



## **COMUNE DI FANO**

Provincia di Pesaro e Urbino

**VERIFICA DELLA COMPATIBILITA' IDRAULICA  
AI SENSI DELL'ART. 10  
DELLA LEGGE REGIONALE N.22/2011-DGR N.53/2014  
PER LA VARIANTE URBANISTICA NON SOSTANZIALE RELATIVA ALLA  
RIPERIMETRAZIONE DEL COMPARTO ST5\_E34 ED ALLA CREAZIONE  
DI UN NUOVO COMPARTO ADIACENTE  
ZONA INDUSTRIALE BELLOCCHI  
COMUNE DI FANO (PU)**

**Località:** Zona Industriale Bellocchi, Fano (PU)

**Committente:** Ditta Profilglass S.P.A.

Novembre 2017



Studio Geologico Dott.ssa Geol.

**Francesca Macchi**

Geologia Tecnica e Ambientale

Via dei Pioppi, 20 / 61032 Fano (PU)

Tel. Cell. 3298049003

e.mail: francescamacchi@libero.it

P.Iva 02 423 660 410 - C.F. MCCFNC76P61D488T

**INDICE**

PREMESSA.....	- 1 -
<b>ANALISI IDROGRAFICA-BIBLIOGRAFICA-STORICA</b> .....	- 4 -
INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	- 4 -
RICERCA BIBLIOGRAFICA E STORICA .....	- 6 -
<i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO</i> .....	- 6 -
<i>GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DELL'AREA D'INTERESSE</i> .....	- 9 -
<i>LITOLOGIA E PERMEABILITA'</i> .....	- 13 -
<i>PERICOLOSITA' GEOLOGICA</i> .....	- 15 -
<i>PERICOLOSITA' SISMICA</i> .....	- 17 -
<b>ANALISI GEOMORFOLOGICA</b> .....	- 18 -
ANALISI IDROGRAFICA .....	- 18 -
<i>IDROLOGIA DELL'AREA D'INTERESSE</i> .....	- 18 -
ANALISI DELL'ACQUIFERO .....	- 22 -
<i>IDROGEOLOGIA DELL'AREA D'INTERESSE</i> .....	- 23 -
<b>ANALISI IDROLOGICA-IDRAULICA</b> .....	- 25 -
RETICOLO IDROGRAFICO E DELIMITAZIONE DEL BACINO SOTTESO ALLA CHIUSURA DEL TRATTO DEVIATO.....	- 27 -
ANALISI ED ELABORAZIONE DEI DATI DI PIOVOSITA' CRITICA .....	- 28 -
COEFFICIENTE DI DEFLUSSO .....	- 31 -
CALCOLO DELLE MASSIME PORTATE ATTESE CON TEMPO DI RITORNO DI 10, 30, 50, 100 E 200 ANNI.....	- 32 -
VERIFICA DELL'ADEGUATEZZA DELLA SEZIONE DI DEFLUSSO DEL CANALE IN PROGETTO RISPETTO ALLA PORTATA MASSIMA CON TEMPO DI RITORNO DI 200 ANNI .....	- 34 -
TABELLA E GRAFICO DELLE PORTATE CON ALTEZZA DEL PELO LIBERO DI PIENA IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE ALLA CHIUSURA DEL TRATTO DEVIATO. ....	- 35 -
CONSIDERAZIONI IN MERITO AI RISULTATI OTTENUTI.....	- 39 -
CONCLUSIONI.....	- 39 -
BIBLIOGRAFIA.....	- 41 -

**ALLEGATI**

- Stralcio da cartografia con ubicazione del Comparto ST5\_E34 e del nuovo comparto adiacente

## **PREMESSA**

Su incarico delle ditte Profilglass S.p.a. è stata effettuata un'indagine di tipo bibliografico, storico, geomorfologico e idrologico-idraulico in un'area ubicata all'interno del Comune di Fano, nella zona industriale di Bellocchi, richiesta per la "Variante urbanistica non sostanziale relativa alla ripermetrazione del comparto ST5\_E34 ed alla creazione di un nuovo comparto adiacente" secondo quanto indicato nella Legge Regionale n.22 del 2011 e dalla successiva DGR n.53 del 2014. L'art. 10, comma 4 delinea "i criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali", ai quali la scrivente si è attenuta nel redigere la presente relazione. La verifica di compatibilità idraulica si sviluppa su più livelli di approfondimento e, a seconda del livello di sviluppo della stessa, deriva dalla integrazione dei seguenti dati/analisi:

- bibliografici e storici: permettono di ottenere informazioni sugli effetti di precedenti eventi di inondazione, nonché sugli studi esistenti e sull'individuazione delle aree inondabili negli strumenti di programmazione esistenti, utili al fine di tarare le analisi geomorfologiche e idrauliche;
- geomorfologici: permettono di ottenere informazioni sulla porzione di territorio interessabile dalle dinamiche fluviali, sui processi geomorfologici predominanti e sugli elementi geomorfologici che delimitano le aree interessabili da fenomeni di piena, nonché sull'evoluzione nel tempo del corso d'acqua e delle aree di pertinenza fluviale;
- idrologici-idraulici: permettono di quantificare, in relazione a criteri fissati convenzionalmente (es: tempo di ritorno), le aree inondabili; in genere, salvo analisi di maggior impegno, tali verifiche si riferiscono a schematizzazioni geometriche statiche dell'alveo.

Ciascuno di questi tre gruppi di dati/analisi è utile e importante al fine di definire nella maniera più possibile attinente alla realtà le aree interessabili dalle dinamiche fluviali e la Verifica di Compatibilità Idraulica risulterà dalla integrazione e sintesi ragionata dei suddetti dati, evidenziando la congruenza tra l'insieme delle informazioni raccolte e le analisi effettuate.

Il grado di approfondimento degli studi è in funzione dell'importanza della trasformazione territoriale prevista e della situazione della rete idrografica nel contesto in cui si colloca la trasformazione territoriale; indicativamente è più approfondito in funzione dell'ampiezza del bacino

sotteso, della vicinanza al corso d'acqua, dell'esistenza di dati su precedenti eventi di allagamento/dissesto, della consistenza e del livello di attuazione della trasformazione territoriale.

Per tale motivo, vista la vicinanza del Fosso della Carrara all'area in oggetto, la Verifica di compatibilità idraulica sarà completa.





## **RICERCA BIBLIOGRAFICA E STORICA**

### ***INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO***

Il quadro geo-litologico che si descrive, risulta essere la sintesi di rilevamenti originali di superficie e di una raccolta di dati bibliografici e cartografici.

Strutturalmente l'area è situata nel Bacino Marchigiano Esterno. Le formazioni sedimentarie ivi presenti risultano deformate secondo una configurazione tipica di uno stile a pieghe, con serie di anticlinali e sinclinali aventi direzione NW-SE, attraversate dal corso del F.<sup>me</sup> Metauro orientato in direzione WSW-ENE.

Da un punto di vista geologico, nella zona esaminata, il F.<sup>me</sup> Metauro ha scavato la sua valle nei terreni sedimentari delle formazioni prequaternarie (Plioceniche). Le formazioni plioceniche ivi presenti, sono caratterizzate da litofacies argillose relative al Pliocene inferiore argilloso che è rappresentato da argille marnose azzurre siltose e talora lievemente sabbiose che occupano con continuità il versante destro e tutto il fondovalle del Fiume Metauro, dove sono ricoperte dalle alluvioni pleistoceniche. Presentano caratteristiche di permeabilità ridotta o praticamente nulla che condizionano l'idrogeologia di tutta la bassa vallata.

La suddetta valle e' stata successivamente colmata da abbondanti depositi alluvionali.

In base ai dati bibliografici e all'analisi delle stratigrafie relative a sondaggi profondi effettuati per la realizzazione di pozzi per acqua nelle zone limitrofe eseguite dal Comune di Fano e da privati, ai depositi alluvionali seguono a circa 25/30 m di profondità le argille marnose, azzurre, siltose, talora lievemente sabbiose depositate durante il Pliocene.

Dal punto di vista tettonico, le ricerche sinora effettuate sulla complessa storia tettonica della bassa valle del fiume Metauro, hanno portato a diverse e spesso contrastanti ipotesi di evoluzione strutturale dell'area, soprattutto per quanto riguarda la neotettonica. Tuttavia, recentemente per merito di numerose e dettagliate ricerche strutturali, sismologiche e geomorfologiche (Boraccini et al., 2002; Savelli et al., 2002; Di Bucci et al., 2003) si è riusciti a caratterizzare faglie recenti sia nel substrato pre-Quaternario, sia nei depositi alluvionali del Pleistocene superiore - Olocene. Tali strutture sembrano ricollegarsi a movimenti tettonici del substrato che hanno esercitato un controllo molto importante sull'evoluzione quaternaria dell'area.

Facendo riferimento al Foglio 110 Senigallia della Carta Geologica d'Italia, dal punto di vista tettonico, si rileva che non esistono faglie del substrato in corrispondenza dell'area oggetto di studio, il sito risulta quindi esente da disturbi tettonici significativi, delineando una situazione geologica di basso rischio.

