



Comune di Parma
SETTORE OPERE PUBBLICHE



Responsabile Unico di Progetto
Ing. MARCELLO BIANCHINI FRASSINELLI

Progetto Architettonico, Strutturale ed Elettrico
Ing. ROBERTO CURZIO

Collaborazione su progetto Architettonico
Dott.ssa ELENA CALVANO
Collaborazione su Progetto Elettrico
Per. Ind. MANOLO BIANCHI
Collaborazione su sistemazioni esterne
Arch.a FRANCESCA BRAGLIA
Collaborazione su progetto strutturale
Ing.a ROSARIA RAIMONDO
Valutazione preventiva archeologica
Dott.ssa GLORIA CAPELLI
Studio geologico
Dott. Geol. FABIO BUSSETTI

Progetto Acustica Architettonica e Ambientale
Ing.a GABRIELLA MAGRI

Progetto Antincendio
Ing.a PAOLA MICHELI

Progetto Termotecnico
Per. Ind. PAOLO FEDELI

Coordinamento della Sicurezza
Ing. LORENZO BENASSI

CUP I92B23000540006 - CUI L00162210348202300093 - IOP SSPRG337CFETZZUJ11

Intervento ATUSS – Agende trasformative Urbane per lo Sviluppo Sostenibile – di riqualificazione del complesso destinato alla formazione professionale “FORMA FUTURO” di Parma sito in Via La Spezia – POR FESR 2021/2027 – AZIONE 5.1.1

Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica (PFTE)

revisione	data	descrizione	redatto da:	controllato da:	approvato da:
01	15/05/2024	emissione	ing. Roberto Curzio	ing. Roberto Curzio	ing. M.Bianchini Frassinelli
02					
03					

Il progetto Forma Futuro è realizzato grazie ai Fondi europei della Regione Emilia Romagna



Cofinanziato
dall'Unione europea



titolo elaborato:

Relazione di invarianza idraulica

elaborato:

GE 06

formato A4
scala -

File: GE_06_Relazione di invarianza idraulica.doc

E' vietata la riproduzione e diffusione in qualsiasi forma. Tutti i diritti sono riservati nei termini di legge al Comune di Parma

Sommario

1. Introduzione ed inquadramento geografico	2
2. Vincoli	4
3. Inquadramento geologico e idrogeologico	9
3.1 Litostratigrafia.....	9
4. Inquadramento geomorfologico	10
5. Inquadramento climatico	11
6. Invarianza idraulica	12
6.1 Inquadramento normativo	12
6.2 Stima dei volumi di invaso	14
6.3 Stima dei coefficienti di deflusso.....	15
6.4 Calcolo del volume di invaso	17
7. Conclusioni.....	18

1. Introduzione ed inquadramento geografico

La presente relazione tecnica ha per oggetto la verifica idrogeologica di un'area situata nel Comune di Parma (PR), in via La Spezia 110, interessata da un intervento di riqualificazione del complesso di edifici destinato alla formazione professionale "FORMA FUTURO". Nello specifico, quest'ultimo riguarda la demolizione di alcuni degli edifici esistenti e la realizzazione ex novo di due edifici e di tutte le opere connesse.

L'area si colloca alle seguenti coordinate geografiche:

- Latitudine: 44°47'18"N
- Longitudine: 10°18'08"E

Nel seguito si riporta un'ortofoto dell'area di progetto:



Figura 1 - Inquadramento area di intervento

A livello catastale i terreni interessati dal complesso di edifici sono così contraddistinti al Catasto Terreni del Comune di Parma:

- Sez. E, Foglio 44 particella n. 728
- Sez. E, Foglio 44 particella n. 729
- Sez. E, Foglio 44 particella n. 730
- Sez. E, Foglio 44 particella n. 731
- Sez. E, Foglio 44 particella n. 732
- Sez. E, Foglio 44 particella n. 733
- Sez. E, Foglio 44 particella n. 734
- Sez. E, Foglio 44 particella n. 735

