



Comune di Reggio Emilia

Programma di Rigenerazione Urbana Ex Officine Meccaniche Reggiane – quartiere Santa Croce sviluppo del parco innovazione: potenziamento dalla "città pubblica"

## Realizzazione della rambla tratto NORD (viale Ramazzini – via Agosti)

CUP: J81I23000220006  
codice progetto: C\_47201

PROGETTO DI FAATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

---

### STAZIONE APPALTANTE

STU Reggiane Spa  
Piazza Prampolini, 1 42121 Reggio Emilia  
Codice fiscale / P. IVA: 02662420351

---

### R.U.P.

Arch. Massimo Magnani  
Area Programmazione territoriale e progetti speciali – Comune di Reggio Emilia

---

### PROGETTISTI

Progetto architettonico– paesaggistico e coordinamento generale

LEAA – lucaemanueliarchitetti  
Via G.B. Trolli 3, 42123 Reggio Emilia  
info@lucaemanueli.net  
Arch. Luca Emanuelli  
Arch. Gianni Lobosco (consulente)  
Dott. Arch. Fabrizio Veneruso

Paesaggio e opere a verde  
Giuseppe Baldi Studio  
dr. agr. Giuseppe Baldi

Bonifica e valutazioni ambientali  
Studio T.En. – Technology & Environment  
Ing. Stefano Teneggi  
Geom. Nicola Spallanzani

Impianti elettrici e illuminazione  
Elettrolab Studio  
per. ind. Marco Gregori

Opere stradali e opere idrauliche e aspetti geologici  
Ing. Sara Ganapini  
Ing. Giovanni Vignoli  
Geol. Samantha Settmi

Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione  
Geom. Francesco Rangone  
Ing. Giulia Chiussi (collaboratrice)

---

### ELABORATO

# RMBN – RT – I

RELAZIONE GEOLOGICA E TECNICA IDRAULICA

---

DATA

15/10/2024

## SOMMARIO

PREMESSA.....	2
---------------	---

### **PARTE I – ASPETTI GEOLOGICI**

A <b>PREMESSA</b> .....	4
B <b>QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO</b> .....	6
C <b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO</b> .....	7
D <b>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO</b> .....	9
E <b>INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO</b> .....	11
E.1 <b>PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA</b> .....	13
F <b>MODELLO GEOLOGICO, GEOTECNICO E SISMICO</b> .....	16
F.1 <b>MODELLO LITOSTRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL TERRENO</b> .....	17
F.2 <b>CARATTERIZZAZIONE SISMOSTRATIGRAFICA DEL SITO</b> .....	18
F.3 <b>PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE</b> .....	19
F.4 <b>VALUTAZIONE DELL’AZIONE SISMICA</b> .....	21
F.4.1. <b>Coefficienti sismici</b> .....	23
F.4.2 <b>Spettro di risposta elastico</b> .....	24
G <b>VERIFICA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE</b> .....	25
H <b>CONCLUSIONI</b> .....	29

### **PARTE II – ASPETTI IDRAULICI**

I <b>PREMESSA</b> .....	31
J <b>INQUADRAMENTO IDROGRAFICO</b> .....	33
K <b>PIANIFICAZIONE DI SETTORE</b> .....	36
L <b>DESCRIZIONE STATO DI PROGETTO</b> .....	39
M <b>DIMENSIONAMENTO RETE DI DEFLUSSO ACQUE METEORICHE</b> .....	50
N <b>DIMENSIONAMENTO VOLUMI DI LAMINAZIONE</b> .....	53
O <b>CONCLUSIONI</b> .....	56

**PREMESSA**

La presente relazione viene redatta al fine di illustrare gli aspetti **geologici** ed i criteri e le opere previste per la gestione delle **acque** a servizio della **Rambla tratto Nord**, facente parte della più ampia area “Ex Reggiane” nel Comune di Reggio Emilia.

L'intervento è parte integrante e sostanziale del Programma di Rigenerazione Urbana (PRU) ex Area Reggiane quartiere Santa Croce (approvato con Delibera di CC del 03/12/18) e del successivo Masterplan attuativo (approvato con Delibera di GC n.206 del 10/10/24) che prevedono la riqualificazione ambientale, fisica, funzionale e sociale di alcune aree e immobili del quartiere e soprattutto delle storiche Officine Meccaniche Reggiane da destinare in larga parte a parco tematico per l'innovazione, il trasferimento tecnologico e la ricerca industriale (Parco Innovazione).

Tale Programma di Riquilificazione Urbana denominato “PRU\_IP - Bando Periferie Reggiane/SantaCroce” è suddiviso, in relazione alle caratteristiche urbanistiche delle aree che lo compongono in due distinti sub-comparti (“PRU\_IP-1a.bis” e “PRU\_IP-1b”). L'area in esame è adiacente al “PRU\_IP-1a.bis”, e rientra nel Polo Funzionale PF4 la cui attuazione è demandata all'art. 53 della LR 24/2017 ex art. 53 – Legge Regionale 24/2017.

Nello specifico nell'area in esame si prevede la **realizzazione di un parco lineare a destinazione pubblica e polifunzionale** delimitato da due viali laterali, denominato tecnicamente rambla Nord, che trova poi completamente al complementare tratto “Rambla Sud”, area esclusa dalla presente trattazione.

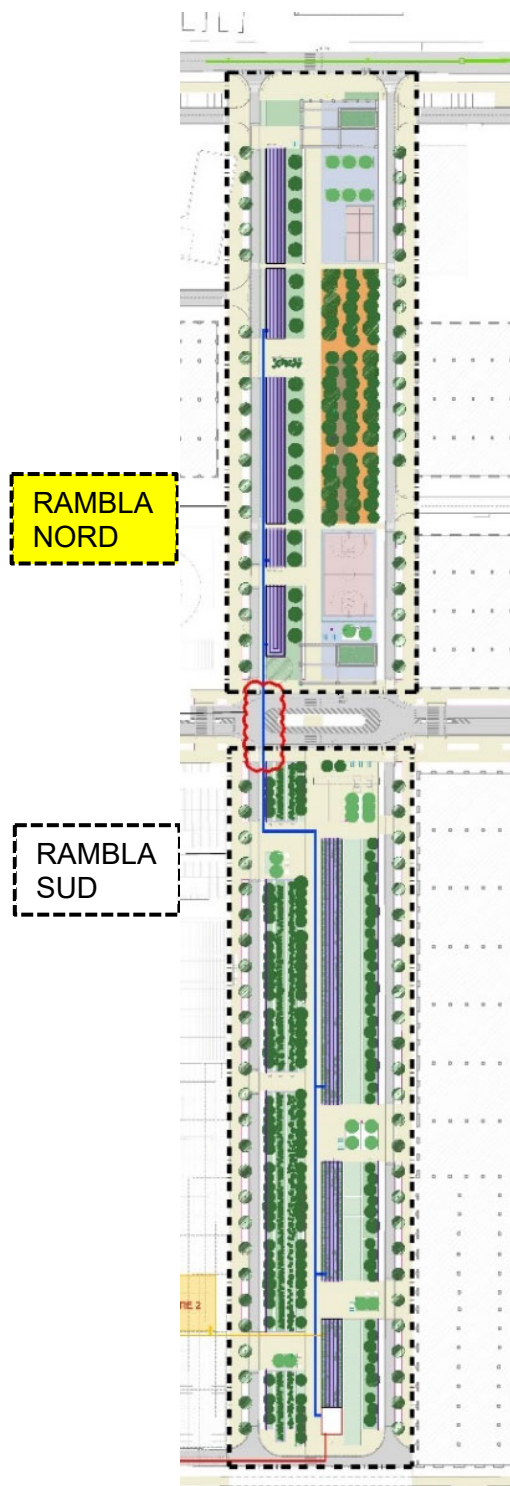


Fig. 1. Progetto Rambla NORD e SUD

Nello specifico, si prevede la realizzazione di un parco lineare polifunzionale delimitato da due viali laterali, denominato **tecnicamente Rambla**, composta di

- rete connettiva di “infrastrutture grigie” per la mobilità costituita dai viali che delimitano il parco urbano lineare e strutturata su tre livelli: mobilità veicolare, mobilità ciclabile (piste ciclabili) e mobilità pedonale;
- rete di infrastrutture ecosistemiche verdi-blu organizzata sotto forma di parco urbano lineare contraddistinto dalla presenza di alberature, arbusti e prati stabili;
- servizi, intesi come aree e attrezzature pubbliche per lo sport, la cultura e il tempo libero; (iv) da impianti e sistemi per la produzione di energia da fonti rinnovabili (fotovoltaico) e il recupero acque piovane.

## **PARTE I – ASPETTI GEOLOGICI**

### **A PREMESSA**

La presente relazione è stata redatta nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica (PFTE) "**Rambla Nord**" al fine di definire le condizioni geologiche, geomorfologiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche del sito per accertare la compatibilità del progetto con le condizioni di pericolosità locale e per valutare la generale idoneità del sito.

L'area oggetto del presente studio, denominata "**Rambla Nord**", è ubicata in prossimità della stazione ferroviaria di Reggio Emilia, tra viale Ramazzini e via Vasco Agosti e rappresenta la porzione nordorientale della più vasta area di progetto denominata "Rambla", oggetto di riqualificazione e rigenerazione urbana. Il lotto in questione occupa parte del sedime su cui si sviluppavano le ex Officine Meccaniche Reggiane e ad oggi sono attualmente presenti due edifici (ormai in disuso) con le rispettive aree cortilive di pertinenza e un'area verde compresa tra essi.

Quest'area è ricompresa nel Programma di Rigenerazione Urbana Ex Officine Meccaniche Reggiane – quartiere Santa Croce, facente parte del più ampio programma PR FESR Emilia Romagna 2021-2027 – Azione 5.1.1. "Attuazione delle Agende Trasformative Urbane per lo Sviluppo Sostenibile – (ATUSS)", per il quale il Comune di Reggio Emilia è risultato beneficiario di finanziamento. Nello specifico, il progetto della Rambla Nord prevede la trasformazione di questa porzione di area industriale delle ex Officine Meccaniche Reggiane, destinata originariamente ad area produttiva e commerciale, in un parco urbano lineare a destinazione pubblica e polifunzionale, a servizio dei comparti rigenerati e in fase di riqualificazione, corredato da un nuovo sistema di viabilità veicolare e ciclo-pedonale.

Come riportato nella "Relazione di sintesi" del PUG di Reggio Emilia, "il Comune ha negli anni sostenuto lo sviluppo economico, la ricerca, l'innovazione e la tecnologia delle imprese puntando sulla rigenerazione dell'area delle storiche Officine Reggiane quale nuovo polo europeo scientifico-tecnologico umanistico al servizio delle imprese e della ricerca, il Parco Innovazione"

Per la definizione delle caratteristiche del sottosuolo si è fatto riferimento a indagini geognostiche e geofisiche pregresse, nonché a relazioni geologiche esistenti, eseguite per aree attigue e/o limitrofe. Si è fatto altresì riferimento a relazioni tecniche e relazioni a carattere ambientale realizzate anche per il sito stesso di Rambla Nord e agli elaborati realizzati e ai

dati acquisiti nell'ambito degli studi di microzonazione sismica comunale e di pianificazione urbanistica.

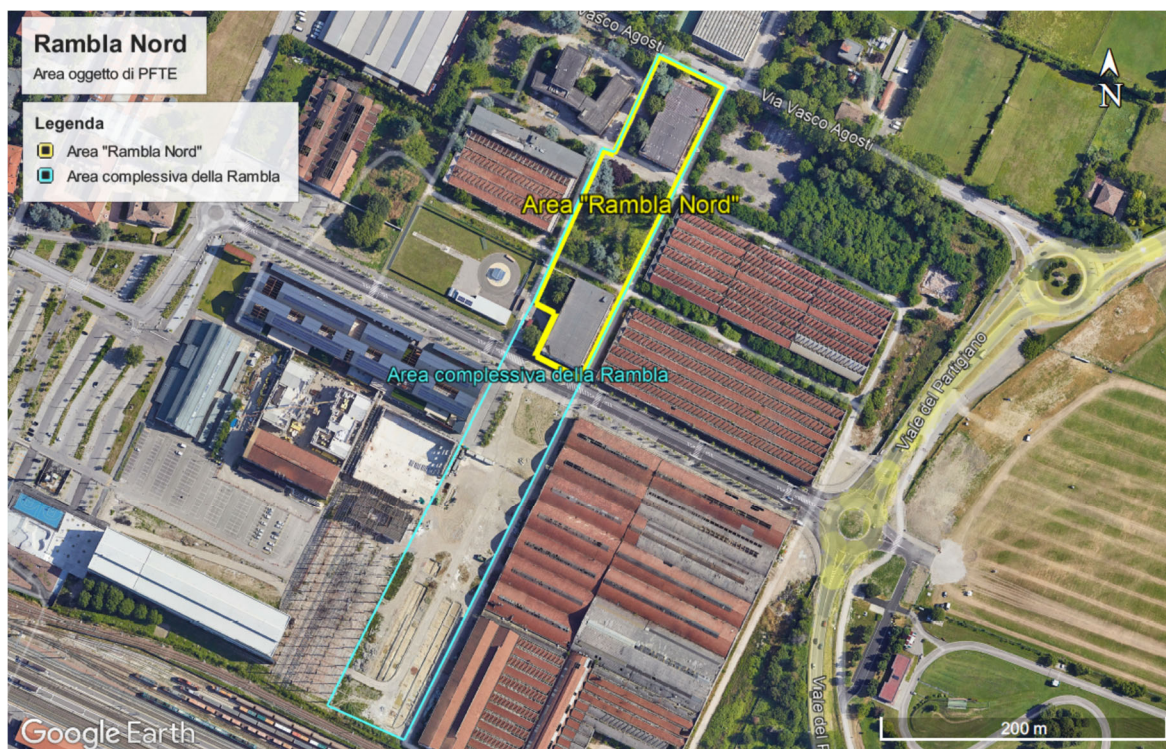


Fig. 2. Area di studio "Rambla Nord" (in giallo) e Area complessiva del progetto "Rambla" (in azzurro)

## **B QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO**

Lo studio è stato svolto in ottemperanza alle normative nazionali e regionali vigenti di riferimento per il settore geologico e geotecnico e consultando gli strumenti di pianificazione vigenti. Le principali normative di riferimento a cui il presente studio ha fatto riferimento sono:

- *O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;*
- *Ordinanza n. 3316 – “Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003”;*
- *Ordinanza n. 3431 – “Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003”;*
- *D.M. 17 gennaio 2018 – “Aggiornamento alle <<Norme Tecniche per le costruzioni>>”;*
- *Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. – “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;*
- *L.R. 30 ottobre 2008, n. 19 – “Norme per la riduzione del rischio sismico” e s.s.m.i.i.;*
- *DGR Emilia-Romagna n. 2193/2015 – “art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112”;*
- *Circ. R.E.R. n. 1288 del 11/03/1983 – “Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre per i piani urbanistici”;*
- *Delibera n. 112 del 2007 – “Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". (Proposta della Giunta regionale in data 10 gennaio 2007, n. 1)”.*

## C INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area di studio si colloca nella Pianura emiliano-romagnola, e più in particolare ricade nell'alta pianura reggiana.

La Pianura emiliano-romagnola è costituita da sedimenti continentali fluvio-deltizi quaternari che appoggiano in discordanza sul substrato marino plio-pleistocenico costituito da sabbie e peliti torbiditiche. Tale assetto è il risultato dell'evoluzione deposizionale dei corsi d'acqua, legata sia alle variazioni climatiche pleistoceniche sia ai recenti movimenti tettonici della zona di margine.

