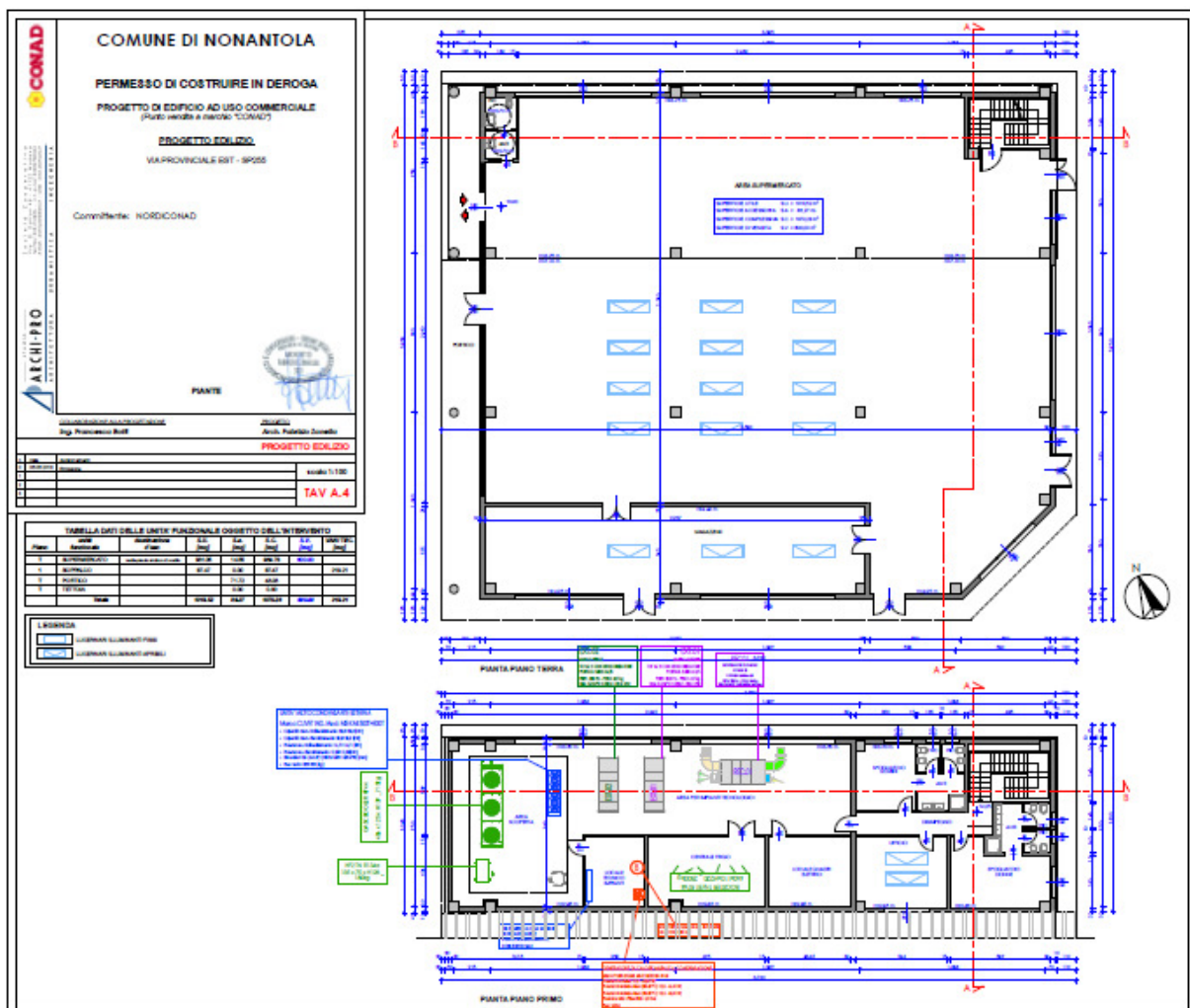


Figura 24: Piante supermercato

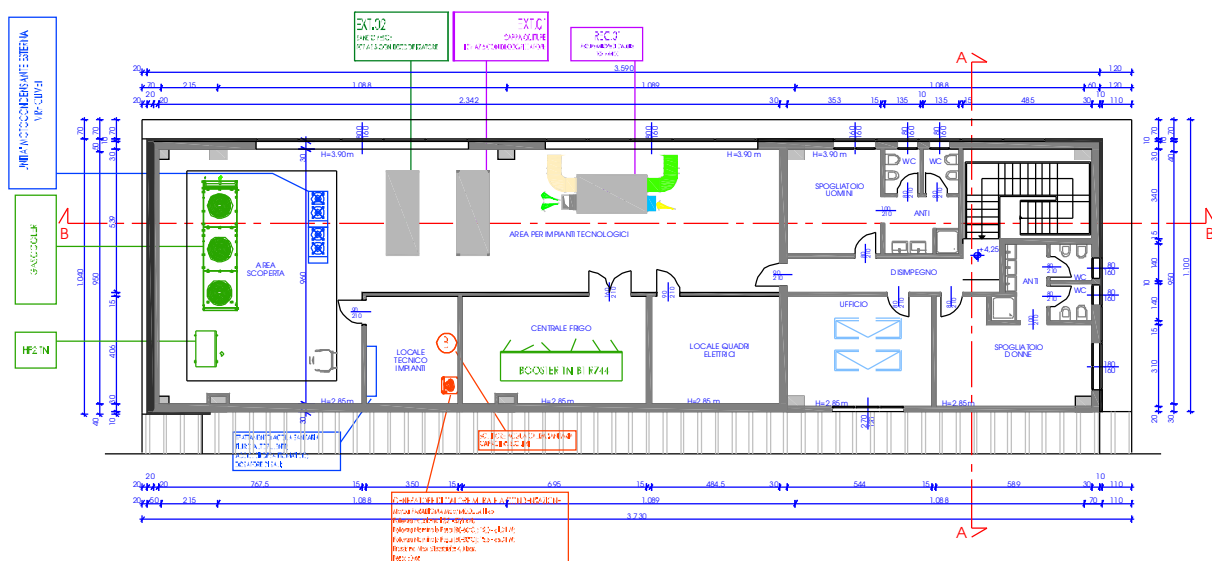


Figura 25: Vista particolare della pianta del piano primo con localizzazione impianti



Figura 26: Viste prospettiche

Per maggiori dettagli si rimanda agli specifici elaborati di progetto.

Trascurando il contributo verso l'esterno di rumore antropico e macchine ed impianti interni al punto vendita (in quanto si prevede che porte e finestre dello stesso vengano mantenute normalmente chiuse), le sorgenti sonore di progetto principali dal punto di vista acustico sono sostanzialmente costituite dagli impianti meccanici, ed in particolare dalle macchine per la frigoconservazione e per la climatizzazione nonché dagli estrattori e dal recuperatore di calore, tutti localizzati al primo piano (v. Figura 19). In realtà di tali macchine il BOOSTER TN/BT (per la frigoconservazione) è previsto in un locale completamente chiuso: prevedendo di isolare adeguatamente tale locale rispetto all'esterno il relativo contributo all'impatto acustico si considera trascurabile. Per quanto riguarda invece gli estrattori (banco pesce e cappa cotture) ed il recuperatore di calore, essi sono previsti in un'area coperta, ma convogliando le relative mandate nell'area scoperta, a quota 4 metri, localizzata nell'angolo a nord del fabbricato, dove sono localizzati gascooler, HF2 e VRF.

Come dati di rumorosità degli impianti vengono utilizzati quelli indicati nelle schede tecniche fornite dai progettisti (v. allegato B), ovvero:

- per l'impianto di refrigerazione alimentare:
 - **gascooler** LUVATA KCE 82F4 (...) il cui **livello di pressione sonora a 10 m è pari a 35 dB(A)**;
 - **ARNEG HF2**, il cui livello di potenza sonora è pari a **66,2 dB(A) con tolleranza di più o meno 2 dB**;
- per la climatizzazione:
 - **VRF** Clivet, il cui **livello di potenza sonora è pari a 91 dB(A)**;

- per gli estrattori ed il recuperatore di calore:
 - **Estrattore banco pesce** TCF AZ5 il cui **livello di potenza sonora** delle sezioni di mandata alla bocca di mandata è pari a **82 dB(A)**;
 - **Estrattore cappa cotture** TCF AZ6 il cui **livello di potenza sonora** delle sezioni di mandata alla bocca di mandata è pari a **85 dB(A)**;
 - recuperatore di calore TCF HRH 30 il cui **livello di potenza sonora** del ventilatore di mandata è pari a **76,3 dB(A)**.

L'orario di apertura del supermercato è previsto essere unicamente durante il periodo di riferimento diurno, ed in particolare al massimo dalle ore 8:00 alle ore 21:00, con orario continuato.

L'impianto di refrigerazione alimentare, e quindi le relative macchine, funzioneranno sia durante il giorno che durante la notte; gli altri impianti funzioneranno solo durante il giorno.

Come si può evincere dalla planimetria esterna, l'accesso principale all'area avverrà dalla SP255; è prevista la realizzazione anche di un accesso diretto da via Montefiorino; i posti auto previsti sono in totale 45, quasi tutti localizzati ad ovest del fabbricato in progetto.

L'area di carico/scarico è ubicata sul retro del fabbricato; le attività di carico e scarico merci saranno effettuate esclusivamente durante il periodo diurno con mezzi diversi a seconda delle merci trasportate; si prevede che in una giornata vengano effettuati al massimo 10 scarichi in totale, per le diverse tipologie di merci.

6. Previsione di impatto acustico

Sostituendo nei modelli acustici diurno e notturno dello stato di fatto realizzati con il software Citymap la geometria dello stato di progetto sono stati ottenuti i risultati riassunti nelle mappe seguenti e riportati più avanti in termini di valori puntuali ai ricettori.

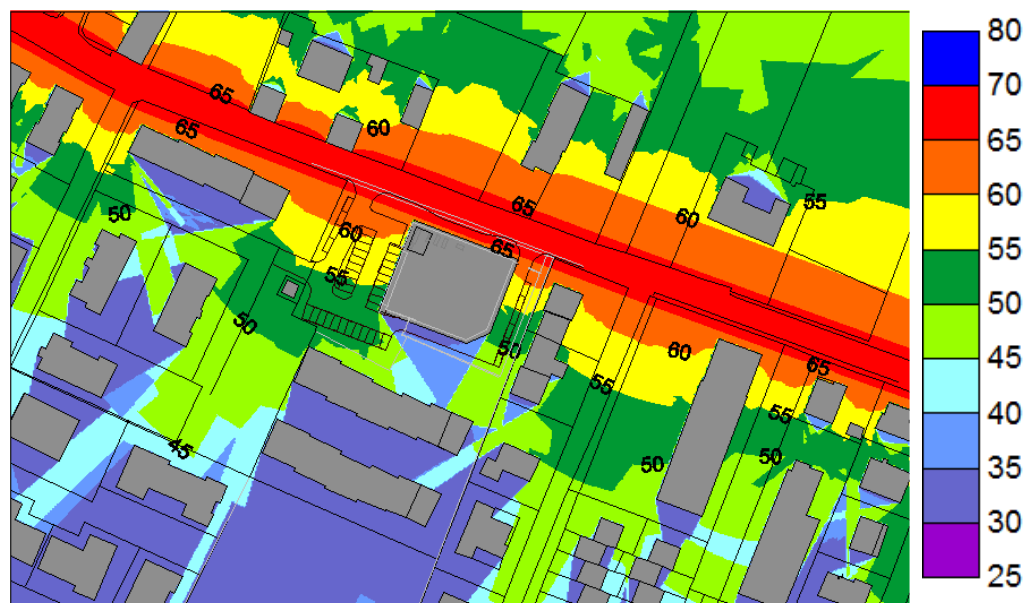


Figura 27: Mappa isolivello pressione sonora diurna derivante dal traffico sulla SP255 stato di progetto con legenda

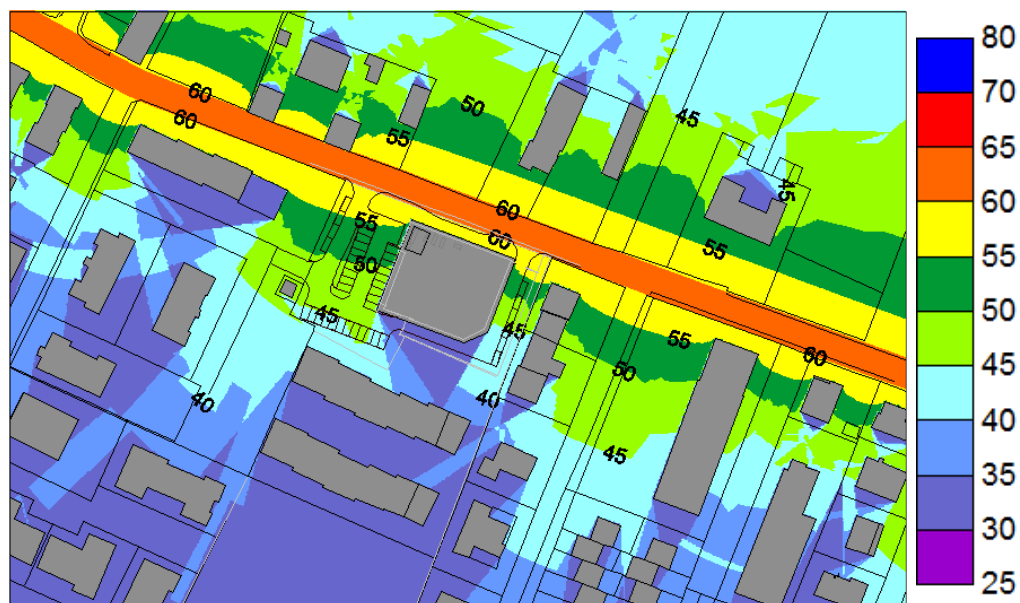


Figura 28: Mapa isolivello pressione sonora notturna derivante dal traffico sulla SP255 stato di progetto con legenda

Per la previsione dei livelli sonori futuri indotti dagli impianti descritti nel paragrafo 5 è stato utilizzato il software Ramsete, di cui è riportata una descrizione nell'Allegato C "Software di previsione acustica Ramsete", tramite il quale si è proceduto con l'esecuzione di apposite simulazioni. A tale scopo è stato costruito il modello geometrico dell'area in esame e sono state disposte le sorgenti sonore di progetto precedentemente descritte.

In particolare le sorgenti sonore relative agli impianti (omnidirezionali, a favore di sicurezza) sono state inserite nel modello come indicato di seguito (con i dati di rumorosità tarati secondo i dati indicati in grassetto al precedente paragrafo 5):

- A) Gascooler (a quota 5 m dal piano campagna);
- B) HF2 (a quota 5 m dal piano campagna);
- C) VRF (a quota 5 m dal piano campagna);
- D) estrattore banco pesce (a quota 9 m dal piano campagna);
- E) estrattore cappa cotture (a quota 9 m dal piano campagna);
- F) HRH30 (a quota 9 m dal piano campagna).

Le immagini che seguono mostrano il modello geometrico dell'area in esame con le sorgenti sonore (indicate con lettere maiuscole in quadrati) ed i principali ricettori (indicati con numeri in cerchi).

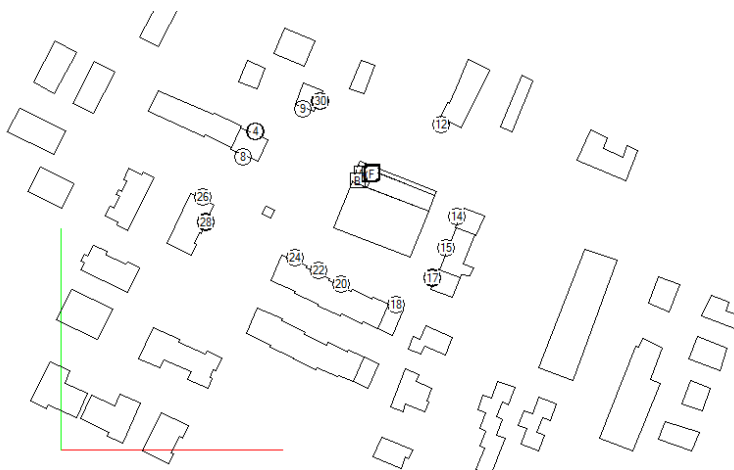


Figura 29: Modello day stato di progetto

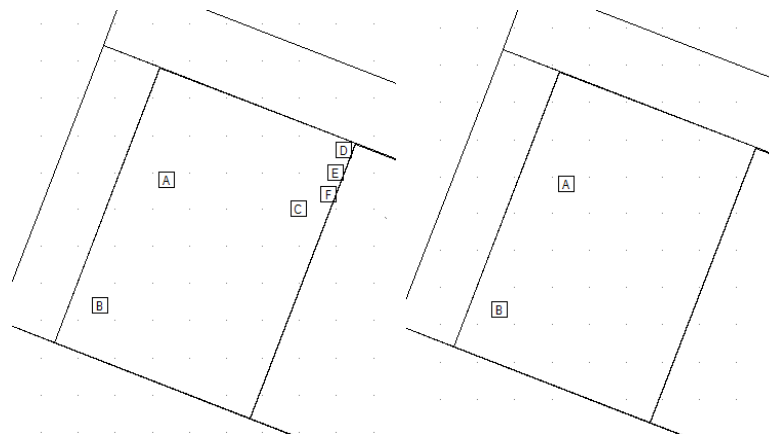


Figura 30: Particolare sorgenti modelli rispettivamente day e night stato di progetto

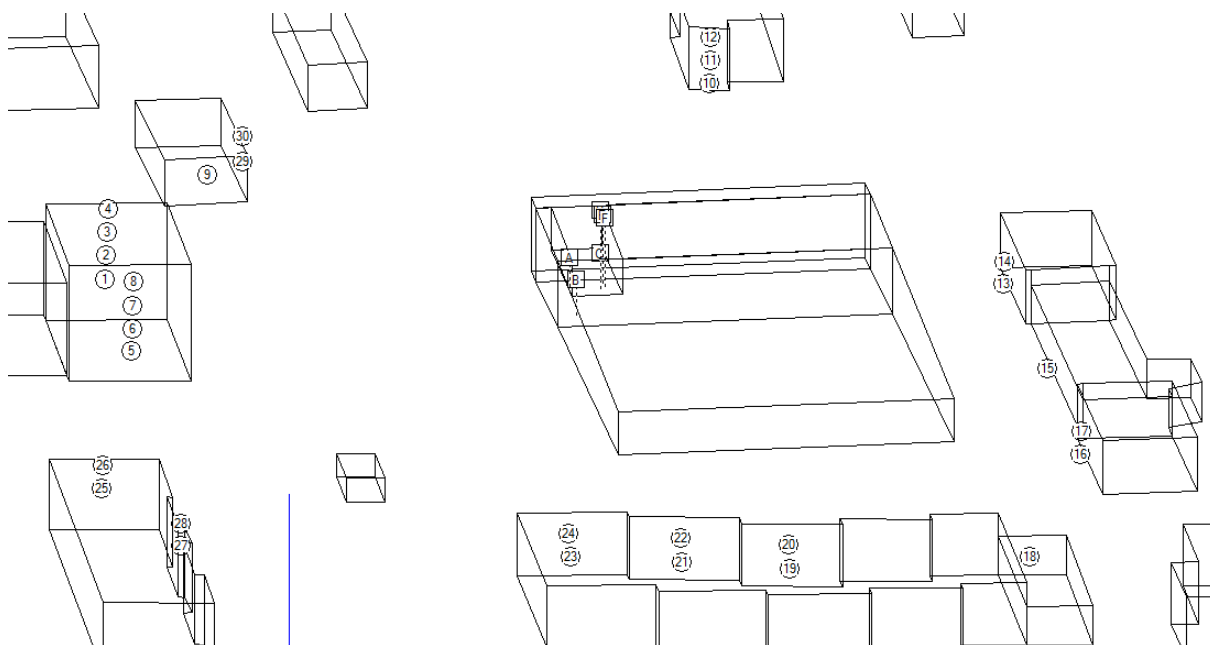


Figura 31: Assonometria modello day stato di progetto

Sono state poi effettuate le simulazioni, considerando la configurazione ipotetica più sfavorevole, ossia il funzionamento contemporaneo di tutti gli impianti (che, in termini di livelli assoluti di immissione, significa considerare tutti gli impianti attivi per tutto il tempo di riferimento);

i parametri di calcolo utilizzati sono: subdivision level 9, time 4 s, time resolution 0.1 s, humidity 70 %, temperature 20°C;

come materiale costituente le superfici è stato considerato, a favore di sicurezza, un intonaco calce; per le superfici che delimitano l'area scoperta che ospita gli impianti al primo piano è stato invece ipotizzato un materiale fonoassorbente.