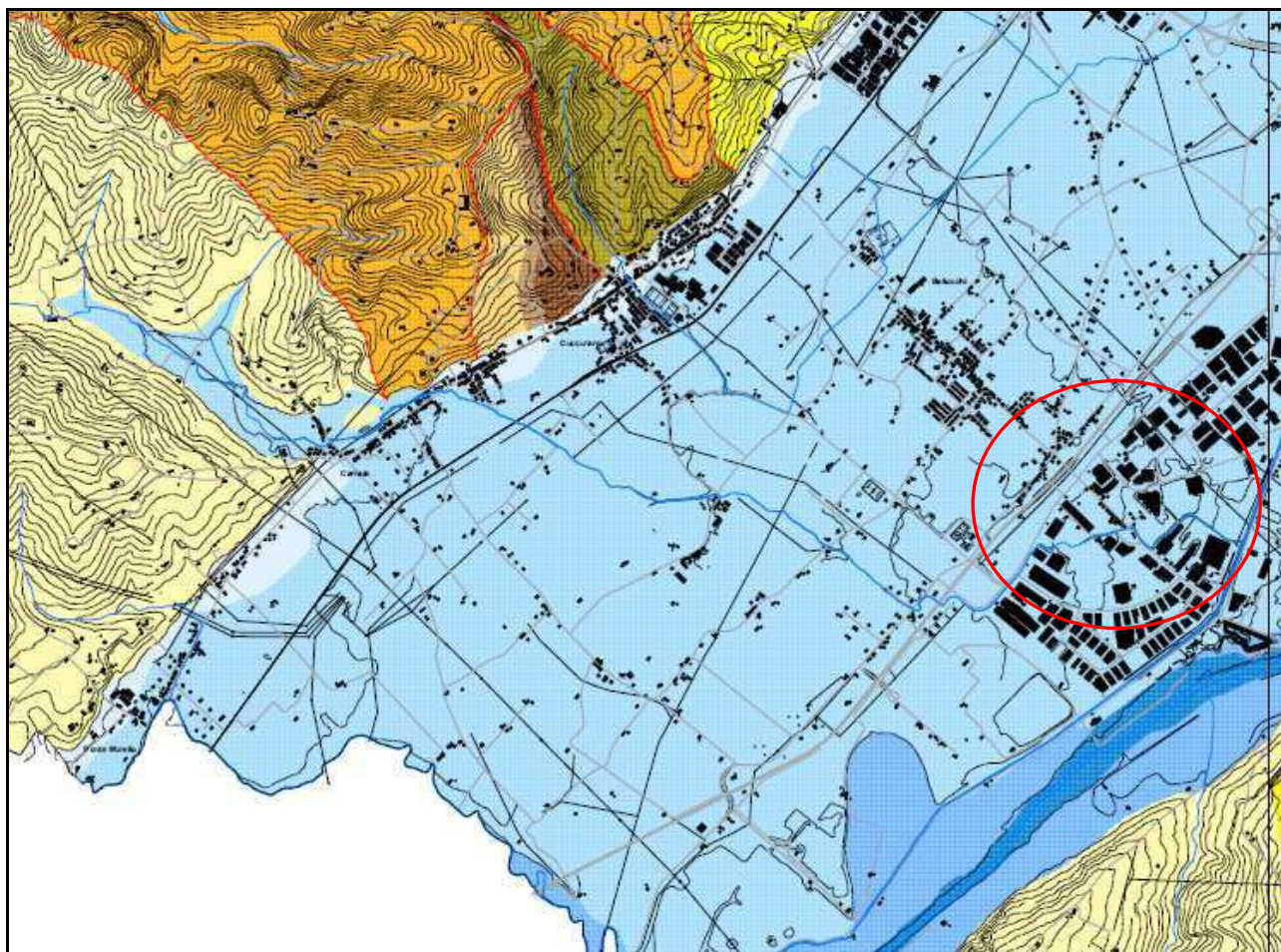
Per quanto riguarda l'aspetto morfologico, il territorio in cui ricade l'area oggetto di studio è caratterizzato da una morfologia classificabile di bassa collina e pianura costiera. Si alternano superfici subpianeggianti a versanti poco acclivi. La zona in studio è compresa nella parte meridionale del bacino idrografico del fiume Metauro che rappresenta uno dei corsi d'acqua principali della Regione.

La bassa valle del F. Metauro presenta una serie di terrazzi vallivi distribuiti su almeno una decina di livelli principali. Questi sono riconducibili alle due tipologie di base, terrazzi d'erosione e dei terrazzi con deposito.

Nella piana del Pleistocene superiore–Olocene, le alluvioni fluviali sono distinte in due ordini principali di terrazzi: quello topograficamente più alto (T3) che si sviluppa quasi interamente a sinistra dell'alveo attuale del fiume Metauro, se si esclude una breve estensione a destra in prossimità della foce, e quello più basso (T4), che ha delimitato in pratica l'alveo di piena fino alla più recente arginatura del fiume. Il primo ordine (T3) è formato da più cicli sovrapposti che hanno deposto alluvioni con uno spessore che varia dai circa 15 metri, in prossimità dell'area in cui scorre il Rio Secco (in corrispondenza della Chiusa Albani), fino a raggiungere i 50 metri circa vicino alla costa, dove la sua larghezza supera i 3.5 km. Il secondo (T4) raggiunge una larghezza di quasi 2 in prossimità della foce, mentre è pressoché assente in vicinanza della Chiusa Albani.



### STRALCIO DA CARTA GEOLOGICA DEL P.R.G. DEL COMUNE DI FANO



Depositi alluvionali del terrazzo di IV ordine



Depositi alluvionali del terrazzo di III ordine



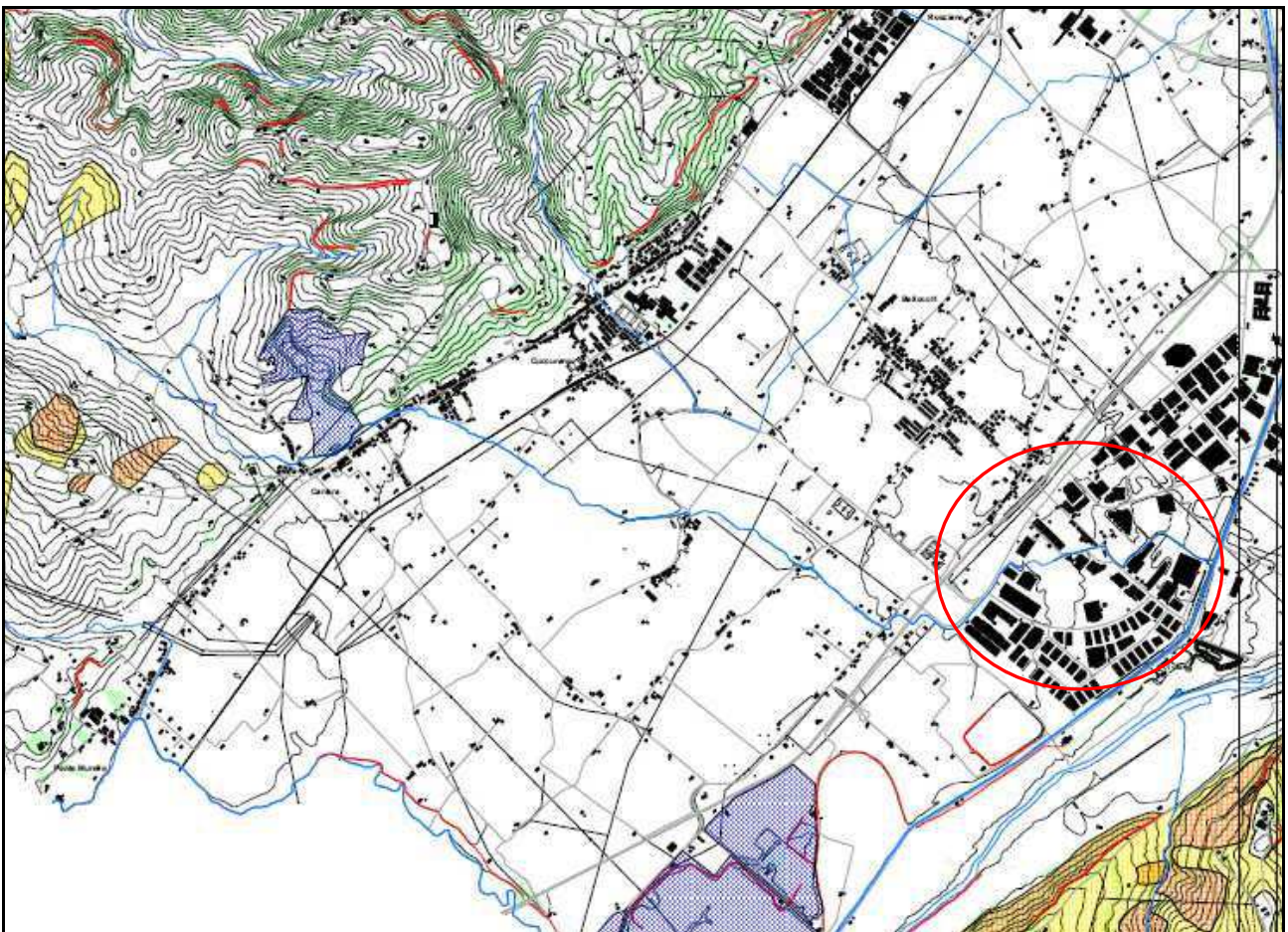
Depositi alluvionali del terrazzo di II ordine


## **GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DELL'AREA D'INTERESSE**

In particolare l'area oggetto di studio si colloca su di una superficie pianeggiante all'interno della piana alluvionale del F<sup>me</sup> Metauro e riferibile al III° ordine dei terrazzi ed è posta a circa 1 Km dall'alveo del fiume stesso.

Per quanto riguarda la morfometria dell'area, questa presenta quote altimetriche comprese tra 22 m e 25 m s.l.m. La morfologia del sito in oggetto è dunque caratterizzata da superfici prevalentemente pianeggianti.

### **STRALCIO DA CARTA GEOMORFOLOGICA DEL P.R.G. DEL COMUNE DI FANO**



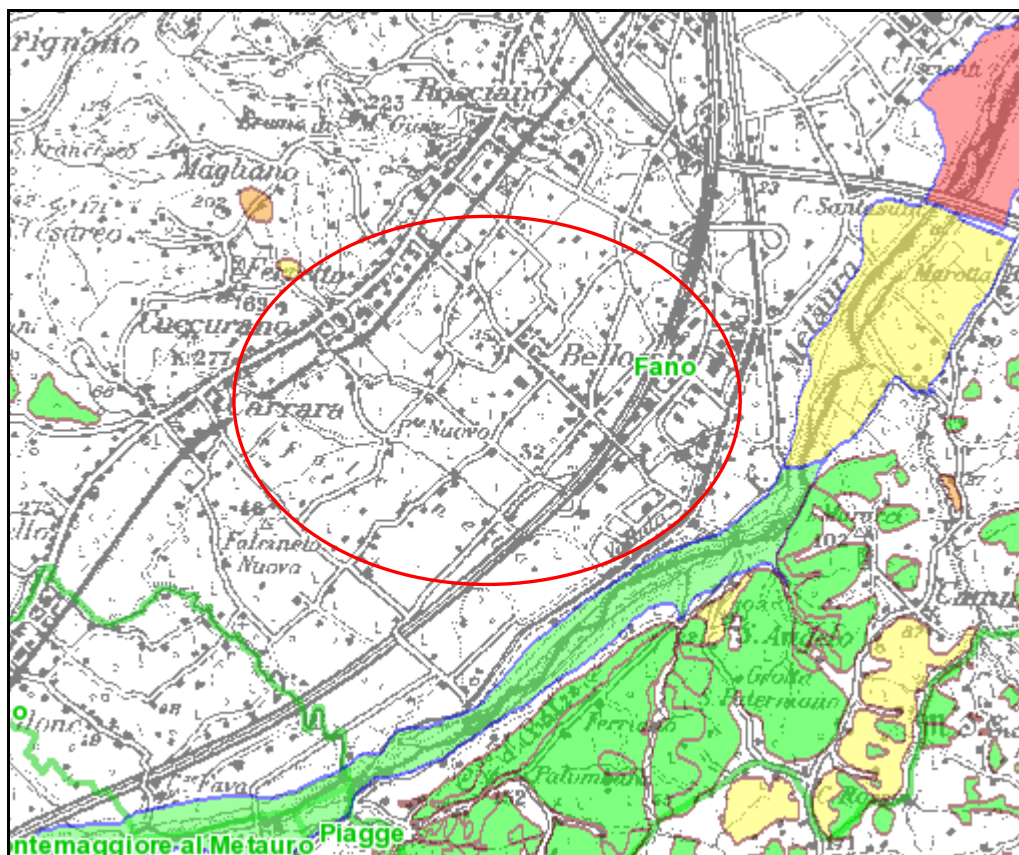
 Area oggetto di studio

L'area esaminata, inserita in una zona fortemente industrializzata, attualmente non presenta, dal punto di vista geomorfologico, particolari segni di degrado e/o di instabilità quali movimenti gravitativi e potenziali forme di dissesto.