La gran parte dei sedimenti che affiorano sulla superficie della pianura emiliano-romagnola sono di età olocenica e derivano dalla complessa relazione fra il fiume Po, a nord, i fiumi appenninici, a sud e il Mare Adriatico, a est. Nel sottosuolo i depositi della pianura costituiscono un cuneo che si allarga procedendo dal margine appenninico verso nord.

L'area di studio ricade in una zona di **piana alluvionale**, nella fascia di transizione tra alta e media pianura, inserendosi in un contesto geodinamico caratterizzato da una tettonica a stile compressivo. Le litologie prevalenti nelle zone di piana alluvionale sono costituite da sabbie, limi e argille.

Come riportato nella *Cartografia geologica* della Regione Emilia-Romagna, di cui si riporta uno stralcio nel seguito, nel sito in esame sono presenti depositi alluvionali attribuibili al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore e più nel dettaglio affiorano litologie limose di piana alluvionale dell'**Unità di Modena – AES8a**, la cui descrizione tipologica riporta: *“Depositì ghiaiosi e fini. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo e grigio-giallastro. Corrisponde al primo ordine dei terrazzi nelle zone intravallive. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C.. Potenza massima di alcuni metri (< 10 m)”*.

Nell'intorno dell'area di studio sono presenti litologie riferibili al Subsintema di Ravenna (AES8), facente anch'esso parte del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, descritto come *“Limi sabbiosi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori o ghiaie in lenti entro limi, subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose in quelli dei torrenti e fiumi principali. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Nell'alta pianura su AES7b (affiorante solo in cave). Potenza fino a oltre 20 m”*.



Nell'area di studio la porzione più superficiale è costituita da materiali di riporto e dai resti delle numerose e articolate costruzioni, che hanno caratterizzato l'espansione nel secolo scorso del polo produttivo delle ex Officine Meccaniche Reggiane.

Il comune di Reggio Emilia è ubicato nell'alta pianura reggiana, che comprende quella fascia di territorio che borda il margine appenninico estendendosi in direzione nord fino a poco oltre la via Emilia. L'attuale morfologia del territorio è stata generata da eventi riconducibili essenzialmente all'attività tettonica e alla dinamica fluviale del periodo pleistocenico e olocenico.

Dal punto di vista topografico, l'area in studio si colloca in una zona per lo più pianeggiante alla quota di circa 47 m s.l.m., con leggere pendenze verso i quadranti nord-orientali e le forme del territorio sono state in buona parte modificate dalle intense trasformazioni antropiche che hanno interessato l'area.

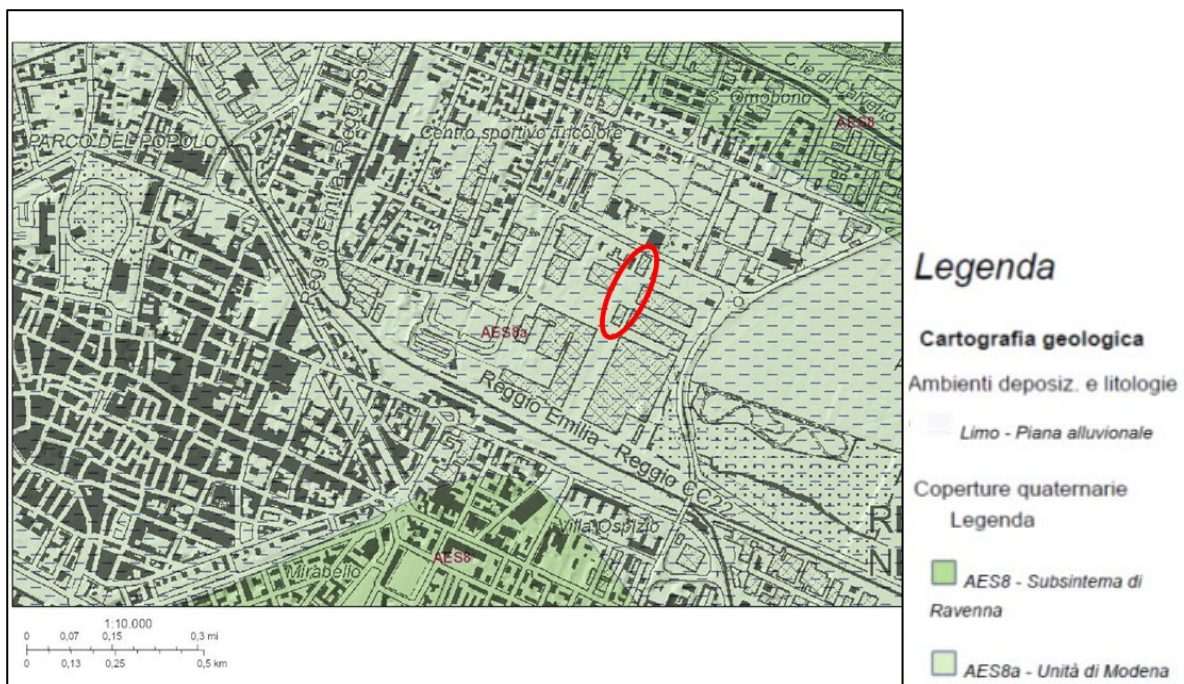


Fig. 3. Stralcio della Carta geologica a scala 1: 10.000, estrapolata da servizio Moka della Regione Emilia-Romagna. In rosso è cerchiata l'area di interesse.

## D INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Le caratteristiche idrogeologiche dell'area sono direttamente correlabili con le variazioni litologiche dei depositi alluvionali. Il sistema idrogeologico locale può essere schematizzato secondo due unità sovrapposte con caratteristiche differenti: la prima costituisce l'acquifero freatico ed è costituita da orizzonti argilloso-limosi e limosi ai quali si intercalano strati e sequenze sabbiose e sabbioso-ghiaiose. Tali livelli costituiscono acquiferi a spessore variabile, che nell'insieme generano corpi tendenzialmente continui territorialmente, inclinati in direttrice settentrionale e collegati tra loro da sequenze a grado di permeabilità variabile. In corrispondenza dei paleoalvei e dei canali i livelli permeabili sono a diretto contatto con le acque superficiali, che ne determinano la ricarica. La seconda unità, a carattere artesiano o confinato, è costituita da corpi sabbiosi e ghiaiosi di modesto spessore e ad assetto lentiforme, intercalati a potenti sequenze argillose e argilloso-limose.

Come desunto da dati bibliografici e dalla "Carta idrogeologica – QCD E3\_5" del PUG di Reggio Emilia il livello della soggiacenza della falda superficiale si attesta a circa -5m da p.c.

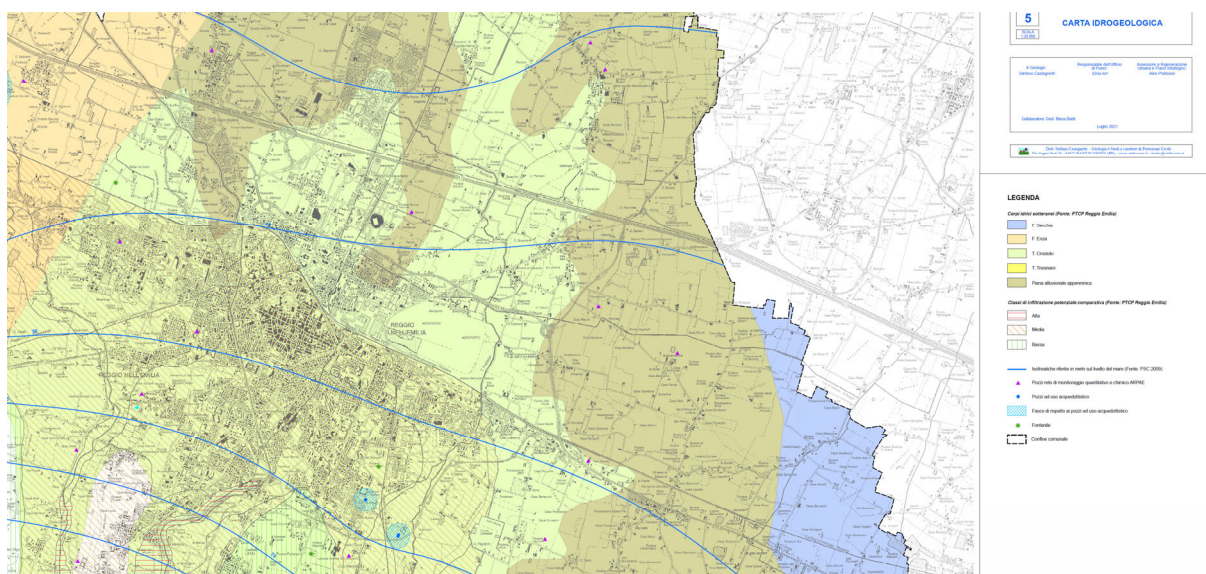


Fig. 4. Stralcio della Carta Idrogeologica-PUG 2020 Reggio Emilia. In rosso è evidenziata l'ubicazione dell'area di studio

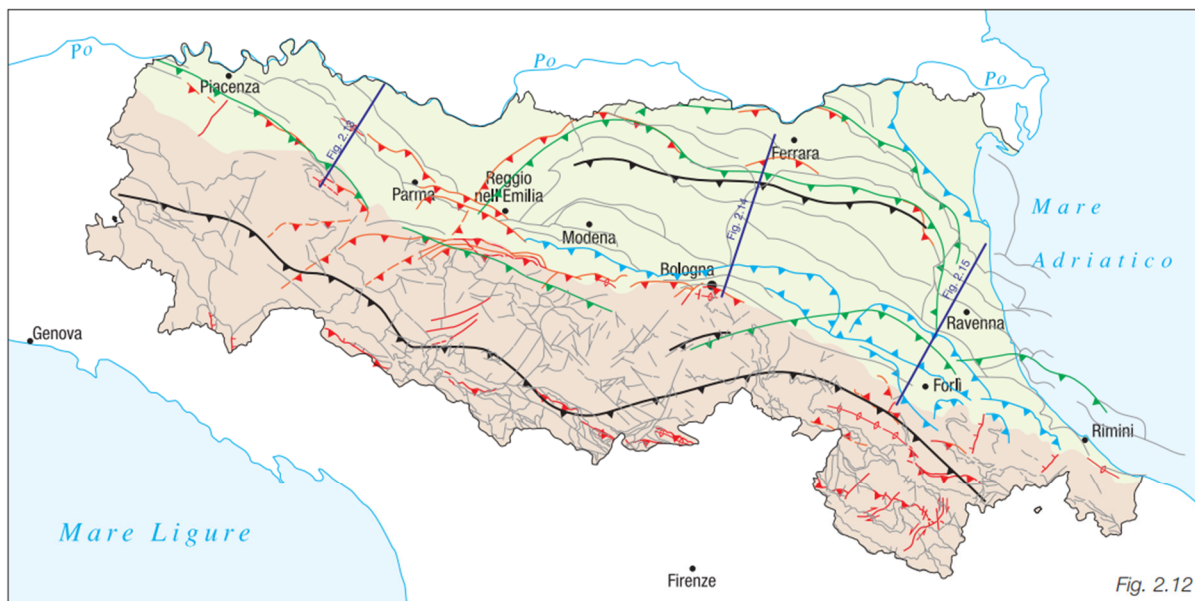
Come riportato nella "Relazione di compatibilità geologica, idrogeologica e sismica, comprensiva di analisi e approfondimenti di microzonazione" redatta dal dott. Geol. Stefano Castagnetti nel giugno 2017 per l'areale interno al comparto delle Ex Officine Meccaniche Reggiane posto immediatamente a sud della Rambla Nord, le prove geotecniche eseguite nel maggio 2017, nelle vicinanze dell'area di studio, hanno rilevato valori minimi di soggiacenza

pari a -1,20 m da p.c. Questo livello è riconducibile ad acque di infiltrazione meteorica e pertanto variabili con l'andamento della stagionalità.

Per quanto riguarda le falde più profonde, da pozzi limitrofi all'area di studio si rileva che il tetto delle ghiaie è posto ad una profondità di circa 50 m da p.c.

## E INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO

Il settore di territorio reggiano in esame ricade in una porzione del margine meridionale del bacino perisuturale padano in cui risultano attivi i sovrascorrimenti dell'External Thrust Front (ETF), un alto strutturale caratterizzato da una serie di strutture ad arco, concave verso sud, che si raccordano in due zone di incrocio (Pavia e Reggio Emilia), dove il fronte appare notevolmente arretrato.



- Sovrascorrimenti attivi superficiali
- Faglie estensionali superficiali attive
- Faglie trascorrenti attive
- Faglie attive con cinematica indeterminata
- Anticlinale attiva
- Sovrascorrimenti attivi nella successione carbonatica
- Sovrascorrimenti attivi nel basamento
- Sovrascorrimenti del Plio-Pleistocene inf. riattivati
- Principali strutture neogeniche senza evidenze di attività recente

Fig. 5. Schema tettonico dell'Emilia-Romagna. Immagine tratta da "Carta sismotettonica della regione Emilia-Romagna scala 1:250 000-note illustrative" (2004)

La zonazione sismogenetica del territorio nazionale (ZS9), che identifica le zone a caratteristiche sismiche omogenee, attribuisce Il territorio comunale di Reggio Emilia alla **zona sismogenetica 913**.

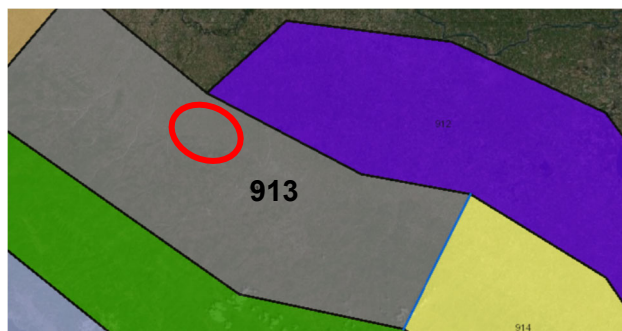


Fig. 6. Zonazione sismogenetica ZS9. In rosso è individuato il comune di Reggio Emilia



La zona ZS 913 risulta dalla sovrapposizione della fascia che si estende da Parma fino all'Abruzzo. Nella zona 913 si verificano terremoti di magnitudo medio-bassa prevalentemente compressivi in direzione NW e da meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo, che interrompono la continuità longitudinale delle strutture sepolte attive. Il maggior numero di terremoti che si verificano in questa zona, presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km e i valori di magnitudo massima previsti, sulla base dei meccanismi focali, sono pari a **Mw<sub>max</sub> = 5,91**.