Si riporta di seguito la mappa isolivello del livello di pressione sonora diurna così calcolata alla quota di 4 metri dal piano campagna; si omette la mappa notturna in quanto i valori sono talmente bassi da non permettere una mappatura significativa.

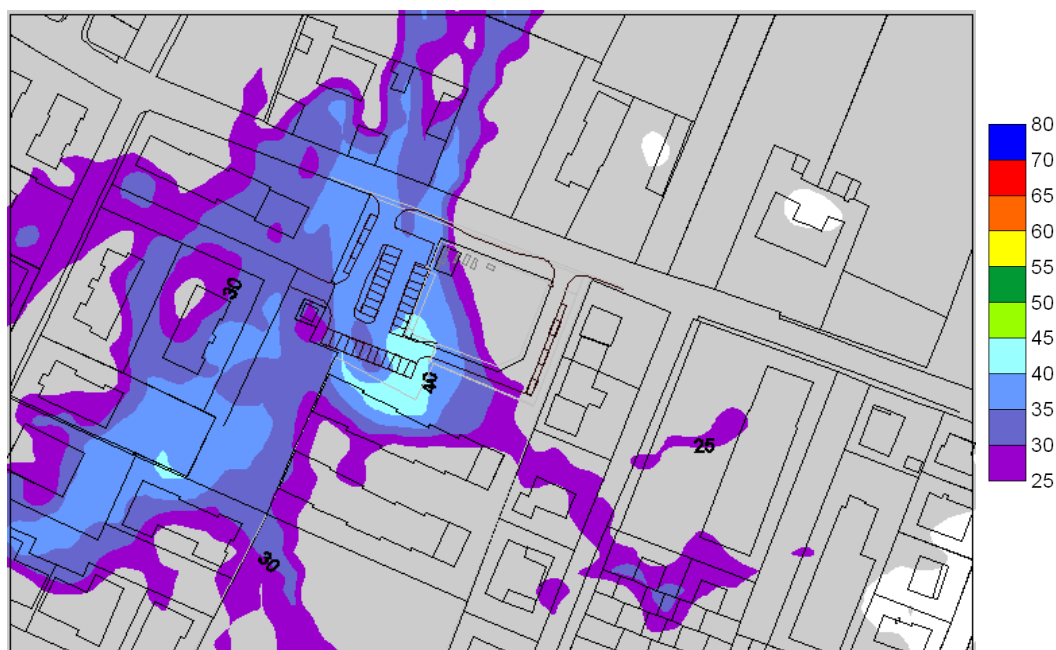
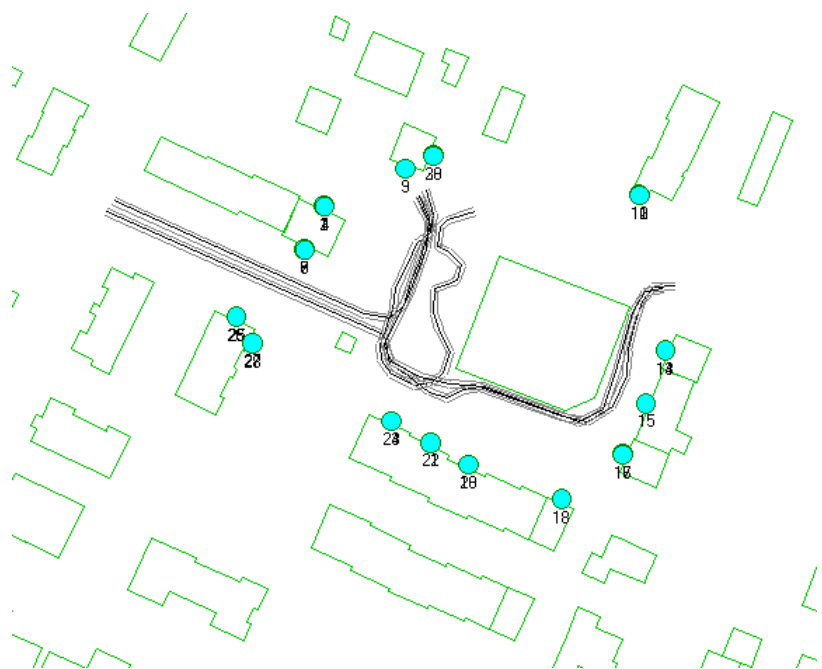


Figura 32: Mapa isolivello diurna impianti di progetto

Nella tabella seguente sono riportati i valori dei livelli di pressione sonora (rispettivamente diurni e notturni) derivanti dal rumore degli impianti simulati ai ricettori con il modello Ramsete dello stato di progetto –valutati ad un metro di distanza (all'esterno) della facciata dei ricettori – ed i relativi limiti assoluti di immissione (ricordando che i limiti di emissione sono inferiori a questi di 5 dB), nonché i valori derivanti dalle simulazioni con il modello Citymap del rumore stradale nello stato di progetto e le relative elaborazioni per la verifica del limite differenziale di immissione (si fa presente che i valori simulati nel periodo notturno sono talmente bassi che le conclusioni non cambiano anche considerando l'intervallo orario più sfavorevole).

ric N.	X	Y	Z	impianti day [dB(A)]	limite assoluto di immissione day [dB(A)]	impianti night [dB(A)]	limite assoluto di immissione night [dB(A)]	Leq Day traffico SDP [dB(A)]	somma impianti e traffico day [dB(A)]	differenziale day [dB]	Leq Night traffico SDP [dB(A)]	somma impianti e traffico night [dB(A)]	differenziale night [dB]
1	87.31	143.65	4.5	29.0	65	<10	55	62.6	62.6	0.0	56.0	56.0	0.0
2	87.4	143.61	7.5	28.9	65	<10	55	62.2	62.2	0.0	55.6	55.6	0.0
3	87.5	143.56	10.5	38.2	65	<10	55	61.8	61.8	0.0	55.2	55.2	0.0
4	87.62	143.51	13.5	42.7	65	<10	55	61.2	61.3	0.1	54.6	54.6	0.0
5	81.97	132.04	4.5	28.8	65	<10	55	33.2	34.5	1.3	26.6	26.6	0.0
6	82.07	132	7.5	34.3	65	<10	55	33.0	36.7	3.7	26.4	26.4	0.0
7	82.17	131.95	10.5	33.6	65	<10	55	34.3	37.0	2.7	27.7	27.7	0.0
8	82.28	131.9	21	30.2	65	<10	55	53.9	53.9	0.0	47.3	47.3	0.0
9	109.23	153.57	4.5	39.0	65	<10	55	67.3	67.3	0.0	60.7	60.7	0.0
10	171.68	146.59	1.5	17.7	65	<10	55	61.0	61.0	0.0	54.4	54.4	0.0
11	171.72	146.56	4.5	17.6	65	<10	55	60.9	60.9	0.0	54.3	54.3	0.0
12	171.78	146.52	7.5	17.5	65	<10	55	60.7	60.7	0.0	54.1	54.1	0.0
13	178.69	105.01	1.5	18.3	65	<10	55	57.8	57.8	0.0	51.2	51.2	0.0
14	178.67	104.96	4.5	10.4	65	<10	55	57.7	57.7	0.0	51.1	51.1	0.0
15	173.52	90.83	1.5	24.4	65	<10	55	51.3	51.3	0.0	44.7	44.7	0.0
16	167.38	77.19	1.5	23.5	65	<10	55	48.0	48.0	0.0	41.4	41.4	0.0
17	167.36	77.13	4.5	23.7	65	<10	55	48.0	48.0	0.0	41.4	41.4	0.0
18	150.97	65.16	1.5	24.6	55	<10	45	45.3	45.3	0.0	38.7	38.7	0.0
19	126.03	74.44	1.5	36.2	55	<10	45	48.2	48.5	0.3	41.6	41.6	0.0
20	125.96	74.47	4.5	41.0	55	<10	45	48.3	49.0	0.7	41.7	41.7	0.0
21	116.04	80.32	1.5	38.3	55	<10	45	47.1	47.6	0.5	40.5	40.5	0.0
22	115.98	80.35	4.5	40.1	55	<10	45	47.1	47.9	0.8	40.5	40.5	0.0
23	105.41	86.12	1.5	31.7	55	<10	45	47.9	48.0	0.1	41.3	41.3	0.0
24	105.34	86.15	4.5	44.0	55	<10	45	47.9	49.4	1.5	41.3	41.3	0.0
25	63.99	113.99	4.5	28.7	65	<10	55	48.2	48.2	0.0	41.6	41.6	0.0
26	63.92	114.03	7.5	36.9	65	<10	55	45.7	46.2	0.5	39.1	39.1	0.0
27	68.26	106.97	4.5	37.7	55	<10	45	50.1	50.3	0.2	43.5	43.5	0.0
28	68.21	106.87	7.5	41.1	55	<10	45	50.1	50.6	0.5	43.5	43.5	0.0
29	116.6	157.16	1.5	34.5	65	<10	55	61.9	61.9	0.0	55.3	55.3	0.0
30	116.53	156.99	4.5	37.1	65	<10	55	61.6	61.6	0.0	55.0	55.0	0.0

Per quanto riguarda il rumore veicolare all'interno dell'area destinata a parcheggi, ipotizzando nel periodo diurno 400 passaggi di auto per il parcheggio principale e 24 per il parcheggio situato ad est del fabbricato nonché 10 passaggi di camion per l'approvvigionamento delle merci (tutti non influenti sul rumore del traffico prodotto dalla SP255), è stato realizzato un modello con il sopracitato software Citymap di cui si riportano di seguito la geometria di interesse ed i valori simulati ai ricettori identificati in precedenza, con le relative post-elaborazioni relative alla somma con il rumore degli impianti (sostanzialmente ininfluente):



ric N.	Leq Day SDP solo parcheggi	somma day parcheggi e impianti	limite assoluto day
1	45.4	45.4	65
2	45.3	45.3	65
3	45.1	45.1	65
4	44.8	44.8	65
5	47.8	47.8	65
6	47.4	47.4	65
7	47.0	47.0	65
8	47.9	47.9	65
9	51.6	51.6	65
10	42.7	42.7	65
11	42.6	42.6	65
12	42.6	42.6	65
13	48.5	48.5	65
14	48.2	48.2	65
15	48.8	48.8	65
16	47.4	47.4	65
17	47.2	47.2	65
18	45.6	45.6	55
19	48.8	48.8	55
20	48.8	48.8	55
21	50.9	50.9	55
22	50.8	50.8	55
23	52.5	52.5	55
24	52.3	52.3	55
25	47.1	47.1	65
26	47.1	47.1	65
27	46.0	46.0	55
28	46.4	46.4	55
29	50.9	50.9	65
30	50.8	50.8	65

I risultati delle simulazioni effettuate, confrontate con i limiti (ricordando che i limiti differenziali di immissione sono pari a 5 dB durante il periodo diurno ed a 3 dB durante il periodo notturno) fanno concludere che, con i valori rilevati ed i calcoli e le ipotesi di cui sopra, i rumori prodotti dal supermercato in oggetto risultano compatibili con i limiti imposti dalla classificazione acustica del territorio.

Per quanto riguarda il rumore derivante dalle operazioni di carico e scarico merci, si ritiene sia difficilmente modellizzabile in modo verosimile, in quanto derivante da sorgenti sonore non definibili a priori e condizionato da un numero elevatissimo di variabili; come precedentemente indicato, si tratta di attività svolte esclusivamente durante il periodo diurno; le relative componenti principali di rumore derivano sostanzialmente dalla movimentazione dei roll containers, dal rumore antropico degli operatori e dal rumore dei frigoriferi di alcuni mezzi (il cui transito è già stato considerato nel modello del traffico veicolare all'interno del parcheggio). Al fine di minimizzare il relativo impatto acustico è necessario che nella gestione venga posta particolare attenzione ad ognuna delle componenti indicate; in tal modo, limitando anche gli intervalli temporali interessati dalle attività, e ricordando che i livelli sonori che caratterizzano i ricettori retrostanti sono in realtà superiori a quanto calcolato, si ritiene che i limiti imposti dalla classificazione acustica del territorio possano essere rispettati.

7. Accorgimenti previsti per ridurre l'impatto acustico

Si ritiene opportuno inoltre ricordare, oltre a quanto già indicato in precedenza, alcuni accorgimenti utili per limitare i livelli di pressione sonora:

- installare gli impianti tecnologici a regola d'arte e secondo le indicazioni delle ditte produttrici, e disgiungerli dalla struttura tramite idonei supporti antivibranti;
- mantenere gli impianti tecnologici e le macchine in efficienza e verificarli periodicamente (anche per evitare l'insorgere di rumori anomali);
- porre attenzione nella gestione dell'attività alla movimentazione delle merci (in particolare all'esterno dell'attività) e ad evitare la generazione di rumori inutili;
- mantenere la pavimentazione su cui vengono movimentati i roll containers il più possibile liscia e senza avvallamenti;

è inoltre necessario verificare eventuali modifiche o aggiunte a quanto sopra indicato: se significative dal punto di vista delle emissioni sonore esse comportano la necessità di provvedere alla relativa valutazione previsionale di impatto acustico.

8. Conclusioni

La presente valutazione previsionale di impatto acustico del supermercato Conad in oggetto si è articolata nelle seguenti fasi:

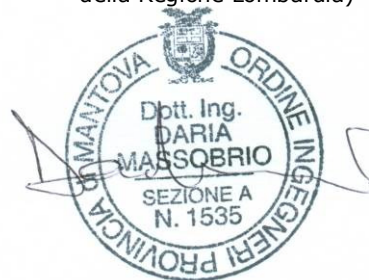
1. analisi della situazione esistente ed esecuzione di un rilievo fonometrico di lunga durata;
2. analisi dello stato di progetto (con le caratteristiche delle sorgenti sonore previste);
3. realizzazione e taratura di modelli di simulazione acustica;
4. valutazione dei livelli sonori previsti e confronto con i limiti, assoluti e differenziali, imposti dalla classificazione acustica del territorio comunale;
5. indicazione di accorgimenti utili a ridurre l'impatto acustico.

Con le ipotesi e le considerazioni esposte in precedenza si ritiene che l'impatto acustico provocato dall'attività in oggetto (comprensivo delle sorgenti sonore analizzate) sia compatibile con i limiti fissati dalla normativa vigente.

Quingentole 13/07/2018

ing. Daria Massobrio

(tecnico competente in acustica ambientale
riconosciuto con Decreto n. 32169/01
della Regione Lombardia)



Allegato A – Certificati di taratura (stralci) della strumentazione utilizzata



CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 39226-A
Certificate of Calibration LAT 068 39226-A

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accordo LAT N° 068 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta la capacità di misura e di taratura, la competenza metrologica del Centro e la rilevanza delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 068 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

- data di emissione date of issue	2017-05-12
- cliente customer	MASSOBRO ING. DARIA 48020 - QUINCENTOLE (RM)
- destinatario receiver	MASSOBRO ING. DARIA 48020 - QUINCENTOLE (RM)
- richiesta application	17-00179-T
- in data date	2017-05-10
- Si riferisce a Referring to	
- oggetto item	Analizzatore
- costruttore manufacturer	Larson & Davis
- modello model	824
- matricola serial number	1693
- data di ricevimento oggetto date of receipt of item	2017-05-10
- data della misura date of measurement	2017-05-12
- registro di laboratorio laboratory reference	Reg. 03

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di rilevanza del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

La incertezza di misura dichiarata in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-402. Solamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95%. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-402. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor is 2.

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre



CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 39227-A
Certificate of Calibration LAT 068 39227-A

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accordo LAT N° 068 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta la capacità di misura e di taratura, la competenza metrologica del Centro e la rilevanza delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 068 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

- data di emissione date of issue	2017-05-12
- cliente customer	MASSOBRO ING. DARIA 48020 - QUINCENTOLE (RM)
- destinatario receiver	MASSOBRO ING. DARIA 48020 - QUINCENTOLE (RM)
- richiesta application	17-00179-T
- in data date	2017-05-10
- Si riferisce a Referring to	
- oggetto item	Fibre 1/3 ottone
- costruttore manufacturer	Larson & Davis
- modello model	824
- matricola serial number	1693
- data di ricevimento oggetto date of receipt of item	2017-05-10
- data della misura date of measurement	2017-05-12
- registro di laboratorio laboratory reference	Reg. 03

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di rilevanza del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

La incertezza di misura dichiarata in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-402. Solamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95%. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-402. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor is 2.