Questo è confermato ulteriormente dall'osservazione della Cartografia relativa al P.A.I. (Piano Assetto Idrogeologico), dalla quale si evince che l'area in studio e le zone adiacenti non sono interessate da movimenti gravitativi o forme di potenziale instabilità dei versanti o da fenomeni di esondazione. Solo nella parte a SE dell'area studiata è presente una zona classificata a rischio moderato di esondazione in corrispondenza del fiume Metauro, ma risulta notevolmente lontana dal sito d'interesse. Per quanto riguarda il Fosso della Carrara, che scorre all'interno dell'area, lungo il suo tragitto, non si evidenziano, in base al P.A.I. aree soggette ad esondazioni.

Si allega di seguito uno stralcio del P.A. I. relativo alla zona studiata.


**Stralcio da  
Cartografia PAI  
(Autorità di bacino Regione Marche)**




**Stralcio da  
PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO  
Tavola RI 13d**

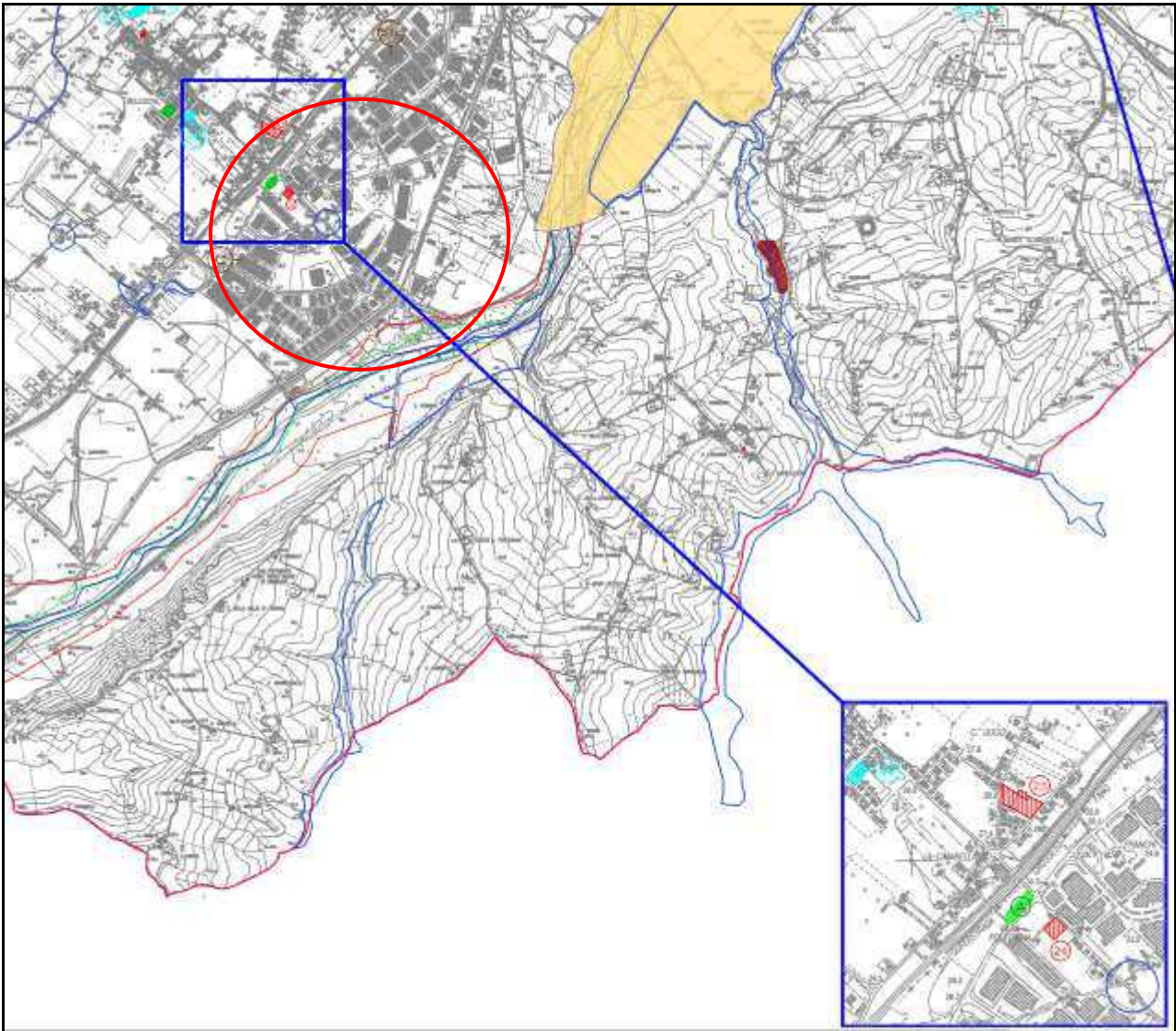


Aree a rischio esondazione  
(Codice E-xx-yyyy)


 Rischio moderato (R1)

 Area oggetto di studio

**STRALCIO DA  
PIANO COMUNALE DI EMERGENZA  
(PROTEZIONE CIVILE )**



-  AREE ALLAGABILI
-  ATTREZZATURE DI PUBBLICO INTERESSE
-  CENTRO OPERATIVO COMUNALE
-  AREE ATTESA POPOLAZIONE
-  CENTRI ACCOGLIENZA
-  AREE ACCOGLIENZA POPOLAZIONE

 Ubicazione area in oggetto

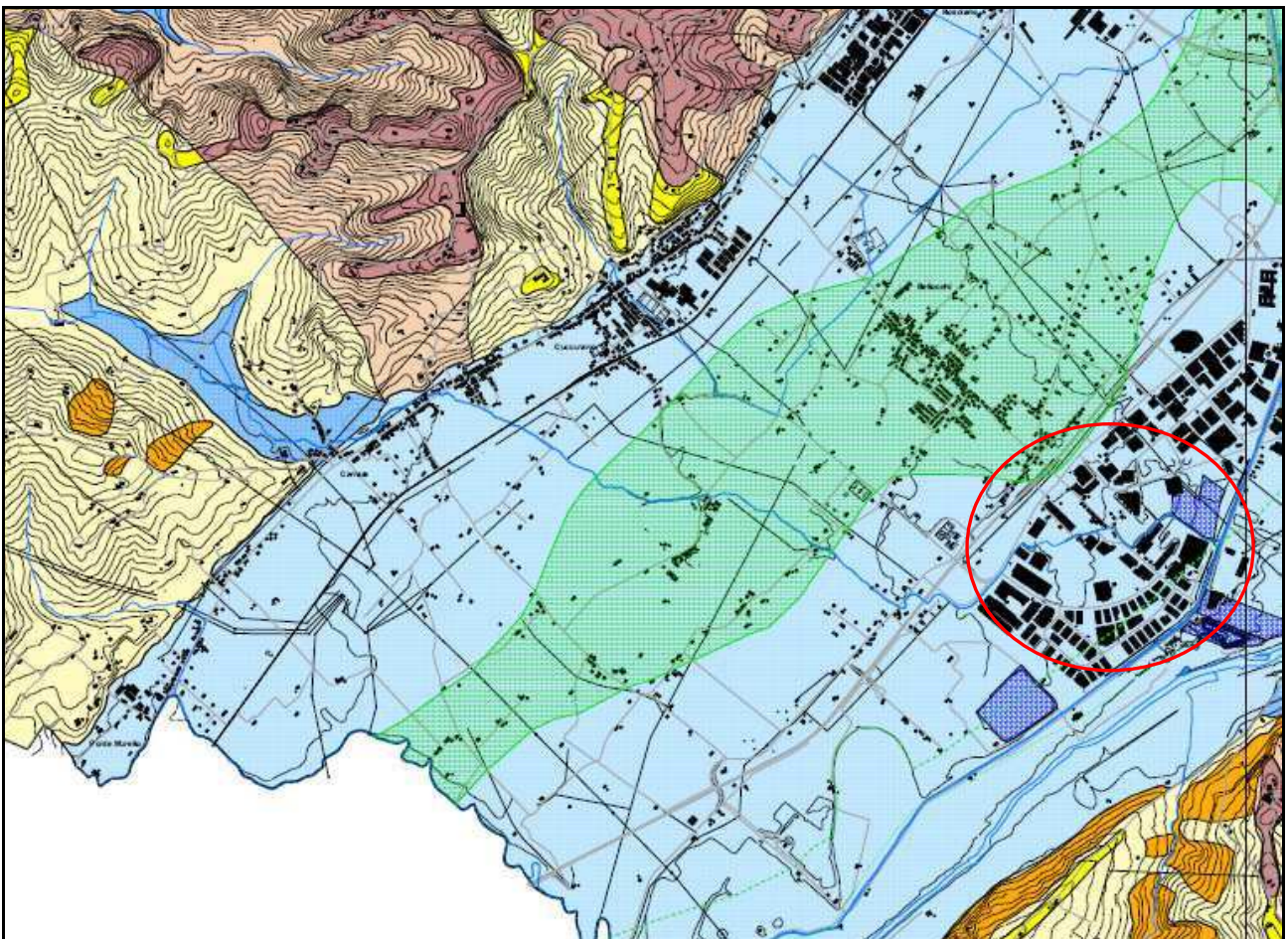
n.b.: Il nuovo tracciato del fosso andrà ad eliminare il punto definito dalla cartografia del “Piano comunale di emergenza” come “Area allagabile”, poiché il tratto deviato avrà un andamento meno tortuoso.



prevalentemente in matrice sabbioso-argillosa, limoso-sabbiosa o argilloso-limosa, variamente addensate, distribuite secondo lenti o strati di vario spessore. Per le loro caratteristiche geomeccaniche costituiscono ottimi terreni di fondazione. Tuttavia, data la presenza in essi di intercalazioni di strati e lenti argilloso-limose, occorrerà sempre valutare, per la determinazione della portanza del terreno stesso, lo spessore di questi livelli. Questa stratigrafie è confermata dalle indagini geognostiche effettuate dalla scrivente nell'area d'interesse.