Sulla base della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale elaborata dall'INGV nel 2004, il territorio di Reggio Emilia si colloca in un areale in cui si possono verificare terremoti caratterizzati da un'accelerazione massima del suolo compresa tra 0,125÷0,175 g (con un tempo di ritorno (Tr) pari a circa 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

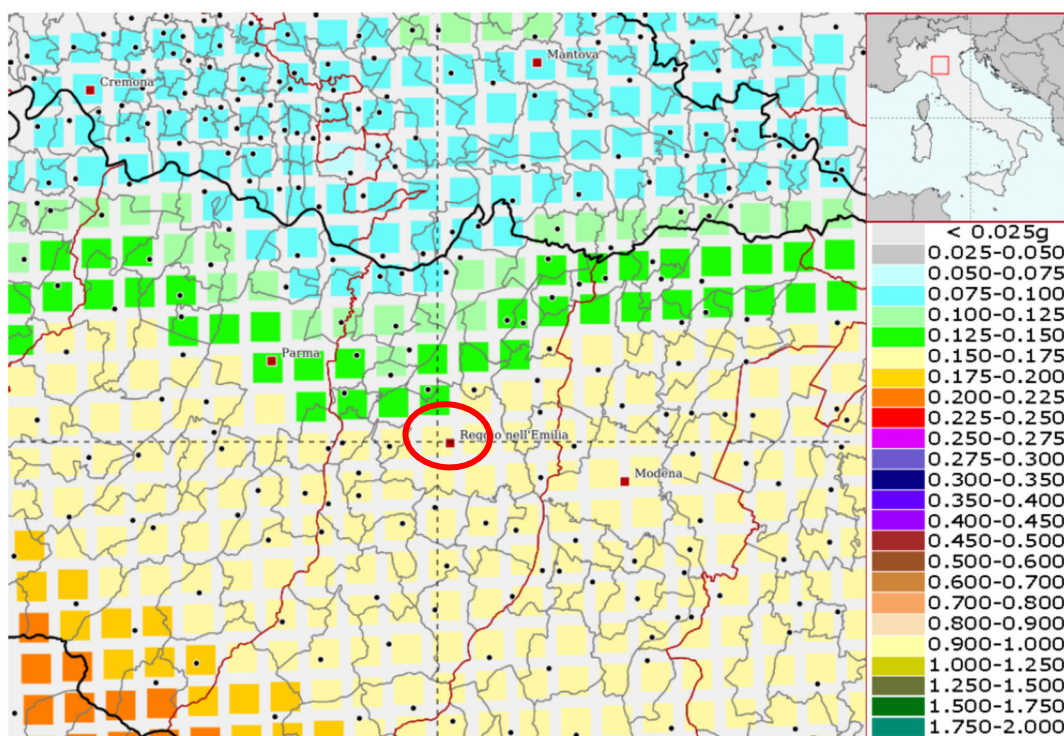


Fig. 7. Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004). In rosso è cerchiato il comune di Reggio Emilia

Tali valori sono coerenti con quanto riportato nell'Allegato A2 della DAL Regione Emilia-Romagna 112/2007, che attribuisce al **Comune di Reggio Emilia** un valore di accelerazione di picco al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) **a<sub>g</sub> di 0.157 g**.

In ottemperanza all'OPCM n° 3274/2003 e all'OPCM n. 3519/2006, la Regione Emilia Romagna ha effettuato la classificazione sismica dei Comuni, aggiornata con la D.G.R. n. 146 del 06/02/2023, classificando il Comune di Reggio Emilia come sismico in Zona 3.

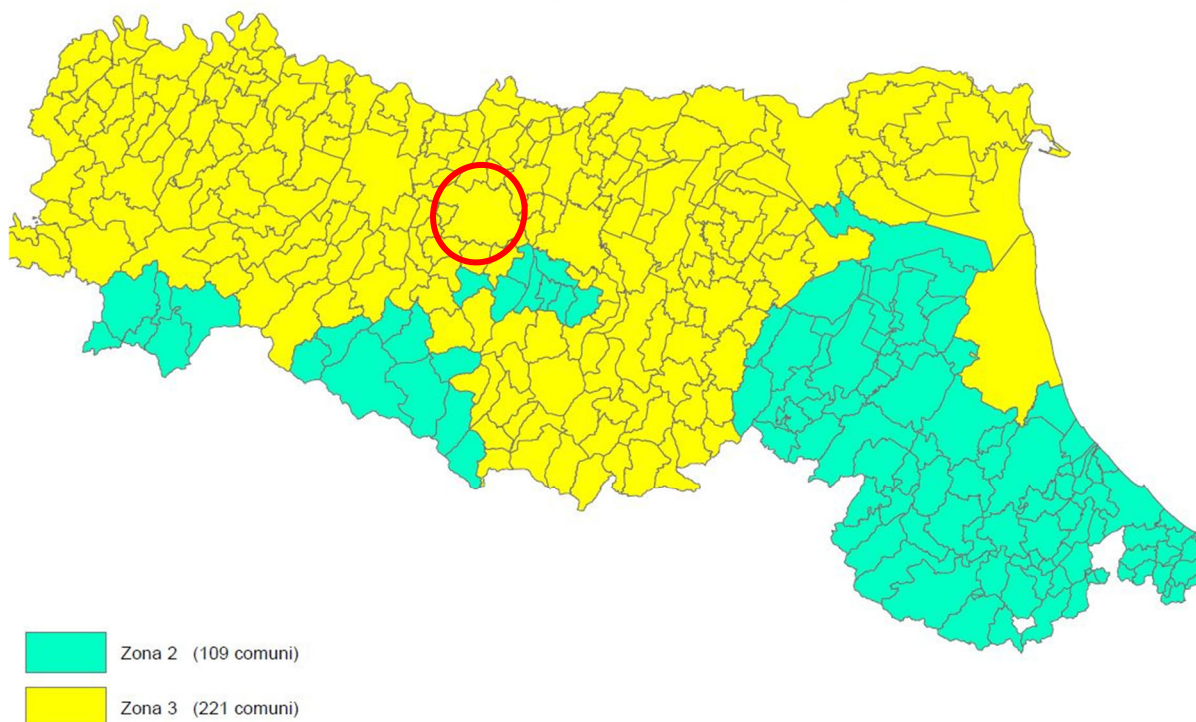


Fig. 8. Classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia. In rosso è individuato il comune di Reggio Emilia

### **E.1 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA**

La microzonazione sismica è lo strumento che consente di studiare le caratteristiche di un territorio che intervengono nell'alterazione del moto sismico e di quantificare gli effetti locali, temporanei e permanenti.

Gli studi di Microzonazione Sismica (MS) sono suddivisi in 3 livelli di approfondimento:

- 1) MS di livello 1: individua zone omogenee in prospettiva sismica, su basi prettamente geologiche;
- 2) MS di livello 2: quantifica numericamente l'amplificazione del moto sismico utilizzando abachi ;
- 3) MS di livello 3: quantifica numericamente l'amplificazione del moto sismico mediante analisi numeriche di risposta sismica locale.

Per "risposta sismica locale" (RSL) si intende l'insieme delle modifiche in intensità, ampiezza e frequenza, che un moto sismico relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), posta ad una certa profondità nel sottosuolo, subisce attraverso gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie.

Per ogni livello di approfondimento sono realizzate una serie di cartografie e relazioni e il territorio indagato viene suddiviso in:

- zone stabili,
- zone suscettibili di amplificazioni locali,
- zone di attenzione per instabilità (Livello 2) e zone suscettibili di instabilità (Livello 3).

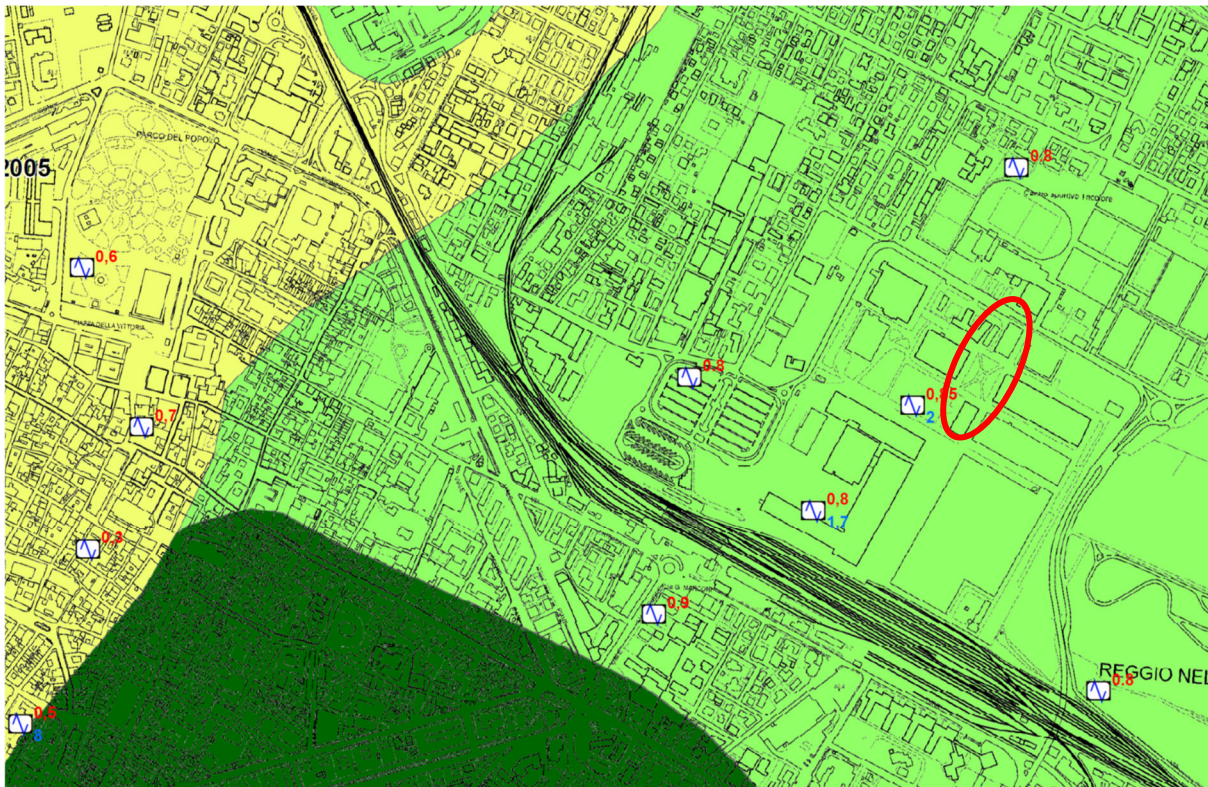
Il **Comune di Reggio Emilia** ha eseguito nel 2013 e aggiornato nel 2021 (nell'ambito del PUG) uno studio di analisi del rischio sismico finalizzato alla microzonazione sismica del territorio comunale, facendo seguito allo studio geologico-ambientale realizzato nel 2008 a corredo del Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale Comunale (PSC).

Nell'ambito degli studi di MS sono state prodotte, fra le altre, le carte di microzonazione sismica e la carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS). La carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici (disponibili per l'area), è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.), individuando e delimitando le aree a comportamento omogeneo.

L'area di interesse ricade nelle **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** e nel dettaglio nella zona 2002, caratterizzata da successione stratigrafica costituita da una spessa coltre di depositi fini argillosi e argilloso-limosi con locali intercalazioni sabbiose. Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono aree in cui sono attese amplificazioni del moto sismico, causate dall'assetto litostratigrafico e/o morfologico locale. Si riporta nel seguito anche una tabella con indicazione dei valori dei Fattori di microzonazione sismica ricavati nell'ambito degli studi di MS del 2021 per l'area di studio:

<b>Accelerazione massima orizzontale al suolo di riferimento per T=0</b>	
Fa P.G.A.	1,7
<b>Integrale dello Spettro di risposta in velocità (Intensità di Housner)</b>	
FA I.S. <sub>0105</sub> (0,1-0,5 sec)	1,9
FA I.S. <sub>0510</sub> (0,5-1,0 sec)	2,5
FA I.S. <sub>0515</sub> (0,5-1,5 sec)	3,3
<b>Integrale dello Spettro di risposta in accelerazione</b>	
FA S.A. <sub>0105</sub> (0,1-0,5 sec)	1,8
FA S.A. <sub>0408</sub> (0,4-0,8 sec)	2,7
FA S.A. <sub>0711</sub> (0,7-1,1 sec)	3,2
FA S.A. <sub>0515</sub> (0,5-1,5 sec)	3,1
<b>Scuotimento atteso in sito in valore assoluto</b>	
HSM (0,1-0,5 sec)	572 cm/s <sup>2</sup>





## Legenda

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- 2002
 Zona 2: successione stratigrafica costituita da una spessa coltre di depositi fini argillosi e argilloso-limosi con locali intercalazioni sabbiose
- 2005
 Zona 5: successione stratigrafica costituita in superficie da riporti antropici avvenuti in epoca storica, sovrastanti depositi argilloso-limosi con intercalazioni di livelli ghiaiosi di spessore variabile da 2 a 5 metri
- 2004
 Zona 4: successione stratigrafica costituita da alternanze di livelli argilloso-limosi prevalenti e livelli ghiaiosi

### Punti di misura di rumore ambientale

- 3,3  
V
 Punto di misura di rumore ambientale con riportate la frequenze relative al primo picco significativo (in rosso) e al secondo picco (in blu) se presente

Fig. 9. Stralcio della Carta delle MOPS del Comune di Reggio Emilia (2021). In rosso è cerchiato il sito di interesse.



## F MODELLO GEOLOGICO, GEOTECNICO E SISMICO

Per la ricostruzione della stratigrafia del sottosuolo, finalizzata alla creazione del modello geologico e geotecnico, si è fatto riferimento a prove disponibili in prossimità dell'area di studio, alle note bibliografiche disponibili e alle descrizioni litologiche realizzate nell'ambito di scavi a carattere ambientale realizzati nel comparto in studio.

Per il modello geologico-geotecnico si fa riferimento nel seguito alla "Relazione di compatibilità geologica, idrogeologica e sismica, comprensiva di analisi e approfondimenti di microzonazione" redatta dal dott. Geol. Stefano Castagnetti nel giugno 2017 (a cui si rimanda per eventuali approfondimenti) per l'areale interno al comparto delle Ex Officine Meccaniche Reggiane posto immediatamente a sud della Rambla Nord, per la cui redazione sono state eseguite nel maggio 2017 anche n. 2 prove SCPT (spinte fino alla profondità massima di -30,0 m) e n. 15 CPTU (spinte fino alla profondità massima di -15,0m da p.c.), e sono state considerate indagini pregresse. Le indagini considerate dal dott. Geol. Castagnetti nella suddetta relazione sono ubicate come nella seguente figura.



Fig. 10. Ubicazione indagini geognostiche e sismiche considerate nella relazione del 2017 realizzata per un areale prossimo alla Rambla Nord. In rosso è evidenziata l'area della Rambla Nord (Estratto da "Relazione di compatibilità geologica, idrogeologica e sismica, comprensiva di analisi e approfondimenti di microzonazione" redatta dal dott. Geol. Stefano Castagnetti nel giugno 2017)

## **F.1 MODELLO LITOSTRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL TERRENO**

Sulla base delle indagini disponibili nel primo intorno dell'area di studio, la stratigrafia del terreno è così suddivisibile: dal piano campagna e fino a circa 2,0 m dal p.c. è diffusamente presente del terreno di riporto eterogeneo. Da tale profondità, fino a circa -13,0 m di profondità dal p.c. si rilevano depositi argillosi e argilloso-limosi, localmente intercalati da orizzonti per lo più sabbiosi.

Come riportato nella relazione del dott. Geol. Castagnetti, i depositi fini sono caratterizzati da una consistenza da medio-bassa a bassa, con valori di  $R_p$  generalmente compresi tra 6 e 20  $\text{kg/cm}^2$  e localmente con valori di  $R_p$  di 3÷4  $\text{kg/cm}^2$ .

Tale unità presenta un comportamento geotecnico di tipo coesivo e ad essa possono essere attribuiti i seguenti parametri:

- coesione non drenata ( $c_u$ ) = 0.2÷0.6  $\text{kg/cm}^2$ ;
- angolo di attrito ( $\varphi_u$ ) = 0°;
- peso naturale del terreno ( $g$ ) = 1800  $\text{kg/m}^3$ ;

I livelli lenticolari, ghiaiosi e sabbiosi sono localmente individuabili a quote comprese fra -4 e -13 m da p.c., con spessori massimi di 4 m (in prossimità del sito Rambla Nord, individuati nella CPT8, CPTu8 e CPT12, ubicate come in figura precedente). Questi depositi sono caratterizzati da valori di  $R_p$  compresi tra 60 e oltre 200  $\text{kg/cm}^2$ .