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre



CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 39225-A
Certificate of Calibration LAT 068 39225-A

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accordo LAT N° 068 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta la capacità di misura e di taratura, la competenza metrologica del Centro e la rilevanza delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 068 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

- data di emissione date of issue	2017-05-12
- cliente customer	MASSOBRO ING. DARIA 48020 - QUINCENTOLE (RM)
- destinatario receiver	MASSOBRO ING. DARIA 48020 - QUINCENTOLE (RM)
- richiesta application	17-00179-T
- in data date	2017-05-10
- Si riferisce a Referring to	
- oggetto item	Calibratore
- costruttore manufacturer	Larson & Davis
- modello model	CAL200
- matricola serial number	4521
- data di ricevimento oggetto date of receipt of item	2017-05-10
- data della misura date of measurement	2017-05-12
- registro di laboratorio laboratory reference	Reg. 03

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di rilevanza del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

La incertezza di misura dichiarata in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-402. Solamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95%. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-402. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor is 2.

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre

Allegato B – Schede tecniche (stralci di interesse)

LUVATA

Project	gas cooler - KCE 82F4 G722 SPM C24 EC CB CB3		
Fluid	R744 superheated	Lp(A) @ 10m	35



TECHNICAL DATA SHEET

HF2 2EES-3Y H1SM MA6

Application Range	HT
N° of compressors	1 n°
Compressors Brand	BITZER
Compressor Model	2EES-3Y
Compressors Power	3 HP

Gas type	R134a
Evaporation temperature	24 °C
Condensation Temperature	52 °C
Max High Pressure	30 Bar
Refrigeration Capacity	12,38 kW
Electrical Supply	400-3-50
Input power	2,43 kW
Run current	4,98 A
Maximum operation current	8,0 A

Front side (-L-)	1.350 mm
Lateral side (-P-)	750 mm
Height (-H-)	1.280 mm
Lenght (-A-)	
Width (-B-)	

WEIGHT	180 Kg
---------------	---------------

Fans Number STD	2
Air Flow (m3/h)	5.300 m ³ /h

SOUND POWER LEVEL		
L _W	66,2*	dB(A)
SOUND PRESSURE LEVEL at 10 mt		
L _p 10 mt	38,2*	dB(A)

* Tolerance ±2 db(A)

Sound pressure level ⁴	dB(A)	69
Sound power level	dB(A)	91

Notes:

4. Sound pressure level is measured at a position 1m in front of the unit and 1.3m above the floor in a semi-anechoic chamber.

T.C.F. s.r.l.	Via Giuseppe Di Vittorio, n°5	Cadriano di Granarolo Emilia (Bologna)	C.A.P.40057
Telefono (051) 765002-765650	Fax (051) 765317	Sito internet : www.tcf.it	P.IVA 00535681209

CENTRALE DI TRATTAMENTO ARIA MODELLO:	AZ 5
Portata d'aria di funzionamento della C.T.A.:	5000 m³/h
Riferimento C.T.A.:	EXT BANCO PESCE

RUMOROSITÀ SEZIONI DI MANDATA

Potenza sonora espressa in dB - tolleranza +/- 3dB (+/-5 db fino a 125Hz). Analisi in frequenza.

F [Hz]	db(A)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Bocca di aspirazione	75	79	74	79	73	68	64	56	49
Bocca di mandata	82	78	78	82	77	77	74	72	70
Attraverso pannellature	68	73	73	70	63	64	59	45	39

Pressione sonora a 1 m in dB(A) con propagazione semisferica - tolleranza +/- 4dB. Analisi in frequenza.

F [Hz]	db(A)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Bocca di aspirazione	67	46	52	64	63	62	59	51	42
Bocca di mandata	76	45	55	67	67	70	69	67	62
Attraverso pannellature	61	40	50	50	55	53	57	54	40

CENTRALE DI TRATTAMENTO ARIA MODELLO:	AZ 6
Portata d'aria di funzionamento della C.T.A.:	6000 m³/h
Riferimento C.T.A.:	EXT GASTRONOMIA

RUMOROSITÀ SEZIONI DI MANDATA

Potenza sonora espressa in dB - tolleranza +/- 3dB (+/-5 db fino a 125Hz). Analisi in frequenza.

F [Hz]	db(A)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Bocca di aspirazione	78	82	77	82	76	71	67	59	52
Bocca di mandata	85	81	81	85	80	80	77	75	73
Attraverso pannellature	71	76	76	73	66	67	62	48	42

Pressione sonora a 1 m in dB(A) con propagazione semisferica - tolleranza +/- 4dB. Analisi in frequenza.

F [Hz]	db(A)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Bocca di aspirazione	69	49	54	67	66	64	61	53	44
Bocca di mandata	79	48	58	70	70	74	72	70	65
Attraverso pannellature	64	43	53	53	58	56	61	57	43

I dati di rumorosità sono riferiti alle condizioni di funzionamento sopra riportate; un'installazione non corretta (macchina non isolata da terra, dalle vibrazioni delle canalizzazioni e dell'impianto idraulico) e fonti di rumore differenti (fondo, bocche non pannellate, canalizzazioni, vibrazioni, ecc...) modificano i valori calcolati.

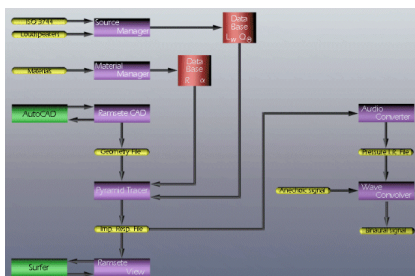
UNITA' TIPO: HRH 30

5	Ventilatore di mandata
Portata	2400 m³/h
Prevalenza utile	200 Pa
Potenza elettrica assorbita	0.67 kW
Corrente max	1.70 A
Efficienza statica	55.9 %
Potenza sonora	76.3 dB(A)

Livelli di rumorosità a 1 m									
SWL (dB (A)) in Banda d'ottava (Hz)									
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
71	67	76	74	69	69	67	63		
Pressione sonora - SPL Immissione							68	dB(A)	
Pressione sonora - SPL Ripresa							68	dB(A)	
Pressione sonora - SPL Esterno							51	dB(A)	

Allegato C – Software di previsione acustica Ramsete

Il pacchetto Ramsete è formato da sette programmi; in questo studio ne sono stati utilizzati cinque, ovvero: Ramsete CAD, Material Manager, Source Manager, Ramsete Trace, Ramsete View.



Ramsete CAD consente di creare geometrie tridimensionali e di introdurre i principali elementi geometrici, quali pavimento, pareti, tetti, porte, finestre, ricevitori e sorgenti, cui può essere assegnato un orientamento. Attraverso il programma Material Manager vengono assegnati i dati di assorbimento ed isolamento acustico dei materiali nelle 10 bande di frequenza considerate (da 31.5 a 16000 Hz).

Source Manager serve per generare e visualizzare i file che contengono i dati sulle sorgenti sonore (.SPK). Esso comprende anche un modulo, chiamato ISO 3744 (3746) per l'utilizzo diretto di dati di livello sonoro rilevati attorno ad una sorgente in accordo con le metodiche per la determinazione dei livelli di potenza sonora secondo le norme ISO citate.

Ramsete Trace costituisce il tracciatore di piramidi vero e proprio.

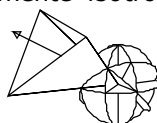
Ramsete View consente di effettuare visualizzazioni tridimensionali prospettiche delle geometrie e di mappare i risultati (livelli sonori, tempi di riverbero) e tutti i tipici parametri acustici.

Algoritmo di calcolo

Il pacchetto Ramsete è stato sviluppato per risolvere tutte le limitazioni contenute nei sistemi di modellizzazione del campo sonoro in grandi ambienti.

In particolare il tracciatore di piramidi implementato consente di tenere conto dell'effetto di diffrazione sul bordo libero delle schermature o degli ostacoli, e considera pure la quota di energia che passa attraverso le superfici (dotate di Potere Fonoisolante finito).

La generazione delle piramidi è perfettamente isotropa, mediante un algoritmo di progressiva bisezione degli 8 spicchi di partenza:



Il tracciamento delle piramidi viene proseguito fino ad ordini elevatissimi (anche se è possibile limitarlo ad un ordine prefissato), in modo da ricostruire l'intera coda sonora, in ciascun punto ricevitore.

Come in tutti i tracciatori di fasci divergenti (beam tracing, cone tracing etc.), la coda sonora tende ad essere sottostimata in campo riverberante, poichè al crescere delle dimensioni della base di ciascun fascio aumenta la probabilità di "perdere" una sorgente immagine. E' pertanto necessario effettuare una correzione della coda sonora (che viceversa non era necessaria con algoritmi tipo "ray tracing").

Ramsete impiega una correzione della coda sonora di tipo moltiplicativo. Essa si basa sul fatto che il numero di impatti su un ricevitore nell'unità di tempo $n(t)$, ottenuto da un tracciatore di fasci divergenti, può essere descritto matematicamente, secondo Maercke/Martin, dalla relazione:

$$n(t) = \frac{4 \cdot \pi \cdot c_0^3 \cdot t^2}{V} \cdot \left(1 - e^{-\frac{l_{cm}^2 \cdot N}{4 \cdot c_0^2 \cdot \beta \cdot t^2}} \right) = \frac{4 \cdot \pi \cdot c_0^3 \cdot t^2}{V} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t_c^2}{t^2}} \right) \quad (1)$$

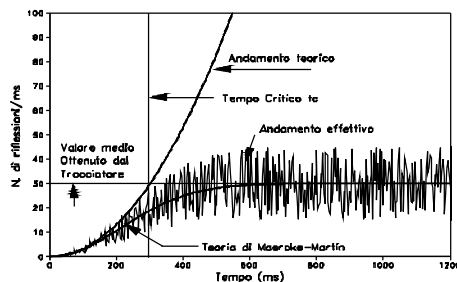
L'andamento teorico secondo la teoria delle sorgenti immagine è invece costituito semplicemente dal primo fattore della relazione suddetta, senza il termine fra parentesi, e pertanto cresce con il quadrato del tempo.

Al tendere all'infinito del tempo t , la relazione (1) fornisce poi un valore teoricamente costante del numero di impatti sul ricevitore nell'unità di tempo:

$$n(\infty) = \frac{N \cdot c_0 \cdot l_{cm}^2}{V} \cdot \frac{\pi}{4 \cdot \beta} \quad (2)$$

Nelle relazioni (1) e (2) compaiono due parametri dipendenti dalla natura del campo sonoro: il Libero Cammino Medio l_{cm} , che viene calcolato da Ramsete in base ad una statistica sull'effettiva percorrenza dei raggi sparati in asse alle piramidi, ed il coefficiente adimensionale β , che dipende dalla natura più o meno sabiniana del campo sonoro (in campo perfettamente diffuso risulta $\beta = 0.3$).

Il Tempo Critico t_c , che compare nella relazione (1), rappresenta il punto di ideale separazione fra la prima parte della coda sonora, in cui vengono rilevate correttamente tutte le sorgenti immagine, e la parte tardiva in cui il numero di arrivi di energia nell'unità di tempo è costante: esso è infatti definito come il punto di intersezione fra la parabola, corrispondente all'andamento teorico, e la retta orizzontale che rappresenta il numero costante di intercettazioni rappresentato dalla relazione (2). La seguente figura illustra una situazione reale, a confronto con le stime teoriche di cui sopra:



La correzione della coda riverberante viene dunque eseguita semplicemente dividendo l'energia sonora per il termine fra parentesi della relazione (1), che è sempre minore di 1 e va diminuendo progressivamente al crescere di t .

L'altro aspetto che differenzia il tracciatore piramidale di Ramsete dagli altri metodi di beam tracing è la possibilità di dichiarare "obstructing" alcune superfici. Quando una piramide colpisce una di queste superfici, vengono attivati ulteriori controlli, onde verificare se dietro di essa si trova un ricevitore. In tale caso, si calcola il contributo sullo stesso fornito dall'onda sonora che ha attraversato la superficie (in base al potere fonoisolante della stessa). Si verifica poi se la superficie presenta bordi liberi, ed in caso affermativo viene portato un ulteriore contributo di energia al ricevitore a partire da ciascun bordo libero, calcolato con la nota relazione di Keller/Maekawa.

Grazie a queste possibilità, l'algoritmo di tracciamento è in grado di affrontare lo studio della propagazione sonora anche in spazi geometricamente complessi, in presenza di schermature parziali o totali.

Ulteriori informazioni relative all'algoritmo di tracciamento ed al modello di calcolo sono disponibili sul manuale del programma.

COMUNE DI NONANTOLA
PROVINCIA DI MODENA

STUDIO DEL TRAFFICO DEL PROGETTO DI EDIFICIO AD USO COMMERCIALE IN COMUNE DI NONANTOLA (MO)



Relazione tecnica

Committente:
Studio Archi-Pro

Tecnico:
Dott. Ing. Francesco Mazza

Febbraio 2018



AIRIS

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

www.airis.it

INDICE

1	PREMESSA.....	1
2	DESCRIZIONE DELLA RETE STRADALE DI RIFERIMENTO E DEI FLUSSI DI TRAFFICO ANTE OPERAM.....	1
2.1	<i>CARATTERIZZAZIONE DELL'ASSETTO VIARIO DI RIFERIMENTO</i>	<i>1</i>
2.2	<i>I FLUSSI DI TRAFFICO NELLO SCENARIO ANTE OPERAM.....</i>	<i>4</i>
3	STIMA DEI FLUSSI DI TRAFFICO NELLO SCENARIO FUTURO.....	7
4	I FLUSSI DI TRAFFICO SULLA RETE STRADALE NELLO SCENARIO FUTURO	11
5	LA VERIFICA DELL'EFFICIENZA DELL'ACCESSO SULLA VIA PROVINCIALE EST (SP 255)	13
6	SINTESI E CONCLUSIONI.....	18

1 PREMESSA

Il contenuto di questo Studio del traffico è finalizzato alla valutazione degli effetti sulla mobilità del progetto di un nuovo edificio a uso commerciale, in un lotto posto lungo la via Provinciale Est (SP 255) all'interno del centro abitato di Nonantola, in precedenza già occupato da due edifici demoliti in conseguenza del sisma del 2012.

La relazione sintetizza le elaborazioni effettuate e gli elementi di giudizio sulla situazione del traffico veicolare nello scenario futuro, con particolare riferimento al nuovo accesso al sito previsto dalla strada provinciale, sulla base e dei principali parametri trasportistici dell'intersezione.

Il percorso svolto per l'analisi è stato il seguente:

- *ricostruzione delle caratteristiche della rete stradale di riferimento* oggetto di studio, svolta attraverso dati cartografici aggiornati della situazione ante operam al fine di caratterizzare gli archi della rete di riferimento per l'ambito in esame;
- *analisi del traffico* nello scenario attuale, al fine di caratterizzare la situazione della circolazione stradale sulla viabilità principale di riferimento costituita dalla SP 255; in questa fase è stato analizzato lo studio "Il sistema della mobilità" redatto Polinomia nel 2009 e facente parte de Quadro Conoscitivo del PSC dal quale sono stati ricavati i dati di traffico necessari a caratterizzare lo scenario ante operam, previa una verifica della loro attendibilità a descrivere la situazione attuale dei flussi sui tratti di rete di interesse;
- *stima del traffico indotto nello scenario futuro*, in funzione della attività commerciale da insediare e di una sua ripartizione sulla rete stradale dello scenario futuro;
- *assegnazione dei veicoli sulla rete nello scenario futuro*, sulla base di assunzioni cautelative sulla provenienza dell'utenza della struttura commerciale;
- *verifica tecnica dell'efficienza della principale intersezione*, il nuovo accesso dalla strada provinciale, attraverso una microsimulazione che porti alla stima dei principali parametri trasportistici;
- *commento dei risultati*.

I risultati ottenuti sono riportati nel dettaglio nei capitoli seguenti.

2 DESCRIZIONE DELLA RETE STRADALE DI RIFERIMENTO E DEI FLUSSI DI TRAFFICO ANTE OPERAM

2.1 CARATTERIZZAZIONE DELL'ASSETTO VIARIO DI RIFERIMENTO

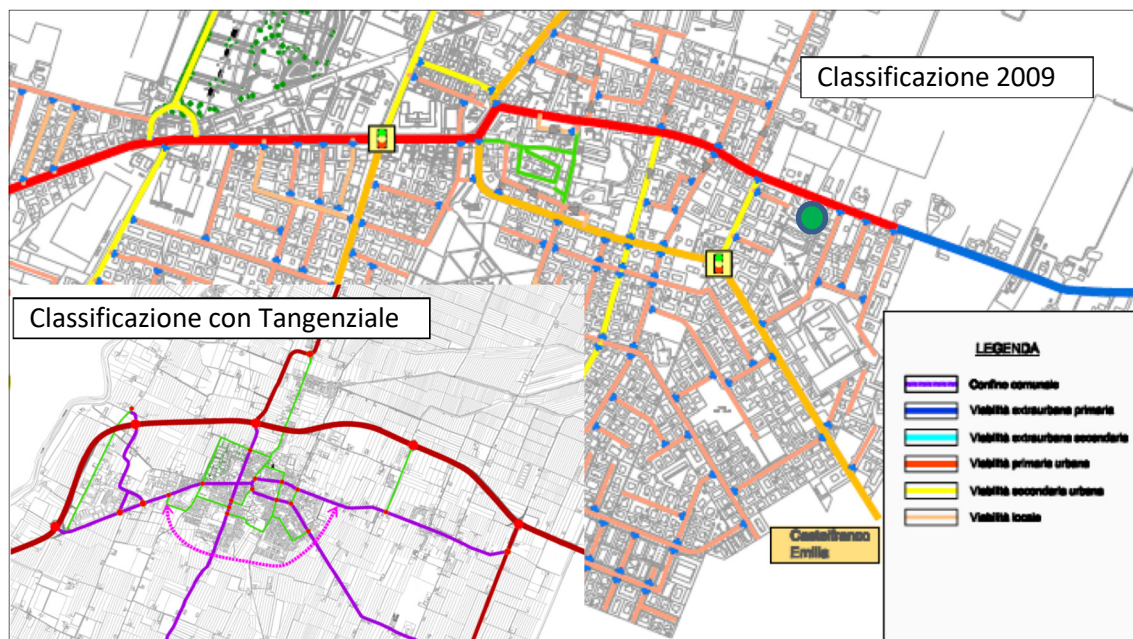
Il sito oggetto del presente studio, è situato nell'area a ovest del centro abitato di Nonantola, sul lato sud della via provinciale 255, tra le intersezioni di quest'ultima con le vie Borghi e Marzabotto. Il sito è raggiungibile da ovest anche da via Montefiorino (Corografia 2.1).