Di seguito è rappresentato uno stralcio della cartografia litotecnica relativa al P.R.G. del Comune di Fano, dalla quale si evince che l'area oggetto di studio ricade all'interno di depositi alluvionali prevalentemente di natura ghiaioso-sabbiosa; vi è una zona limitata in cui si evidenzia presenza di riporto antropico (come emerso dalle indagini geognostiche puntuali effettuate nell'area). E' inoltre indicata la isopaca della copertura alluvionale che indica uno spessore delle alluvioni di circa 30m (come evidenziato dai sondaggi profondi eseguiti nell'area per la realizzazione di pozzi).

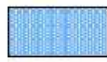
#### **STRALCIO DA CARTA LITOLOGICO-TECNICA DEL P.R.G. DEL COMUNE DI FANO**



○ Area oggetto di studio

**Depositi alluvionali**

Depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi



Depositi alluvionali sabbioso-limosi

**Depositi antropici**

Terreno di riporto

Isopaca della copertura alluvionale avente spessore di



10 metri



20 metri



30 metri

Presenza di alluvioni aventi spessore  $\geq 30$  m.

Grazie alla caratterizzazione delle unità litologiche è stato possibile ricostruire le classi di permeabilità dei litotipi affioranti, evidenziandone quindi il grado di permeabilità specifico.

Procedendo dai termini più recenti a quelli più antichi si osservano:

- Alluvioni attuali, recenti ed antiche (Olocene – Pleistocene sup.) poste lungo la valle del Fiume Metauro e nella pianura costiera. I depositi lungo le pianure fluviali sono formati da ghiaie eterometriche intercalate a livelli limoso-sabbiosi e sabbioso-argillosi e sono caratterizzate da una permeabilità primaria variabile da  $10^{-3} > K > 10^{-4}$  m/sec.
- Per i litotipi profondi costituiti da argille marnose può essere attribuita una classe di permeabilità bassa con valori di  $K = 10^{-8} - 10^{-9}$  m/sec.

**PERICOLOSITA' GEOLOGICA**

La pericolosità geologica dell'area risulta essere bassa per i seguenti motivi:

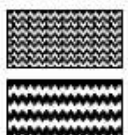
- assenza di fenomeni gravitativi in atto;
- profilo del terreno con acclività inesistente ;
- presenza nel sottosuolo di terreni con caratteristiche meccaniche buone;
- assenza di un livello idrico ad una ridotta profondità dal p.c.a. e dalle fondazioni esistenti;
- condizioni geologiche locali non disturbate dalla presenza di discontinuità tettoniche.



Pertanto, per le considerazioni sopra esposte è possibile affermare che l'area oggetto d'intervento ha pericolosità geologica bassa.

Di seguito è rappresentato uno stralcio della cartografia relativa alla pericolosità geologica del P.R.G. del Comune di Fano, dalla quale si evince che l'area oggetto non presenta dal punto di vista geologico alcun rischio. Per quanto riguarda la valutazione del rischio geologico, si può evidenziare quanto segue: nell'area esaminata la realizzazione di opere edificatorie non ha determinato interazioni con l'ambiente naturale tali da inficiare in maniera significativa nell'insieme geologico e geomorfologico.

### STRALCIO DA CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL P.R.G. DEL COMUNE DI FANO



Area esondabile probabile

Area esondabile in eventi eccezionali

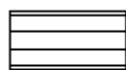


Area oggetto di studio

**PERICOLOSITA' SISMICA**

Con il termine di pericolosità sismica si intende la valutazione qualitativa e quantitativa degli effetti sul territorio e sulle opere dell'uomo, della sismicità locale e delle zone limitrofe. Tali effetti si manifestano sia con lo scuotimento provocato dalle onde sismiche che con gli effetti permanenti quali fagliazione, frane, cedimenti e liquefazione del terreno, maremoti.

Di seguito è rappresentato uno stralcio della cartografia relativa alla pericolosità sismica del P.R.G. del Comune di Fano, dalla quale si evince che l'area oggetto non presenta dal punto di vista sismico alcun rischio.

**STRALCIO DA CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA  
DEL P.R.G. DEL COMUNE DI FANO**

Area caratterizzata da terreni granulari grossolani con falda acquifera a profondità  $\leq 5$ m. oppure da terreni granulari fini



Area oggetto di studio

## **ANALISI GEOMORFOLOGICA**

### **ANALISI IDROGRAFICA**

L'area oggetto di studio si trova all'interno del bacino idrografico del Fiume Metauro, questo rappresenta uno dei principali corsi d'acqua della Regione.

Il Fiume Metauro nasce dalla confluenza del Torrente Meta e del Torrente Auro, presso la località di Borgo Pace. I torrenti nascono dalla dorsale appenninica, rispettivamente di Bocca Trabaria e del Monte Maggiore, in provincia di Arezzo. Il fiume Metauro, dopo un percorso di circa 110 Km sbocca nel mare Adriatico all'altezza della frazione "Madonna del Ponte", situata 3 Km a sud della città di Fano.

Va precisato fin da subito che, in relazione alla distanza compresa tra l'area in esame e l'alveo del Metauro (circa 1.0 km), la dinamica di tale corso d'acqua non interferisce con l'area di studio ed esclude il rischio di possibili inondazioni come precedentemente indicato dalla cartografia relativa al P.A.I.

### **IDROLOGIA DELL'AREA D'INTERESSE**

Il bacino del Fosso della Carrara si estende a partire dalla fascia collinare in sinistra idrografica del Fiume Metauro (a monte della località Carrara) fino a chiudersi nel punto di confluenza del corso d'acqua nel Canale Albani, in località Zona Industriale di Bellocchi.

Nella zona collinare esso è costituito dai bacini dei due suoi principali affluenti, rappresentati dal Rio Beverano e dal Rio San Cesareo, che si uniscono a circa 1,5 Km a monte dell'attraversamento della S.S. Flaminia, in località Carrara.

Da tale punto, a partire dal quale il corso d'acqua assume la denominazione di Fosso della Carrara, il bacino si estende tutto in zona pianeggiante, rappresentata dalla pianura alluvionale del Fiume Metauro, all'interno della quale il rio riceve apporti unicamente da fossi e coline di campi agricoli e da cunette stradali.

Da un punto di vista prettamente geolitologico, pertanto, il bacino imbrifero è rappresentato: nella parte collinare (bacini dei rii Beverano e San Cesareo) da terreni costituiti dalle coperture colluviali della formazione geologica pliocenica delle argille e argille marnose azzurre, siltose, lievemente sabbiose (la componente sabbiosa della coltre colluviale risulta prevalente nel bacino del Rio San

Cesareo) mentre nella zona di pianura da terreni di origine alluvionale, nel loro complesso costituiti da ghiaie, sabbie e limi variamente frammisti fra loro, disposti in lenti o strati, ma che nella parte superficiale sono rappresentati prevalentemente da limi sabbiosi e limi argillosi. Considerati in base al loro grado di permeabilità, in sintesi, i terreni della parte collinare possono essere classificati come terreni prevalentemente poco permeabili, mentre nella zona di pianura, con riferimento unicamente alla coltre superficiale, sono da considerare da discretamente permeabili a permeabili.

Quasi tutta la superficie della zona situata a monte del punto di attraversamento della S.S. Flaminia è rappresentata da campi adibiti a coltivazioni agrarie, mentre da tale punto in poi, oltre a questi (che, comunque, continuano a occupare una superficie nettamente prevalente) si evidenzia la presenza di aree impermeabilizzate, rappresentate da zone abitate (Carrara), da strade asfaltate e, nel tratto compreso fra la superstrada ed il Canale Albani (Zona Industriale di Bellocchi), da ampi piazzali asfaltati e capannoni industriali. In considerazione di quanto sopra, l'analisi delle caratteristiche idrogeologiche e morfologiche del bacino va condotta considerando separatamente le due zone, l'una rappresentata dalla parte che si estende a monte dell'attraversamento della S.S. Flaminia e l'altra che da tale punto chiude in corrispondenza della confluenza del fosso nel Canale Albani.

Nella prima di queste zone (bacini del Rio Beverano e del Rio San Cesareo) il bacino è altimetricamente compreso fra la quota massima di 187 m. s.l.m. e la quota di 50 m s.l.m., occupa una superficie di circa 6,00 Km<sup>2</sup> ed è caratterizzato da terreni che, per la loro natura litologica, possono essere generalmente poco permeabili.