Tale unità presenta un comportamento geotecnico di tipo granulare e ad esso possono essere attribuiti i seguenti parametri:

- coesione efficace ( $c'$ ) = 0  $\text{kg/cm}^2$ ;
- angolo di attrito ( $\varphi'$ ) = 33-36°;
- peso naturale del terreno ( $g$ ) = 1950  $\text{kg/m}^3$ .

Oltre i -13,0 m di profondità da p.c. e fino alla massima profondità investigata di -30,0 m da p.c., sono stati rilevati depositi limo-argillosi con locali e sottili intercalazioni limo-sabbiose, di discreta consistenza, con valori di  $R_p$  mediamente compresi tra 10 e 30  $\text{kg/cm}^2$ . Questo orizzonte presenta un comportamento geotecnico complessivamente di tipo coesivo e ad esso possono essere attribuiti i seguenti parametri:

coesione non drenata ( $c_u$ ) = 0.7÷0.9  $\text{kg/cm}^2$ ;

angolo di attrito ( $\varphi_u$ ) = 0°;

peso naturale del terreno ( $g$ ) = 1900  $\text{kg/m}^3$ .

## **F.2 CARATTERIZZAZIONE SISMOSTRATIGRAFICA DEL SITO**

Il metodo principale per la classificazione del sottosuolo è la Risposta Sismica Locale (RSL). Ai sensi delle NTC 2018, è possibile la ricostruzione del modello di sottosuolo per l'analisi di risposta sismica locale tramite approccio semplificato, che si basa sull'individuazione della "categoria di sottosuolo", ovvero sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . 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). 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 (dove  $H$  è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s) e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II delle NTC 2018.

Data la vicinanza al sito in esame, per la caratterizzazione sismostratigrafica del sito si è fatto riferimento agli studi effettuati dal dott. Geol. Stefano Castagnetti nell'ambito della "Relazione di compatibilità geologica, idrogeologica e sismica, comprensiva di analisi e approfondimenti di microzonazione" del 2017 (a cui si rimanda per eventuali approfondimenti), il quale prendeva in considerazione la prova MSW "K", la prova Re.Mi. e le due prove penetrometriche con cono sismico (SCPTU), ubicate come illustrato nella precedente figura. Sono stati quindi desunti i valori delle  $V_{s30}$ :

<b>INDAGINE</b>	<b><math>V_{s_{30}}</math> (m/s)</b>
SCPTU4	198
SCPTU14	206
MASW "K"	190
RE.MI.	245

Sulla base dei valori di  $V_s$  ottenuti è possibile attribuire il sottosuolo alla **categoria tipo C**, definita come "*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*".

Considerando inoltre la morfologia e topografia del sito in esame è possibile ricondurlo ad una **categoria topografica T1**, che presenta per definizione le caratteristiche di “Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ” ed è caratterizzata da valori massimi del **coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1,0$** .

### **F.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE**

Come definito nelle NTC 2018, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite 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 con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2 delle NTC), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4 delle NTC 2018.

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

Ai fini delle NTC 2018 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento  $V_R$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

**$a_g$**  accelerazione orizzontale massima;

**F<sub>0</sub>** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

**T<sub>C</sub>\*** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per la definizione della pericolosità si fa riferimento a 4 stati limite per l'azione sismica (SLO, SLD, SLV, SLC), al cui crescere fanno corrispondere una progressiva crescita del danneggiamento dell'insieme di struttura, elementi non strutturali ed impianti. A seconda delle caratteristiche prestazionali richieste alla generica costruzione si possono ricavare l'accelerazione del suolo  $a_g$  e le forme dello spettro di risposta di progetto per ciascun sito, costruzione, situazione d'uso, stato limite.

A partire dalle coordinate geografiche e dalle caratteristiche prestazionali del sito di interesse, facendo riferimento alla media pesata dei valori che si riferiscono a quattro punti del reticolo

che comprendono l'area in oggetto (coordinate espresse in ED50), si ottengono per i diversi Stati limite i seguenti parametri sismici:

<b><u>SITO IN ESAME:</u></b>	
latitudine:	44,701439
longitudine:	10,650526
Classe:	2
Vita nominale:	50

<b><u>SITI DI RIFERIMENTO:</u></b>			
Sito 1	ID: 15832	Lat: 44,7000	Lon: 10,6077 Distanza: 3390,957
Sito 2	ID: 15833	Lat: 44,7017	Lon: 10,6779 Distanza: 2166,836
Sito 3	ID: 15611	Lat: 44,7517	Lon: 10,6756 Distanza: 5923,666
Sito 4	ID: 15610	Lat: 44,7500	Lon: 10,6053 Distanza: 6471,155

<b><u>PARAMETRI SISMICI:</u></b>	
Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50anni
Coefficiente cu:	1
<b>Operatività (SLO):</b>	
Probabilità di superamento:	81 %
Tr:	30 [anni]
ag:	0,047 g
Fo:	2,480
Tc*:	0,249 [s]

<b>Danno (SLD):</b>	
Probabilità di superamento:	63 %
Tr:	50 [anni]
ag:	0,058 g
Fo:	2,505
Tc*:	0,264 [s]
<b>Salvaguardia della vita (SLV):</b>	
Probabilità di superamento:	10 %
Tr:	475 [anni]
ag:	0,154 g
Fo:	2,392
Tc*:	0,288 [s]
<b>Prevenzione dal collasso (SLC):</b>	
Probabilità di superamento:	5 %
Tr:	975 [anni]
ag:	0,200 g
Fo:	2,398
Tc*:	0,303 [s]

#### **F.4 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA**

La rappresentazione di riferimento per le componenti dell'azione sismica è lo spettro di risposta elastico in accelerazione. Lo **spettro di risposta elastico in accelerazione** è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di  $a_g$  variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della **componente orizzontale** del moto sismico, è definito dal valore di  $a_g$  e da diversi altri parametri fra cui  $F_0$ , che quantifica l'amplificazione spettrale massima su sito di riferimento rigido orizzontale,  $T_c$ , che è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, ed  $S$ , che è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la

relazione seguente:

$S = S_s \cdot S_T$ , dove  $S_s$  è il coefficiente stratigrafico.  $T_c$  è dato dalla relazione  $C_c \cdot T_c^*$ .  $T_c^*$  è a sua volta il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_c^*$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV delle NTC 2018 nelle quali  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  è l'accelerazione di gravità e  $T_c^*$  è espresso in secondi.

Le espressioni di  $S_s$  e  $C_c$  per il sito in esame, in funzione della categoria di sottosuolo, sono quelle evidenziate nel seguito:

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della **componente verticale** del moto sismico, è definito da periodo proprio di vibrazione,  $T$ , (in direzione verticale) e da  $F_v$  che è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale.

**F.4.1. Coefficienti sismici**

Per il sito in esame i coefficienti sismici e l'accelerazione massima in superficie (Amax), sulla base della categoria di sottosuolo, del coefficiente topografico e della classe d'uso, risultano essere:

<b>SLO:</b>	
Ss:	1,500
Cc:	1,660
St:	1,000
Kh:	0,014
Kv:	0,007
Amax:	0,684
Beta:	0,200
<b>SLD:</b>	
Ss:	1,500
Cc:	1,630
St:	1,000
Kh:	0,017
Kv:	0,009
Amax:	0,853
Beta:	0,200
<b>SLV:</b>	
Ss:	1,480
Cc:	1,580
St:	1,000
Kh:	0,055
Kv:	0,027
Amax:	2,233
Beta:	0,240
<b>SLC:</b>	
Ss:	1,410
Cc:	1,560
St:	1,000
Kh:	0,068
Kv:	0,034
Amax:	2,765
Beta:	0,240



**F.4.2 Spettro di risposta elastico**

Come esposto nelle NTC2018, e riportato in precedenza, lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale.

Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s. Per strutture con periodi fondamentali superiori lo spettro deve essere definito da apposite analisi oppure l'azione sismica deve essere descritta mediante storie temporali del moto del terreno.

Period (sec)	Absolute Acceleration (g)
0,000	0,230
0,152	0,550
0,456	0,550
0,540	0,464
0,624	0,402
0,708	0,354
0,792	0,316
0,877	0,286
0,961	0,261
1,045	0,240
1,129	0,222
1,214	0,207
1,298	0,193
1,382	0,181
1,466	0,171
1,550	0,162
1,635	0,153
1,719	0,146
1,803	0,139
1,887	0,133
1,972	0,127
2,056	0,122
2,140	0,117
2,224	0,113
2,309	0,105
2,393	0,097
2,478	0,091
2,563	0,085
2,647	0,080
2,732	0,075
2,816	0,070
2,901	0,066
2,985	0,063
3,070	0,059
3,154	0,056
3,239	0,053
3,324	0,050
3,408	0,048
3,493	0,046
3,577	0,044
3,662	0,042
3,746	0,040
3,831	0,038
3,915	0,036
4,000	0,035

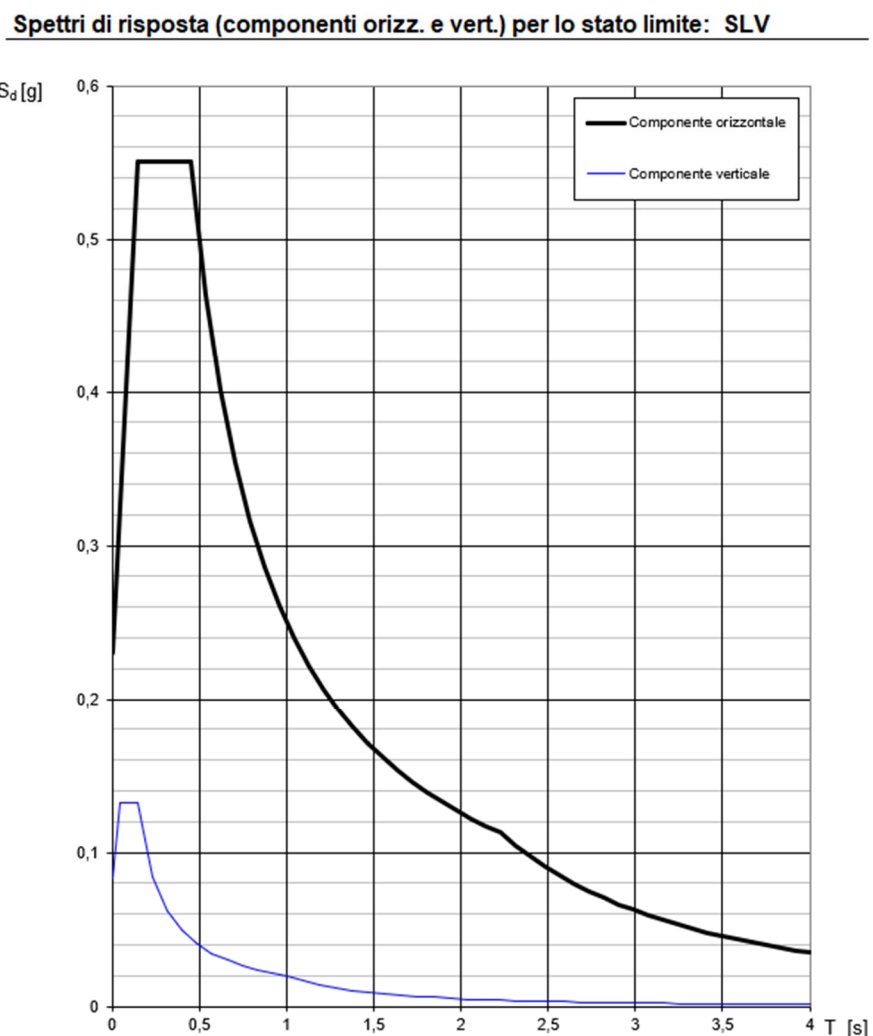


Fig. 11. Spettro di risposta per il sito in esame con categoria di sottosuolo C e coefficiente d'uso pari a 1, secondo l'approccio semplificato NTC 2018

## G VERIFICA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

Con il termine “liquefazione” si intendono tutti quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) delle NTC 2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) delle NTC 2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Quando nessuna delle condizioni risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili. Salvo utilizzare procedure di analisi avanzate, la verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto. La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio. La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse.

Nel presente elaborato vengono considerati i risultati delle verifiche a liquefazione eseguite dal dott. Geol. Stefano Castagnetti nell'ambito della già citata relazione redatta nel 2017.

I possibili effetti della liquefazione in superficie sono quantificati mediante l'indice di

liquefazione, IL (o LPI).

Nella relazione succitata, l'indice LPI è stato definito secondo quanto riportato nella DGR 2193/2015 nel modo seguente:

$$LPI = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz \quad \text{in cui} \quad w(z) = \frac{200}{z_{crit}} \cdot \left(1 - \frac{z}{z_{crit}}\right)$$

dove  $z_{crit}$  è la profondità critica, ovvero la profondità massima entro la quale può verificarsi la liquefazione, che di norma si assume pari a 20 m.

La variabile  $F(z)$  è pari a (Sonmez, 2003):

$$\begin{aligned} F(z) &= 0 && \text{per } F_L \geq 1,2 \\ F(z) &= 2 \cdot 10^6 \cdot \exp(-18,427 \cdot F_L) && \text{per } 1,2 > F_L \geq 0,95 \\ F(z) &= 1 - F_L && \text{per } F_L \leq 0,95 \end{aligned}$$

Le classi di potenziale di liquefazione proposte da Sonmez (2003) sulla base del valore di IL (LPI) sono le seguenti:

IL (LPI)	Potenziale di liquefazione	Pericolosità di liquefazione
0	Non liquefacibile ( $FSL \geq 1.2$ )	Nulla
$0 < IL \leq 2$	Basso	Bassa
$2 < IL \leq 5$	Moderato	Moderata
$5 < IL \leq 15$	Alto	Alta
$IL > 15$	Molto alto	Molto alta

Per la presente trattazione si considera la sola elaborazione della CPTU8 (nella relazione del 2017 le elaborazioni erano state svolte considerando anche la CPT3), in quanto ritenuta la più significativa data la vicinanza con il sito in esame.