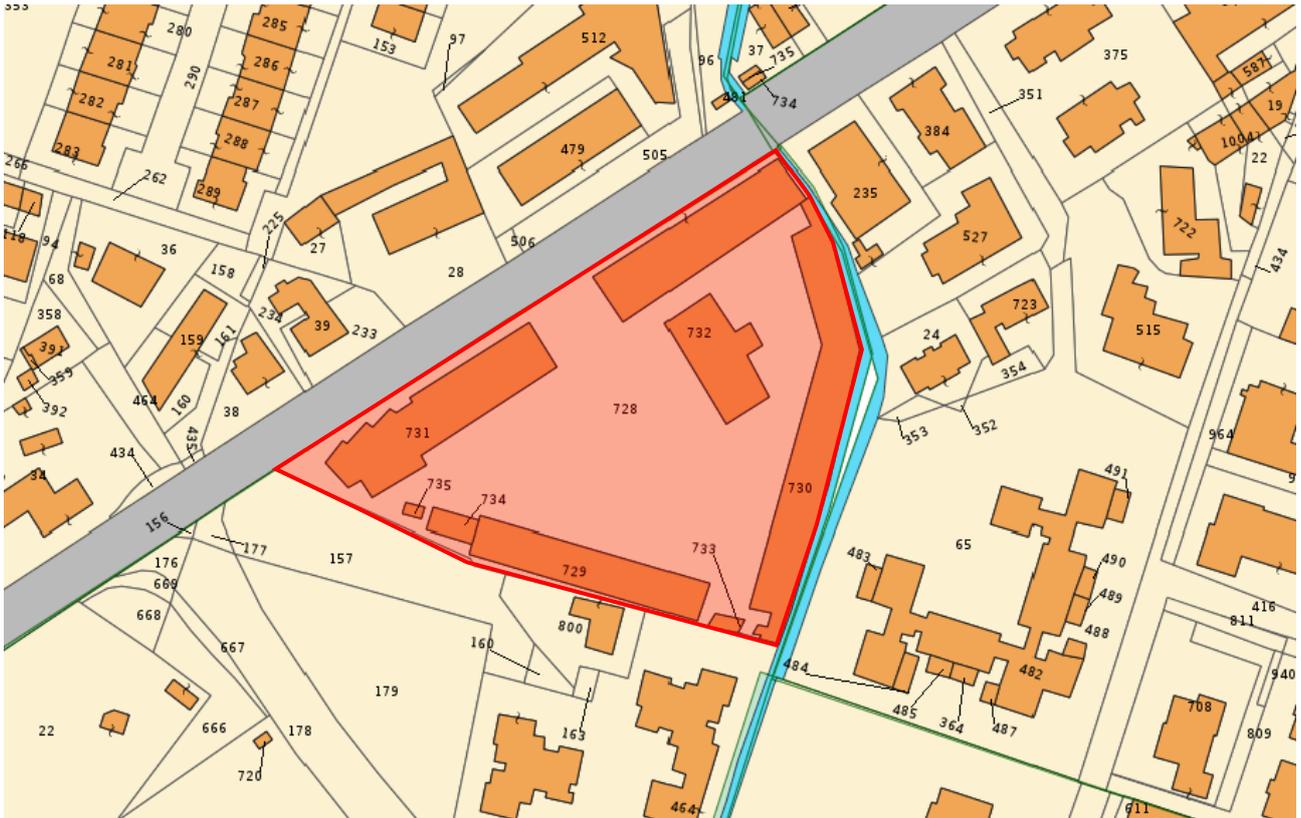


Figura 2 - Inquadramento catastale dell'area di progetto

Tale attività di analisi tecnica-idraulica è stata svolta dal sottoscritto Ing. Roberto Curzio, iscritto all'Albo degli Ingegneri di Parma sez. A con numero di matricola 2135.

2. Vincoli

In ambito idrogeologico, all'interno del Piano Strutturale Comunale (P.S.C. 2030) del Comune di Parma è inserita la carta CTG 1B -7 "Tavola dei vincoli - Rischio Idraulico" dalla quale si evince che l'area di progetto ricade in **Fascia C** di inondazione per piena catastrofica e rientra in uno scenario di **pericolosità idraulica L -P1**, ovvero una zona caratterizzata raramente da alluvioni o eventi estremi.

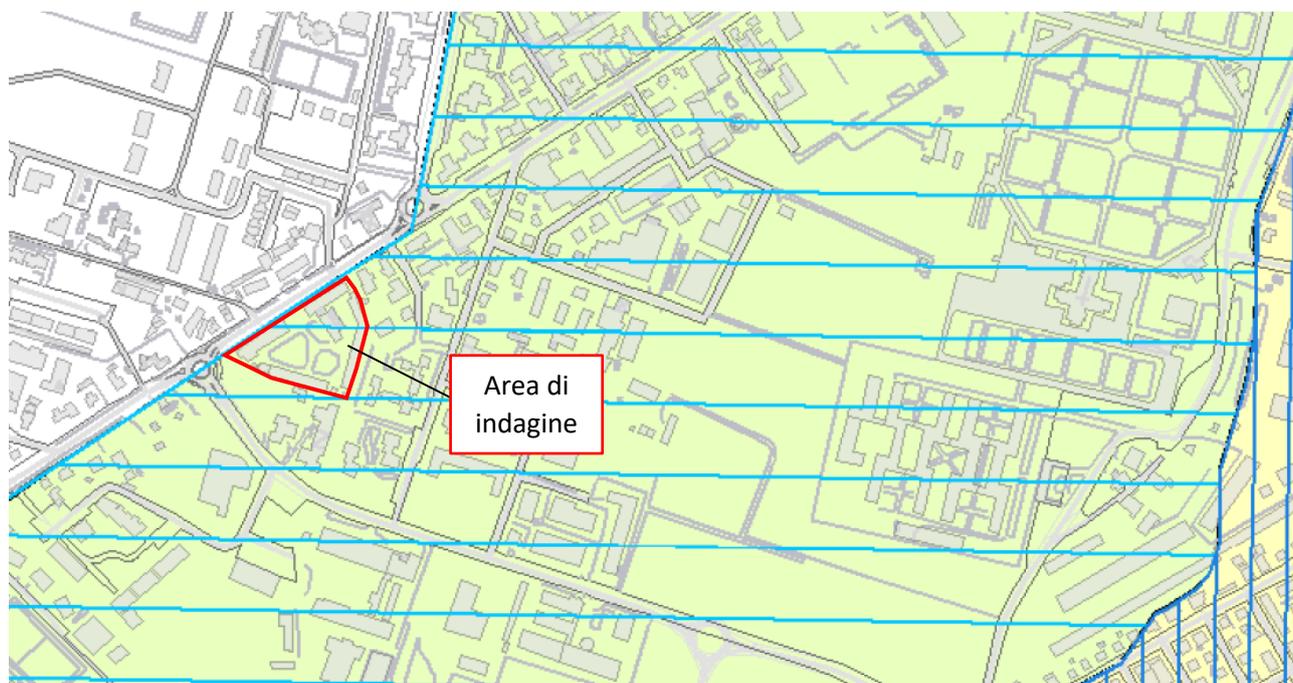


Figura 3 - Estratto carta CTG 1B - 7 "Tavola dei vincoli – Rischio idraulico" inserita nel P.S.C. comunale