In quest'ambito la strada provinciale SP 255 ha rappresentato la direttrice principale di collegamento di Nonantola con il territorio bolognese, sino alla realizzazione nel maggio del 2014 della Tangenziale Nord, che ne ha deviato il traffico, in particolare quello di attraversamento del centro abitato.

Img. 2.1 -- Corografia del sito del progetto



Img. 2.2 -- Classificazione funzionale della rete nello scenario pre e post realizzazione della Tangenziale Nord.



La classificazione funzionale della rete stradale, presente all'interno del PSC dal quale è presa l'immagine sopra esposta, mostra la gerarchia della rete e le tipologie di strade in prossimità del sito di progetto.

La SP 255, nel tratto interessato dall'intervento, già prima della realizzazione della Tangenziale Nord veniva classificata come viabilità primaria urbana, quindi con caratteristiche e limiti di strada all'interno del centro abitato.

Con la realizzazione della Tangenziale Nord, classificata come strada extraurbana secondaria (categoria C), il tratto della SP 255 in prossimità del sito di intervento, ha mantenuto la classificazione di strada urbana, ma ha visto ridursi i flussi di traffico in particolare di quello pesante e di attraversamento.

La SP 255, in quest'ambito urbano denominata Provinciale Est, si presenta con una carreggiata di larghezza pari a circa 6 m e con una corsia per senso di marcia, sui due lati è presente una banchina di larghezza ridotta mentre sono assenti i marciapiedi.

Img. 2.3 -- La SP 255, via Provinciale Est, in prossimità dell'aria di intervento



2.2 I FLUSSI DI TRAFFICO NELLO SCENARIO ANTE OPERAM

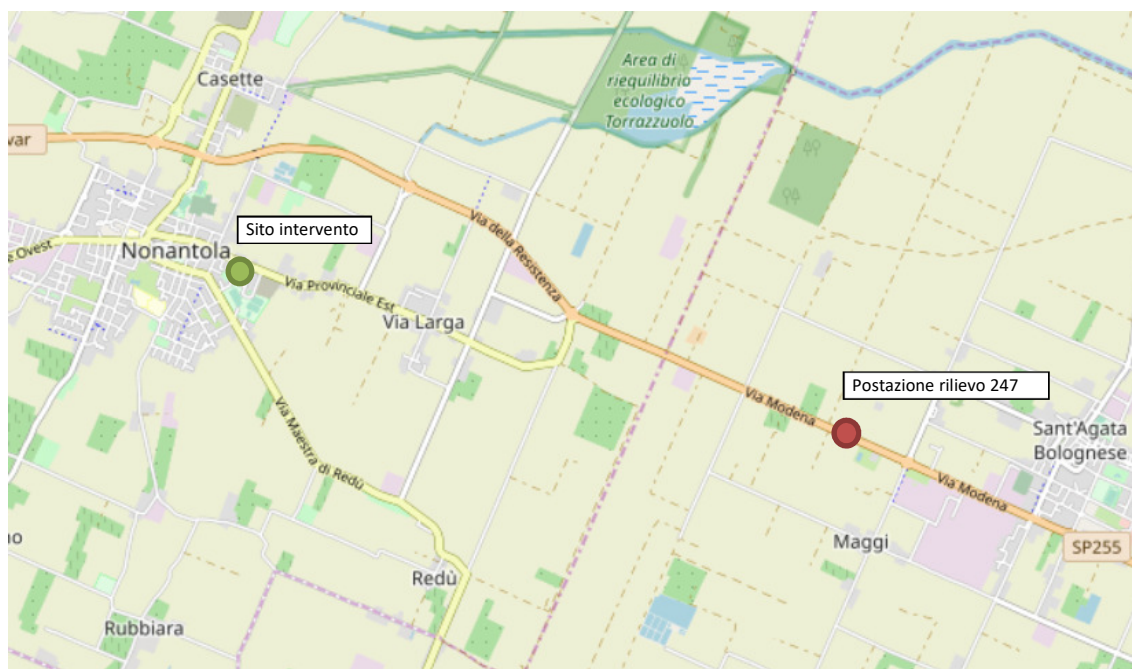
La caratterizzazione e la definizione dei flussi veicolari nello scenario ante operam, non disponendo di dati di rilievo diretto, è stata svolta a partire dai dati contenuti nel documento facente parte del Quadro Conoscitivo del PSC “Il sistema della mobilità” redatto da Polinomia nel 2009, dopo una loro validazione con i rilievi più recenti disponibili nel database regionale per la rete stradale dell’area di studio.

Visto che i dati dello Studio Polinomia si riferiscono a rilievi effettuati nella primavera 2008, si è ritenuto opportuno effettuare una verifica della collimazione tra i dati in serie storica, contenuti nel sistema “Flussi online” disponibile sul portale della Regione Emilia-Romagna e gestito dal Servizio viabilità, navigazione interna e portualità commerciale della Regione. Il Sistema, realizzato dalla Regione, dalle Province e dall’Anas, è composto da 281 postazioni, in funzione 24 ore su 24, installate sulle strade statali e principali provinciali, e raccoglie i flussi di traffico partendo dall’ottobre 2008.

I sistemi di rilievo installati forniscono al sistema centrale i dati rilevati che vengono messi a disposizione del pubblico classificati per sezione, direzione, tipologia di veicolo (leggeri/pesanti) e TGM per periodi feriali e festivi.

L’immagine seguente mostra la localizzazione delle sezioni di rilievo del Sistema regionale di rilevazione dei flussi di traffico dell’Emilia-Romagna, nell’area compresa tra Modena e Bologna, evidenziando in particolare la postazione di rilievo 148, collocata sulla SS n°9 tra Sant’Ambrogio e Castelfranco Emilia, quindi a poca distanza dalla sezione di rilievo utilizzata nello Studio Polinomia 2007, posta sulla SS 9 al km. 138+880, subito ad ovest dell’intersezione con la Tangenziale sud.

Img. 2.4 - Localizzazione della sezione di rilievo dei flussi veicolari



È stata dunque svolta un'analisi preliminare di confronto tra i flussi rilevati dal sistema regionale nel novembre del 2008 e del 2018, per avere informazioni sull'andamento dei flussi di traffico negli ultimi 10 anni sulla direttrice della SP 255.

La tabella che segue mostra i dati ottenuti direttamente dal Sistema informativo della Regione relativi ai due periodi messi a confronto.

Tab. 2.1 – Flussi di traffico giornalieri medi del Sistema di rilevazione del traffico della Regione Emilia-Romagna: novembre 2018-2018

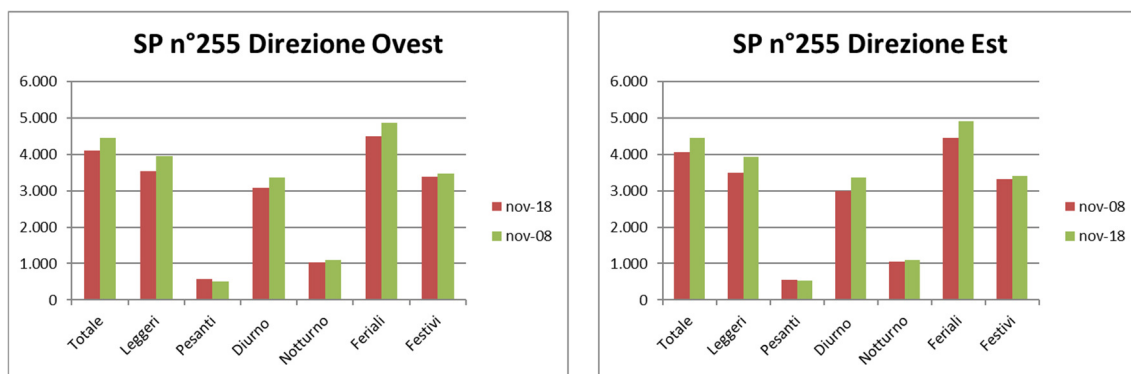
Periodo	Postazione	Direzione	Media Giornaliera Transiti						
			Totale	Leggeri	Pesanti	Diurno	Notturmo	Feriali	Festivi
11/2008	247	SP n°255	Ovest	4.113	3.541	573	3.074	1.039	4.501
11/2008	247	SP n°255	Est	4.056	3.500	556	2.997	1.059	3.324

Periodo	Postazione	Direzione	Media Giornaliera Transiti						
			Totale	Leggeri	Pesanti	Diurno	Notturmo	Feriali	Festivi
11/2018	247	SP n°255	Ovest	4.454	3.942	512	3.354	1.100	4.872
11/2018	247	SP n°255	Est	4.456	3.935	521	3.367	1.089	4.909

I due grafici che seguono mostrano la comparazione dei flussi di traffico rilevati nei due periodi temporali per direzione di marcia.

La tabella 2.2 mostra le variazioni percentuali dei flussi tra il novembre 2008 e il novembre 2018.

Graf. 2.1 - Confronto tra i dati del Sistema di rilevazione regionale del novembre 2008 e del novembre 2018



Tab. 2.2 – Variazioni percentuali nei flussi rilevati per il periodo temporale 2018-2008

Direzione	Totale	Leggeri	Pesanti	Diurno	Notturmo	Feriali	Festivi
Modena	8,29%	11,32%	-10,65%	9,11%	5,87%	8,24%	3,08%
Bologna	9,86%	12,43%	-6,29%	12,35%	2,83%	10,51%	2,23%

Analizzando i flussi nei due periodi considerati si vede come tra il novembre 2008 e il novembre 2018 vi sia stato un incremento dei flussi complessivi compreso tra l'8 e il 10% circa per le due direzioni di marcia. Tale incremento tuttavia è composto da un incremento dei veicoli leggeri tra l'11,3% e il 12,5% ed un calo dei veicoli pesanti che per la direzione ovest è intorno al -10% mentre per la direzione est è intorno al -6%.

Questi dati dunque confermano che tra il 2008 e il 2018 vi è stato sulla direttrice della SP 255 tra Nonantola e Sant'Agata Bolognese, un incremento dei flussi veicolari, in particolare dei veicoli leggeri, valutabile intorno al 10%.

Con la realizzazione della Tangenziale Nord, nel maggio del 2014, parte di questi flussi sono stati dirottati dalla SP 255 nel tratto urbano, al nuovo asse stradale.

Non sono disponibili conteggi di flussi che quantificano il trasferimento di veicoli avvenuto, tuttavia nello stesso studio di Polinomia del 2009, veniva stimata "una forte riduzione del traffico ottenibile sulla rete interna" stimata in circa il 40% sulla provinciale ovest.

È possibile ritenere, a nostro avviso molto cautelativamente, che sul ramo della Provinciale Est di nostro interesse la riduzione del traffico ottenuta dall'apertura della nuova tangenziale sia almeno pari all'incremento di traffico registrato tra il 2008, anno dei dati riportati per questo tratto stradale nello studio Polinomia del 2009, e il 2018 che rappresenta la situazione ante operam, che come si è visto è pari al circa al 10%.

La tabella che segue, estratta dallo studio Polinomia 2009, riporta la media oraria dei dati rilevati nella fascia tra le 7 e le 9 del mattino, assunta come fascia di punta giornaliera.

Tab. 2.3 – Variazioni percentuali nei flussi rilevati per il periodo temporale 2018-2008

Sezione		auto	furgoni	camion	articolati	autobus	biciclette	moto	speciali	tot.gen	Veq.	% pesanti
4 SP 255 est	ingresso	380	35	32	31	3	2	1	0	483	674	13,6%
	uscita	246	63	20	27	1	1	1	0	358	507	13,4%

Per il confronto diretto con lo scenario futuro, sono state assunte come flussi dello scenario ante operam i flussi veicolari riportati nella tabella che segue.

I valori della tabella si riferiscono ai flussi medi dalla fascia oraria tra le 7 e le 9 e sono suddivisi per tipologia di veicoli.

Tab. 2.4 – Valori di riferimento per lo scenario ante operam nell'ora di punta della sera

Strada	Dir.	Valori medi fascia di punta del mattino				
		Leg	Pes	Tot	% pes	Equiv
SP 255 Via provinciale Est	Est	311	48	359	13,4%	507
	Ovest	418	66	484	13,6%	674

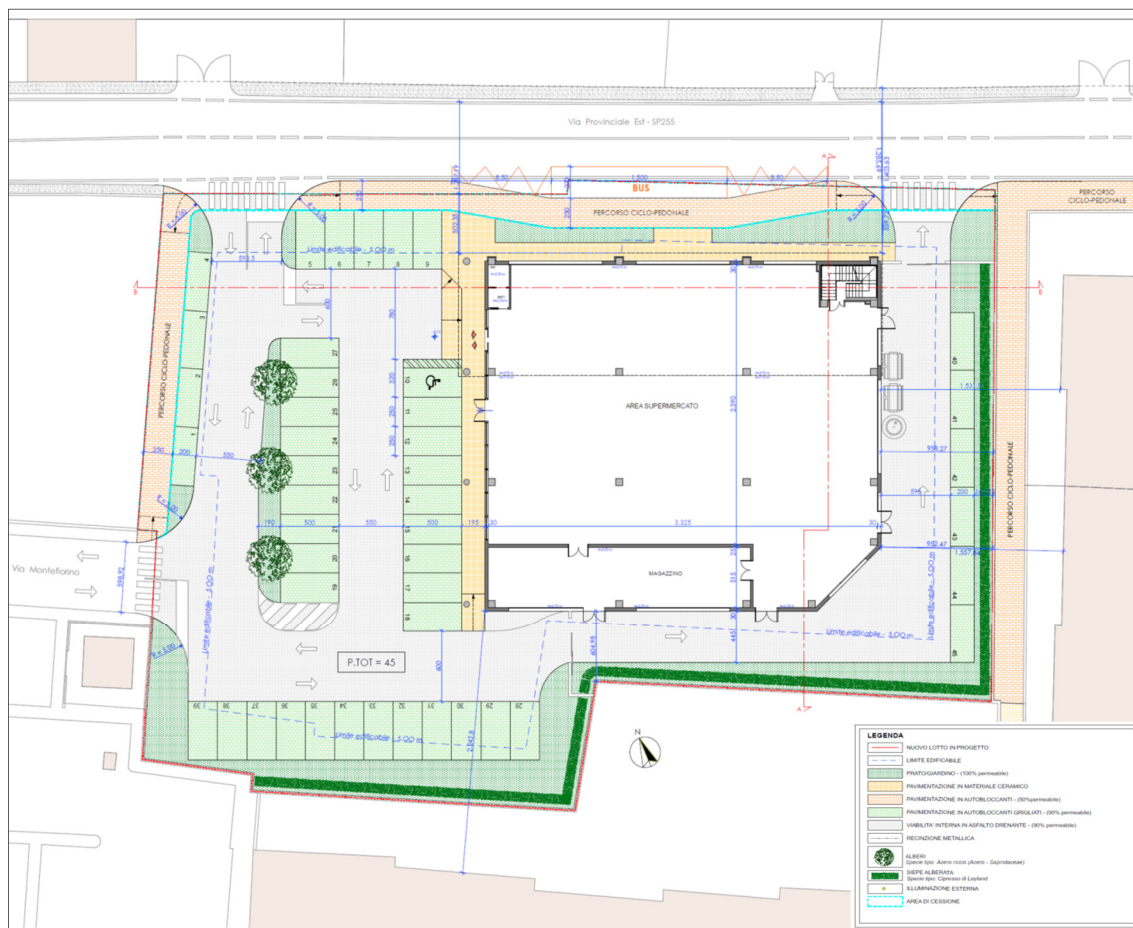
3 STIMA DEI FLUSSI DI TRAFFICO NELLO SCENARIO FUTURO

La costruzione dello scenario futuro ha lo scopo di consentire la verifica degli effetti conseguenti l'attuazione dell'intervento in un quadro complessivo che tenga conto anche della situazione preesistente nell'area urbana in cui questi si inseriscono.

In questo caso, visto lo scopo del presente studio, si assumerà che lo scenario futuro di riferimento sia costituito dal contesto esistente a cui verranno aggiunte le previsioni insediative e infrastrutturali del progetto.

L'immagine che segue mostra la planimetria dell'assetto esterno all'edifici in progetto.

Img. 3.1 - Localizzazione della sezione di rilievo dei flussi veicolari



In particolare, per quanto riguarda la viabilità, vengono indicati tre accessi sulla viabilità esterna al lotto:

- l'accesso principale dalla provinciale, con ingresso e uscita dal parcheggio a servizio della nuova struttura commerciale, situato in corrispondenza dell'accesso già preesistente;

- un secondo accesso da via Montefiorino a ovest, anch'esso con ingresso e uscita dal parcheggio a servizio della nuova struttura commerciale;
- un terzo accesso sulla strada provinciale, circa 55 m ad est del principale, previsto esclusivamente in uscita verso la provinciale e riservato ai soli mezzi di rifornimento della struttura.

Il progetto prevede la realizzazione di una medio-piccola struttura di vendita alimentare con una superficie complessiva di 1.071 m² circa, per una SU di 1.019 m² circa e una superficie di vendita di 600 m².

Secondo i dati forniti dalla Committenza gli addetti previsti sono 16, con turni di lavoro che prevedono una compresenza massima di 9 addetti a turno; mentre l'affluenza annua è stimata in circa 220 mila scontrini, con un orario di apertura della struttura di 12 ore (orientativamente apertura ore 7,30-8 chiusura 19,30-20).

La stima dei flussi di traffico generati e attratti dalla nuova struttura in progetto sono stati effettuati considerando il potenziale di attrazione prima indicato, trasformandolo in movimenti giornalieri e nell'ora di punta, che abbiano come origine o destinazione la struttura commerciale.

Ciò è stato fatto utilizzando opportuni coefficienti rapportati alla tipologia di struttura commerciale, stimando gli spostamenti complessivi: addetti, conferitori-prelevatori (fornitori, spedizionieri, ecc.) e utenti, generati e attratti nel giorno di massima affluenza feriale.

Successivamente, in relazione ai diversi soggetti ed alle motivazioni che stanno alla base dei loro spostamenti, sono stati introdotti opportuni coefficienti per tener conto del tipo di mezzo impiegato e dell'occupazione media del veicolo.