I valori dell'indice LPI, calcolati come proposto da Robertson nel 2010 e come proposto da Boulanger e Idriss nel 2014, sono risultati i seguenti:

PROVA	LPI	
	Robertson (2010)	Boulanger & Idriss (2014)
CPTU8_2017	1,52	3,24

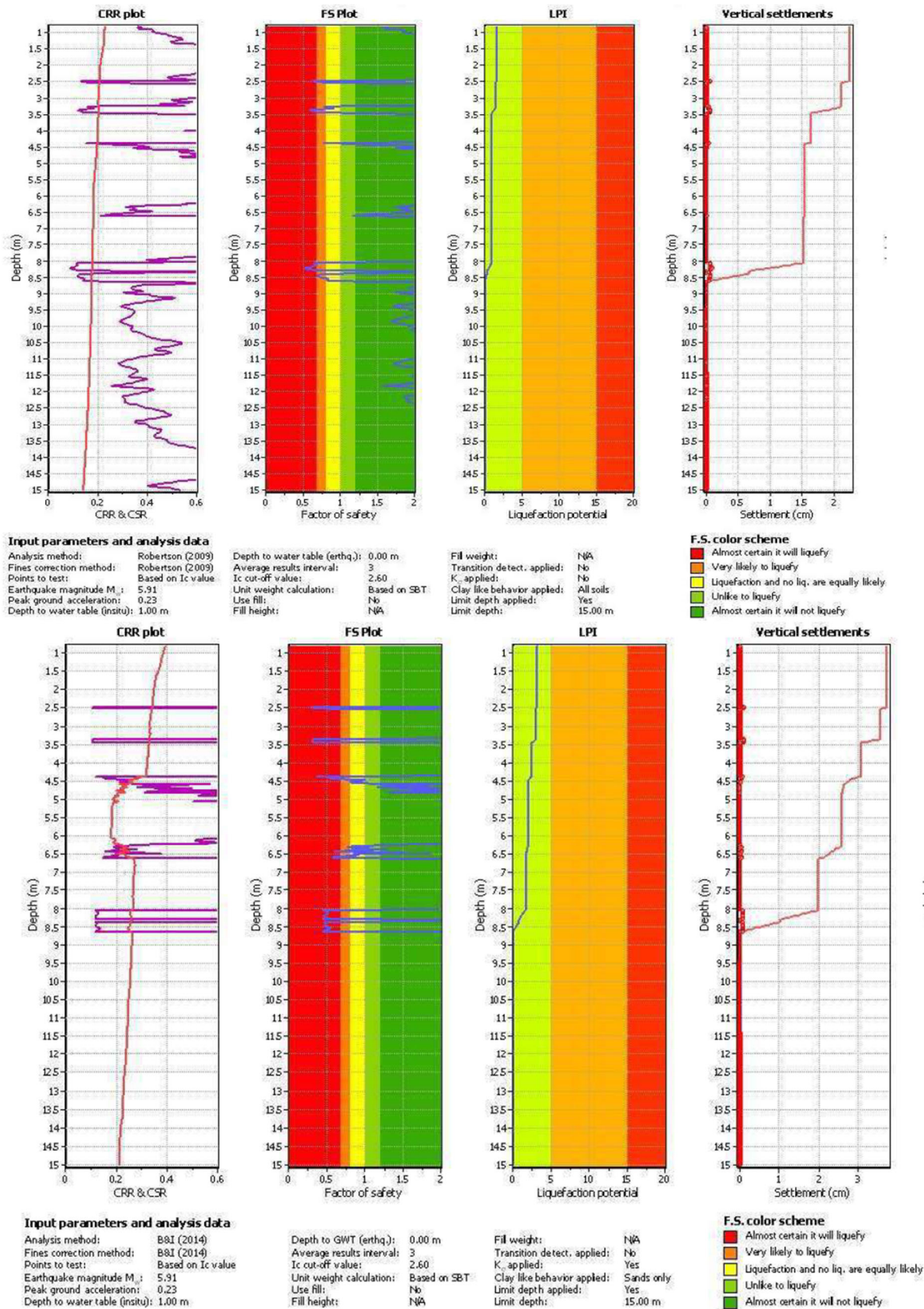


Fig. 12. Grafici da CPTU8 risultanti dalla verifica con Robertson 2010 (in alto) e Boulanger & Idriss 2014 (in basso) (Estratto da Relazione di compatibilità geologica, idrogeologica e sismica, comprensiva di analisi e approfondimenti di microzonazione" redatta dal dott. Geol. Stefano Castagnetti nel giugno 2017)

Sulla base della classificazione di Sonmez del 2003, considerando il valore di LPI calcolato con il metodo B&I (2014), il sito presenta un potenziale di liquefazione moderato e pericolosità di liquefazione moderata.

Sulla base della classificazione di Sonmez del 2003, considerando il valore di LPI calcolato con il metodo Robertson (2010), il sito presenta un potenziale di liquefazione basso e pericolosità di liquefazione bassa.

Sempre dalla relazione del dott. Geol. Castagnetti del 2017, si ricava la stima dei cedimenti eseguita dal programma con la procedura di Robertson and Lisheng (2010), i cui risultati sono illustrati nella seguente immagine.

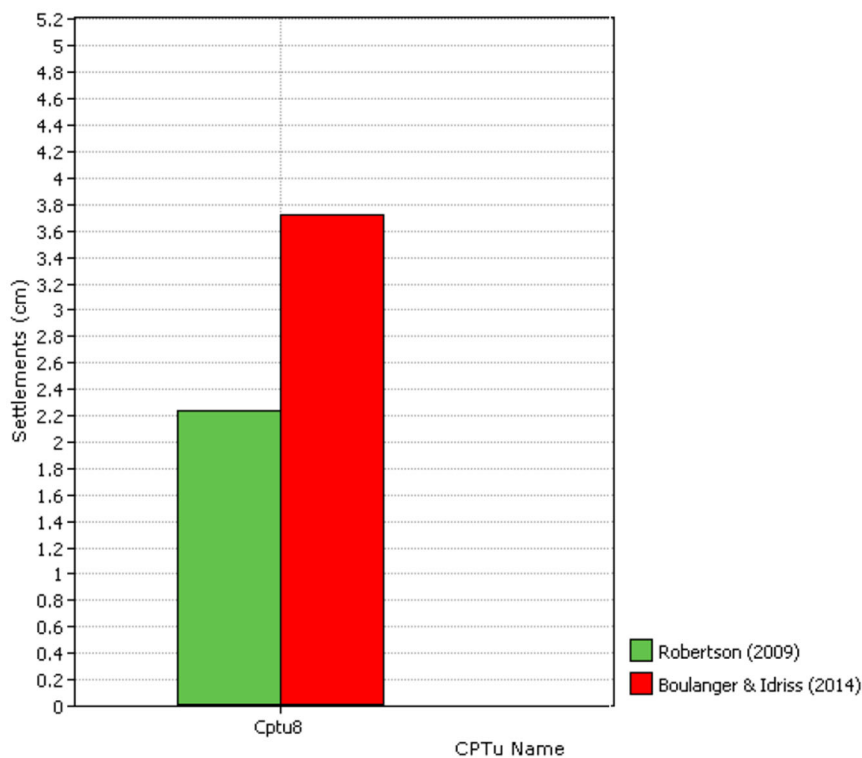


Fig. 13. Grafici dei cedimenti da CPTU8 (Estratto da Relazione di compatibilità geologica, idrogeologica e sismica, comprensiva di analisi e approfondimenti di microzonazione” redatta dal dott. Geol. Stefano Castagnetti nel giugno 2017)

## H CONCLUSIONI

Sulla base degli studi e dei sopralluoghi effettuati, nonché dei dati ricavati dalla relazione geologica redatta dal dott. Geol. Stefano Castagnetti nel 2017 per un'area limitrofa al sito di studio, è stato possibile definire le condizioni geologiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche ed è stato potuto valutare il potenziale di liquefazione del lotto in esame, denominato "Rambla Nord", situato nel comparto delle Ex-Officine Meccaniche Reggiane a Reggio Emilia.

La modellazione geologica, geotecnica e idrogeologica del sito è stata eseguita avvalendosi dei risultati degli studi del Dott. Geol. Castagnetti nella succitata relazione.

Lo studio ha permesso di definire le successioni lito-stratigrafiche del sito, così suddivisibile: dal piano campagna e fino a circa -2,0 m dal p.c. è diffusamente presente del terreno di riporto eterogeneo. Da tale profondità, fino a circa -13,0 m di profondità dal p.c. si rilevano depositi argillosi e argilloso-limosi, medio-basso e basso consistenti, localmente intercalati da orizzonti per lo più sabbiosi. Tali livelli lenticolari, ghiaiosi e sabbiosi sono localmente individuabili a quote comprese fra -4 e -13 m da p.c., con spessori massimi di 4 m (in prossimità del sito Rambla Nord, individuati nella CPT8, CPTu8 e CPT12).

Oltre i -13,0 m di profondità da p.c. e fino alla massima profondità investigata di -30,0 m da p.c., sono stati rilevati depositi limo-argillosi con locali e sottili intercalazioni limo-sabbiose, di discreta consistenza.

Il rilievo di soggiacenza all'interno dei fori di sondaggio durante la campagna d'indagine del 2017 (eseguita dal dott. Geol. Stefano Castagnetti) ha riportato la misura minima di -1,2 m dalla quota di piano campagna. Data la litologia del sito, tale livello è riconducibile ad acque di infiltrazione meteorica.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici, l'area in esame ricade nella zona sismogenetica 913, caratterizzata da terremoti di magnitudo medio-bassa, in cui la maggior parte dei terremoti che si verificano presenta ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km e  $MW_{max}$  pari a 5,91.

Il Comune di Reggio Emilia risulta caratterizzato da valore di accelerazione di picco al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni)  $a_g$  di 0.157g e la classificazione sismica dei Comuni lo colloca nella "zona 3".

Per il sito di interesse è attribuita una categoria di sottosuolo C e dall'analisi delle tavole di microzonazione sismica risulta che il sito ricade in zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.

Al fine di valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale del sito, sono state considerate le verifiche alla liquefazione condotte dal dott. Geol. Stefano Castagnetti per la prova CPT8 (la più limitrofa all'area di studio fra quelle considerate nelle elaborazioni del 2017). A seconda del metodo di analisi utilizzato (B&I del 2014 o Robertson del 2010), il sito può essere considerato a pericolosità di liquefazione bassa o moderata (secondo la classificazione di Sonmez del 2003).

Sulla base di quanto sopra esposto non emergono criticità di natura geologica, idrogeologica e sismica alla realizzazione del Progetto "Rambla Nord" oggetto della presente relazione.

In considerazione del carattere preliminare e generale della presente relazione, si ricorda che, nel rispetto di quanto previsto dalla normativa vigente, nelle successive fasi progettuali dovranno obbligatoriamente essere effettuati specifici approfondimenti, finalizzati alla caratterizzazione geotecnica puntuale dei terreni di fondazione.

## **PARTE II – ASPETTI IDRAULICI**

### **I   PREMESSA**

Dal punto di vista più strettamente idraulico, il progetto prevede una riorganizzazione delle aree e la realizzazione di rete e opere tali da permettere una corretta gestione delle acque meteoriche, con realizzazione di aree drenanti e volumi per il recupero, lo stoccaggio e il riutilizzo delle acque.

A fronte della crisi climatica in atto, infatti, le scelte in tema di gestione delle acque devono consentire la difesa idraulica del suolo e parallelamente il rinverdimento delle superfici con la regimazione delle acque meteoriche, riduzione dell'inquinamento, dell'isola di calore urbana, della frammentazione degli habitat, della rigenerazione urbana e ambientale con significative ricadute economiche, sociali e sulla salute umana.

In questa ottica, un uso efficiente della risorsa acqua e la ricerca di sistemi in grado di stoccarla e riutilizzarla risulta essere la soluzione più idonea in un periodo ormai caratterizzato da eventi meteorici estremi, che stanno causando sempre più allagamenti specialmente nelle aree di pianura.

Quanto previsto integra anche le progettazioni e autorizzazioni precedenti, di natura provvisoria e riguardanti solo gli aspetti di autorizzazione idraulica riguardanti l'adiacente lotto 15, con analisi dei sistemi previsti per il recupero delle acque di copertura degli edifici e dei volumi di laminazione necessari per il rispetto del criterio di invarianza idraulica per tale lotto. In merito all'autorizzazione allo scarico, tale relazione richiama e integra precedenti elaborati:

- elaborato "Relazione idraulica Rev. Ott. 2014" con il quale si descriveva l'intervento di realizzazione delle fognature nell'intervento di riqualificazione dell'area "Ex Reggiane". In tale sede, in accordo con IREN e il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, era stata definita la necessità di scaricare acque nere e meteoriche in pubblica fognatura, in attesa del completamento del collegamento, per le acque di pioggia, con il Corpo idrico superficiale individuate quale recettore finale (Fiume Rodano);
- elaborato "Relazione idraulica", redatta nel mese di novembre 2023 e riguardante la gestione provvisoria delle acque meteoriche e nere dei comparti 15b e 15c in attesa del completamento degli interventi dell'intero lotto 15.





Fig. 14. Stralcio di planimetria da "Relazione idraulica Rev. Ott 2014"

## J INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'area di studio si colloca nel bacino idrografico del Torrente Crostolo (affluente di destra del Fiume Po) dal cui alveo dista circa 2,4 km in direzione est. A circa 2 km in direzione est dal sito di interesse scorre il Torrente Rodano, tributario di destra del Crostolo, che raccoglie le acque di diversi canali artificiali.

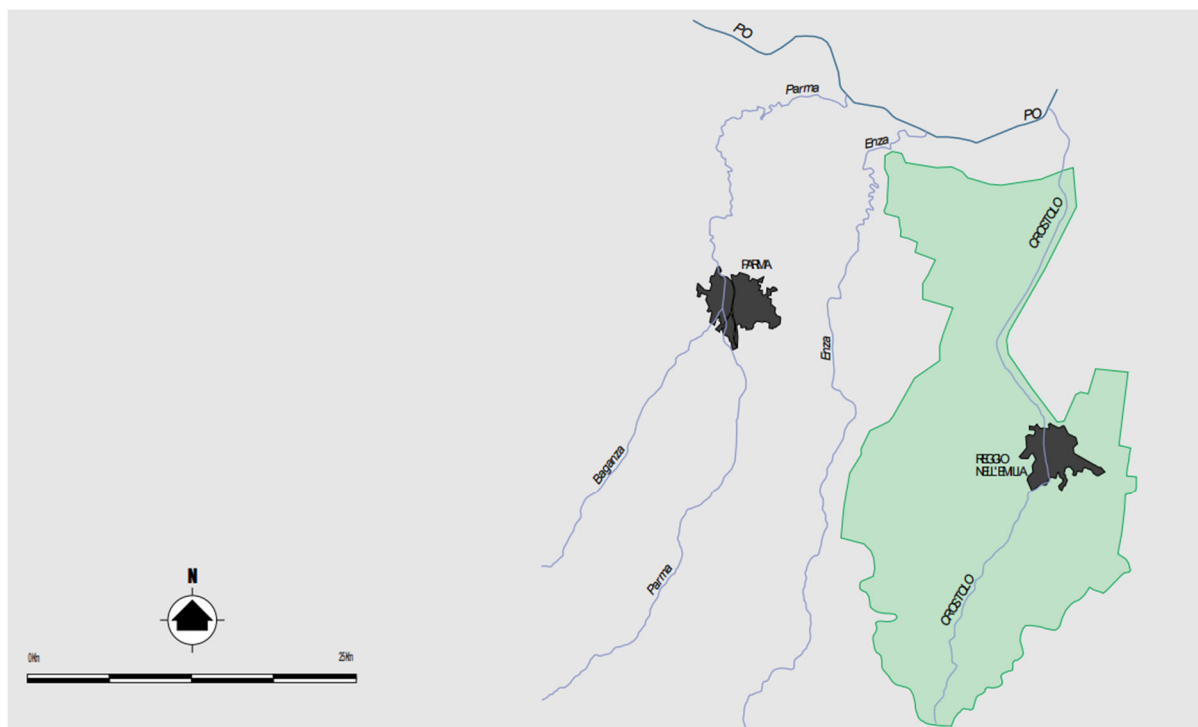


Fig. 15. Ambito fisiografico del bacino del Fiume Crostolo. Immagine tratta da “LINEE GENERALI DI ASSETTO IDROGEOLOGICO E QUADRO DEGLI INTERVENTI BACINO DEL CROSTOLO” (AdB del Fiume Po).

L'area di intervento è ubicata all'interno del perimetro delle ex “Officine Meccaniche Reggiane”, nello specifico dell'area del Parco Innovazione, realtà infrastrutturale costituita dall'attuale Tecnopolo, dal Centro Internazionale per l'Infanzia Loris Malaguzzi, da sedi di corsi di laurea di UNIMoRe e di diverse aziende private.

Allo stato attuale l'area interessata dalle opere risulta inutilizzata e interessata dalla presenza di terreno per il completamento delle opere di bonifica che richiede il sito.

Riguardo alla gestione delle acque, l'area 15b e 15c risulta già servita da una rete di caditoie, pozzetti e condotte di recente realizzazione, mentre l'area 15a risulta solo in parte servita da una rete di raccolta delle acque meteoriche; la quota parte di acque non assorbita dal terreno inghiaiato viene convogliate nelle aree verdi limitrofe e/o alla rete di condotte e caditoie a

servizio dei piazzali adiacenti. In funzione dell'inutilizzo dell'area, peraltro già sottoposta a bonifica, non si generano acque di percolazione e/o contaminate.