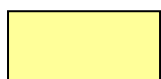
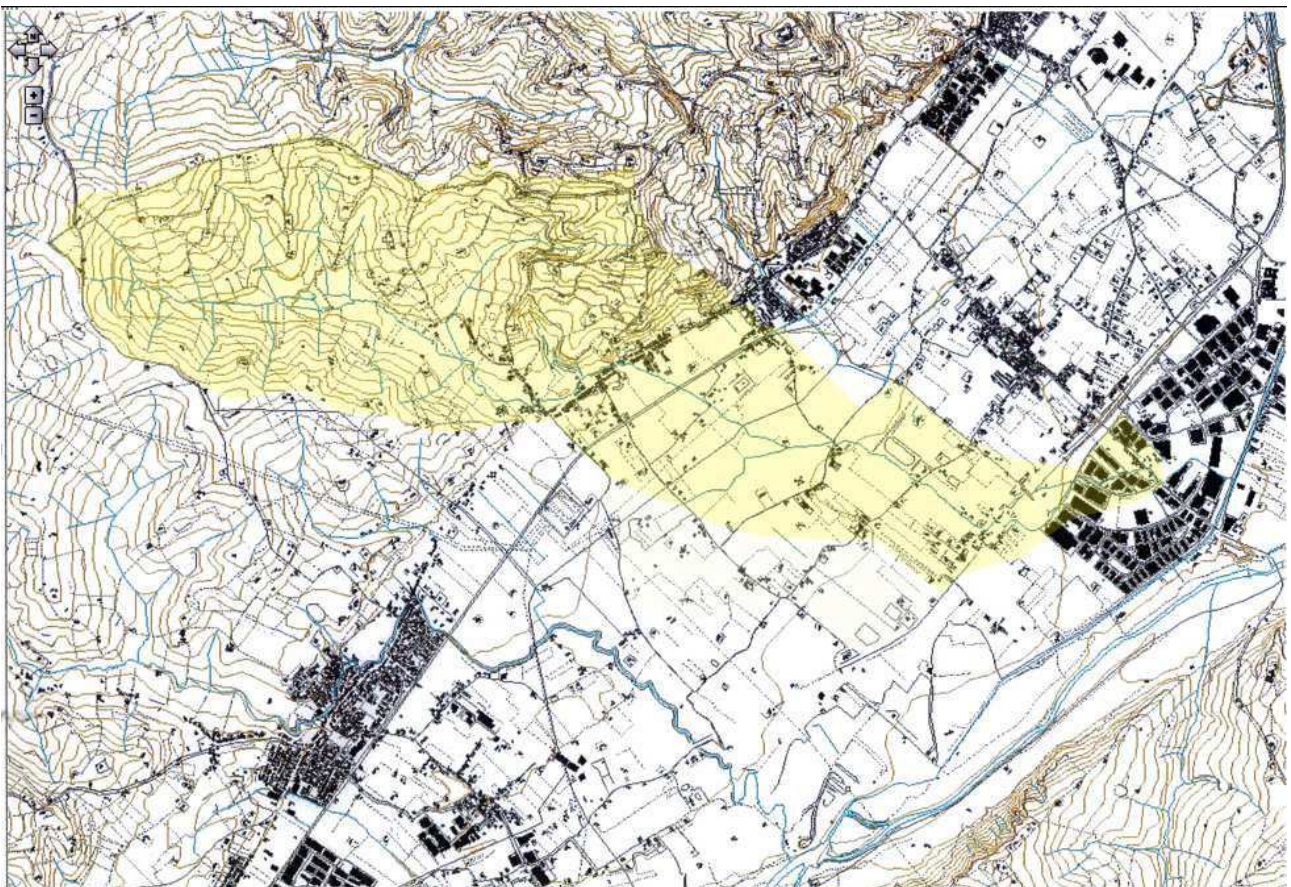
I versanti hanno una pendenza media di circa 6° mentre l'asta principale ha una lunghezza di 4.400 m ed una pendenza media del 2,5%.

Le sponde dell'alveo dei fossi principali è generalmente occupata da vegetazione spontanea, arbustiva ed erbacea, con isolati tratti di vegetazione arborea e, per quanto i versanti nelle aree caratterizzate da maggiore pendenza siano spesso interessati da ondulazioni indicanti una certa instabilità del regolite, non risultano minacciate da situazioni di dissesto, che possano potenzialmente incidere in maniera rilevante sulla regolarità del deflusso.

A valle della S.S.Flaminia la morfologia è pianeggiante e il bacino si estende da un'altitudine di 50 m s.l.m. a quella di circa 23 m s.l.m., occupa una superficie (alla chiusura nel punto di attraversamento della Superstrada E78) pari a circa 3,80 Km<sup>2</sup> ed è caratterizzato da terreni che, per la loro natura litologica, possono essere classificati generalmente discretamente permeabili, mentre il corso d'acqua ha una lunghezza di 3.150 m (totale 7.550 m) ed una pendenza media del 5%.

Dalla superstrada al punto di ingresso nel Canale Albani del fosso, il bacino si estende per una superficie di circa 0,52 Km<sup>2</sup> (totale 10,32 Km<sup>2</sup>), il corso d'acqua ha una lunghezza di circa 1.520 m (totale 9.070 m) ed una pendenza media di circa il 2%.

Le sponde dell'alveo sono stabili ed occupate inizialmente da vegetazione prevalentemente erbacea ed, a tratti, anche arbustiva ed arborea, poi a partire da circa il punto di attraversamento della X Strada da una fitta ed esuberante vegetazione arborea ed arbustiva.



Bacino idrografico

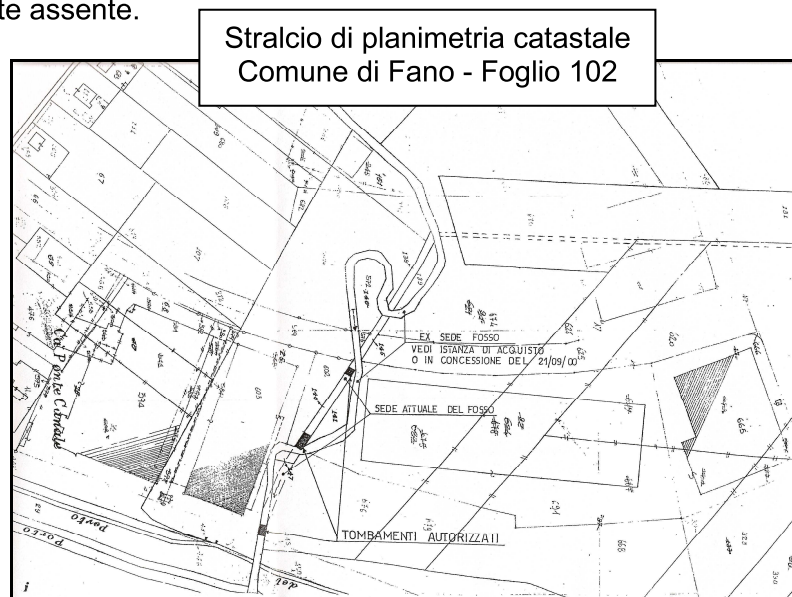
Nell'area oggetto di studio, il Fosso della Carrara, sarà deviato e nel tratto più a valle è già in parte opportunamente incanalato e intubato, perdendo quindi l'andamento meandrante che caratterizzava il tratto finale secondo le vecchie cartografie. Riversa quindi a est della zona studiata, le sue acque nel Vallato del Porto che scorre ad una distanza di poche decine di metri dal lato est dell'area. L'ultimo tratto del Fosso (pochi metri), non intubato risulta non di proprietà della Committenza, in esso passano trasversalmente la rete acquedottistica, gli scarichi di acque nere e i cavi Enel.

Date la quantità esigua di acqua all'interno del fosso e l'elevata altezza degli argini artificiali realizzati nel tratto incanalato, si esclude che si possano verificare episodi di esondazione all'interno dell'area. Si rimanda comunque all'analisi idrologico-idraulica fatta di seguito.

Come detto in precedenza, si è osservato nelle vecchie cartografie che il Fosso della Carrara originariamente scorreva con un andamento meandrante nel tratto d'interesse, questo è stato successivamente, in tempi più recenti, deviato. Quanto detto è stato ulteriormente confermato dalla presenza di spessori maggiori di materiali alluvionali fin proprio in corrispondenza del paleoalveo (come evidenziato da sondaggi effettuati in quelle zone (vedi stratigrafie allegate - lotto 43).

Di seguito si allega uno stralcio della planimetria catastale del Comune di Fano (Foglio 102), in cui sono rappresentati il passato e l'attuale andamento del fosso della Carrara all'interno dell'area di interesse.

Per quanto riguarda il deflusso idrico superficiale, vista la notevole permeabilità dei terreni, questo risulta praticamente assente.



## **ANALISI DELL'ACQUIFERO**

Da un punto di vista idrogeologico, si può ritenere che il substrato su cui poggia l'acquifero alluvionale di tutta la bassa valle del fiume Metauro, sia costituito in prevalenza da rocce argilloso-marnose a permeabilità ridotta o praticamente nulla. La valle antica, incisa in prevalenza nelle argille del Pliocene medio, ha forma di ampio truogolo dai fianchi ripidi e dal fondo debolmente inclinato e irregolarmente ondulato. Vi esistono diversi assi di drenaggio: il principale è inciso verso il fianco sinistro e all'altezza della foce, converge con il percorso attuale del fiume; in via ipotetica questo canale può essere coincidente con la faglia che interrompe le strutture di Cuccurano e Rosciano. Altri solchi a decorso sub-parallelo articolano il substrato nella parte centrale della vallata. Nel tratto terminale tutti gli assi convergono in un unico collettore e la paleovalle si restringe per la presenza di uno sperone che la separa da un alveo a decorso parallelo, quello del Fosso delle Camminate, confluyente nel Metauro più a valle di oggi.

Si evidenzia con continuità da monte verso valle, l'esistenza di un potente materasso alluvionale, formato in prevalenza, come già detto, da depositi ghiaiosi grossolani, intercalati a lenti e lingue argilloso-limose progressivamente più spesse verso la foce. I livelli ghiaiosi individualizzabili, anche se non sempre nettamente separabili, secondo i dati bibliografici in possesso della scrivente, sono quattro. Il più profondo, immediatamente al tetto del substrato, mostra una notevole continuità ed uno spessore che dai 7.5 m del tratto a monte si riduce progressivamente a poco più di un metro lungo la costa. Di frequente, soprattutto nel tratto centrale, è in continuità con altri livelli ghiaiosi sovrastanti. Al tetto è presente un livello argilloso-sabbioso relativamente discontinuo che verso mare raggiunge uno spessore cospicuo, oltre i 15 m. I livelli grossolani intermedi non sono continui e sono spesso tra loro anastomizzati, come le lingue argillose che li separano. Il livello ghiaioso superiore è continuo e ben riconoscibile, tranne che nella piana costiera a destra della foce, dove i corsi d'acqua minori hanno depositato sedimenti più fini.

L'alimentazione delle falde sotterranee, in tutta la vallata del Metauro, avviene, a valle del Rio Secco, principalmente per apporti meteorici diretti grazie alla elevata permeabilità dei terreni più superficiali. Una fonte di alimentazione non trascurabile è costituita anche dalle acque del Rio Secco, a monte e del Fosso della Carrara, che attraversa trasversalmente l'area di studio, i cui

coni di deiezione si innestano profondamente nelle alluvioni metaurensi, e per questa via immettono le proprie acque nel serbatoio sotterraneo del basso corso del Metauro. Gli apporti per dispersione subalvea direttamente dal Fiume Metauro, sono limitati, essendo l'alveo attuale per buona parte in erosione attiva, ciò provoca l'affioramento delle formazioni sottostanti le alluvioni, prevalentemente impermeabili. Gli apporti per dispersione dal fondo, del Vallato del Porto sono consistenti e interessano tutta la piana costiera.