LEGENDA

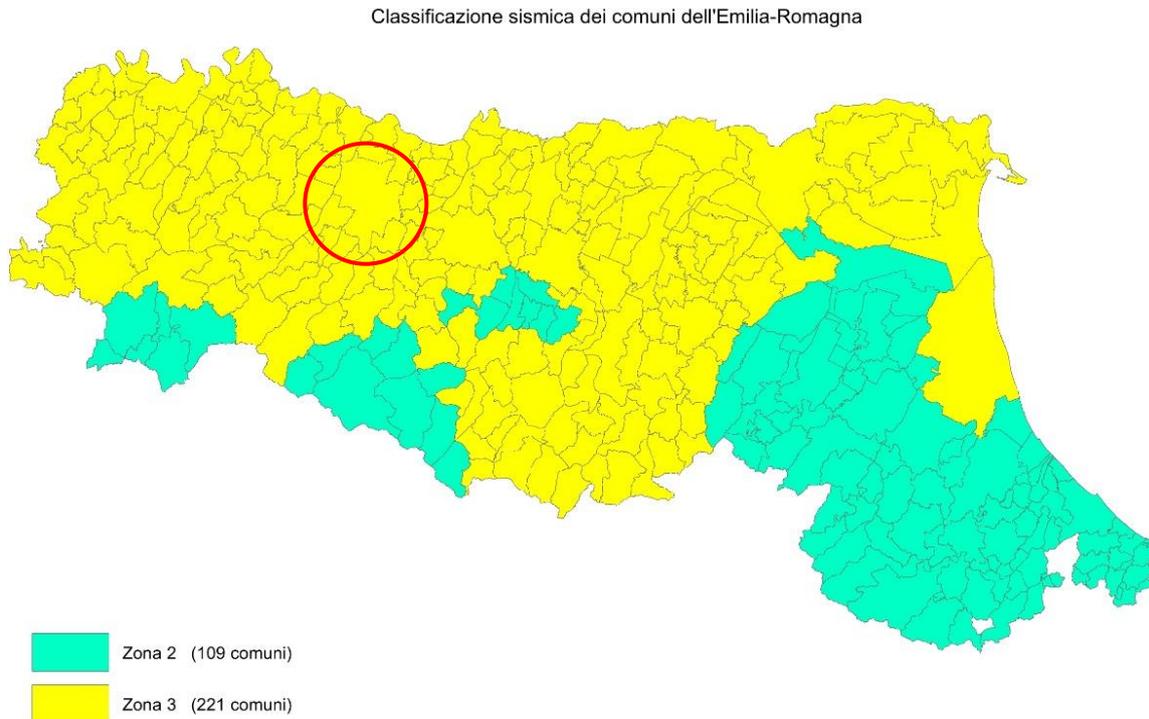
● **FASCE FLUVIALI DA PALE PTCP**

- art. 5.8 -
6.5
(art. 6.5.3 RUE) *Ambito A1 - Alveo*
- Ambito A2*
- art. 5.9 -
6.6
(art. 6.5.4 RUE
6.1.3 bis RUE) *Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini e corsi d'acqua integrate con zone di tutela idraulica (Fascia fluviale B)*
- art. 6.9
(art. 6.5.5 RUE) *Fascia C di inondazione per piena catastrofica*
- art. 6.7
(art. 6.5.4 bis RUE) *Limite di progetto della fascia B*
- art. 6.8
(art. 6.5.4 ter RUE) *Fascia B* di protezione dal rischio idraulico e Area inondabile per effetto della piena di riferimento in assenza dell'intervento di realizzazione del limite di progetto*

● **AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA INDIVIDUATE DAL PGRA**

- art. 6.9 bis
(art. 6.5.6 RUE) **Reticolo Principale**
- Alluvioni frequenti - H - P3*
- Alluvioni poco frequenti - M - P2*
- Alluvioni rare - L - P1*

La classificazione sismica dei comuni della Regione Emilia-Romagna inserisce il Comune di Parma (PR) in **Zona Sismica 3**, zona con pericolosità sismica bassa dove si verificano raramente forti terremoti, attribuendo un valore di accelerazione orizzontale $a_g = 0,15$ g (D.G.R. n. 146 del 06/02/2023).



Secondo la carta PGA_5 "Carta di Microzonazione Sismica di Secondo Livello" inserita nel P.S.C. comunale, l'area di indagine ricade in zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.

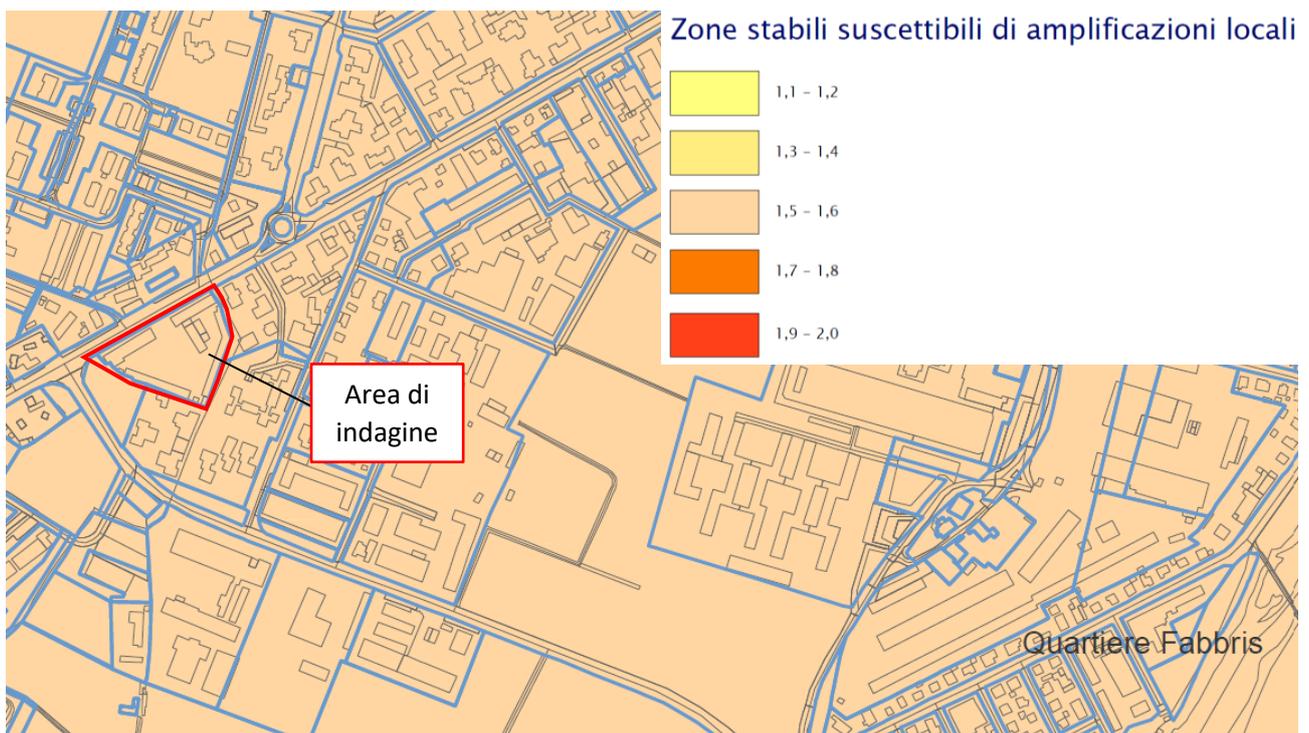


Figura 4 - Estratto carta PGA_5 "Carta di Microzonazione Sismica di Secondo Livello" inserita nel P.S.C. comunale

La **categoria sismica di sottosuolo** risulta di tipo **C** “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*” e le condizioni topografiche del sito, in accordo alle NTC 2018 Tab. 3.2.III, rientrano nella “**Categoria topografica T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$** ”.