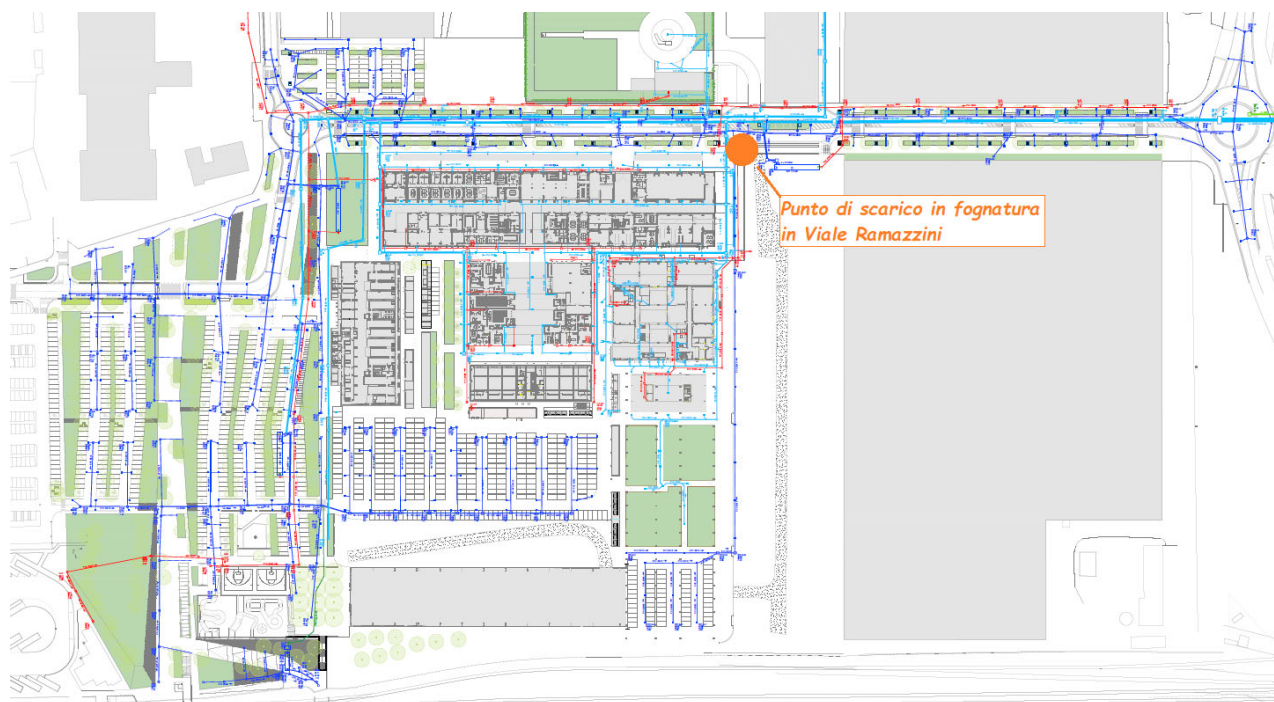
Il progetto già sviluppato nel 2014 valutò la fattibilità dello scarico delle acque meteoriche in Rodano, con richiesta di parere allo scarico all'Ente Gestore del Canale, che nel tratto individuato come possibile recapito è di competenza del Servizio Tecnico di Bacino. Come si vede dall'immagine sotto riportata il recapito finale in acque superficiali è costituito dal Rodano, ma in posizione più a valle di circa 5 km rispetto al punto esaminato.



Fig. 16. Inquadramento con indicazione del recapito attuale in fognatura e del futuro recapito nel Rodano



Lo scarico in corpo idrico, in ogni caso, avverrà coerentemente con le tempistiche di attuazione dell'intero comparto delle "Ex Reggiane", necessità che ha portata all'identificazione di una fase transitoria in cui lo scarico rimane nel reticolo fognario di Viale Ramazzini e destinato a Via Agosti e al depuratore, con laminazione delle acque meteoriche per non aggravarne la capacità di smaltimento della rete.



*Fig. 17. Stralcio planimetria con identificazione scarico in fognatura pubblica*

## K PIANIFICAZIONE DI SETTORE

In riferimento agli aspetti idraulici si evidenzia che l'area non ricade in fasce fluviali PAI (ora Autorità Distrettuale del fiume Po) di cui all'intesa PAI-PTCP 2010, di tutela dei corsi d'acqua.

In occasione dell'approvazione, da parte dell'Autorità di Bacino del Po (ora Autorità Distrettuale del fiume Po), del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PRGA) sono state elaborate le "Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni" sulla base della diagnosi di criticità da rischio idraulico da esondazioni.

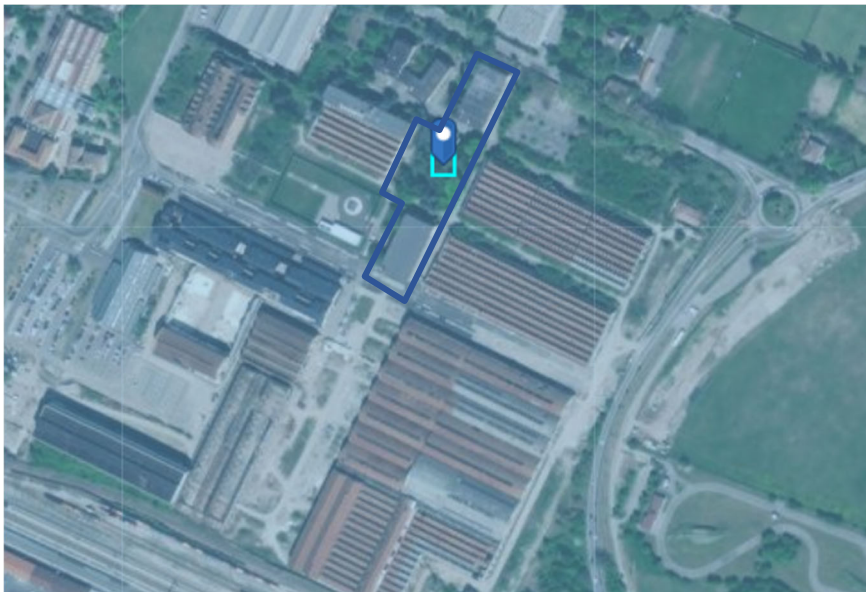


Fig. 18. Mokagis - Estratto mappa pericolosità idraulica (PGRA)

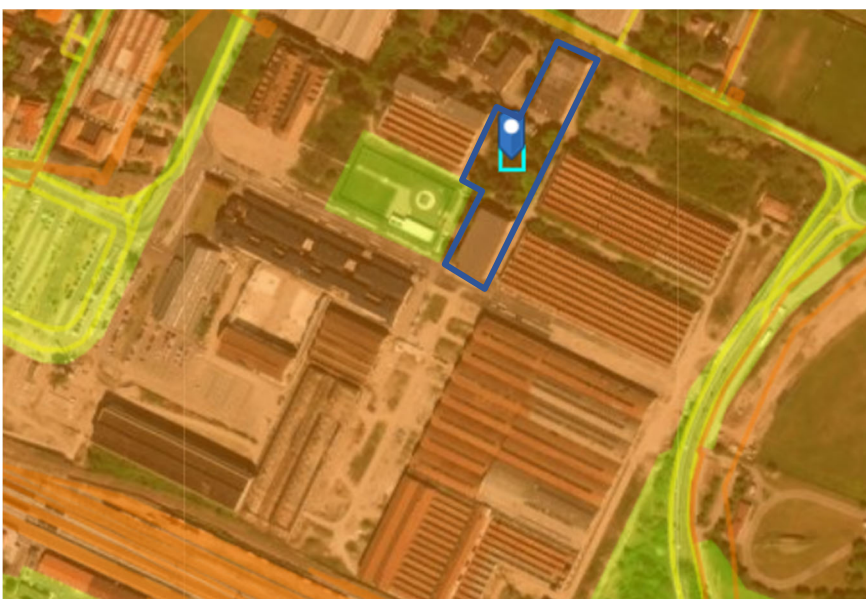


Fig. 19. Mokagis - Estratto mappa rischio idraulico (PGRA)

L'ambito di intervento ricade fra le aree a pericolosità M-P2 alluvioni meno frequenti (Tr 100-200 anni) e fra le "aree R2 – Rischio Medio"; la DGR n. 1300/2016 "Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione del rischio di alluvioni nel settore urbanistico, ai sensi dell'art. 58 elaborato n. 7 (norme di attuazione) e dell'art. 22 elaborato n. 5 (norme di attuazione) del progetto di variante al PAI e al PAI Delta adottato dal Comitato Istituzionale Autorità di Bacino del fiume Po, con Deliberazioni n. 5/2015" al punto 5.2 riporta che:

*"5.2 Disposizioni specifiche in relazione alle caratteristiche di pericolosità e rischio descritte nel paragrafo precedente, nelle aree perimetrate a pericolosità P3 e P2 dell'ambito Reticolo Secondario di Pianura, laddove negli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica non siano già vigenti norme equivalenti, si deve garantire l'applicazione:*

- *di misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte, anche ai fini della tutela della vita umana;*
- *di misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, finalizzate a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio.*

*Le successive indicazioni operative vanno considerate per il rilascio dei titoli edilizi relativi ai seguenti interventi edilizi definiti ai sensi delle vigenti leggi:*

- a) ristrutturazione edilizia;*
- b) interventi di nuova costruzione;*
- c) mutamento di destinazione d'uso con opere.*

*Nelle aree urbanizzabili/urbanizzate e da riqualificare soggette a POC/PUA ubicate nelle aree P3 e P2, nell'ambito della procedura di VALSAT di cui alla L.R. 20/2000 e s.m.i., la documentazione tecnica di supporto ai Piani operativi/attuativi deve comprendere uno studio idraulico adeguato a definire i limiti e gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione locali."*

Si osserva che il comparto complessivo dell'area piazzale Europa – area ex Reggiane è già stato oggetto di studi e valutazioni idrauliche piuttosto approfondite nel corso del percorso autorizzativo degli stralci relativi ai capannoni 19-18-17, piazzale Europa e braccio storico di viale Ramazzini, stralci per i quali è già stata redatta la progettazione esecutiva, con determinazione di importanti volumi di laminazione al fine di garantire il rispetto delle portate massime ammissibili allo scarico in fognatura, in attesa di attivare un nuovo eventuale scarico in Rodano, una volta che l'intero comparto ex Reggiane verrà riqualificato.

In particolare, gli elaborati progettuali che hanno generato il parere IREN Emilia n. 29/001 del 2014 e il parere Bonifica Emilia Centrale n. 2014U0015449 del 14/11/2014, (pagg. 7-8-9 e

pag. 17 della Relazione Idraulica Rev. ott. 2014), riportano che, al fine dei calcoli delle portate complessive generate dall'area ex Reggiane e dei volumi di laminazione necessari per l'attivazione del primo stralcio, per le aree ad oggi ancora non oggetto di intervento è stato considerato un rapporto area impermeabile/area totale pari a 0.25, sia nello stato di fatto che di progetto.

Poiché l'area di intervento dell'attuale PRU è estesa anche al capannone 15 e alle aree di pertinenza dello stesso (indicativamente 35.000 mq), in fase di progettazione di dettaglio delle reti fognarie, si dovranno garantire sia l'invarianza idraulica, in modo da non accrescere le portate generate dal comparto e quindi il carico sui recapiti esistenti, sia l'adozione di eventuali misure per la riduzione della vulnerabilità degli edifici.

## L DESCRIZIONE STATO DI PROGETTO

La progettazione del comparto “acqua” delle Ramble Sud (RS) e Nord (RN) dell’area tecnologica della STU Reggiane ha assunto quale essenziale lo sviluppo di strategie di adattamento e di mitigazione riguardo a temi riconducibili al corretto utilizzo della risorsa idrica disponibile, quindi anche quella derivante dalla regimazione delle acque meteoriche, per il rinverdimento delle superfici, la rigenerazione urbana ed ambientale, la riduzione dell’isola di calore urbana e la frammentazione degli habitat naturali.

Le soluzioni adottate hanno quindi declinato criteri che assicurino, nel rispetto delle linee guida e dei regolamenti operanti in materia, il più ampio ed efficace riutilizzo della risorsa idrica rappresentata sia da sistemi esistenti, assunti quali **ACQUE DI FONTE** del comparto, che da quelli riconducibili alle acque “non contaminate”, quindi acque meteoriche distinte da quelle reflue urbane, gestite nelle aree di intervento.

Le **FONTI** individuate nell’area sono così schematicamente riepilogate:

- 1) sistema di abbattimento della falda del parcheggio sotterraneo di Piazzale Marconi con recapito delle acque drenate alla rete fognaria stradale (acque miste) tramite pompe di sollevamento collocate a valle del trattamento di disoleatura;
- 2) sistema di raccolta delle acque meteoriche e parziale controllo del livello della falda nell’area di interesse del sottopasso ciclopedonale della Stazione ferroviaria, con recapito al reticolo dedicato alle acque nere con pompe di sollevamento, senza preventivo trattamento;
- 3) drenaggio delle acque del sottopasso pedonale presente nella piattaforma della Stazione ferroviaria, con scarico a gravità nella vasca di accumulo delle acque di cui al punto 2.

Si tratta di sistemi già da tempo realizzati ed attivati, utili al controllo di acque di falda (1) ed acque meteoriche (2) che, se non correttamente gestiti, causerebbero danni alle infrastrutture di loro pertinenza. Sono quindi sistemi “sempre attivi” il cui funzionamento è da ricondurre alle differenti posizioni e porzioni del suolo e/o del sottosuolo a cui agiscono: dai sopralluoghi condotti il sistema (1) è sempre attivo, con portata nell’ordine di non meno di 10 litri/s, mentre il secondo, che intercetta sia acque meteoriche che sotterranee, mostra un funzionamento discontinuo, ancorché attivo almeno una volta al giorno, con portata giornaliera nell’ordine di 20 m<sup>3</sup>.

La portata potenzialmente inviata al comparto acque delle due Rambla è quindi assunta, anche in condizioni di prolungati periodi di assenza di eventi meteorici, in non meno di 50 m<sup>3</sup>/giorno.





Fig. 20. Fonti di approvvigionamento delle acque

Le **ACQUE METEORICHE** sono quelle drenate nelle diverse aree individuabili nel più articolato intervento:

- acque precipitate sulle aree verdi, quindi aree prive di pavimentazione e non impermeabilizzate;
- acque drenate su aree pavimentate, quindi regimate;
- acque raccolte sulle coperture dei fabbricati.

Le **acque afferenti sulle aree verdi** non richiedono elementi di regolazione/controllo in quanto interessano aree permeabili con morfologia a modesta pendenza, quindi aree che, riferendosi all'All. 3 Linee Guida per la gestione delle acque meteoriche del Regolamento edilizio del Comune di Reggio Emilia (Red) vengono catalogate quali **Superfici permeabili del bacino idrografico naturale** in quanto caratterizzate da un ridotto deflusso superficiale ed elevata evapotraspirazione e buona infiltrazione nel primo sottosuolo.

La conservazione di queste superfici “...rappresenta un elemento fondamentale per l'equilibrio idrogeologico del territorio ed è inoltre elemento fondamentale di connotazione del paesaggio, con altissime potenzialità per il sistema della rete ecologica e della biodiversità territoriale ...” e costituisce una vera e propria Best Management Practices (BMP) nei casi, come quello in esame, in cui tale superficie viene incrementata, provvedendo alla sostituzione di pavimentazioni impermeabili con corridoi verdi permeabili o, anche nelle condizioni più critiche, di trattenere temporaneamente le acque meteoriche.