I coefficienti applicati per la stima del traffico veicolare indotto, desunti da casi simili studiati in precedenza e qui applicati in modo cautelativo sono i seguenti:

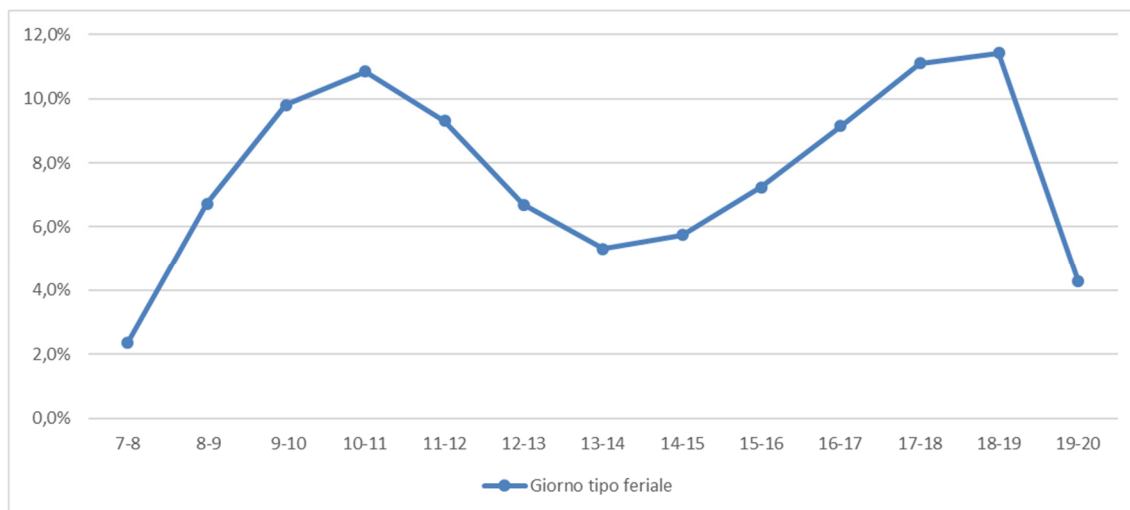
- 1 conferitore-prelevatore ogni 3 addetti circa, di cui l'80% con veicoli commerciali leggeri (furgoni) e il 20% con veicoli pesanti (> 3,5 t);
- per gli addetti l'uso dell'auto assunto è dell'85% con un coefficiente di riempimento pari a 1;
- per gli utenti l'uso dell'auto assunto è del 90% con un coefficiente di riempimento pari a 1, cioè il 10% degli scontrini è emesso a utenti che utilizzano mezzi diversi dall'auto.

Per quanto riguarda l'andamento settimanale, in strutture simili a quella in progetto, si ha un'affluenza abbastanza equilibrata tra i diversi giorni infrasettimanali.

Considerando l'orario di apertura continuato di 12 ore tutti i giorni della settimana e per 50 settimane all'anno, nello studio si è assunto 4.000 scontrini alla settimana, per il totale di scontrini venduti nel giorno medio di riferimento di circa 600 scontrini.

L'andamento orario degli scontrini emessi nel giorno "tipo", ottenuto anch'esso dai dati disponibili per strutture simili è mostrato nel grafico che segue in cui si vede come un'ora di punta di emissione degli scontrini si ha nella fascia tra le ore 10 e le 12, nella quale il numero di scontrini emessi si mantiene tra il 9,3 e il 10,8% del totale giornaliero; mentre la fascia di punta più alta nel giorno tipo si ha nel pomeriggio tra le 16 e le 19, con l'ora di punta relativa tra le ore 18 e le 19 con l'11,4% degli scontrini emessi nel giorno.

Grf. 3.1 - Distribuzione oraria degli scontrini emessi in un giorno tipo feriale



La tabella che segue mostra il risultato del carico urbanistico espresso in unità/giorno ottenuto dalle stime effettuate.

Tab. 3.1 - Carico urbanistico per le due nuove strutture commerciali previste nello scenario futuro (unità giorno)

Struttura	ADDETTI	UTENTI	CONFER/PRELEV
	u/g	u/g	u/g
Medio piccola struttura alimentare (600 m ² SV)	16	600	5

Complessivamente il carico urbanistico giornaliero stimato per la nuova struttura nello scenario futuro ammonta a 621 unità, di cui 600 sono gli utenti/scontrini.

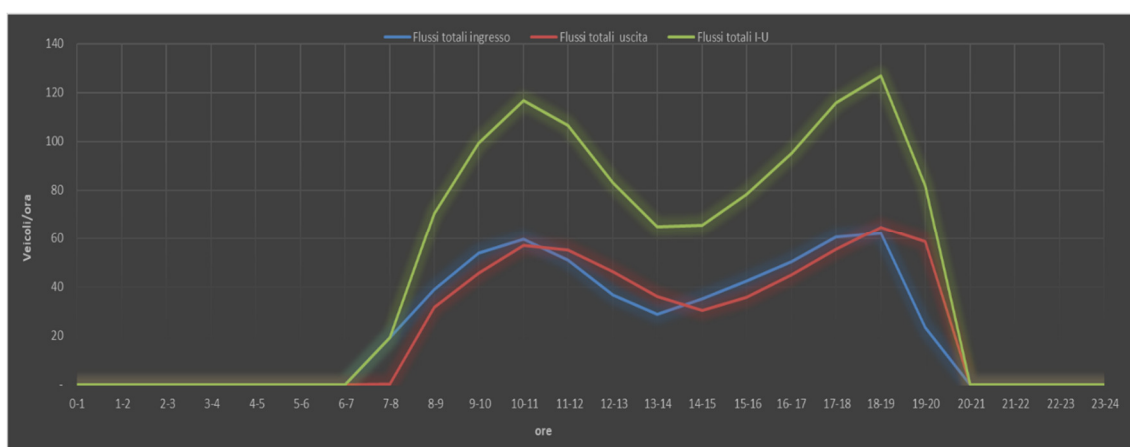
Riassumendo dunque, per lo scenario futuro la Tabella 3.2. mostra la stima dei flussi veicolari generati-attratti dalla struttura commerciale; mentre il grafico che segue mostra complessivamente la distribuzione oraria in ingresso e uscita dalla stessa struttura.

Si è presa in considerazione l'ora di punta del mattino tra le 8 e le 9 perché, pur non essendo la punta massima del mattino che si avrebbe tra le ore 10 e le 11, è quella che si approssima di più all'ora di punta sull'asse stradale indicato nel periodo 7,30-8,30. Mentre per il pomeriggio si riporta la punta massima stimata tra le ore 18 e le 19, che è anche l'ora di punta dell'intera giornata.

Tab. 3.2 - Flussi generati-attratti nel giorno di riferimento

Struttura	Veicoli/ giorno v/g	Veicoli ora di punta -ore 8-9		Veicoli ora di punta -ore 18-19	
		Ingressi v/h	Uscite v/h	Ingressi v/h	Uscite v/h
Medio piccola struttura alimentare (600 m ² SV)	562	39	32	62	65

Grf. 3.2 - Distribuzione oraria dei flussi veicolari in ingresso-uscita dalle strutture



Il calcolo effettuato porta dunque ad un volume giornaliero di veicoli generati e attratti dalla nuova struttura di circa 560 v/g.

La distribuzione oraria mostra poi come nelle ore di punta del mattino tra le ore 8 e le 9, e del pomeriggio tra le ore 18 e le 19, il flusso complessivo nelle due direzioni sia rispettivamente di 71 e 127 veicoli/ora.

Il numero di veicoli pesanti previsto è di 1 veicolo al giorno con ingresso uscita tra le ore 7 e le 8 del mattino.

4 I FLUSSI DI TRAFFICO SULLA RETE STRADALE NELLO SCENARIO FUTURO

I flussi generati e attratti dalla struttura di vendita nello scenario futuro sono stati distribuiti ipotizzando cautelativamente l'utilizzo del solo accesso sulla strada provinciale e adottando la direzionalità verso il centro urbano (ovest) pari all'82% circa del totale; il rimanente 18% è stato indirizzato verso est.

La tabella che segue mostra la distribuzione dei flussi di traffico tra le direttrici est e ovest.

Tab. 4.1 - Distribuzione dei flussi di traffico in ingresso e in uscita dalla struttura commerciale

	In uscita			In ingresso		
veicoli ora punta mattina	Totale	Ovest	Est	Totale	Ovest	Est
veicoli leggeri	32	26	6	39	32	7
veicoli pesanti	0	0	0	0	0	0
Totale	32	26	6	39	32	7

	In uscita			In ingresso		
veicoli ora punta sera	Totale	Ovest	Est	Totale	Ovest	Est
veicoli leggeri	65	53	12	62	51	11
veicoli pesanti	0	0	0	0	0	0
Totale	65	53	12	62	51	11

Assegnando questi flussi agli archi della strada provinciale e sommandoli a quelli già presenti nello scenario ante operam, si ottengono i flussi totali di traffico su ciascun arco.

La tabella che segue mostra i valori di flusso sui principali archi della rete riferiti ai flussi nell'ora di punta della mattina e suddivisi per tipologia di veicoli.

Tab. 4.2 – Valori di riferimento per lo scenario futuro nell'ora di punta della mattina e della sera

Sez.	Strada	Dir.	Ore 8-9		
			Leg	Pes	Tot
C1	SP n°255 – via Provinciale Est – lato Ovest	E	343	48	391
		W	444	66	510
C2	SP n°255 – via Provinciale Est – lato Est	E	317	48	365
		W	425	66	491

I valori ottenuti per i flussi sugli archi della rete nello scenario ante operam e nello scenario futuro sono riportati nella Tabella 4.3, mentre nella successiva Tabella 4.4 vengono riportate le variazioni percentuali sulle diverse sezioni di controllo per direzione di marcia e tipologia di veicolo.

Tab. 4.3 - Flussi veicolari sulle sezioni di controllo nello scenario futuro e nello scenario ante operam (veicoli nell'ora di punta della mattina)

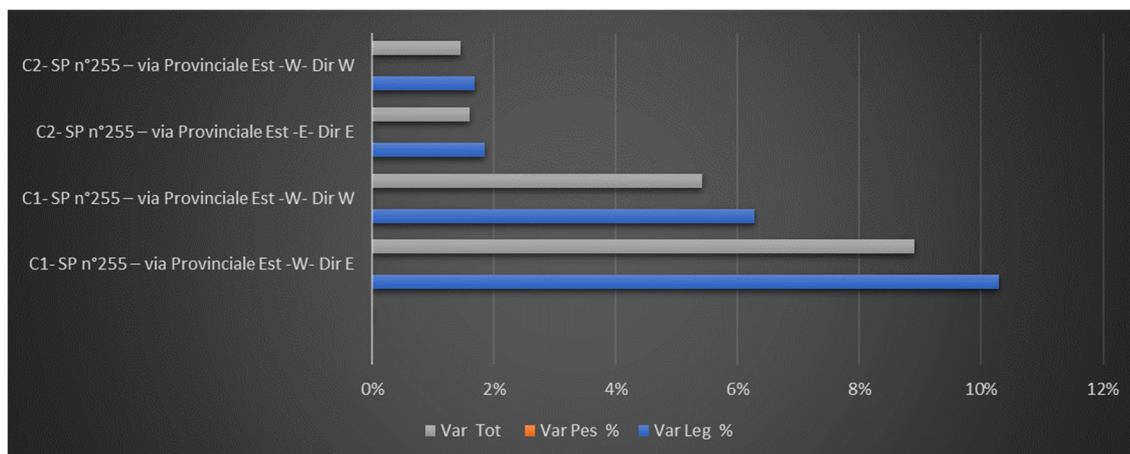
Sez.	Strada	Dir.	Scenario Ante operam			Scenario Futuro		
			Leg	Pes	Tot	Leg	Pes	Tot
C1	SP n°255 – via Provinciale Est – lato Ovest	E	311	48	359	343	48	391
		W	418	66	484	444	66	510
C2	SP n°255 – via Provinciale Est – lato Est	E	311	48	359	317	48	365
		W	418	66	484	425	66	491

Tab. 4.4 - Variazioni dei flussi veicolari sulle sezioni di controllo nello scenario futuro scenario ante operam (veicoli nell'ora di punta della mattina)

Sezione	Dir.	Var Leg	Var Pes	Var Tot	Var Leg %	Var Pes %	Var Tot %
C1- SP n°255 – via Provinciale Est -W	E	32	0	32	10%	0%	9%
C1- SP n°255 – via Provinciale Est -W	W	26	0	26	6%	0%	5%
C2- SP n°255 – via Provinciale Est -E	E	6	0	6	2%	0%	2%
C2- SP n°255 – via Provinciale Est -E	W	7	0	7	2%	0%	1%

Il grafico che segue evidenzia i dati della tabella 4.4.

Graf. 4.1 - Variazioni dei flussi di traffico sulle sezioni di controllo nello scenario futuro e nello scenario ante operam (ora di punta della mattina)



Dall'analisi di questi dati si ha la conferma che, nello scenario futuro si avrà un incremento dei flussi veicolari sulla strada provinciale, anche se in modo molto diversificato sia per sezione che per tipo di veicoli.

Ricordiamo comunque che i dati che vengono commentati derivano dall'assunzione, certamente cautelativa, che vede gli ingressi/uscite dal sito orientati tutti verso la strada provinciale, volutamente trascurando il contributo che verrà dal secondo accesso di via Montefiorino.

In questo caso, considerando l'ora di punta del mattino tra le 8 e le 9, gli incrementi quantitativamente maggiori, in termini di veicoli totali, si hanno sulla sezione della SP 255 ad ovest del sito con circa +32 v/h (+9%) in direzione est e con circa +26 v/h (+5%) nella direzione opposta. Sul tratto della provinciale ad est del sito gli incrementi non superano invece il 2%.

Questi incrementi sono costituiti dai soli i veicoli leggeri in quanto non si prevedono transiti di pesanti generati dalla nuova struttura in questo intervallo orario di punta.

Non si dispone dei flussi veicolari sulla SP 255 nell'ora di punta della sera, pertanto non è possibile fare una stima quantitativa diretta dell'incidenza dei flussi indotti dalla struttura commerciale per questo intervallo orario.

Tuttavia, si è visto che i flussi indotti dalla struttura commerciale nell'ora di punta della sera valgono tra il 60 e il 100% circa di quelli della punta oraria 8-9, con valori massimi che raggiungono i 53 v/h per direzione di marcia.

Si tratta quindi di valori assoluti certamente contenuti che potrebbero portare a incrementi prevedibili nell'ordine del 15, massimo 20%, di quelli già presenti sulla rete e che dunque non dovrebbero comportare situazioni di criticità nella circolazione sulla Provinciale Est.

5 LA VERIFICA DELL'EFFICIENZA DELL'ACCESSO SULLA VIA PROVINCIALE EST (SP 255)

In questo paragrafo verrà effettuata la verifica dell'intersezione che si verrà a creare sulla via Provinciale Est a seguito dell'apertura del nuovo accesso al sito della struttura commerciale in progetto.

Nei capitoli precedenti sono stati stimati i flussi di traffico in ingresso-uscita dalla struttura commerciale nell'ora di punta del mattino, nell'ipotesi certamente cautelativa che tutti i veicoli utilizzino per l'ingresso e l'uscita il varco sulla provinciale. Ciò significa non considerare il contributo che certamente potrà essere dato dal secondo accesso al parcheggio previsto dal progetto su via Montefiorino.

La verifica della nuova intersezione, nello scenario di progetto, è stata effettuata attraverso il programma di microsimulazione **SIDRA INTERSECTION 7.0** della Akcelik and Associates Pty Ltd.

Attraverso il modello di microsimulazione, sulla base della geometria dell'intersezione, dei flussi di traffico afferenti e della descrizione delle manovre di svolte, si ottengono i principali parametri trasportistici che caratterizzano l'intersezione al fine di verificarne la performance nel periodo di tempo considerato.

I parametri utilizzati per la valutazione tecnico-trasportistica dello scenario in esame nel presente studio, ottenuti direttamente come output dal modello di simulazione sono i seguenti.

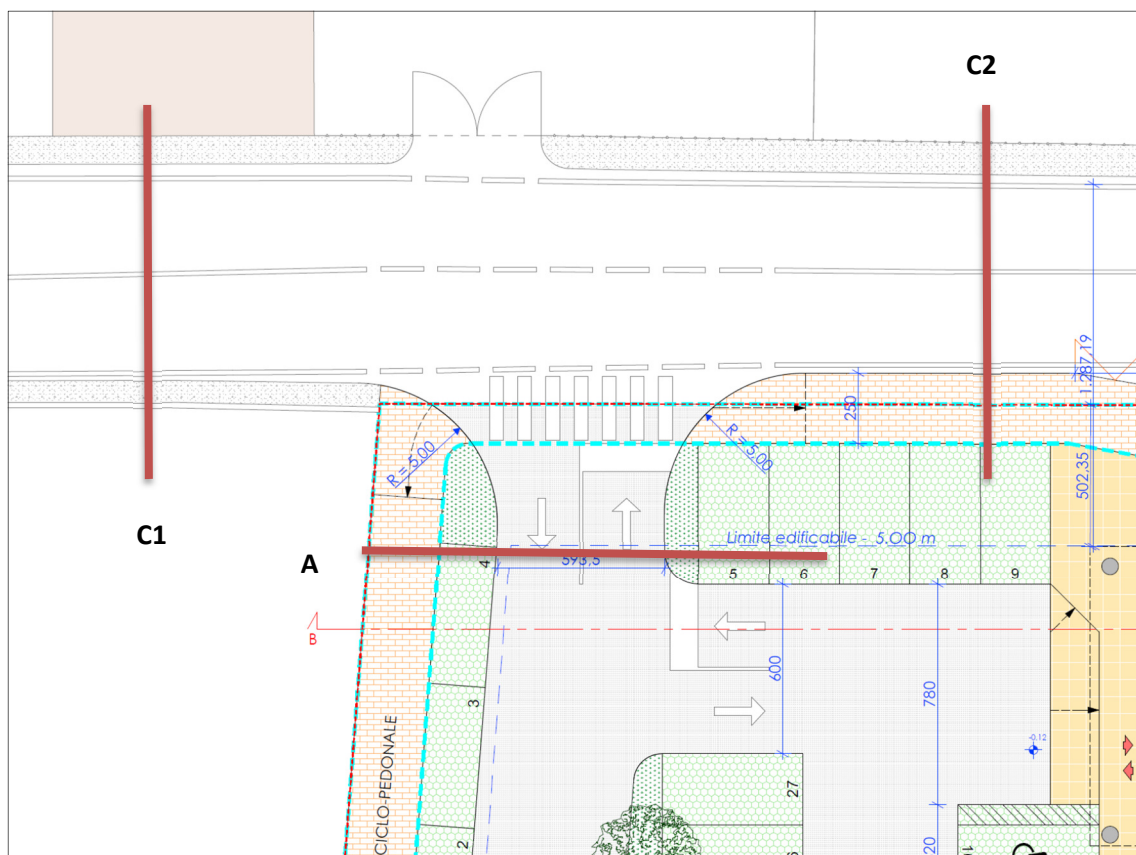
- *il Livello di servizio (LOS) dei diversi rami dell'intersezione*

- *la Lunghezza massima della coda in metri (LCode)*

Per l'intersezione in oggetto le verifiche sono state condotte nell'ora di punta della mattina, determinata dalla somma dei flussi di traffico della situazione ante operam con quelli stimati per la nuova struttura in progetto (cfr. Capitolo 4).