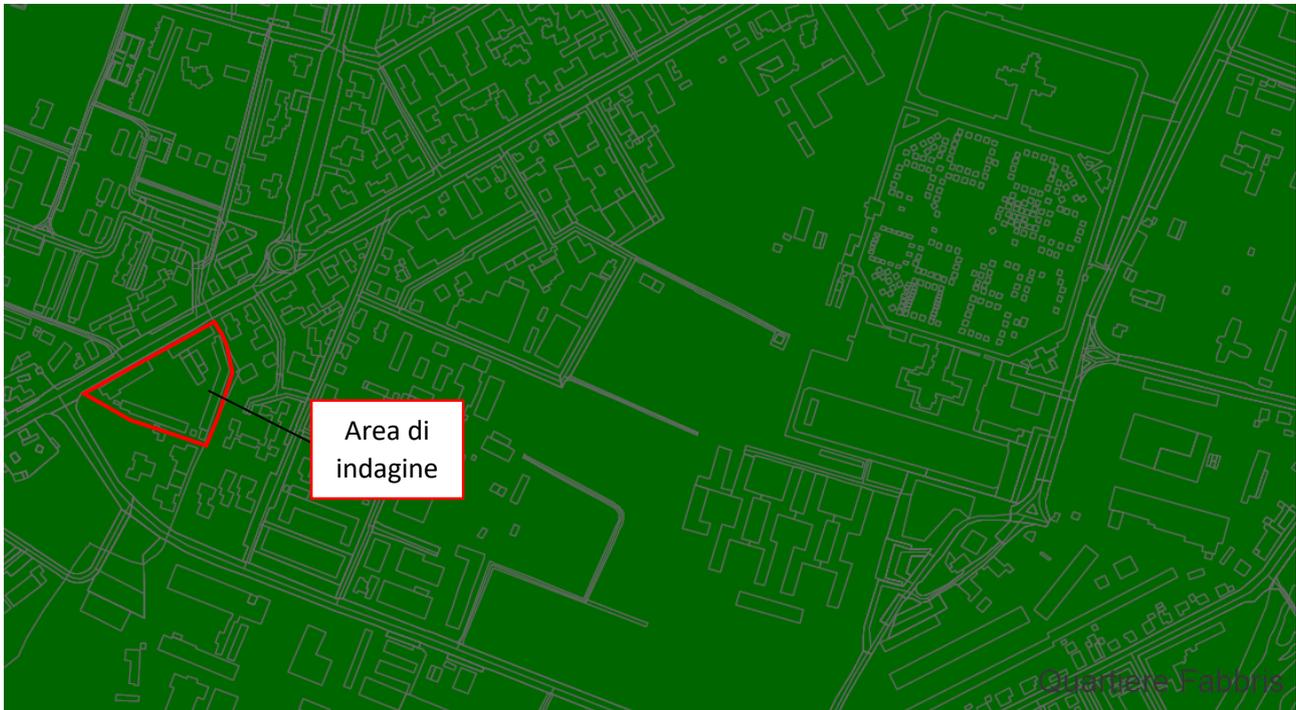
Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

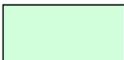
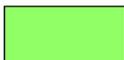
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq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

Dalla carta MOPS_5 “Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica” inserita nel P.S.C. comunale, l’area di progetto nella classificazione di zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ricade in **Zona 2004**, terreni prevalentemente coesivi con strati granulari fini di spessore complessivo variabile da 10 a 20 metri su livelli ghiaiosi profondi.