*Fig. 21. Esempio parco pubblico che mantiene e valorizza la rete di drenaggio superficiale(Bagnolo in Piano (RE))*

Per le **acque drenate su aree pavimentate**, quindi regimate, il progetto prevede soluzioni classificate quali “**rain gardens**”, quindi aree verdi a sviluppo concavo, tale da assicurare la raccolta ed una ritenzione temporanea delle acque meteoriche intercettate su superfici impermeabili circostanti, relative alle aree pedonali ed alla viabilità di servizio, di classe  $F_{u2}$  ed a traffico limitato, riducendo il volume e la portata di run-off afferenti al reticolo fognario ed i conseguenti volumi di laminazione. Il rain garden si colloca quindi nelle immediate vicinanze dell'area impermeabile servita, con apporto di acque calibrato in funzione delle corrispondenti dimensioni e delle essenze arbustive e/o arboree in questo collocate.



*Fig. 22. Esempio fascia inerbita per il trattamento in rain garden con ingresso dell'acqua diffuso*

L'area su cui si interviene è caratterizzata da formazioni argillose, a bassa permeabilità: se da un lato la presenza di questi terreni, caratteristici dei primi metri di sottosuolo e la cui messa

in vista deriverà dalle operazioni di bonifica utili alla rimozione delle parti antropizzate, assicura l'efficace contenimento delle acque e l'assenza di moti di filtrazione che potrebbero disperdere potenziali inquinanti, dall'altro limita la potenza dello strato permeabile e la velocità di infiltrazione, così da prevedere, in presenza di prolungati eventi critici, il conferimento delle acque in eccesso ad altri elementi, solitamente tramite un troppo pieno. In ogni caso sarà dimostrata, con apposite verifiche in fase costruttiva, la presenza di almeno 1 metro di spessore di terreno rispetto al massimo livello piezometrico della falda (valore medio dei valori massimi osservati su più anni) che fungerà da strato filtrante.

Un altro elemento di criticità considerato nella progettazione riguarda la possibile presenza di sedimenti nel run-off di alimentazione del rain garden, quindi l'inserimento di elementi di pretrattamento con cui trattenere questi contaminanti (sedimenti, inerti o anche solo fogliame caduto dagli alberi), sia per rimuoverli dal flusso che per prevenire il rapido intasamento delle zone di conferimento del letto filtrante. Le varie soluzioni disponibili verranno esaminate e specializzate in fase esecutiva, valutando, ad esempio, l'uso di trincee drenante in materiale grossolano o l'inserimento di pozzetti dotati di griglie e sezioni filtranti, in ogni caso applicando il semplice concetto della sedimentazione associata al rallentamento della velocità del flusso.

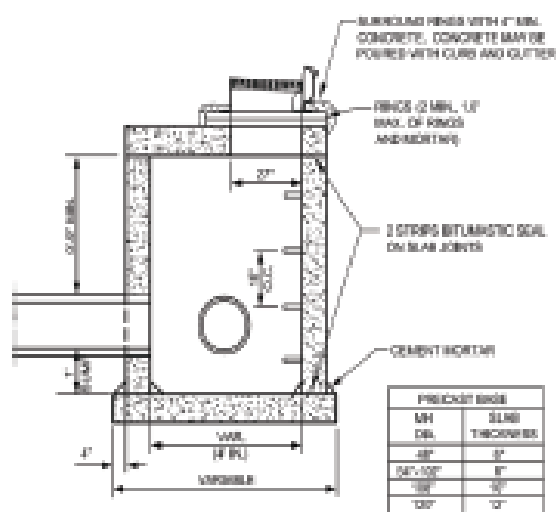


Fig. 23. Esempio pozzetto di sedimentazione (schema e fotografia)



*Fig. 24. Esempio fascia inerbita per il trattamento in rain garden con ingresso dell'acqua diffuso*

In merito alle **acque raccolte sulle coperture dei fabbricati**, si tratta di acque di seconda pioggia che, in accordo con la normativa vigente, non devono subire alcun tipo di trattamento chimico o fisico ma rispettare il criterio dell'invarianza idraulica. Quest'ultimo rappresenta il principio in base al quale, nella previsione di trasformazione dell'uso del suolo, si devono prevedere opportune azioni compensative tese a far sì che le massime portate di deflusso meteorico, provenienti dalle aree oggetto delle trasformazioni e recapitate nei corpi idrici recettori di valle, non risultino maggiori delle massime portate di deflusso meteorico preesistenti alla suddetta trasformazione.

Ad oggi nell'area sono state realizzate condotte per una gestione separata tra acque bianche ed acque nere, cosicché queste acque afferiscono, al pari delle acque dei piazzali e delle parti pavimentate, ad una rete fognaria dove il rispetto non tanto della qualità, ma dei volumi disponibili, è assicurato dalla presenza di supertubi.

L'intervento progettato prevede che la direttrice Sud-Nord, chiaramente individuata dalle due Ramble già richiamate, sia qualificata dalla presenza di un elemento orditore dello spazio urbano individuato da un percorso d'acqua, con soluzione che prevede la realizzazione di un canale con sponde gradonate e completate con un rivestimento in ghiaia. La soluzione riguarda quindi la costruzione di un canale in cui siano recapitate acque non collettate alla rete fognaria, inserito in maniera ottimale nel paesaggio e con presenza di vegetazione sui gradoni su descritti, contribuendo alla fitodepurazione vegetale e ad un indubbio incremento della biodiversità.



Fig. 25. Esempio di riqualificazione urbana in cui l'acqua diventa elemento orditore dello spazio urbano – Torino (riqualificazione Spina 3)

I canali inerbiti sono definiti dal Regolamento del Comune di Reggio Emilia quali “ ... canali rivestiti da erba o piante resistenti all'erosione, costruiti per far defluire le acque di pioggia provenienti dalle superfici impermeabili in maniera regolare, sfruttando la capacità della vegetazione di ridurre le velocità di flusso ... .. gli inquinanti possono essere rimossi dalle acque attraverso processi di filtrazione da parte della vegetazione, per deposizione, oppure in alcuni casi per infiltrazione nel terreno dei nutrienti in forma solubile. Il grado di depurazione raggiungibile dipende soprattutto dal tempo di residenza delle acque nel canale e dal grado di contatto di queste con la vegetazione e con la superficie del terreno. Nel caso di pendenze eccessive i canali inerbiti possono presentare sul fondo del letto delle depressioni o delle piccole paratoie in grado di rallentare ulteriormente i flussi e aumentare la capacità di ritenzione idraulica. I parametri idraulici da controllare durante la progettazione dell'azione di biofiltro sono: la lunghezza del canale, la pendenza longitudinale e l'altezza del tirante idrico. È opportuno assicurare, per la portata di progetto, un tempo di permanenza dell'acqua di almeno 5 minuti, una velocità di scorrimento non superiore a 0,3 m/s e prevedere che il battente idrico sia comparabile all'altezza del manto erboso ... .. La manutenzione della vegetazione richiede periodiche ispezioni, rasature dell'erba, applicazione di fertilizzanti e ripristino delle aree dilavate e delle macchie scoperte. In particolare i sedimenti depositati possono distruggere il manto erboso e alterare l'altezza degli argini rischiando di compromettere l'uniformità del flusso lungo il canale. Pertanto possono essere necessari periodici livellamenti e semine ...”.



Lo schema costruttivo del canale, seppur sagomato a gradoni, impone la netta separazione tra acque superficiali ed acque di falda, con fondo del canale realizzato con una barriera impermeabile (geomembrana in hdpe) adeguatamente protetta contro fenomeni di punzonamento e/o danneggiamento da parte degli apparati radicali, così da assicurare, nel tempo, la separazione idraulica su indicata.



Fig. 26. Esempio di canale inerbito – a. Quirijn park a Tilburg, Paesi Bassi; b. Milano

È inoltre facile osservare che un canale inerbito, ancorchè alimentato solo con acque meteoriche recuperate con condotte dedicate dai tetti dei fabbricati, quindi di buona qualità, possa subire periodi di stress derivanti dall'assenza di eventi pluviometrici, quindi carenze quantitative aggravate dalla necessità, almeno nei primi anni di gestione dell'intervento, dall'esigenza di operare irrigazione di mantenimento/emergenza degli apparati vegetali proprio nei periodi secchi. Un **utile soccorso a questa criticità è rappresentato dalle FONTI individuate in prossimità della Rambla Sud**, con apporti attualmente scaricati in fogne miste e/o nere che potranno essere vantaggiosamente sfruttati dal progettato comparto acque.

L'acqua rilanciata dalle fonti è inviata ad una vasca collocata nella posizione più meridionale della Rambla Sud, **vasca detta di alimentazione** in cui saranno posizionati due distinti gruppi di pompaggio, dedicati a:

- rete di irrigazione;
- alimentazione del canale inerbito.

**Il canale inerbito è in realtà composto da vasche idraulicamente separate tra loro, con scarico della vasca di monte che diventa alimentazione di quella posta più a valle e scarichi e collettori di alimentazione che verranno dimensionati in funzione della quantità complessivamente conferibile alla rete fognaria presente in Viale Ramazzini,**

con valore ottenuto dal prodotto tra superficie di intervento e parametro di deflusso (50 l/(s\*ha)) indicato dall'Ente gestore del reticolo fognario nella prima autorizzazione risalente al 2014 (si fa riferimento alla "Relazione idraulica Rev. Ott. 2014" citata in premessa).

Il dimensionamento del sistema (quindi la geometria ed il volume massimo a regime nel canale, la disponibilità di volume libero per la laminazione del contributo derivante dalle superfici coperte dei tetti, la portata conferibile alla rete esterna, il volume disponibile nella vasca di alimentazione ed in quella di scarico) tiene quindi conto del **rispetto del criterio dell'invarianza idraulica** e della necessità di **far defluire il volume laminato entro le 48-72 ore successive all'evento piovoso**, ripristinando il livello preventivamente stabilito per ogni vasca.

È evidente che il criterio posto alla base dei calcoli assume che durante gli eventi piovosi l'apporto assicurato dalle Fonti venga modulato, probabilmente azzerato, operando le opportune regolazioni delle elettrovalvole installate sulle linee di mandata dalle fonti, in funzione del controllo dei livelli monitorati nelle vasche che compongono il canale.

La logica posta alla base del sistema prevede infatti che nella singola vasca siano, di norma, assicurati sia la disponibilità dell'eventuale volume di laminazione assegnato che il franco approvato dall'Ente gestore nelle condizioni a regime. Questa logica viene applicata in funzione della portata afferita alla rete fognaria, mai superiore a quella ammessa dal gestore, operando in feed-back dalla vasca inferiore verso la superiore.

Il monitoraggio della portata scaricata verrà effettuata in una vasca posta immediatamente a monte dello scarico ed in cui sarà installata anche una pompa di eventuale ricircolo del sistema: l'innalzamento o l'abbassamento del livello nella vasca, il primo determinato dallo scarico del volume precedentemente laminato ed il secondo dal consumo degli apparati vegetali e per evapotraspirazione, regolerà la portata con cui si alimenta la vasca più alta del canale inerbato.

In sintesi, la progettazione della rete idraulica di raccolta e gestione delle acque è stata integrata a dedicati sistemi di mitigazione degli impatti ambientali riconducibili alle modifiche previste, con applicazione dei seguenti criteri progettuali:

- studio dello stato di fatto dell'area;

- studio dello stato di fatto delle reti fognarie interne al comparto, dei sistemi di abbattimento e controllo della falda e dei sistemi di smaltimento di tutte le tipologie di acque generate nell'area di progetto e nell'area di tutto il comparto Reggiane;
- progettazione della rete tale da consentire la possibilità di attivare successivamente il recapito in acque superficiali, ovvero nel Torrente Rodano, come previsto per la gestione delle acque in tutto il comparto;
- possibilità di scaricare le acque, durante la fase transitoria di attivazione dei vari lotti e della contestuale realizzazione del recapito in Rodano, nel sistema fognario di Via Agosti, previa laminazione delle portate in eccesso alla massima capacità del recettore;
- gestione separata delle acque meteoriche: separazione delle acque afferenti sulle aree verdi, sulle aree pavimentate (raccolte in rain garden) e delle acque raccolte sulle coperture (regimate e laminate prima dello scarico finale);
- dimensionamento delle reti in funzione di eventi meteorici intensi, nel rispetto della normativa di settore;
- urbanizzazione realizzata a quote "quanto più elevate possibili", allo scopo di favorire il deflusso delle acque meteoriche anche in condizioni critiche ed a "gravità" prima dello scarico finale.

Lo schema idraulico di funzionamento del sistema "Canale inerbito" progettato per la Rambla Nord è quindi così schematicamente riassunto in figura seguente.

Dal punto di vista del dimensionamento elettrico, la potenza elettrica installata può essere così stimata:

- a) vasca di alimentazione: due gruppi di pompaggio:
  - 1+1 (solo una in funzione) da 3 kW per alimentazione canale inerbito;
  - 1+1 (solo una in funzione) da 5 kW per alimentazione rete di irrigazione;
- b) singola vasca che compone il canale inerbito: 3 kW per eventuale installazione di aeratori;
- c) vasca di scarico:
  - 1+1 (solo una in funzione) da 3 kW per alimentazione vasche RN;
  - 1+1 (solo una in funzione) da 5 kW per rilancio verso vasca di alimentazione
- d) sensori per monitoraggio e gestione elettrovalvole (PLC) 1 kW



**Nell'ipotesi della presenza di 6 vasche il fabbisogno complessivo "di picco" (contemporaneo) è stimato in 35 kW. Non sono conteggiate eventuali dotazioni, quali luci, da inserire per l'arredo del canale inerbito.**

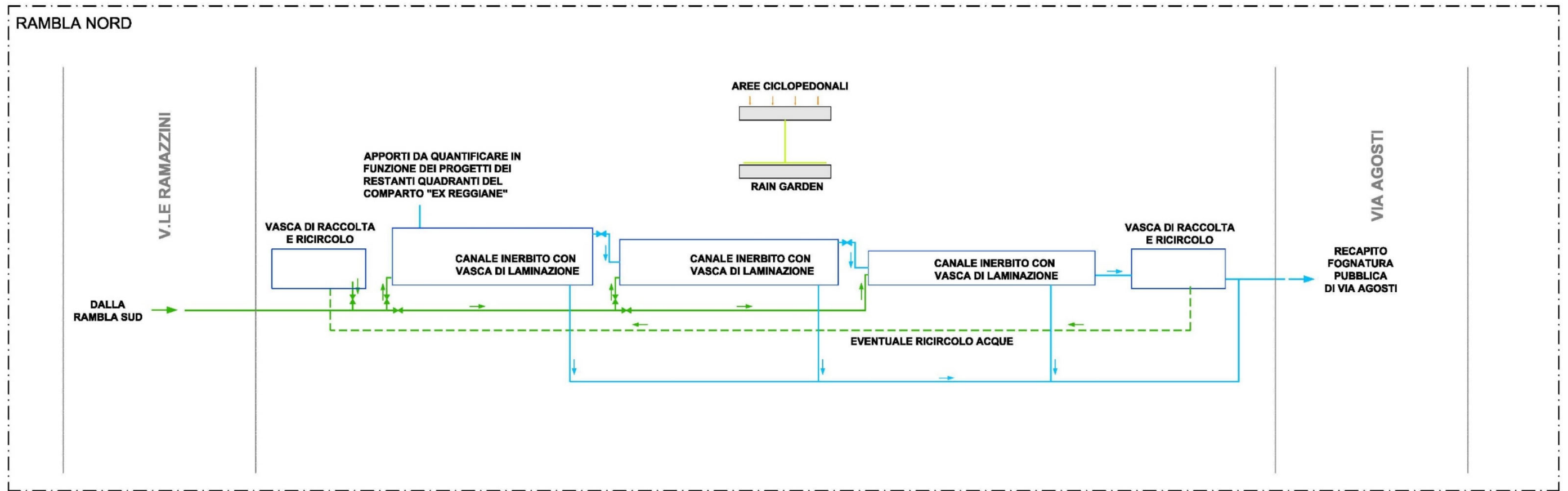


Fig. 27. Schema concettuale gestione acque – Rambla NORD

## **M DIMENSIONAMENTO RETE DI DEFLUSSO ACQUE METEORICHE**

Tutte le superfici impermeabilizzate saranno dotate di opportune pendenze atte a drenare le acque meteoriche e/o di lavaggio verso i rispettivi manufatti di raccolta (caditoie, canaline, grigioni, rain gardens...).