L'immagine che segue mostra lo schema planimetrico dell'intersezione tra la via Provinciale Est e l'accesso principale al parcheggio della nuova struttura commerciale.

Img. 5.1 - Configurazione dell'accesso principale al parcheggio da via Provinciale Est



Nella tabella che segue sono riportati i flussi utilizzati per la microsimulazione dell'intersezione.

Tab. 5.1 -- Flussi di traffico assegnati alle manovre di svolta dell'intersezione nello scenario futuro nell'ora di punta del mattino (veicoli totali-TOT e percentuale di pesanti %HV)

Veicoli leggeri		C1	C2	A	Tot I
C1	SP n°255 – via Provinciale Est – lato Ovest	-	311	32	343
C2	SP n°255 – via Provinciale Est– lato Est	418	-	7	425
A	Accesso struttura commerciale	26	6	-	32
	Tot U	444	317	39	800
Veicoli Pesanti		C1	C2	A	Tot I
C1	SP n°255 – via Provinciale Est – lato Ovest	-	48	0	48
C2	SP n°255 – via Provinciale Est– lato Est	66	-	0	66
A	Accesso struttura commerciale	0	0	-	0
	Tot U	66	48	0	114
Veicoli Totali		C1	C2	A	Tot I
C1	SP n°255 – via Provinciale Est – lato Ovest	-	359	32	391
C2	SP n°255 – via Provinciale Est– lato Est	484	-	7	491
A	Accesso struttura commerciale	26	6	-	32
	Tot U	510	365	39	914

Le tabelle 5.2 e 5.3 mostrano i parametri ottenuti nella simulazione per i rami dell'intersezione per lo scenario futuro nell'ora di punta del mattino.

Tab. 5.2 -- Flussi di traffico, capacità e grado di saturazione (Deg.Satn) delle singole corsie dell'intersezione

MOVEMENT CAPACITY PARAMETERS

Mov ID	Turn	Mov Cl.	Arv Flow veh/h	Opng Movement Flow veh/h	Adjust. Flow pcu/h	Total Cap. veh/h	Prac. Deg. Satn xp	Prac. Spare Cap. %	Deg. Satn x
South: Accesso									
1	L2	#	39	866	922	288	0.80	490	0.136
3	R2	#	32	359	383	236	0.80	490	0.136
East: SP255 Est									
4	L2	#	6	392	416	21	0.98	251	0.279*
5	T1	#	484	0	0	1733	0.98	251	0.279*
West: SP 255 W									
11	T1	#	359	0	0	1622	0.98	343	0.221
12	R2	#	33	0	0	149	0.98	343	0.221

* Maximum degree of saturation

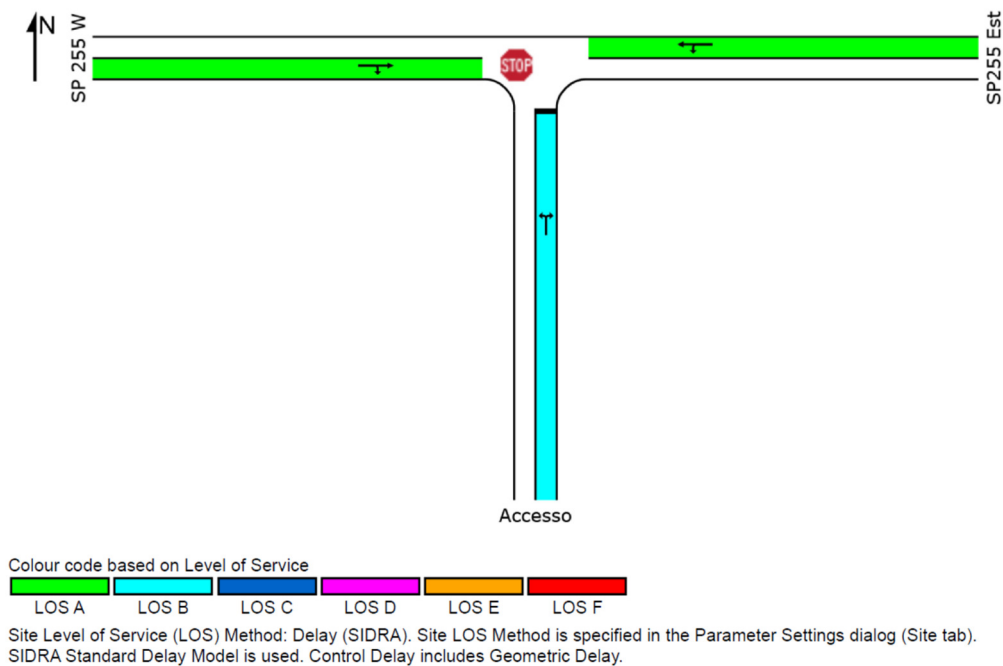
Combined Movement Capacity parameters are shown for all Movement Classes.

Tab. 5.3 -- Stima della lunghezza della coda per i rami di accesso all'intersezione

Stop Sign Controlled Intersection

Lane No.	Arrival Flow (veh/h)	%HV	Adj. Basic Satf.	Deg Sat x	Aver. Delay sec	Longest Queue m	Lane Length m
South: Accesso							
1	71	0		0.136	10.7	3	50
	71	0		0.136	10.7	3	
East: SP255 Est							
1	490	13		0.279	0.1	1	500
	490	13		0.279	0.1	1	
West: SP 255 W							
1	392	12	1919	0.221	0.4		500
	392	12		0.221	0.4		
ALL VEHICLES							
	Total Flow	% HV		Max X	Aver. Delay	Max Queue	
	953	12		0.279	1.0	3	
Peak flow period = 60 minutes.							

Tab. 5.4 - Livello di servizio LOS dei rami dell'intersezione (ora di punta del mattino)



Nello scenario futuro, con la prevista realizzazione della struttura commerciale, i flussi di traffico stimati cautelativamente sull'intersezione di accesso principale, nell'ora di punta del mattino saranno complessivamente 914 v/h di cui, 800 veicoli leggeri e 114 veicoli pesanti (circa il 12,5%).

Degli 800 veicoli/h complessivi, 71 v/h sono quelli indotti dalla struttura commerciale, 39 in ingresso e 32 in uscita, pari a circa l'8% del totale.

Con questi valori i risultati della microsimulazione mostrano una situazione con un buon livello di efficienza:

- tutti i rami hanno un grado di saturazione (indice di congestione) inferiore 0,25;
- non vengono segnalati fenomeni di coda, essendo gli accodamenti massimi stimati inferiori a 5 m
- il livello di servizio per i rami della via provinciale Est si mantiene a livello ottimale LOS=A mentre le manovre in uscita dal parcheggio si collocano ad un gradino subito inferiore LOS=B, comunque con un tempo di ritardo, nel caso più sfavorevole di circa 13 secondi.

Le condizioni dell'intersezione, nell'ora di punta del mattino, possono ritenersi buone pur avendo assunto condizioni particolarmente cautelative sia nei parametri utilizzati per la stima del traffico indotto, sia nell'aver considerato l'accesso dei veicoli al parcheggio dal solo ingresso dalla provinciale, trascurando completamente l'ingresso secondario da via Montefiorino.

Per quanto riguarda l'ora di punta della sera, come si è già detto, non si dispone dei flussi veicolari sulla SP 255, pertanto non è possibile fare una microsimulazione per questo intervallo orario.

Tuttavia, il valore comunque non elevato dei flussi indotti dalla struttura commerciale nell'ora di punta della sera, che valgono tra il 60 e il 100% circa di quelli della punta oraria 8-9, con valori massimi che raggiungono i 53 v/h per direzione di marcia, unitamente ai buoni risultati ottenuti dalla microsimulazione dell'ora di punta della mattina, consente di ritenere che, anche per la sera, le condizioni di circolazione veicolare nell'intersezione non presentino situazioni di criticità.

6 SINTESI E CONCLUSIONI

Lo Studio del traffico è stato finalizzato alla valutazione degli effetti sulla mobilità del progetto di un nuovo edificio a uso commerciale, nell'area a ovest del centro abitato di Nonantola, sul lato sud della via provinciale 255, tra le intersezioni di quest'ultima con le vie Borghi e Marzabotto, in un lotto in precedenza già occupato da due edifici demoliti in conseguenza del sisma del 2012. Il sito è raggiungibile da ovest anche da via Montefiorino.

La caratterizzazione dei flussi veicolari nello scenario ante operam, non disponendo di dati di rilievo diretto, è stata svolta a partire dai dati contenuti nel documento facente parte del Quadro Conoscitivo del PSC "Il sistema della mobilità" (anno 2009), dopo una loro validazione con i rilievi più recenti disponibili nel database regionale per la rete stradale dell'area di studio, da cui è stata verificata la crescita tra il 2009 e il 2018.

In questo periodo vi è stato sulla direttrice della SP 255 tra Nonantola e Sant'Agata Bolognese, un incremento dei flussi veicolari, in particolare dei veicoli leggeri, valutabile intorno al 10%, mentre i veicoli pesanti risultano in leggera riduzione.

Con la realizzazione della Tangenziale Nord, nel maggio del 2014, parte di questi flussi sono stati dirottati dalla SP 255 nel tratto urbano, al nuovo asse stradale. Non sono disponibili conteggi di flussi che quantificano il trasferimento di veicoli avvenuto, sempre nello studio del 2009, veniva prevista "una forte riduzione del traffico ottenibile sulla rete interna" stimata in circa il 40% sulla provinciale ovest.

Si è dunque ritenuto, a nostro avviso molto cautelativamente, che sul ramo della Provinciale Est di nostro interesse, la riduzione del traffico ottenuta dall'apertura della nuova tangenziale sia almeno pari all'incremento di traffico registrato tra il 2008 e il 2018.

Sono stati assunti quindi come flussi dello scenario ante operam per la via Provinciale Est 843 veicoli/ora, come somma delle due direzioni di marcia, di cui circa il 13% di pesanti.

Per il traffico indotto dalla nuova struttura commerciale, che avrà 600 m² di Superficie di vendita, il calcolo effettuato stima un volume giornaliero di veicoli generati e attratti dalla nuova struttura di circa 560 v/g, con una distribuzione oraria che ha nelle ore di punta del mattino tra le ore 8 e le 9, e del pomeriggio tra le ore 18 e le 19, il flusso complessivo nelle due direzioni rispettivamente di 71 e 127 veicoli/ora.

Da questi risultati si ha la conferma che, nello scenario futuro, si avrà un incremento dei flussi veicolari sulla strada provinciale, che, considerando l'ora di punta del mattino tra le 8 e le 9, risultano maggiori sulla sezione della SP 255 ad ovest del sito con circa +32 v/h (+9%) in direzione est e con circa +26 v/h (+5%) nella direzione opposta. Sul tratto della provinciale ad est del sito gli incrementi non superano invece il 2%.

Va ricordato inoltre che questi dati derivano dall'assunzione, certamente cautelativa, che vede gli ingressi/uscite dal sito orientati tutti verso la strada provinciale, volutamente trascurando il contributo che verrà dal secondo accesso di via Montefiorino.

Questi incrementi sono costituiti dai soli i veicoli leggeri in quanto non si prevedono transiti di pesanti generati dalla nuova struttura in questo intervallo orario di punta.

Non disponendo dei flussi veicolari sulla SP 255 nell'ora di punta della sera, non è stato possibile fare una stima quantitativa diretta dell'incidenza dei flussi indotti dalla struttura commerciale

per questo intervallo orario. Tuttavia, si è visto che i flussi indotti dalla struttura commerciale nell'ora di punta della sera valgono tra il 60 e il 100% circa di quelli della punta oraria 8-9, con valori massimi che raggiungono i 53 v/h per direzione di marcia.

Si tratta quindi di valori assoluti certamente contenuti che potrebbero portare a incrementi prevedibili nell'ordine del 15, massimo 20%, di quelli già presenti sulla rete e che dunque non dovrebbero comportare situazioni di criticità nella circolazione sulla Provinciale Est.

Anche le verifiche effettuate sulla nuova intersezione che si avrà con l'apertura del nuovo accesso al parcheggio sulla via Provinciale Est hanno mostrato, nell'ora di punta del mattino, buone condizioni della circolazione dei veicoli, pur avendo assunto condizioni particolarmente cautelative sia nei parametri utilizzati per la stima del traffico indotto, sia nell'aver considerato l'accesso dei veicoli al parcheggio dal solo ingresso dalla provinciale, trascurando completamente l'ingresso secondario da via Montefiorino.

I risultati ottenuti dalla microsimulazione hanno mostrato infatti una situazione con un buon livello di efficienza, con un livello di servizio nel caso peggiore pari a LOS B e assenza di fenomeni di accodamento.

Complessivamente è dunque possibile ritenere che gli effetti dell'attuazione del progetto proposto sul traffico stradale, siano da considerare accettabili in quanto i parametri trasportistici principali si mantengono soddisfacenti e non vengono segnalate situazioni di criticità nella circolazione dei veicoli.



COMUNE DI NONANTOLA

PERMESSO DI COSTRUIRE CONVENZIONATO IN VARIANTE AL P.R.G.

**PROGETTO DI EDIFICIO AD USO COMMERCIALE E RELATIVE
OPERE DI URBANIZZAZIONE**
(Punto vendita a marchio "CONAD")

PROGETTO EDILIZIO

VIA PROVINCIALE EST - SP255

Committente: IMCO SPA

IMCO S.P.A.
Soggetta alla direzione e al coordinamento
della società Nordcoad Soc. Coop. - Modena
Via Danimarca, 80 - 41122 Modena
Partita IVA 04347400366
Cod. Fisc. e Reg. Impr. 01347400366
R.E.A. 210003

RELAZIONE IDRAULICA



COLLABORAZIONE ALLA PROGETTAZIONE

Ing. Francesca Botti

PROGETTO

Arch. Fabrizio Zanella

PROGETTO EDILIZIO

n.	data	Aggiornamenti	REL A.5
0	18.07.2018	Emissione	
1			
2			
3			

**Permesso di Costruire Convenzionato in Variante al P.R.G.
Progetto di edificio uso commerciale (punto vendita a marchio "CONAD")
e relative opere di urbanizzazione**

RELAZIONE IDRAULICA

DATI ESSENZIALI

<i>Intervento</i>	Progetto di edificio uso commerciale (punto vendita a marchio "CONAD" e relative opere urbanizzazione		
<i>Ubicazione</i>	Nonantola - Via Provinciale Est – SP255		
<i>Committente</i>	IMCO SPA <i>Soc. Unipersonale Soggetta alla direzione ed al coordinamento della società Nordiconad Soc. Coop., con sede a Modena in Via Danimarca 80 P.IVA/C.F. 01347400366</i> Legale rappresentante: GRASSI MASSIMO <i>nato ad Avellino 11/09/1964</i> <i>cf: GRSMSM64P11A509H</i> delegato alla presentazione del progetto dalla proprietà: - PIZZIRANI GIULIANA (proprietaria per 1/2) - PIZZIRANI VINCENZA (proprietaria per 1/2)		
<i>Dati Catastali</i>	Fg.	Mapp.	Sup. Catastale mq
	46	252	730
	46	253	849
	46	254	52
	46	417	1409
	46	418	441
	Totale		3.481

1) INTRODUZIONE

La presente "Relazione Tecnica" riguarda le valutazioni progettuali e il dimensionamento delle reti fognarie delle acque bianche e nere da realizzarsi nell'ambito del progetto di un nuovo edificio commerciale, punto vendita a marchio Conad, in un'area posta lungo la via Provinciale Est - SP 255 nel Comune di Nonantola.

Il suddetto progetto prevede la realizzazione di un edificio destinato all'insediamento di una medio-piccola struttura di vendita alimentare comprensivo delle relative aree di pertinenza, strade e parcheggi, oltre alla cessione di un percorso ciclo-pedonale parallelo alla strada principale.

2) RETE DI SCARICO ACQUE BIANCHE E NERE

Le reti di fognatura relative alle acque meteoriche e alle acque nere verranno realizzate secondo i diametri e le quote indicate negli elaborati progettuali, ed avranno come recapiti:

- la rete fognaria mista sulla via Provinciale Est (canale tombinato esistente Ø 400 in PVC per acque miste);
- la rete fognaria mista esistente sulla via Montefiorino (Ø 400 in CLS per acque miste).

▪ Per le acque bianche si adotteranno:

- tubazioni in PVC conformi alla norma UNI EN 1401-1 – SN4 non strutturato (o SN8 se prescritte da Sogeaqua) con giunzioni a bicchiere con guarnizione preinserita meccanicamente a caldo durante la fase di formazione del bicchiere e solidale con la tubazione. La guarnizione sarà costituita da elastomero EPDM a norma UNI EN 681 di tenuta e accoppiato ad anello di rinforzo in polipropilene fibrorinforzato.

I tubi ed i raccordi in PVC devono essere contrassegnati con il marchio di conformità IIP, che ne assicura la rispondenza alle norme UNI.

I pezzi speciali devono essere conformi a quanto stabilito dalla norma UNI-EN 1401.

Il collegamento ad opere d'arte (quali pozzetti, impianti di trattamento, ecc.) deve avvenire a perfetta tenuta, realizzata mediante l'inserimento di giunzione elastica.

- Le pendenze di posa saranno $i = 1.0\%$ o superiori e il diametro minimo delle condotte sarà Ø 315.
- Il sottofondo ed il rinfiango saranno in sabbia o spezzato e rinterro con misto granulometrico stabilizzato o misto cementato, adeguatamente compattati e sarà garantita una copertura del tubo di almeno 80 cm di spessore.