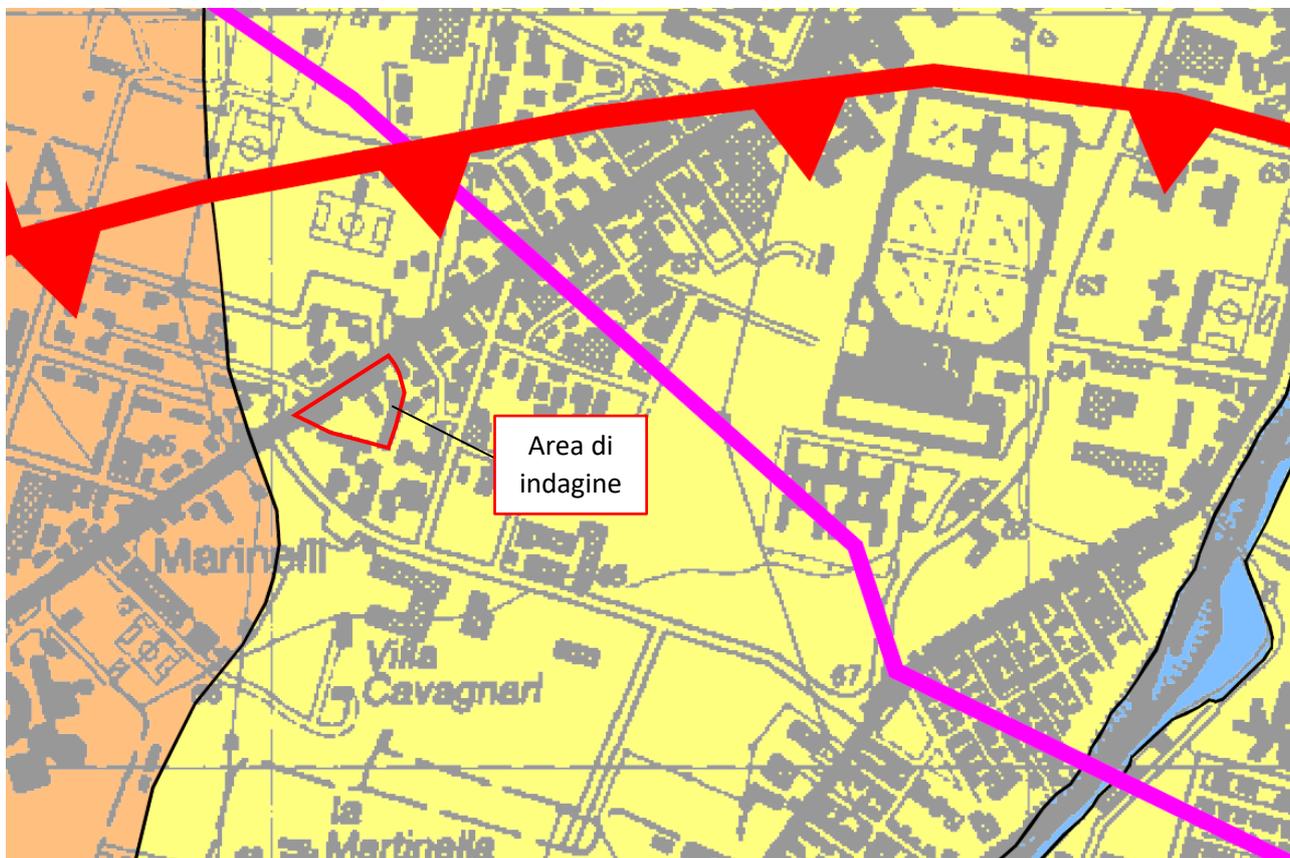


LEGENDA

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

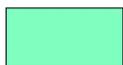
	2001 - Terreni granulari ghiaiosi grossolani con coperture politessiturali di spessore variabile da 0 a 3 metri
	2002 - Terreni granulari ghiaiosi grossolani con copertura coesiva limo-argillosa di spessore variabile da 3 a 10 metri
	2003 - Terreni granulari ghiaiosi grossolani con coperture politessiturali di spessore variabile da 3 a 10 metri
	2004 - Terreni prevalentemente coesivi con strati granulari fini di spessore complessivo variabile da 10 a 20 metri su livelli ghiaiosi profondi
	2005 - Terreni coesivo-granulari limo-sabbiosi di spessore inferiore a 5 metri su livelli prevalentemente coesivi di spessore variabile da 10 a 20 metri a loro volta su livelli ghiaiosi profondi

Nella Tavola 1 "Geologia", estratta dal P.S.C. comunale, sono riportati i vari litotipi rilevati nell'area di competenza del comune di Parma. Nello specifico, nell'area interessata dall'intervento di riqualificazione siamo in presenza di Unità Modena con depositi di conoide alluvionali prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi.

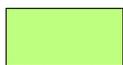


LEGENDA

UNITA' MODENA (Olocene; post IV-VII sec. d.C.)



Depositi di piana inondabili costituiti da argille e limi con rare intercalazioni sabbiose



Depositi di argine naturale costituiti in prevalenza da limi argillosi e limi sabbiosi, in subordine sabbie fini, ai quali si intercalano livelli generalmente decimetrici di sabbie medie e/o grossolane



Depositi di conoide alluvionali prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi

UNITA' IDICE (Olocene; IV-VII sec. d.C. - 20.000 BP)



Depositi di conoide alluvionale costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi e depositi di interconoide costituiti da argille limose e limi argillosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie

3. Inquadramento geologico e idrogeologico

Il Comune di Parma ricade nella parte occidentale dell'Emilia-Romagna, nella bassa Pianura Padana. Il reticolo idrografico principale è costituito dai seguenti corsi d'acqua ricadenti nel territorio del Comune di Parma ed iscritti nell'Elenco delle Acque Pubbliche:

1. Fiume Taro;
2. Torrente Parma;
3. Torrente Baganza;
4. Torrente Enza.

Il corso d'acqua più vicino all'area in esame è il Torrente Baganza, l'affluente principale, posta in sinistra idrografica, del Torrente Parma. L'area si trova in una fascia di pericolosità P1 dal punto di vista del PGRA, con alluvioni rare. La sedimentazione prevalente è di natura olocenica ed è un Alluvium antico, costituito da alluvioni argillose con alternanze lenticolari surmulose nere e sabbioso-ghiaioso della media Pianura, con un suolo di copertura prevalentemente grigiastro. L'asse dell'anticlinale mostra la correlazione con il corrugamento appenninico, legato alla sua orogenesi. L'ambiente deposizionale è quello della Piana Alluvionale e la litologia prevalente è il Limo Sabbioso. La copertura quaternaria è AES8a (Unità di Modena), costituita da Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi.

3.1 Litostratigrafia

L'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini condotte sul terreno in esame, estratta dalla Relazione Geologica, redatta dal Dr. Geol. Fabio Bussetti, ha permesso di definire una successione litostratigrafica caratterizzata da terreni per lo più di natura coesiva. Infatti, la copertura dei primi 7 metri è prevalentemente argillosa, con un passaggio dopo i 7 metri verso litologie più incoerenti, con presenza di ghiaia. La **falda acquifera** non è stata rilevata dalle prove geognostiche, ma dal pozzo di Amps, posto in Via Calatafimi, è ragionevole pensare che il livello della falda freatica possa attestarsi sugli 11 - 14 metri da piano di campagna.

Le indagini geognostiche hanno permesso di ricostruire il seguente modello geotecnico:

Strato n.	Profondità	Comp. Geotecnico	Descrizione
1	0.00 - 2.20 m	Coesivo	Riporto
2	2.20 - 7.20 m	Coesivo	Argilla con ghiaia
3	7.20 - 7.80 m	Incoerente	Ghiaia

4. Inquadramento geomorfologico

L'area oggetto d'indagine si colloca a circa 1,2 km di distanza dal Torrente Baganza e si trova ad una quota di 57 metri sul livello del mare. La morfologia del terreno, anche se poco evidente essendo una zona urbanizzata, risulta caratterizzata da un andamento prevalentemente pianeggiante con la presenza di dossi e valli, afferente a quella della media pianura alluvionale.