In merito alle aree in oggetto, si prevede una riorganizzazione del comparto e delle superfici, in funzione delle opere in progetto, con suddivisione in aree di copertura, verdi e di viabilità.

Le quote dei piazzali e di scorrimento della fognatura, del sistema di accumulo e di infiltrazione quale recapito finale permettono la realizzazione di una rete interna a servizio delle acque di pioggia funzionante a gravità, con deflusso finale in fognatura pubblica (con eventuale laminazione in occasione di eventi meteorici intensi) senza la necessità di realizzare uno scarico finale con impianto di sollevamento.

Tutta la rete fognaria che raccoglie le acque è costituita da una serie di pluviali, caditoie, grigioni stradali, pozzetti di ispezione e da collettori aventi diametri, pendenze e caratteristiche costruttive variabili in funzione del tratto considerato.

La determinazione delle portate critiche, assunte quale elemento di calcolo per il dimensionamento delle condotte, è chiaramente funzione della superficie scolante (bacino imbrifero di riferimento) e dei relativi contributi idrici, correlati alle piogge intense adottate.

La quantificazione della portata critica che interessa il singolo tratto di canalizzazione comporta:

- la definizione del bacino imbrifero e della sua sezione scolante;
- la misura e la determinazione dei parametri geometrici del bacino;
- la definizione del tempo di corrivazione del bacino;
- la quantificazione dell'altezza di pioggia corrispondente al tempo di corrivazione;
- il calcolo della portata critica, applicando metodi consolidati.

In particolare, il tempo di corrivazione delle aree in esame, assai antropizzate, regimate e ritenute in parte impermeabili (aree asfaltate o cementate e coperture) è stato assunto, in modo empirico e cautelativo, pari a 10 minuti, intendendo con ciò che tutta la superficie del singolo sottobacino contribuisce, nel tempo indicato, alla formazione della corrente di piena nella sezione esaminata.

Una volta esaminati i bacini imbriferi e le rispettive aree risulta necessario individuare la quantità di pioggia critica; viene utilizzata la curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno pari a 20 anni.

$$h = a * t^n = 57,9 * t^{0.534}$$

dove:

- $h$  rappresenta l'altezza di pioggia in mm;
- $t$  rappresenta la durata dell'evento meteorico critico in ore;
- $a$  e  $n$  sono i coefficienti caratteristici della curva, dipendenti dalle caratteristiche pluviometriche della zona e dal tempo di ritorno considerato.

Risulta possibile procedere alla determinazione delle portate idrauliche per il dimensionamento e la verifica delle sezioni significative. Le portate corrispondenti alle superfici scolanti individuate ed ai tempi di pioggia previsti, di seguito quantificate, vengono calcolate adottando il metodo cinematico:

$$Q = \frac{\Phi * \varepsilon * h * A}{t_c}$$

dove:

- $\varphi$  coefficiente di deflusso;
- $\varepsilon$  coefficiente di laminazione/ritardo (valore che dipende dalle caratteristiche del bacino (superficie, pendenza dei versanti, sviluppo della rete idrografica, natura dei terreni, etc..), assunto cautelativamente pari a 1);
- $t_c$  tempo di corrivazione.
- $h$  altezza di pioggia determinata per il rispettivo tempo di corrivazione;
- $A$  area scolante;

Il dimensionamento delle opere idrauliche viene sviluppato riferendosi alle formule che simulano l'andamento delle correnti idriche che percorrono i canali artificiali (di bonifica, di irrigazione, di fognatura, di navigazione interna).

Per una singola sezione idraulica si indica con:

- $d$  diametro della condotta;
- $h$  l'altezza del pelo libero, misurata rispetto al punto più depresso del suo contorno;
- $A$  l'area della sezione trasversale occupata dal liquido;

- $R$  il raggio idraulico corrispondente ad una data altezza  $h$  come il rapporto fra la sezione liquida  $A$  ed il suo contorno bagnato  $B$ ;
- $i$  la pendenza di fondo del canale.

In condizioni di moto uniforme la velocità media  $V$  è legata alle caratteristiche dell'alveo (pendenza, scabrezza, forma della sezione trasversale) e della corrente (profondità, area della sezione liquida, raggio idraulico) dalla legge del moto uniforme, che di norma si esprime a mezzo della formula di Chézy

$$V = C * \sqrt{R * i}$$

nella quale si pone la pendenza "i" quale pendenza media dell'alveo considerato.

Per la determinazione del coefficiente di scabrezza  $C$  viene considerato il coefficiente di Gauckler-Strickler, utilizzando parametri "c" dedotti dalle tabelle di bibliografia o fornite dalle ditte produttrici dei collettori utilizzati (PVC, coefficiente pari a 120 m<sup>1/3</sup>/s), adottando la formula:

$$Q = A V = A * C * \sqrt{R * i}$$

Nelle ipotesi fin qui esposte si è provveduto al dimensionamento/verifica della rete fognaria ancora da realizzare, variando il diametro fino a determinare le condizioni che consentono di smaltire la portata effluente dai bacini di monte e con velocità che non può essere superiore a quella prescritta dal costruttore per ciascun materiale (tipicamente 5 m/s per il PVC).

## **N DIMENSIONAMENTO VOLUMI DI LAMINAZIONE**

I recenti e numerosi eventi pluviometrici intensi, che investono il paese e causano sempre più l'aumento del rischio idraulico e il verificarsi di alluvioni e allagamenti, hanno portato le amministrazioni regionali e locali alla definizione dei limiti allo scarico di acque meteoriche nella realizzazione di nuove impermeabilizzazioni, riassumibile nella richiesta di garantire l'invarianza idraulica. Questa, infatti, rappresenta il principio in base al quale, nella previsione di trasformazione dell'uso del suolo, si devono prevedere opportune azioni compensative tese a far sì che le massime portate di deflusso meteorico, provenienti dalle aree oggetto delle trasformazioni e recapitate nei corpi idrici recettori di valle, non risultino maggiori delle massime portate di deflusso meteorico preesistenti alla suddetta trasformazione.

L'applicazione del criterio si concretizza nella determinazione di volumi di invaso necessari a monte del recapito delle acque. Le vasche di laminazione, o casse di espansione, sono opere idrauliche che svolgono la funzione di immagazzinare i volumi d'acqua generati da eventi pluviometrici intensi e di modulare, nel tempo, il loro rilascio. Ciò consente di ridurre il valore di picco della portata nel recettore finale preservando il recapito idraulico dai fenomeni di esondazione, nel caso in esame della fognatura mista già presente.

Nel caso in esame, con rispetto del criterio citato fin dal 2014, i sistemi di laminazione progettati per regolare la portata in uscita si compongono di canali a cielo aperto. Tutta la rete di raccolta delle acque meteoriche convoglia l'acqua, infatti, in condizioni tipiche, allo scarico finale, senza generale alcun aumento di tirante all'interno del canale. I sistemi di laminazione entrano in funzione quando la portata generata dall'evento meteorico supera i limiti imposti di capacità massima della rete di fognatura. Successivamente, esauritasi l'onda di piena, il volume di acqua invasato all'interno del sistema viene reimpresso nella rete fognaria, senza l'utilizzo di impianto di sollevamento.

La progettazione del volume di laminazione si fonda sulla determinazione del volume d'invaso  $W^*$  che consente di ridurre, con la minima capacità di invaso, la portata al colmo dell'evento critico di progetto di assegnato tempo di ritorno TR.

Alcuni metodi semplificati di calcolo consentono di valutare il volume di laminazione necessario per contenere la portata massima scaricata nei limiti prefissati. Considerando una portata in uscita dalla vasca di laminazione costante e una portata in ingresso variabile nel corso dell'evento meteorico critico, è possibile valutare il volume di invaso massimo necessario per il rispetto della portata scaricabile, senza generare criticità nell'area interna e nelle



infrastrutture e viabilità adiacenti.

In particolare, considerando:

- area di progetto;
- portata ammissibile allo scarico pari a 50 l/s per ettaro di superficie impermeabile;
- una curva pluviometrica con tempo di ritorno di 10 anni, con valori aggiornato rispetto alla curva considerata nello studio del 2014:

$$h = 41,8 \cdot t^{0,278}$$

si può applicare il metodo delle sole piogge, secondo il quale, cautelativamente, l'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa nell'invaso di laminazione è assimilabile un'onda rettangolare avente durata  $D$  e portata costante  $Q_e$  pari al prodotto dell'intensità media di pioggia (ricavata dalla curva di possibilità pluviometrica) per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso. Con tale assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso. Conseguentemente, l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento. La portata costante entrante è quindi pari a:

$$Q_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^{n-1}$$

e il volume di pioggia complessivamente entrato nel sistema è pari a:

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n$$

Con

- $D$  durata dell'evento di pioggia;
- $S$  superficie scolante del bacino;
- $\varphi$  coefficiente di deflusso medio;
- $a$  e  $n$  parametri della curva di pioggia adottata.

Fissata una portata specifica ammissibile allo scarico  $u_{lim}$ , nel caso in oggetto pari a 50 l/s per ettaro di superficie impermeabile, è possibile stimare il volume complessivamente uscito dal sistema nel corso della durata  $D$ :

$$W_u = S \cdot u_{lim} \cdot D$$

Il volume contenuto nel sistema di laminazione, pertanto, è pari alla differenza tra volume complessivamente entrato e volume uscito ad un determinato tempo di pioggia; il dimensionamento del volume di laminazione prevede la stima della durata D del tempo critico di pioggia che massimizza il volume invasato. Il massimo volume DW è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n - S \cdot u_{lim} \cdot D$$

Derivando rispetto alla durata D tale differenza, si ricava la durata critica Dw per l'invaso di laminazione:

$$D_w = \left( \frac{Q_{u,lim}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

E il conseguente volume di laminazione

$$W_0 = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - Q_{u,max} \cdot D_w$$

In funzione della geometria del canale previsto, si prevede un importante volume di laminazione a disposizione per il contenimento delle acque meteoriche. Infatti, a fronte di un volume di acqua invasabile totale pari a 650 m<sup>3</sup>, 100 m<sup>3</sup> risultano sempre disponibili per il contenimento dei volumi di laminazione, pertanto scaricati nelle successive ore all'evento meteorico per permettere l'invaso di ulteriore acqua per un eventuale evento meteorico intenso successivo. Tale volume, inoltre, tiene conto di un franco di 20 cm rispetto al piano campagna, a garanzia della capacità della rete di assorbire eventi meteorici con tempo di ritorno molto superiore rispetto a quanto considerato nel progetto e/o di eventuali ulteriori aree che verranno sviluppate nell'area delle Ex-Reggiane.

Tale volumetria, in funzione dei parametri sopra citati (tempo di ritorno, curva pluviometrica, massima portata scaricabile...) e dell'applicazione delle formule del metodo delle sole piogge, permette il contenimento delle acque afferenti a 4'500 m<sup>2</sup> di coperture.

Tipologia area	Area (m <sup>2</sup> )	Coefficiente deflusso (-)	Area scolante (m <sup>2</sup> )	Portata scaricabile (l/s)	Volume di laminazione (m <sup>3</sup> )
Copertura	4'500	0.9	4'050	<b>20</b>	<b>103</b>

Fig. 28. Tabella indicante i volumi di laminazione

## O CONCLUSIONI

Sulla base di quanto sopra esposto non emergono criticità di natura idraulica alla realizzazione del Progetto “Rambla Nord” oggetto della presente relazione.

In considerazione del carattere preliminare e generale della presente relazione, si ricorda che, nel rispetto di quanto previsto dalla normativa vigente, nelle successive fasi progettuali dovranno obbligatoriamente essere effettuati specifici approfondimenti, finalizzati alla caratterizzazione geotecnica puntuale dei terreni di fondazione.

Anche per quanto concerne la fase di cantiere dovrà essere posta particolare attenzione alla regimazione delle acque meteoriche, al fine di evitare problemi indotti da corrivamenti indesiderati, ristagni e infiltrazioni di acqua che possono causare instabilità delle aree.

In estrema sintesi, per quanto riguarda la componente ambiente idrico i possibili impatti generati in fase di cantiere sono da ricondursi essenzialmente ai seguenti fattori causali:

- interferenza con le falde acquifere, riconducibili alle sole fasi di scavo, realizzazione delle fondazioni e di installazione vasche/serbatoi, impianti sottosuolo;
- sversamenti accidentali, considerati comuni a tutte le fasi di cantiere.

Dovrà essere posta particolare attenzione alle possibili cause di inquinamento delle acque, sia superficiali che profonde, direttamente indotto dai cantieri. Ci si riferisce, ad esempio, a sversamenti di sostanze inquinanti (oli, benzine, scarichi, etc.) sui piazzali di lavoro e lungo i percorsi dedicati a mezzi meccanici, immissione di acque torbide, scarichi di acque nere prodotte dagli addetti di cantiere.

Per minimizzare tali rischi verranno adottati i seguenti accorgimenti in corrispondenza delle aree di cantiere:

- adozione di procedure di intervento in caso di sversamenti accidentali, procedure che prevedano l'immediato recupero del materiale, il suo allontanamento a presidi stabili e la bonifica dell'area contaminata;
- realizzazione di adeguati allacciamenti degli scarichi dei servizi del cantiere, se presenti, con messa in campo di idonei dispositivi di trattamento o contenimento;
- le aree per lo stoccaggio e/o il rifornimento di oli e carburanti e aree per la manutenzione ordinaria dei mezzi saranno scelte in aree già impermeabilizzate ed i rifornimenti saranno eseguiti alla presenza dell'operatore;
- le aree di stoccaggio materiali sono previste su aree pavimentate e coperte, con evidente

minimizzazione delle acque meteoriche dilavanti;

- i rifiuti solidi saranno gestiti e smaltiti secondo quanto previsto dalla normativa vigente: in particolare, saranno avviati a riciclaggio ove consentito e possibile, per il resto saranno conferiti in discariche autorizzate;
- il deposito dei rifiuti sarà effettuato servendosi di idonei contenitori che verranno posizionati in depositi temporanei e in modo tale da evitare il fastidio provocato da eventuali, sebbene poco plausibili, emanazioni insalubri e nocive, provvedendo poi al recapito nei punti di raccolta autorizzati, secondo le normative vigenti. Si precisa che gli stessi saranno protetti dall'azione degli agenti atmosferici, onde evitare il dilavamento di sostanze inquinanti ad opera delle acque meteoriche. A titolo esemplificativo si ipotizza l'utilizzo di cassoni con coperchio;
- Le acque reflue industriali (es da lavaggio betoniere, lavar ruote, lavaggio delle macchine e delle attrezzature, ecc) eventualmente prodotte in fase di cantiere saranno smaltite secondo quanto previsto dalle vigenti normative di settore, ovvero gestite come rifiuto ai sensi della Parte IV del D.Lgs n. 152/2006 e ss.mm.ii.