▪ Per le acque nere si adotteranno:

- tubazioni in PVC conformi alla norma UNI EN 1401-1 – SN4 non strutturato (o SN8 se prescritte da Sogeaqua) con giunzioni a bicchiere con guarnizione preinserita meccanicamente a caldo durante la fase di formazione del bicchiere e solidale con la tubazione. La guarnizione sarà costituita da elastomero EPDM a norma UNI EN 681 di tenuta e accoppiato ad anello di rinforzo in polipropilene fibrorinforzato.

I tubi ed i raccordi in PVC devono essere contrassegnati con il marchio di conformità IIP, che ne assicura la rispondenza alle norme UNI.

I pezzi speciali devono essere conformi a quanto stabilito dalla norma UNI-EN 1401.

Il collegamento ad opere d'arte (quali pozzetti, impianti di trattamento, ecc.) deve avvenire a perfetta tenuta, realizzata mediante l'inserimento di giunzione elastica.

- Le pendenze di posa saranno $i = 2.0 \%$ o superiori e il diametro minimo $\varnothing 250$.
 - Il sottofondo ed il rinfilanco saranno in sabbia o spezzato e rinterro con misto granulometrico stabilizzato o misto cementato, adeguatamente compattati e sarà garantita una copertura del tubo di almeno 80 cm di spessore.
- Pozzetti di ispezione:
- Verranno utilizzati pozzetti prefabbricati autoportanti in calcestruzzo vibrato e armato in un unico getto a norma UNI-EN 1917, spessore minimo cm 15 con caratteristica di Rck 45 N/mm², con camera di diametro interno di progetto in conformità alle norme DIN 4034.
Saranno composti dall'elemento base, dotato di imbocchi per l'innesto dei relativi tubi al pozzetto con guarnizioni di tenuta; e dall'elemento monolitico di rialzo per raggiungere la quota di progetto, compreso il cono di riduzione fino al diametro di circa 600 mm necessario alla posa del chiusino.
I giunti di collegamento tra gli elementi saranno dotati di anelli di tenuta in gomma sintetica di qualità conforme alle norme UNI EN 681-1 e DIN 4060.
 - Per le sole fognature nere, il pozzetto dovrà essere completamente rivestito internamente con materiale sintetico e il fondo dotato di continuità idraulica.
 - Saranno posti ad interasse massimo di 40 m.
- Chiusini per pozzetti d'ispezione:
- saranno del tipo in uso presso l'ente committente, completi di telaio, conformi alla norma UNI EN 124, classe D400 per le strade e C250 per parcheggi e marciapiedi, in ghisa di seconda fusione a grana fine, compatta, omogenea, esente da bolle, gocce fredde ed altri difetti di fusione. I coperchi dei chiusini saranno di forma rotonda, con diametro di 600 mm.
- Caditoie:
- Le caditoie stradali, da applicarsi ai pozzetti di raccolta delle acque meteoriche, saranno conformi alla UNI EN 124, classe C250, luce netta non inferiore a 40x40 cm, del tipo a sifone.
- Saranno in ogni caso rispettate le prescrizioni riportate nelle "Specifiche Tecniche" di Sorgeacqua Srl.

3) RETE DI SCARICO ACQUE BIANCHE

Il sistema fognario in progetto raccoglie la portata di pioggia di un'area di complessivi 3182.28 mq, che è stata suddivisa in 12 Bacini:

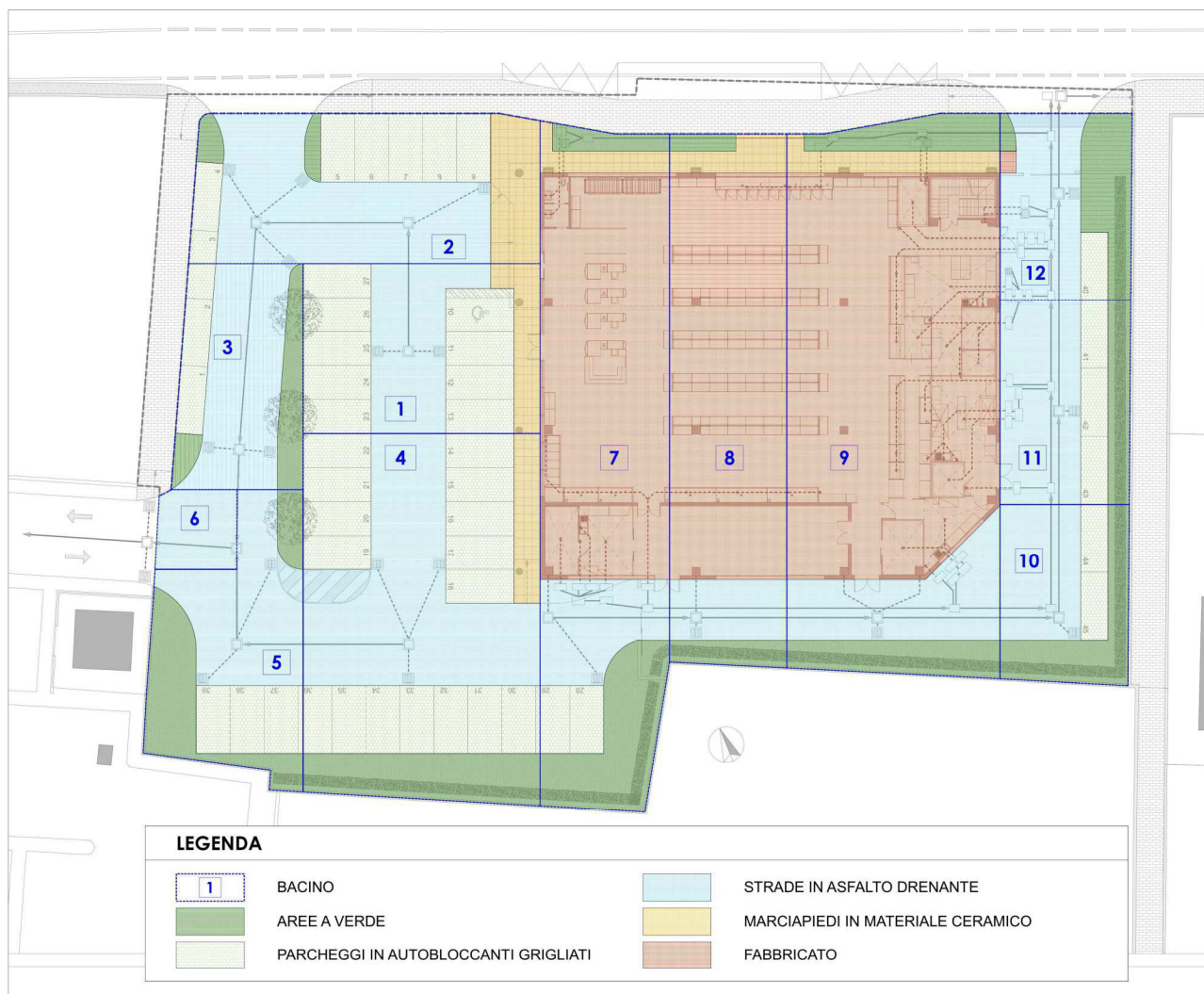
- BACINO 1: $A' = 218.12 \text{ m}^2$
- BACINO 2: $A' = 279.25 \text{ m}^2$
- BACINO 3: $A' = 150.90 \text{ m}^2$
- BACINO 4: $A' = 468.19 \text{ m}^2$
- BACINO 5: $A' = 194.35 \text{ m}^2$
- BACINO 6: $A' = 34.27 \text{ m}^2$
- BACINO 7: $A' = 465.17 \text{ m}^2$
- BACINO 8: $A' = 336.90 \text{ m}^2$
- BACINO 9: $A' = 634.84 \text{ m}^2$
- BACINO 10: $A' = 123.91 \text{ m}^2$
- BACINO 11: $A' = 143.70 \text{ m}^2$
- BACINO 12: $A' = 132.68 \text{ m}^2$

Il calcolo delle aree permeabili ed impermeabili nel comparto è stato redatto tenendo conto dei dati contenuti nell'ipotesi progettuale per l'edificazione del fabbricato, delle modalità costruttive e dei materiali di pavimentazione previsti. In particolare, in ogni bacino sono state considerate varie tipologie di superfici caratterizzate da differenti coefficienti di permeabilità. Nel dettaglio:

- aree a verde (*100% permeabili*)
- marciapiedi in autobloccanti chiusi (*50% permeabili*)
- parcheggi in autobloccanti grigliati (*90% permeabili*)
- strade in asfalto drenante (*90% permeabili*)
- strade in asfalto non drenante (*100% impermeabili*)
- superfici coperte da fabbricati (*100% impermeabili*)

Si è così provveduto ad effettuare un conteggio del totale delle aree permeabili ed impermeabili a cui sono stati assegnati diversi coefficienti di afflusso:

- aree permeabili (*coefficiente di afflusso 0.10*)
- aree impermeabili (*coefficiente di afflusso 0.90*)



Schema bacini di raccolta acque meteoriche

CALCOLO PORTATE DI PIOGGIA

La portata massima di pioggia dei bacini viene calcolata col metodo del tempo di corrivazione, facendo riferimento ai dati statistici delle curve di possibilità pluviometrica del territorio gestito da SORGEAQUA S.R.L.

I dati statistici del suddetto comprensorio riportano le seguenti equazioni delle curve di possibilità pluviometrica:

TEMPO DI RITORNO $h = a * t^n$

10 anni $h = 40 * t^{0.5}$ se $t < 1h$

COEFFICIENTE DI AFFLUSSO MEDIO φm

$\varphi 1$: coeff. di afflusso (per superfici permeabili) = 0.10

$\varphi 2$: coeff. di afflusso (per superfici impermeabili) = 0.90

φm : coeff. di afflusso medio = $(\varphi 1 * A_{perm} + \varphi 2 * A_{imp}) / A_{tot}$

La portata massima di pioggia dei Bacini è data dalla seguente formula:

$$Q^I = A' * \varphi * i = A' * \varphi * a * t c^{n-1}$$

Dove: **A'** : area totale del bacino [mq]

φm : coeff. di afflusso medio

Tc: tempo di corrivazione = $t_{accesso} + t_{rete} = 20 \text{ min} = 0.333 \text{ h}$

i : intensità di pioggia = $h/t = a * t c^{n-1}$

dove $a \left[\frac{mm}{h^n} \right]$ e **n** sono parametri statistici della curva di possibilità pluviometrica, in funzione del tempo di ritorno.

1) PORTATA DI PIOGGIA BACINO 1

La portata massima di pioggia del Bacino 1 è data dalla seguente formula:

$$Q^I = A' * \varphi * i = A' * \varphi * a * tc^{n-1}$$

BACINO	A' AREA TOTALE		AREE VERDI		PARCHEGGI		MARCIAPIEDI		STRADE		COPERTURA EDIFICI		A1 AREA PERM.	A2 AREA IMPERM.	$\varphi 1$	$\varphi 2$	φM
[n°]	[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]	[mq]	PERM.	IMP.	MEDIO
1	218,12		0,00		116,00		27,45		74,67		0,00		171,60	46,52	0,10	0,90	0,271
		% PERM.	100%	0,00	90%	104,40	0%	0,00	90%	67,20	0%	0,00					
		% IMP.	0%	0,00	10%	11,60	100%	27,45	10%	7,47	100%	0,00					

TEMPO DI RITORNO: 10 ANNI

$$Q^I = 218.12 * 0.271 * 47.246 * \frac{1}{1000} * 0.333^{0.3464-1} = 4.09 \frac{m^3}{h} = 1.14 \frac{l}{s}$$

2) PORTATA DI PIOGGIA BACINO 2

La portata massima di pioggia del Bacino 2 è data dalla seguente formula:

$$Q^{II} = A' * \varphi * i = A' * \varphi * a * tc^{n-1}$$

BACINO	A' AREA TOTALE		AREE VERDI		PARCHEGGI		MARCIAPIEDI		STRADE		COPERTURA EDIFICI		A1 AREA PERM.	A2 AREA IMPERM.	f1	f2	fM
[n°]	[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]	[mq]	PERM.	IMP.	MEDIO
2	279,25		11,07		77,35		39,41		151,42		0,00		216,96	62,29	0,10	0,90	0,278
		% PERM.	100%	11,07	90%	69,62	0%	0,00	90%	136,28	0%	0,00					
		% IMP.	0%	0,00	10%	7,74	100%	39,41	10%	15,14	100%	0,00					

TEMPO DI RITORNO: 10 ANNI

$$Q^{II} = 279.25 * 0.278 * 47.246 * \frac{1}{1000} * 0.333^{0.3464-1} = 5.39 \frac{m^3}{h} = 1.50 \frac{l}{s}$$

Poiché il collettore fognario corrispondente a tale bacino raccoglie anche l'acqua proveniente dal bacino 1, la portata di pioggia complessiva non è quella del singolo bacino 2, ma è quella totale, data dalla somma delle portate dei singoli bacini.

$$Q^{II} = 4.09 + 5.39 = 9.48 \frac{m^3}{h} = 2.63 \frac{l}{s}$$

3) PORTATA DI PIOGGIA BACINO 3

La portata massima di pioggia del Bacino 3 è data dalla seguente formula:

$$Q^{III} = A' * \varphi * i = A' * \varphi * a * tc^{n-1}$$

BACINO	A' AREA TOTALE		AREE VERDI	PARCHEGGI	MARCIAPIEDI	STRADE	COPERTURA EDIFICI	A1 AREA PERM.	A2 AREA IMPERM.	$\varphi 1$	$\varphi 2$	φM
[n°]	[mq]		[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	PERM.	IMP.	MEDIO
3	150,90		31,09	25,15	0,00	94,66	0,00					
		% PERM.	100%	31,09	90%	22,64	0%	0,00	90%	85,19	0%	0,00
		% IMP.	0%	0,00	10%	2,52	100%	0,00	10%	9,47	100%	0,00
								138,92	11,98	0,10	0,90	0,164

TEMPO DI RITORNO: 10 ANNI

$$Q^{III} = 150.90 * 0.164 * 47.246 * \frac{1}{1000} * 0.333^{0.3464-1} = 1.71 \frac{m^3}{h} = 0.48 \frac{l}{s}$$

Poiché il collettore fognario corrispondente a tale bacino raccoglie anche l'acqua proveniente dai bacini 1 e 2, la portata di pioggia complessiva non è quella del singolo bacino 3, ma è quella totale, data dalla somma delle portate dei singoli bacini.

$$Q^{III} = 4.09 + 5.39 + 1.71 = 11.19 \frac{m^3}{h} = 3.11 \frac{l}{s}$$

4) PORTATA DI PIOGGIA BACINO 4

La portata massima di pioggia del Bacino 4 è data dalla seguente formula:

$$Q^{IV} = A' * \varphi * i = A' * \varphi * a * tc^{n-1}$$

BACINO	A' AREA TOTALE		AREE VERDI	PARCHEGGI	MARCIAPIEDI	STRADE	COPERTURA EDIFICI	A1 AREA PERM.	A2 AREA IMPERM.	$\varphi 1$	$\varphi 2$	φM
[n°]	[mq]		[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	PERM.	IMP.	MEDIO
4	468,19		58,11	199,75	24,38	185,95	0,00					
		% PERM.	100%	58,11	90%	179,78	0%	0,00	90%	167,36	0%	0,00
		% IMP.	0%	0,00	10%	19,98	100%	24,38	10%	18,60	100%	0,00
								405,24	62,95	0,10	0,90	0,208

TEMPO DI RITORNO: 10 ANNI

$$Q^{IV} = 468.19 * 0.208 * 47.246 * \frac{1}{1000} * 0.333^{0.3464-1} = 6.74 \frac{m^3}{h} = 1.87 \frac{l}{s}$$

5) PORTATA DI PIOGGIA BACINO 5

La portata massima di pioggia del Bacino 5 è data dalla seguente formula:

$$Q^V = A' * \varphi * i = A' * \varphi * a * tc^{n-1}$$

BACINO	A' AREA TOTALE		AREE VERDI		PARCHEGGI		MARCIAPIEDI		STRADE		COPERTURA EDIFICI		A1 AREA PERM.	A2 AREA IMPERM.	$\varphi 1$	$\varphi 2$	φM
[n°]	[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]	[mq]	PERM.	IMP.	MEDIO
5	194,35		61,79		39,39		0,00		93,17		0,00		181,09	13,26	0,10	0,90	0,155
		% PERM.	100%	61,79	90%	35,45	0%	0,00	90%	83,85	0%	0,00					
		% IMP.	0%	0,00	10%	3,94	100%	0,00	10%	9,32	100%	0,00					

TEMPO DI RITORNO: 10 ANNI

$$Q^V = 194.35 * 0.155 * 47.246 * \frac{1}{1000} * 0.333^{0.3464-1} = 2.08 \frac{m^3}{h} = 0.58 \frac{l}{s}$$

Poiché il collettore fognario corrispondente a tale bacino raccoglie anche l'acqua proveniente dal bacino 4, la portata di pioggia complessiva non è quella del singolo bacino 5, ma è quella totale, data dalla somma delle portate dei singoli bacini.

$$Q^V = 6.74 + 2.08 = 8.82 \frac{m^3}{h} = 2.45 \frac{l}{s}$$

6) PORTATA DI PIOGGIA BACINO 6

La portata massima di pioggia del Bacino 6 è data dalla seguente formula:

$$Q^{VI} = A' * \varphi * i = A' * \varphi * a * tc^{n-1}$$

BACINO	A' AREA TOTALE		AREE VERDI		PARCHEGGI		MARCIAPIEDI		STRADE		COPERTURA EDIFICI		A1 AREA PERM.	A2 AREA IMPERM.	$\varphi 1$	$\varphi 2$	φM
[n°]	[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]	[mq]	PERM.	IMP.	MEDIO
6	34,27		0,00		0,00		0,00		34,27		0,00		30,84	3,43	0,10	0,90	0,180
		% PERM.	100%	0,00	90%	0,00	0%	0,00	90%	30,84	0%	0,00					
		% IMP.	0%	0,00	10%	0,00	100%	0,00	10%	3,43	100%	0,00					

TEMPO DI RITORNO: 10 ANNI

$$Q^{VI} = 34.27 * 0.180 * 47.246 * \frac{1}{1000} * 0.333^{0.3464-1} = 0.43 \frac{m^3}{h} = 0.12 \frac{l}{s}$$

Poiché il collettore fognario corrispondente a tale bacino raccoglie anche l'acqua proveniente dai bacini 1, 2,3,4 e 5, la portata di pioggia complessiva non è quella del singolo bacino 6, ma è quella totale, data dalla somma delle portate dei singoli bacini.