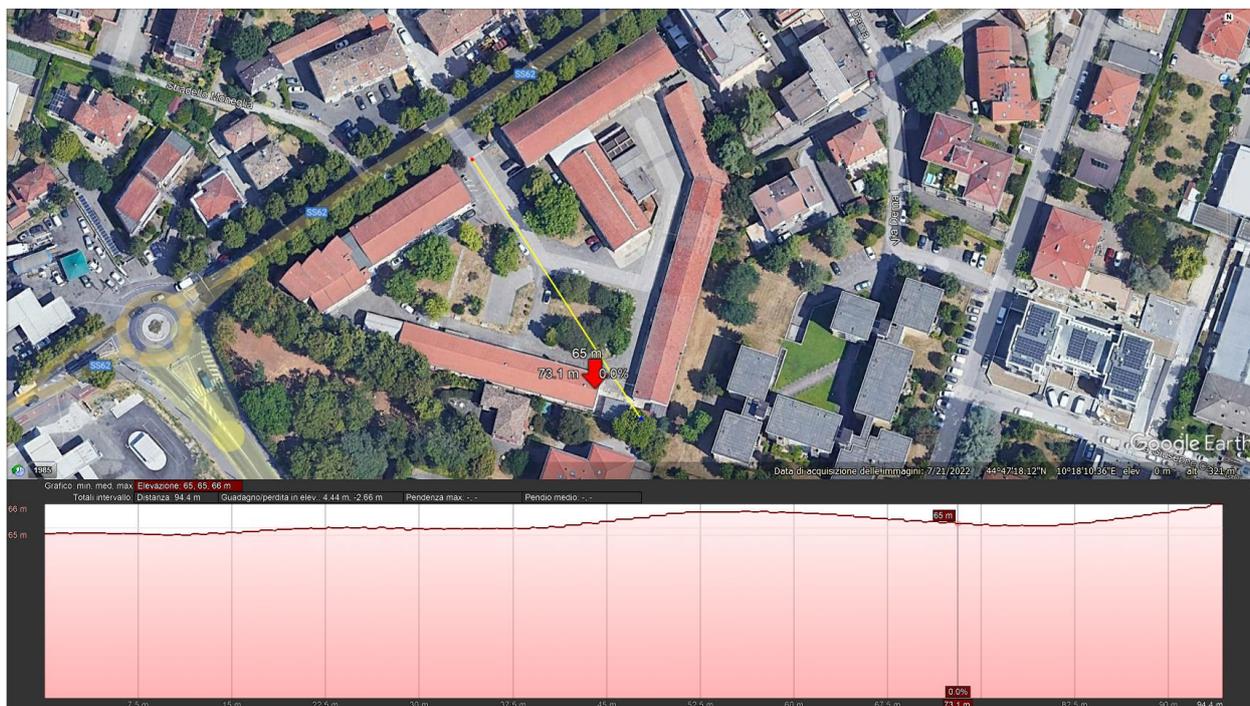


Figura 5 - Andamento da Nord-Ovest a Sud-Est

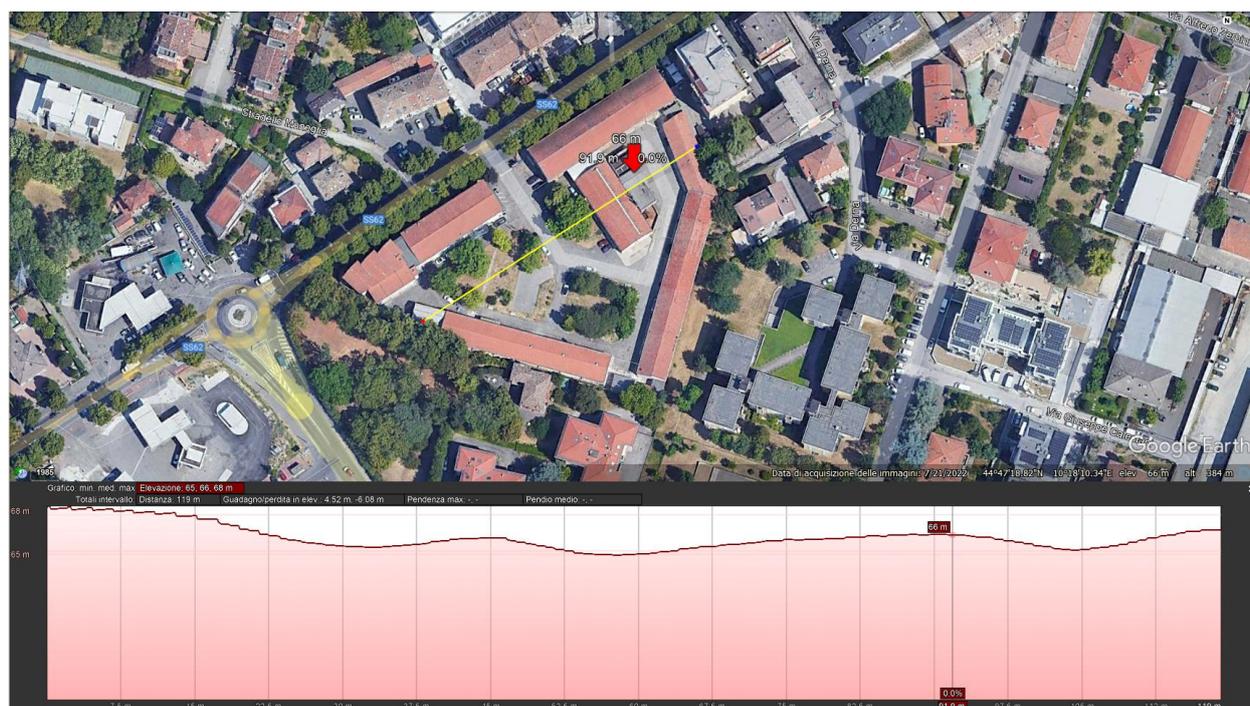
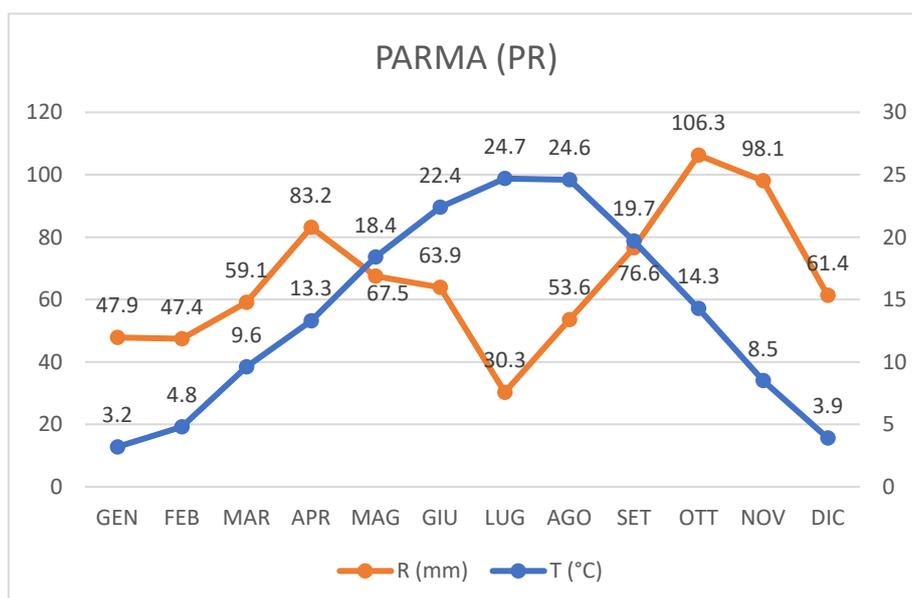


Figura 6 - Andamento da Sud-Ovest a Nord-Est

5. Inquadramento climatico

Le condizioni climatiche di Parma (PR) sono di tipo semi-continentale, caratterizzate da inverni freddi e umidi ed estati calde e afose. La città si trova nella parte occidentale dell'Emilia-Romagna, dove il clima assume le tipiche caratteristiche della pianura padana, rispetto alla parte orientale che subisce l'influenza del mar Adriatico. Durante l'anno la temperatura media del mese più freddo (gennaio) è di 3°C, mentre quella del mese più caldo (luglio) è di 25°C. Si registra un modesto livello di precipitazioni durante l'anno che ammontano a 795 mm circa; le piogge sono ben distribuite nel corso dell'anno, anche se si notano due massimi in primavera e in autunno, e due minimi relativi in inverno e in estate.

MESE	T (°C)	R (mm)
Gennaio	3.2	47.9
Febbraio	4.8	47.4
Marzo	9.6	59.1
Aprile	13.3	83.2
Maggio	18.4	67.5
Giugno	22.4	63.9
Luglio	24.7	30.3
Agosto	24.6	53.6
Settembre	19.7	76.6
Ottobre	14.3	106.3
Novembre	8.5	98.1
Dicembre	3.9	61.4
	14.0	795.3



6. Invarianza idraulica

La presente relazione tecnica illustra il rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica, analizzando lo stato dei luoghi nella configurazione ante e post operam, a supporto del piano attuativo che prevede la demolizione di alcuni edifici e la realizzazione ex novo di due edifici.

6.1 Inquadramento normativo

Le verifiche del rispetto del principio di invarianza idraulica vengono condotte conformemente a:

- Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Romagnoli - Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano - Adottata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/2 del 20 ottobre 2003 e s.m.i., come modificata dalla Variante di coordinamento PGRA-PAI, adottata dal C.I. con delibera 2/2 del 7/11/2016 (D.G.R. 2112/2016) della Regione Emilia Romagna.
- Direttiva per le verifiche e il conseguimento degli obiettivi di sicurezza idraulica - approvato con deliberazione del Comitato Istituzionale Regione Emilia-Romagna n. 3/2 del 20 ottobre 2003.

Il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Romagnoli introduce, all'art. 9 delle Norme di attuazione, il principio di invarianza idraulica delle trasformazioni del territorio, definito al comma 1 del medesimo articolo: *“Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la trasformazione di un’area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall’area stessa. Al fine di garantire l’invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche, è prescritto di realizzare un volume minimo di invaso atto alla laminazione delle piene, da collocarsi, in ciascuna area in cui si verifichi un aumento delle superfici impermeabili, a monte del punto di scarico dei deflussi nel corpo idrico recettore. Detto volume minimo d’invaso deve essere realizzato in ogni intervento che modifichi le condizioni preesistenti del sito in termini di permeabilità delle superfici.”*

Il volume minimo deve essere calcolato secondo la procedura riportata nel capitolo 7 della *“Direttiva per le verifiche e il conseguimento degli obiettivi di sicurezza idraulica”*, approvata con Delibera del Comitato Istituzionale n. 3/2 del 20/10/2003.

Dal punto di vista operativo, la delibera introduce inoltre una classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici. Tale classificazione, secondo quanto disposto dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, consente di definire soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento.

La classificazione è riportata nella seguente tabella.

Classe di Intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0.3$
Mancata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0.3$

Nelle varie classi andranno adottati i seguenti criteri:

- nel caso di **trascurabile impermeabilizzazione potenziale**, è sufficiente adottare buoni criteri costruttivi per ridurre le superfici impermeabili, quali le superfici dei parcheggi;
- nel caso di **modesta impermeabilizzazione**, oltre al dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro;
- nel caso di **significativa impermeabilizzazione**, andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione;
- nel caso di **marcata impermeabilizzazione**, è richiesta la presentazione di uno studio di dettaglio molto approfondito.

6.2 Stima dei volumi di invaso

La predisposizione dei volumi di invaso a compensazione delle impermeabilizzazioni non è finalizzata a trattenere le acque di piena nel lotto, ma a mantenere inalterate le prestazioni complessive del bacino. Tali prestazioni sono riconducibili a due meccanismi di controllo “naturale” delle piene:

- l’infiltrazione e l’immagazzinamento delle piogge nel suolo (fenomeni rappresentati in via semplificativa dal coefficiente di deflusso)
- la laminazione, che consiste nel fatto che i deflussi devono riempire i volumi disponibili nel bacino prima di poter raggiungere la sezione di chiusura.

Il criterio dell’invarianza idraulica delle trasformazioni delle superfici che il piano di bacino adotta prevede la compensazione delle riduzioni sul primo meccanismo attraverso il potenziamento del secondo meccanismo. A tal fine, predisporre nelle aree in trasformazione volumi che devono essere riempiti prima che si verifichi deflusso dalle aree stesse fornisce un dispositivo che ha rilevanza a livello di bacino per la formazione delle piene del corpo idrico recettore, garantendone (nei limiti di incertezza del modello adottato per i calcoli dei volumi) l’effettiva invarianza del picco di piena; la predisposizione di tali volumi non garantisce, invece, automaticamente sul fatto che la portata uscente dall’area trasformata sia in ogni condizione di pioggia la medesima che si osservava prima della trasformazione.

A esclusione di tali circostanze particolari, è importante evidenziare che l’obiettivo dell’invarianza idraulica richiede a chi propone una trasformazione di uso del suolo di accollarsi, attraverso opportune azioni compensative, gli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene e quindi di mantenere le condizioni di sicurezza territoriale nel tempo.