$$Q^{VI} = 4.09 + 5.39 + 1.71 + 6.74 + 2.08 + 0.43 = 20.44 \frac{m^3}{h} = 5.68 \frac{l}{s}$$

7) PORTATA DI PIOGGIA BACINO 7

La portata massima di pioggia del Bacino 7 è data dalla seguente formula:

$$Q^{VII} = A' * \varphi * i = A' * \varphi * a * tc^{n-1}$$

BACINO	A' AREA TOTALE		AREE VERDI		PARCHEGGI		MARCIAPIEDI		STRADE		COPERTURA EDIFICI		A1 AREA PERM.	A2 AREA IMPERM.	$\varphi 1$	$\varphi 2$	φM
[n°]	[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]	[mq]	PERM.	IMP.	MEDIO
7	465,17		79,97		23,36		17,15		60,02		284,67		155,01	310,16	0,10	0,90	0,633
		% PERM.	100%	79,97	90%	21,02	0%	0,00	90%	54,02	0%	0,00					
		% IMP.	0%	0,00	10%	2,34	100%	17,15	10%	6,00	100%	284,67					

TEMPO DI RITORNO: 10 ANNI

$$Q^{VII} = 465.17 * 0.633 * 47.246 * \frac{1}{1000} * 0.333^{0.2464-1} = 20.42 \frac{m^3}{h} = 5.67 \frac{l}{s}$$

8) PORTATA DI PIOGGIA BACINO 8

La portata massima di pioggia del Bacino 8 è data dalla seguente formula:

$$Q^{VIII} = A' * \varphi * i = A' * \varphi * a * tc^{n-1}$$

BACINO	A' AREA TOTALE		AREE VERDI		PARCHEGGI		MARCIAPIEDI		STRADE		COPERTURA EDIFICI		A1 AREA PERM.	A2 AREA IMPERM.	f1	f2	fM
[n°]	[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]	[mq]	PERM.	IMP.	MEDIO
8	336,90		21,81		0,00		18,47		38,43		258,19		56,40	280,50	0,10	0,90	0,766
		% PERM.	100%	21,81	90%	0,00	0%	0,00	90%	34,59	0%	0,00					
		% IMP.	0%	0,00	10%	0,00	100%	18,47	10%	3,84	100%	258,19					

TEMPO DI RITORNO: 10 ANNI

$$Q^{VIII} = 336.90 * 0.766 * 47.246 * \frac{1}{1000} * 0.333^{0.2464-1} = 17.89 \frac{m^3}{h} = 4.97 \frac{l}{s}$$

Poiché il collettore fognario corrispondente a tale bacino raccoglie anche l'acqua proveniente dal bacino 7 la portata di pioggia complessiva non è quella del singolo bacino 8, ma è quella totale, data dalla somma delle portate dei due bacini.

$$Q^{VIII} = 20.42 + 17.89 = 38.31 \frac{m^3}{h} = 10.64 \frac{l}{s}$$

9) PORTATA DI PIOGGIA BACINO 9

La portata massima di pioggia del Bacino 9 è data dalla seguente formula:

$$Q^{IX} = A' * \varphi * i = A' * \varphi * a * tc^{n-1}$$

BACINO	A' AREA TOTALE		AREE VERDI		PARCHEGGI		MARCIAPIEDI		STRADE		COPERTURA EDIFICI		A1 AREA PERM.	A2 AREA IMPERM.	$\varphi 1$	$\varphi 2$	φM
[n°]	[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]	[mq]	PERM.	IMP.	MEDIO
9	634,84		69,06		0,00		26,70		84,82		454,26		145,40	489,44	0,10	0,90	0,717
		% PERM.	100%	69,06	90%	0,00	0%	0,00	90%	76,34	0%	0,00					
		% IMP.	0%	0,00	10%	0,00	100%	26,70	10%	8,48	100%	454,26					

TEMPO DI RITORNO: 10 ANNI

$$Q^{IX} = 634.84 * 0.717 * 47.246 * \frac{1}{1000} * 0.333^{0.3464-1} = 31.54 \frac{m^3}{h} = 8.76 \frac{l}{s}$$

Poiché il collettore fognario corrispondente a tale bacino raccoglie anche l'acqua proveniente dai bacino 7 e 8, la portata di pioggia complessiva non è quella del singolo bacino 9, ma è quella totale, data dalla somma delle portate dei singoli bacini.

$$Q^{IX} = 20.42 + 17.89 + 31.54 = 69.86 \frac{m^3}{h} = 19.40 \frac{l}{s}$$

10) PORTATA DI PIOGGIA BACINO 10

La portata massima di pioggia del Bacino 10 è data dalla seguente formula:

$$Q^X = A' * \varphi * i = A' * \varphi * a * tc^{n-1}$$

BACINO	A' AREA TOTALE		AREE VERDI		PARCHEGGI		MARCIAPIEDI		STRADE		COPERTURA EDIFICI		A1 AREA PERM.	A2 AREA IMPERM.	$\varphi 1$	$\varphi 2$	φM
[n°]	[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]		[mq]	[mq]	PERM.	IMP.	MEDIO
10	123,91		44,41		20,00		0,00		59,50		0,00		115,96	7,95	0,10	0,90	0,151
		% PERM.	100%	44,41	90%	18,00	0%	0,00	90%	53,55	0%	0,00					
		% IMP.	0%	0,00	10%	2,00	100%	0,00	10%	5,95	100%	0,00					

TEMPO DI RITORNO: 10 ANNI

$$Q^X = 123.91 * 0.151 * 47.246 * \frac{1}{1000} * 0.333^{0.3464-1} = 1.30 \frac{m^3}{h} = 0.36 \frac{l}{s}$$

Poiché il collettore fognario corrispondente a tale bacino raccoglie anche l'acqua proveniente da bacini 7, 8 e 9, la portata di pioggia complessiva non è quella del singolo bacino 10, ma è quella totale, data dalla somma delle portate dei singoli bacini.

$$Q^X = 20.42 + 17.89 + 31.54 + 1.30 = 71.16 \frac{m^3}{h} = 19.77 \frac{l}{s}$$

11) PORTATA DI PIOGGIA BACINO 11

La portata massima di pioggia del Bacino 11 è data dalla seguente formula:

$$Q^{XI} = A' * \varphi * i = A' * \varphi * a * tc^{n-1}$$

BACINO	A' AREA TOTALE		AREE VERDI	PARCHEGGI	MARCIAPIEDI	STRADE	COPERTURA EDIFICI	A1 AREA PERM.	A2 AREA IMPERM.	$\varphi 1$	$\varphi 2$	φM
[n°]	[mq]		[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	PERM.	IMP.	MEDIO
11	143,70		24,45	30,00	0,00	89,25	0,00					
		% PERM.	100%	24,45	90%	27,00	0%	0,00	90%	80,33	0%	0,00
		% IMP.	0%	0,00	10%	3,00	100%	0,00	10%	8,93	100%	0,00
								131,78	11,93	0,10	0,90	0,166

TEMPO DI RITORNO: 10 ANNI

$$Q^{XI} = 143.70 * 0.166 * 47.246 * \frac{1}{1000} * 0.333^{0.3464-1} = 1.66 \frac{m^3}{h} = 0.46 \frac{l}{s}$$

Poiché il collettore fognario corrispondente a tale bacino raccoglie anche l'acqua proveniente dai bacini 7,8,9 e 10, la portata di pioggia complessiva non è quella del singolo bacino 11, ma è quella totale, data dalla somma delle portate dei singoli bacini.

$$Q^{XI} = 20.42 + 17.89 + 31.54 + 1.30 + 1.66 = 72.81 \frac{m^3}{h} = 20.23 \frac{l}{s}$$

12) PORTATA DI PIOGGIA BACINO 12

La portata massima di pioggia del Bacino 12 è data dalla seguente formula:

$$Q^{XII} = A' * \varphi * i = A' * \varphi * a * tc^{n-1}$$

BACINO	A' AREA TOTALE		AREE VERDI	PARCHEGGI	MARCIAPIEDI	STRADE	COPERTURA EDIFICI	A1 AREA PERM.	A2 AREA IMPERM.	$\varphi 1$	$\varphi 2$	φM
[n°]	[mq]		[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	PERM.	IMP.	MEDIO
12	132,68		43,36	10,00	2,16	77,16	0,00					
		% PERM.	100%	43,36	90%	9,00	0%	0,00	90%	69,44	0%	0,00
		% IMP.	0%	0,00	10%	1,00	100%	2,16	10%	7,72	100%	0,00
								121,80	10,88	0,10	0,90	0,166

TEMPO DI RITORNO: 10 ANNI

$$Q^{XII} = 132.68 * 0.166 * 47.246 * \frac{1}{1000} * 0.333^{0.3464-1} = 1.52 \frac{m^3}{h} = 0.42 \frac{l}{s}$$

Poiché il collettore fognario corrispondente a tale bacino raccoglie anche l'acqua proveniente dai bacini 7,8,9,10 e 11, la portata di pioggia complessiva non è quella del singolo bacino 12, ma è quella totale, data dalla somma delle portate dei singoli bacini.

$$Q^{XII} = 20.42 + 17.89 + 31.54 + 1.30 + 1.66 + 1.52 = 74.34 \frac{m^3}{h} = 20.65 \frac{l}{s}$$

CALCOLO PORTATA MASSIMA COLLETTORE FOGNARIO

La portata massima dei collettori fognari viene calcolata con la formula di Chezy – Strickler, che tiene in considerazione la sezione trasversale del tubo, la pendenza e la scabrezza del materiale.

I collettori dei bacini sono costituiti da tubi in PVC di diversi diametri, il cui coefficiente di scabrezza (Gauckler-Strickler) è $K = 120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, e in CLS, il cui coefficiente di scabrezza (Gauckler-Strickler) è $K = 80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

1) PORTATA MASSIMA FOGNATURA – BACINO 1-2-3-4-5-6

Si tratta di un collettore fognario in PVC con $\varnothing 315$, la cui pendenza media è 2.0 ‰. La portata massima viene calcolata con la formula di Chezy - Strickler:

$$Q^1 = A * v = A * k * R^{\frac{2}{3}} * \sqrt{i}$$

$$v = k * R^{\frac{2}{3}} * \sqrt{i}$$

Dove: **A** : sezione del canale = 0.078 m^2

v : velocità

$$R : \text{raggio idraulico} = \frac{\text{area bagnata}}{\text{perimetro bagnato}} = \frac{\varnothing}{4} = \frac{0.315}{4} = 0.079 \text{ m}$$

K : coeff. di scabrezza (Gauckler-Strickler) = $120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

i : pendenza media del collettore = 2.0 ‰

Quindi la portata massima del collettore è di:

$$Q^1 = 0.078 * 120 * 0.079^{\frac{2}{3}} * \sqrt{0.002} = 0.077 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 276 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 77 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Considerando un grado di riempimento max del 70%, allora la portata massima del collettore risulta essere:

$$Q^1 = 54 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

2) PORTATA MASSIMA FOGNATURA – BACINO 7-8-9-10-11-12

Si tratta di un collettore fognario in PVC con Ø 400, la cui pendenza media è 2.00 ‰. La portata massima viene calcolata con la formula di Chezy - Strickler:

$$Q^2 = A * v = A * k * R^{\frac{2}{3}} * \sqrt{i}$$

$$v = k * R^{\frac{2}{3}} * \sqrt{i}$$

Dove: **A** : sezione del canale = 0.126 m²

v : velocità

$$R : \text{raggio idraulico} = \frac{\text{area bagnata}}{\text{perimetro bagnato}} = \frac{\phi}{4} = \frac{0.400}{4} = 0.1 \text{ m}$$

K : coeff. di scabrezza (Gauckler-Strickler) = 120 m^{1/3}/s

i : pendenza media del collettore = 2.0 ‰

Quindi la portata massima del collettore è di:

$$Q^2 = 0.126 * 120 * 0.1^{\frac{2}{3}} * \sqrt{0.002} = 0.145 \frac{m^3}{s} = 523 \frac{m^3}{h} = 145 \frac{l}{s}$$

Considerando un grado di riempimento max del 70%, allora la portata massima del collettore risulta essere:

$$Q^2 = 102 \frac{l}{s}$$

VERIFICA

La portata massima di ogni collettore deve essere maggiore della portata di pioggia del bacino corrispondente:

<u>BACINO 1</u>	$Q^1 > Q^I$		
Ø 315 PVC - P=2.0 ‰	$54 \frac{l}{s} > 1.14 \frac{l}{s}$	→	VERIFICATO
<u>BACINO 2</u>	$Q^2 > Q^{II}$		
Ø 315 PVC - P=2.0 ‰	$54 \frac{l}{s} > 2.63 \frac{l}{s}$	→	VERIFICATO
<u>BACINO 3</u>	$Q^3 > Q^{III}$		
Ø 315 PVC - P=2.0 ‰	$54 \frac{l}{s} > 3.11 \frac{l}{s}$	→	VERIFICATO
<u>BACINO 4</u>	$Q^4 > Q^{IV}$		
Ø 315 PVC - P=2.0 ‰	$54 \frac{l}{s} > 1.87 \frac{l}{s}$	→	VERIFICATO
<u>BACINO 5</u>	$Q^5 > Q^V$		
Ø 315 PVC - P=2.0 ‰	$54 \frac{l}{s} > 2.45 \frac{l}{s}$	→	VERIFICATO
<u>BACINO 6</u>	$Q^6 > Q^{VI}$		
Ø 315 PVC - P=2.0 ‰	$54 \frac{l}{s} > 5.68 \frac{l}{s}$	→	VERIFICATO
<u>BACINO 7</u>	$Q^7 > Q^{VII}$		
Ø 400 PVC - P=2.0 ‰	$102 \frac{l}{s} > 5.67 \frac{l}{s}$	→	VERIFICATO
<u>BACINO 8</u>	$Q^8 > Q^{VIII}$		
Ø 400 PVC - P=2.0 ‰	$102 \frac{l}{s} > 10.64 \frac{l}{s}$	→	VERIFICATO
<u>BACINO 9</u>	$Q^9 > Q^{IX}$		
Ø 400 PVC - P=2.0 ‰	$102 \frac{l}{s} > 19.40 \frac{l}{s}$	→	VERIFICATO
<u>BACINO 10</u>	$Q^{10} > Q^X$		
Ø 400 PVC - P=2.0 ‰	$102 \frac{l}{s} > 19.77 \frac{l}{s}$	→	VERIFICATO
<u>BACINO 11</u>	$Q^{11} > Q^{XI}$		
Ø 400 PVC - P=2.0 ‰	$102 \frac{l}{s} > 20.23 \frac{l}{s}$	→	VERIFICATO
<u>BACINO 12</u>	$Q^{12} > Q^{XII}$		
Ø 400 PVC - P=2.0 ‰	$102 \frac{l}{s} > 20.65 \frac{l}{s}$	→	VERIFICATO

4) RETE DI SCARICO ACQUE NERE

I collettori di raccolta delle acque reflue vengono dimensionati considerando gli scarichi prevedibili per il punto vendita.

Il dimensionamento della rete ha come obiettivo fondamentale quello di garantire il regolare smaltimento della portata di progetto nel rispetto delle velocità minime ammissibili in rete.

DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI ACQUE REFLUE

La portata delle acque reflue Q_w viene calcolata considerando la tipologia di utenza prevista all'interno del lotto da realizzare, ossia una medio-piccola struttura di vendita del settore alimentare.

Il dimensionamento dei collettori di scarico delle acque reflue viene condotto seguendo le disposizioni contenute nella norma UNI EN 12056-2, che si basa sul calcolo dell'unità di scarico DU, intesa come portata media di scarico di un apparecchio sanitario, espressa in litri al secondo (l/s).

Pertanto la portata di scarico Q_{ww} [l/s] viene calcolata secondo la seguente formula:

$$Q_w = K * \sqrt{\Sigma DU}$$

Dove:

$K = 0.5$ è il coefficiente di frequenza

DU è la portata media del singolo apparecchio sanitario collegato al sistema di scarico, stimata in base alla seguente tabella:

TIPOLOGIA DI UTENZA	ΣDU
Esercizi commerciali con più di 5 addetti al giorno	1 DU ad addetto
Attività di ristorazione/pubblici esercizi	1 DU ad addetto 1 DU ogni 3 utenti

CALCOLO DELLE UNITA' DI SCARICO – DU

TIPOLOGIA DI UTENZA	N° ADDETTI	N° UTENTI	DU
MEDIO PICCOLA STRUTTURA DI VENDITA	16		16
ΣDU			16

La portata di acque reflue Q_w risulta essere

$$Q_w = K * \sqrt{\Sigma DU}$$

Quindi risulta:

$$Q_w = 0.5 * \sqrt{16} = 2.0 \text{ l/s}$$

DIMENSIONAMENTO COLLETTORE FOGNARIO

Si prevede per tutta la rete l'installazione di un collettore fognario in PVC con Ø 250, la cui pendenza media è 2.0 ‰. La portata massima viene calcolata con la formula di Chezy - Strickler:

$$Q^1 = A * v = A * k * R^{\frac{2}{3}} * \sqrt{i}$$

$$v = k * R^{\frac{2}{3}} * \sqrt{i}$$

Dove: **A** : sezione del canale = 0.049 m²

v : velocità

$$R : \text{raggio idraulico} = \frac{\text{area bagnata}}{\text{perimetro bagnato}} = \frac{\phi}{4} = \frac{0.250}{4} = 0.063$$

K : coeff. di scabrezza (Gauckler-Strickler) = 120 m^{1/3}/s

i : pendenza media del collettore = 2.0 ‰

Quindi la portata massima del collettore è di:

$$Q^1 = 0.049 * 120 * 0.063^{\frac{2}{3}} * \sqrt{0.002} = 0.041 \frac{m^3}{s} = 149 \frac{m^3}{h} = 41 \frac{l}{s}$$

Considerando un grado di riempimento max GR=70%, allora la portata massima del collettore risulta essere:

$$Q^1 = 29 \frac{l}{s}$$

$$v = 0.8 m/s$$

VERIFICA

La portata massima di ogni collettore deve essere maggiore della portata delle acque reflue del comparto:

$$Q^1 > Q_{ww}$$

Ø 250 PVC - P=2.0 ‰

$$41 \frac{l}{s} > 2.0 \frac{l}{s}$$



VERIFICATO

Nonantola, 18 luglio 2018



Il Tecnico

Arch. Fabrizio Zanella