La misura del volume minimo d’invaso da prescrivere in aree sottoposte a una quota di trasformazione I (% dell’area che viene trasformata) e in cui viene lasciata inalterata una quota P (tale che I+P=100%) è data dal valore convenzionale:

$$w = w^o \left(\frac{\phi}{\phi^o} \right)^{\frac{1}{1-n}} - 15I - w^o P$$

dove:

- W = volume di invaso da calcolare (m³/ha).
- w^o = volume disponibile naturalmente per la laminazione = 50 m³/ha.

- ϕ = coefficiente di deflusso dopo la trasformazione.
- ϕ° = coefficiente di deflusso prima della trasformazione.
- $n = 0,48$ (esponente delle curve di possibilità pluviometrica per piogge di durata inferiore all'ora, stimato nell'ipotesi che le percentuali della pioggia oraria cadute nei 5', 15' e 30' siano rispettivamente il 30%, 60% e 75%, come risulta da vari studi sperimentali).
- 15 = volume disponibile per la laminazione in superfici permeabili ed impermeabili diverse dall'agricola ($15 \text{ m}^3/\text{ha}$).
- I = percentuale di superficie permeabile ed impermeabile trasformata rispetto all'area agricola.
- P = percentuale di superficie agricola inalterata.

Il volume così ricavato deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento, a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata.

6.3 Stima dei coefficienti di deflusso

Data A , quale superficie totale dell'area oggetto di trasformazione, per la stima dei coefficienti di deflusso ϕ e ϕ° si fa riferimento alle seguenti relazioni convenzionali:

- ante operam \rightarrow $\phi^{\circ} = 0.9 \text{ Imp}^{\circ} + 0.2 \text{ Per}^{\circ}$ dove: $\text{Imp}^{\circ} = A1/A$
 $\text{Per}^{\circ} = A2/A$

definita: $A = A1 + A2$
 $A1$ = superficie impermeabile
 $A2$ = superficie permeabile

- post operam \rightarrow $\phi = 0.9 \text{ Imp} + 0.2 \text{ Per}$ dove: $\text{Imp} = (A1 + A1^*)/A$
 $\text{Per} = A2^*/A$

definita: $A = A1 + A1^* + A2^*$
 $A1^*$ = nuova quota di superficie impermeabile
 $A2^*$ = nuova quota di superficie permeabile

Ante operam			
Opere	Tipologia di superficie	Superficie di progetto	Coefficiente di afflusso (φ)
Edifici da demolire	impermeabile	2.200 mq	0,90
Viabilità interna	impermeabile	2.462 mq	0,90
Parcheggi	permeabile	178 mq	0,60
Aree verdi	permeabile	1.320 mq	0,25
TOTALE SUPERFICIE IN TRASFORMAZIONE		6.160 mq	

Post operam			
Opere	Tipologia di superficie	Superficie di progetto	Coefficiente di afflusso (φ)
Edificio 1	impermeabile	640 mq	0,90
Edificio 2	impermeabile	515 mq	0,90
Cabine/Tettoia	impermeabile	150 mq	0,90
Viabilità interna	impermeabile	2.775 mq	0,90
Aree verdi	permeabile	1.155 mq	0,25
Parcheggi	permeabile	515 mq	0,60
Aree sportive	permeabile	410 mq	0,60
TOTALE SUPERFICIE IN TRASFORMAZIONE		6.160 mq	

6.4 Calcolo del volume di invaso

Il calcolo del volume di invaso richiede quindi la definizione delle seguenti grandezze:

- **I** = quota dell'area di progetto che viene interessata dalla trasformazione; è da notare che anche le aree che non vengono pavimentate con la trasformazione, ma vengono sistemate e regolarizzate, devono essere incluse a computare la quota I.
- **P** = quota dell'area di progetto non interessata dalla trasformazione: essa è costituita solo da quelle parti che non vengono significativamente modificate.
- **Per** = quota dell'area da ritenersi permeabile (Per): tale grandezza viene valutata prima e dopo la trasformazione.
- **Imp** = quota dell'area da ritenersi impermeabile: tale grandezza viene valutata prima e dopo la trasformazione.

In riferimento allo specifico intervento in esame si ha:

- superficie totale → $S_{tot} = I + P = 8.750 \text{ mq}$
 $I = 6.160 \text{ mq} = 70,4 \%$
 $P = 8.750 - 6.160 = 2.590 \text{ mq} = 29,6 \%$
- ante operam → $Imp_{0,9} = 7.252 / 8.750 \text{ mq} = 0,83$
 $Per_{0,6} = 178 / 8.750 \text{ mq} = 0,02$
 $Per_{0,25} = 1.320 / 8.750 \text{ mq} = 0,15$
 $\phi = (0,9 * 0,83) + (0,6 * 0,02) + (0,25 * 0,15) = 0,80$
- post operam → $Imp_{0,9} = 6.670 / 8.750 \text{ mq} = 0,76$
 $Per_{0,6} = 925 / 8.750 \text{ mq} = 0,11$
 $Per_{0,25} = 1.155 / 8.750 \text{ mq} = 0,13$
 $\phi = (0,9 * 0,76) + (0,6 * 0,11) + (0,25 * 0,13) = 0,78$

I	70,4 %
P	29,6 %
Per _{0,25°}	0,15
Per _{0,6°}	0,02
Imp _{0,9°}	0,83
Per _{0,25}	0,13
Per _{0,6}	0,11
Imp _{0,9}	0,76
ϕ°	0,80
ϕ	0,78

Sulla base dei calcoli effettuati si ricava che il coefficiente di deflusso complessivo passa da $\phi^\circ = 0,80$, nella configurazione ante operam, a $\phi = 0,78$ nella configurazione post operam, cioè un valore inferiore rispetto a quello antecedente la trasformazione, per cui lo scorrimento superficiale delle acque rimane inalterato e l'invarianza idraulica è assicurata.

7. Conclusioni

Per garantire il principio di invarianza idraulica, volto a compensare le trasformazioni idrauliche dovute alla riqualificazione del complesso di edifici destinato alla formazione professionale "FORMA FUTURO", non si rende necessaria alcuna opera compensativa, in quanto lo scorrimento superficiale delle acque non viene in alcun modo ostacolato dalla trasformazione delle superfici.

Firma e Timbro