Nella zona compresa tra il Rio Secco e il Fosso della Carrara, si evidenziano due livelli grossolani, separati da un setto argilloso spesso alcuni metri a circa 13-15 m di profondità (come di seguito illustrato nell'area d'interesse). Procedendo verso il mare, il substrato di base e lo spessore complessivo dei materiali permeabili aumentano con progressiva continuità. Verso la costa probabilmente in relazione a fasi di ingressione marina, compaiono altri setti argillosi ed aumenta il contenuto sabbioso di quelli permeabili.

### **IDROGEOLOGIA DELL'AREA D'INTERESSE**

Per quanto riguarda l'analisi puntuale dell'area oggetto di studio, sono state significative al fine di definire in maniera puntuale l'acquifero areale, le numerose indagini geognostiche effettuate all'interno della zona per la realizzazione dei singoli fabbricati, dei pozzi e per l'installazione dei piezometri. Come già illustrato in precedenza, soprattutto dallo studio delle stratigrafie più profonde si può dedurre che il primo livello ghiaioso si rinviene fino ad una profondità di 12 m dal p.c.a. verso monte e di circa 14 m dal p.c.a. verso valle, segue, un livello consistente di argille-limose grigie e successivamente, come indicato da ricerche bibliografiche, un secondo livello ghiaioso fino ad una profondità variabile da 27 a 30 m in cui si rinviene il substrato integro (vedi stratigrafie profonde allegate).

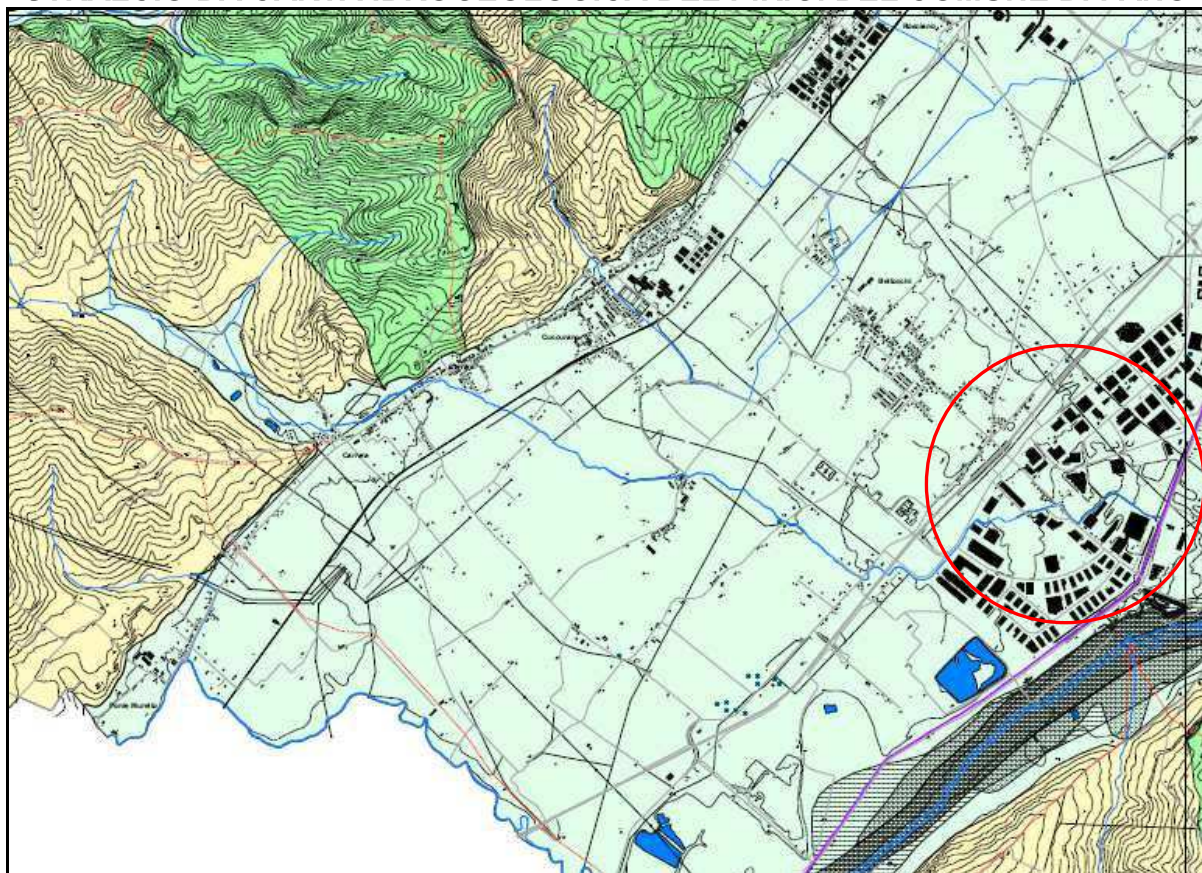
L'elevata permeabilità degli orizzonti più ghiaiosi, favorisce la circolazione idrica nel sottosuolo, con la formazione di livelli acquiferi impostati soprattutto al contatto tra la coltre alluvionale ed il substrato di natura argilloso-marnosa. Alla profondità di 12-14 m è quindi presente una prima falda freatica, in corrispondenza di un livello di materiale alluvionale impermeabile, a cui segue a maggior profondità (27-30 m dal p.c.a.) una seconda falda relativa al substrato.



L'alimentazione della falda sotterranea, rilevata e monitorata nella zona, avviene come già detto in precedenza, principalmente per apporti meteorici diretti grazie alla elevata permeabilità dei terreni più superficiali. Una fonte di alimentazione non trascurabile è costituita anche dal Fosso della Carrara, che attraversa trasversalmente l'area di studio, i cui coni di deiezione si innestano profondamente nelle alluvioni. Anche il Vallato del Porto che scorre non lontano dall'area alimenta la falda. Il livello piezometrico e la presenza di acque di circolazione nel sottosuolo, sono soggetti ad oscillazioni stagionali in relazione alle condizioni climatiche e quindi agli apporti meteorici.

Di seguito è rappresentato uno stralcio della carta idrogeologica del P.R.G. del Comune di Fano, in cui si evince che l'area in studio è caratterizzata da terreni permeabili, dalla presenza di un corso d'acqua superficiale (Fosso della Carrara) e dalla vicinanza di un canale artificiale (Vallato del Porto).

#### STRALCIO DA CARTA IDROGEOLOGICA DEL P.R.G. DEL COMUNE DI FANO



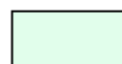
Corso d'acqua superficiale



Area oggetto di studio



Canale artificiale



Terreno permeabile

## **ANALISI IDROLOGICA-IDRAULICA**

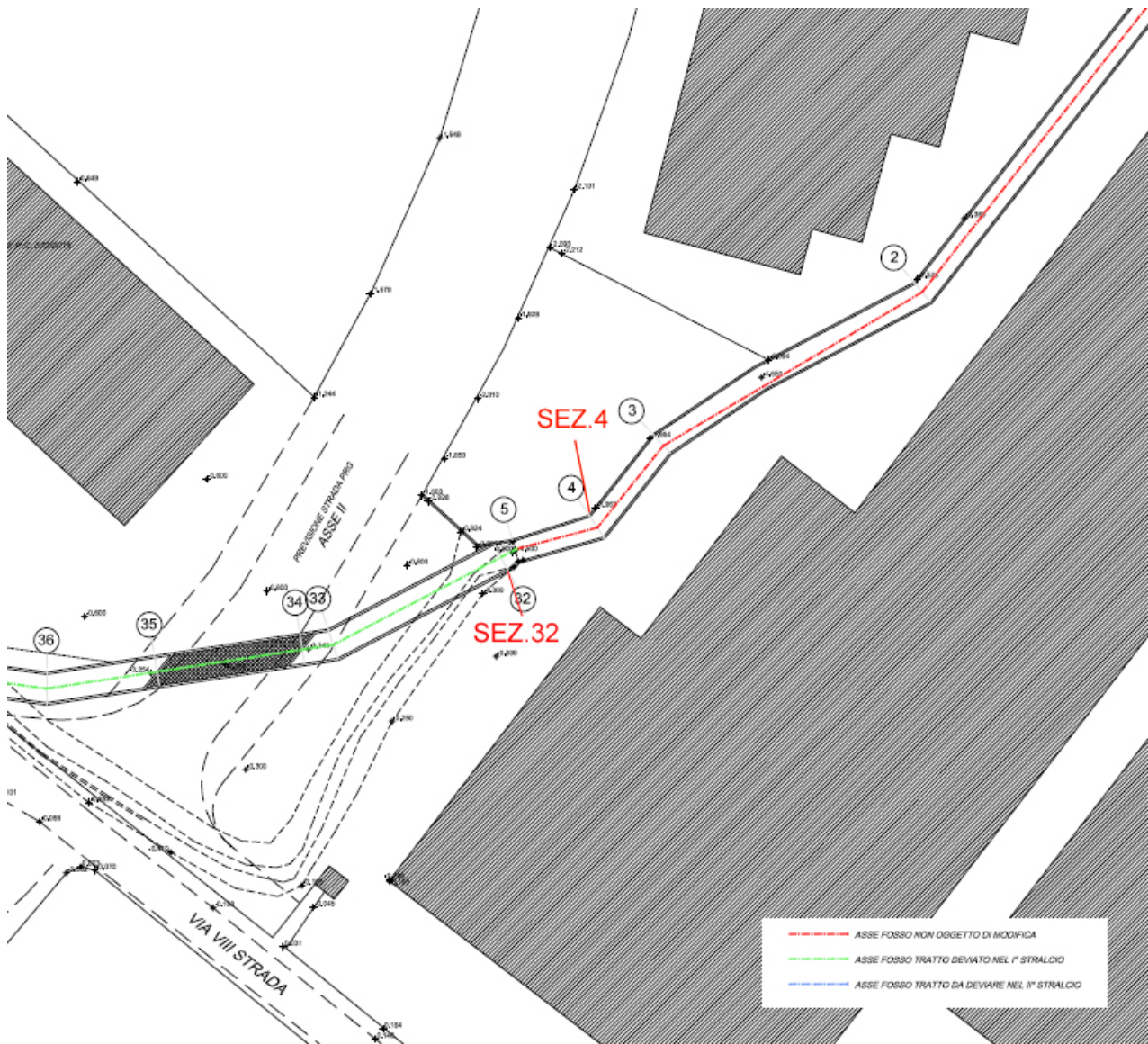
Al fine di fornire indicazioni a riguardo della fattibilità dell'intervento previsto in oggetto, secondo il progetto elaborato dallo studio Zandri, nel quale, relativamente al nuovo comparto, è stata autorizzata la parziale deviazione del Fosso della Carrara nel tratto compreso tra via Vampa e l'Asse II, proponendo un nuovo tracciato da realizzarsi con una sezione scatolare in c.a., atta a raccordarsi con l'analoga sezione scatolare già esistente all'interno del comparto ST5\_E34, è stata effettuata un'analisi idrologica-idraulica secondo le seguenti modalità:

a) Delimitazione del bacino del corso d'acqua e ricostruzione del relativo reticolo idrografico;

b) Calcolo dell'area del bacino sotteso dalla sezione in corrispondenza del punto di chiusura del tratto deviato (Sez.32) e stima del coefficiente di deflusso medio mediante il metodo Kennessey;

c) Calcolo della portata di massima piena prevedibile per tempi di ritorno di 10, 30, 50, 100 e 200 anni, mediante elaborazione statistica (metodo di Gumbel) dei dati pluviografici di massima intensità, registrati dalla stazione pluviometrica di Fano, in 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive. Il calcolo è stato effettuato sulla base del valore dell'area di bacino sottesa dalla sezione considerata e dei dati pluviometrici riferiti ad un notevole arco di tempo (1940-2007), acquisiti dalla relazione dello Studio Geologico Unigeo "*Studio idrogeologico del bacino del Fosso della Carrara...*" con data 08/08/2008.

d) Valutazione, secondo le formule di Chezy e Bazin, della adeguatezza della sezione di deflusso del canale in progetto rispetto alla portata massima con tempo di ritorno di 200 anni, in corrispondenza della sezione di chiusura del tratto deviato (Sez.32);



## RETICOLO IDROGRAFICO E DELIMITAZIONE DEL BACINO SOTTESO ALLA CHIUSURA DEL TRATTO DEVIATO

Area del bacino: 10,32 Km<sup>2</sup>

Lunghezza asta principale: 9,07 Km

Superficie con acclività > 10%= 30%

Superficie con acclività < 10%= 70%

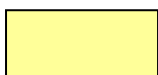
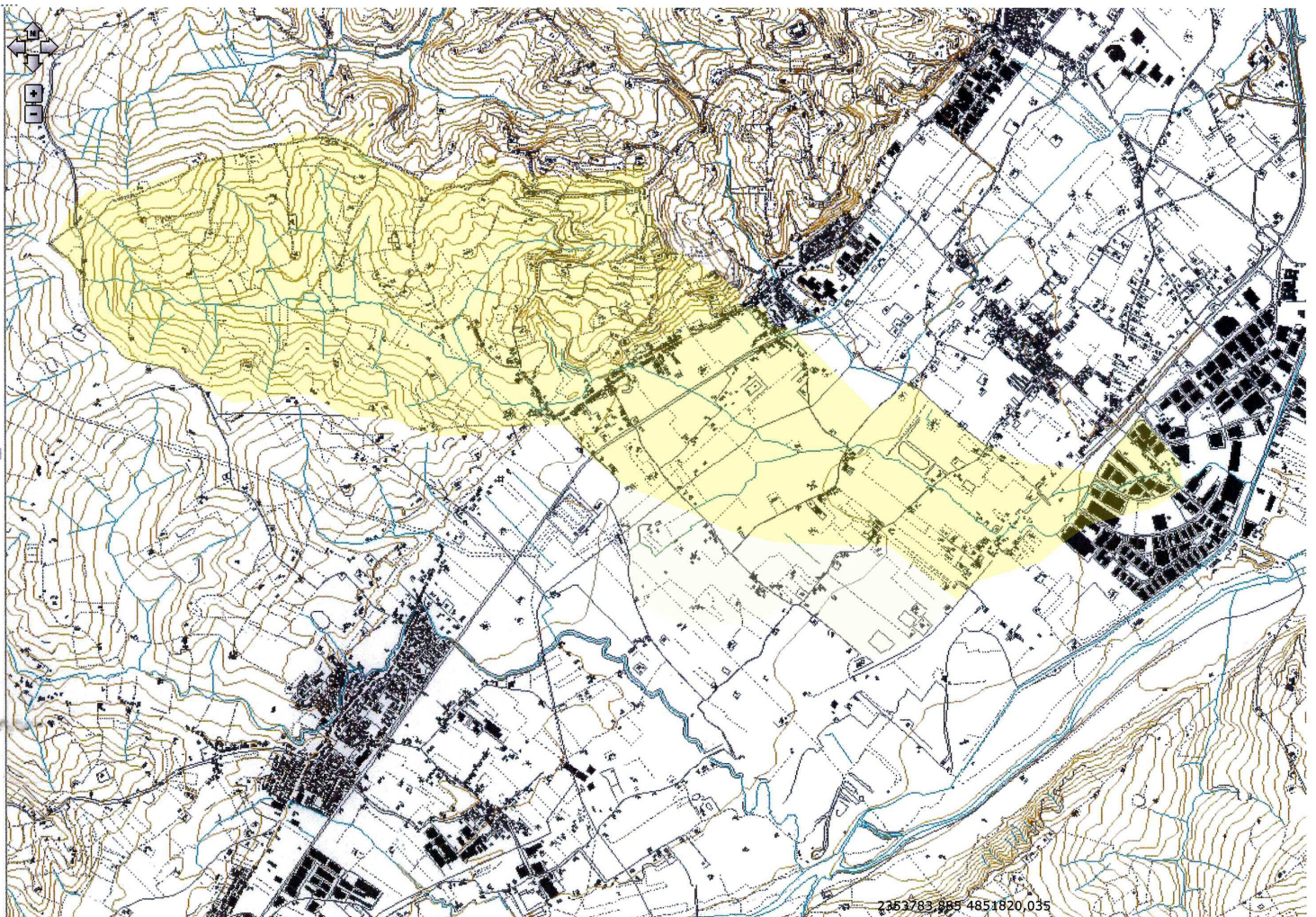
Terreni con permeabilità molto bassa e mediocre = 50%

Terreni con permeabilità buona ed elevata= 50%

Copertura antropica: 6 %

Copertura arborea o arbustiva: 2%

Copertura a coltivo o pascolo: 92%



Bacino idrografico

## **ANALISI ED ELABORAZIONE DEI DATI DI PIOVOSITA' CRITICA**

I dati relativi ai casi di piovosità critica in 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive registrati dalla stazione pluviometrica di Fano, sono stati reperiti dagli Annali Idrologici del Servizio Idrografico Nazionale – Sezione di Bologna (fino al 1989) e presso il sito dell'Ufficio Protezione Civile della Regione Marche (dal 1990 al 2007).

Pertanto, i dati raccolti riguardano un periodo compreso dal 1940 al 2007, per un totale di 65 anni.

L'elaborazione per la determinazione, in termini statistici, delle piovosità massime previste con tempi di ritorno di 10, 30, 50, 100 e 200 anni è stata effettuata con l'applicazione del metodo di Gumbel, mediante l'utilizzo di apposito programma automatico.

<b>DATI PLUVIOGRAFICI - Foglio 1 -</b>					
<small>(Precipitazioni di massima intensità registrate al pluviografo da 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive)</small>					
Stazione di :	FANO				
Quota (m.s.l.m.) :	10		Numero di osservazioni : N =		
Anno	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1940	23.60	31.40	40.00	62.40	100.40
1941	20.00	35.20	42.80	64.40	67.80
1942	37.60	46.60	46.60	71.60	77.40
1943	12.40	16.20	20.60	28.80	33.20
1945	22.00	22.20	22.20	23.60	23.60
1946	17.80	24.40	26.20	40.60	51.20
1947	51.20	61.40	120.00	176.00	191.20
1948	18.40	18.40	26.60	29.80	30.60
1949	21.60	31.40	36.60	63.80	65.80
1951	29.00	40.00	44.40	63.60	79.40
1952	20.60	20.80	23.60	31.40	40.40
1953	40.00	55.00	67.00	79.20	84.40
1954	15.60	18.80	25.20	36.20	42.60
1955	39.00	53.60	64.20	64.20	74.40
1956	31.20	44.80	46.80	46.80	47.20
1957	23.00	25.40	32.20	34.60	42.60
1958	16.60	28.00	30.60	40.60	53.40
1959	25.60	33.60	38.80	54.60	54.80
1960	29.60	31.40	31.40	32.60	40.80
1961	39.00	56.20	61.80	65.40	65.40
1962	26.20	40.00	44.60	53.80	55.80
1963	20.00	40.00	42.60	47.80	49.20
1964	38.20	41.80	45.20	67.80	68.00
1965	34.80	34.80	34.80	46.40	53.00
1966	21.20	39.00	60.00	98.20	113.40
1967	22.80	31.80	32.00	32.00	32.00
1968	12.60	16.40	29.20	36.80	51.20
1969	47.00	62.20	63.60	63.60	63.60
1970	48.00	60.00	62.20	76.20	80.60
1971	15.20	18.60	25.60	36.00	58.20
1972	17.20	27.60	28.00	31.60	33.60
1973	24.00	51.60	74.20	100.80	132.60
1974	17.20	22.40	26.80	37.40	40.80
1975	32.40	36.40	45.00	67.00	81.60
1976	32.00	36.40	44.60	57.80	104.80
1977	25.80	29.00	29.00	36.20	45.00
1978	27.00	52.80	57.60	61.00	61.20
1979	24.20	65.40	104.20	123.20	154.80
1981	23.60	25.60	32.00	51.20	85.20
1982	15.20	23.00	34.00	47.20	73.00
1983	40.40	60.20	68.20	68.20	70.60
1984	17.40	19.20	30.60	43.80	47.40
1985	32.00	36.00	37.40	45.00	50.00
1986	31.40	33.00	40.00	67.40	86.60
1987	25.00	30.60	33.40	40.00	47.40
1988	27.00	28.40	28.60	29.40	30.00
1989	30.40	35.60	52.60	54.20	73.00
1990	28.00	38.60	38.60	40.20	40.20
1991	23.80	34.80	46.20	57.20	69.00
1992	10.20	17.40	24.80	26.80	31.60
1993	21.80	33.60	36.00	36.60	36.60
1994	13.00	27.00	42.20	58.20	66.40
1995	23.80	39.80	49.80	51.80	59.20
1996	40.60	56.20	74.60	87.40	98.80
1997	21.00	32.80	40.80	53.00	54.60
1998	20.20	38.60	55.00	66.80	84.00
1999	24.60	45.40	47.40	48.60	75.80
2000	27.20	40.60	46.20	85.00	85.60
2001	29.80	31.00	39.80	48.20	49.00
2002	21.60	35.60	37.00	37.00	37.00
2003	22.60	23.00	23.20	32.80	33.40
2004	22.40	25.20	29.20	37.20	39.80
2005	46.40	60.80	117.60	138.40	141.80
2006	37.40	43.80	59.20	87.20	110.00
2007	23.40	24.00	24.40	40.00	40.00



### ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOGRAFICI ( Metodo di Gumbel )

**Tabella 1 -** Valori per ciascuna durata  $t$ , della media  $\mu(h_t)$ , dello scarto quadratico medio  $\sigma(h_t)$  e dei due parametri  $\alpha_t$  e  $u_t$  della legge di Gumbel (prima legge del valore estremo "EVI")

N =	1	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu(h_t)$		26.46	36.63	44.39	56.38	65.57
$\sigma(h_t)$		9.31	14.58	20.58	27.23	31.82
$\alpha_t = 1,283/\sigma(h_t)$		0.14	0.09	0.06	0.05	0.04
$u_t = \mu(h_t) - 0,45\sigma(h_t)$		22.27	30.07	35.13	44.13	51.25

**Tabella 2 -** Altezze massime di pioggia regolarizzate (mm)

Tr		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	$h_{max} =$	38.60	55.64	71.23	91.88	107.07
30 anni	$h_{max} =$	46.82	68.53	89.43	115.94	135.20
50 anni	$h_{max} =$	50.58	74.42	97.73	126.93	148.04
100 anni	$h_{max} =$	55.64	82.35	108.93	141.74	165.35
200 anni	$h_{max} =$	60.69	90.26	120.09	156.51	182.61

**Tabella 3 -**

Tr		LEGGE DI PIOGGIA	$h = a \times t^n$
10 anni	→		$h=38.993 \times t^{0.3291}$
30 anni	→		$h=47.418 \times t^{0.3428}$
50 anni	→		$h=51.265 \times t^{0.3474}$
100 anni	→		$h=56.454 \times t^{0.3526}$
200 anni	→		$h=61.625 \times t^{0.3568}$

## COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Il coefficiente di deflusso è stato determinato mediante la tabella di Kennessey, sulla base dell'indice di aridità pari a 26, ricavato dai valori registrati nella stazione pluviometrica di Fano relativi a precipitazione media annua, precipitazione nel mese più arido, temperatura media annua e temperatura del mese più arido. Inoltre sono stati adottati i seguenti coefficienti relativi ad acclività, permeabilità e copertura del suolo:

$C_a$  acclività= 0,063

$C_p$  permeabilità= 0,123

$C_v$  copertura= 0,131

Il coefficiente di deflusso risultante è pari a 0,317.

Stima del Coefficiente di deflusso Cd (Kennessey, 1930)					
DATI					
<b>Progetto:</b>					
COMUNE	FANO				
SOTTOBACINO	FOSSO DELLA CARRARA				
STAZIONE PLUVIOMETRICA	FANO				
STAZIONE TERMOMETRICA	FANO				
PRECIPITAZIONE MEDIA ANNUA	P	741.1	mm		
PRECIPITAZIONE MESE + ARIDO	p	41	mm		
TEMPERATURA MEDIA ANNUA	T	14	°C		
TEMPERATURA MESE + ARIDO	t	23.40	°C		
$I_a = \frac{P}{T + 10} + \frac{12p}{t}$ <b>INDICE DI ARIDITA'</b>					
INDICE DI ARIDITA'			$I_a$	<b>26.0</b>	
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
<b>Ca - acclività</b>	> 35 %	0.26	2.00%	0.005	<b>0.063</b>
	10 - 35 %	0.16	28.00%	0.045	
	3,5 - 10 %	0.03	30.00%	0.009	
	< 3,5 %	0.01	40.00%	0.004	
			100.00%		
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
<b>Cp - permeabilità</b>	molto bassa	0.26	5.00%	0.013	<b>0.123</b>
	mediocre	0.16	45.00%	0.072	
	buona	0.08	45.00%	0.036	
	elevata	0.04	5.00%	0.002	
			100.00%		
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
<b>Cv - vegetazione</b>	roccia	0.28	6.00%	0.017	<b>0.131</b>
	pascolo	0.21	12.00%	0.025	
	coltivo	0.11	80.00%	0.088	
	bosco	0.04	2.00%	0.001	
			100.00%		
RISULTATI					
$Cd = Ca + Cv + Cp$					
COMPONENTE ACCLIVITA'				$C_a$	0.063
COMPONENTE COPERTURA VEGETALE				$C_v$	0.131
COMPONENTE PERMEABILITA'				$C_p$	0.123
<b>COEFFICIENTE DI DEFLUSSO</b>				<b>Cd</b>	<b>0.317</b>
Autore: dr. Geol. Santo Benfatto					Tabella



## **CALCOLO DELLE MASSIME PORTATE ATTESE CON TEMPO DI RITORNO DI 10, 30, 50, 100 E 200 ANNI.**

I valori delle massime portate attese per i sopra indicati tempi di ritorno (in particolare per  $T=200$  anni come previsto dalla normativa vigente) sono stati ricavati sulla base delle piovosità massime corrispondenti ai relativi tempi di ritorno in un intervallo di tempo in ore immediatamente superiore al tempo di corrivazione  $T_c$ .

La determinazione del tempo di corrivazione  $T_c$  quindi della portata massima  $Q_{max}$  del bacino idrografico, è stata effettuata mediante le relazioni matematiche proposte da Kirpich, Watt-Chow, Pezzoli (adatte per bacini poco estesi) e quelle del metodo razionale, considerando i dati morfometrici del bacino come rappresentato nella seguente tabella.

Il valore di portata di massima piena con tempo di ritorno  $T=200$  anni risulta pari a 28,38 mc/sec, in accordo con analoghi valori ricavati da precedenti studi riguardanti il bacino ed in particolare quello dello Studio Unigeo (2008) e dello Studio Geocon (2015) e relativi alla deviazione di un tratto di Fosso della Carrara.

DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA			TEMPO DI CORRIVAZIONE $t_c$ (ore)
Superficie del Bacino	$S =$	<b>10.32</b> Km <sup>2</sup>	Giandotti $\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}} =$
Lunghezza percorso idraulico principa	$L =$	<b>9.07</b> Km	
Altitudine max percorso idraulico	$H_{max} =$	<b>160.00</b> m (s.l.m.)	Kirpich, Watt- Chow, Pezzoli $\Rightarrow t_c = 0.02221 \left( \frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.8} = 2.92$
Altitudine min percorso idraulico	$H_0 =$	<b>25.00</b> m (s.l.m.)	
Pendenza media percorso idraulico	$P =$	<b>0.01</b> (m/m)	
Altitudine max bacino	$H_{max} =$	<b>187.00</b> m (s.l.m.)	
Altitudine sezione considerata	$H_0 =$	<b>25.00</b> m (s.l.m.)	<input type="radio"/> Giandotti
Altitudine media bacino	$H_m =$	<b>106.00</b> m (s.l.m.)	<input checked="" type="radio"/> Kirpich, Watt-Chow, Pezzoli...
Dislivello medio bacino	$H_m - H_0 =$	<b>81.00</b> m	

CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO  
( FORMULA del METODO RAZIONALE )

$$Q_{max} = \frac{ch_{(t,T)}S}{3.6t_c}$$



- con :
- $c$  = coefficiente di deflusso
  - $h_{(t,T)}$  = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm)
  - $S$  = superficie del bacino (km<sup>2</sup>)
  - $t_c$  = tempo di corrivazione (ore)
  - $3,6$  = fattore di conversione che permette di ottenere la  $Q_{max}$  in m<sup>3</sup>/sec

RISULTATI

Deflusso $c =$	<b>0.32</b>	$S$ (km <sup>2</sup> ) =	<b>10.32</b>	$t_c$ (ore) =	<b>2.92</b>
----------------	-------------	--------------------------	--------------	---------------	-------------

Tr (anni)	a	n	$t_c$ (ore)	$h_{(t,T)}$ (mm)	$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /sec)
10	38.9934	0.3291	2.92	55.48	<b>17.43</b>
30	47.4178	0.3428	2.92	68.47	<b>21.51</b>
50	51.2646	0.3474	2.92	74.39	<b>23.37</b>
100	56.4538	0.3526	2.92	82.37	<b>25.88</b>
200	61.6246	0.3568	2.92	90.33	<b>28.38</b>

## VERIFICA DELL'ADEGUATEZZA DELLA SEZIONE DI DEFLUSSO DEL CANALE IN PROGETTO RISPETTO ALLA PORTATA MASSIMA CON TEMPO DI RITORNO DI 200 ANNI

La parziale deviazione del Fosso della Carrara nell'area in oggetto prevede la creazione di un canale tra via Vampa e l'Asse II di 253 m di lunghezza in sostituzione di un tratto dell'attuale fosso naturale di 310 m di lunghezza ed avrà un andamento più regolare seppur curvilineo.

Il canale è realizzato con scatolari in c.a., a cielo aperto ed a sezione rettangolare costante per tutta la lunghezza.

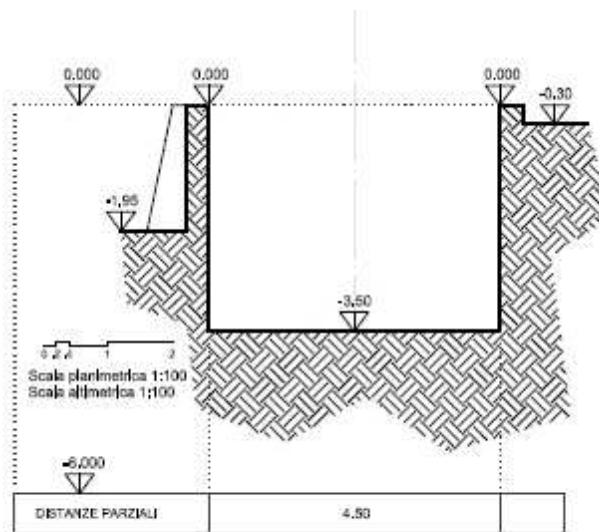
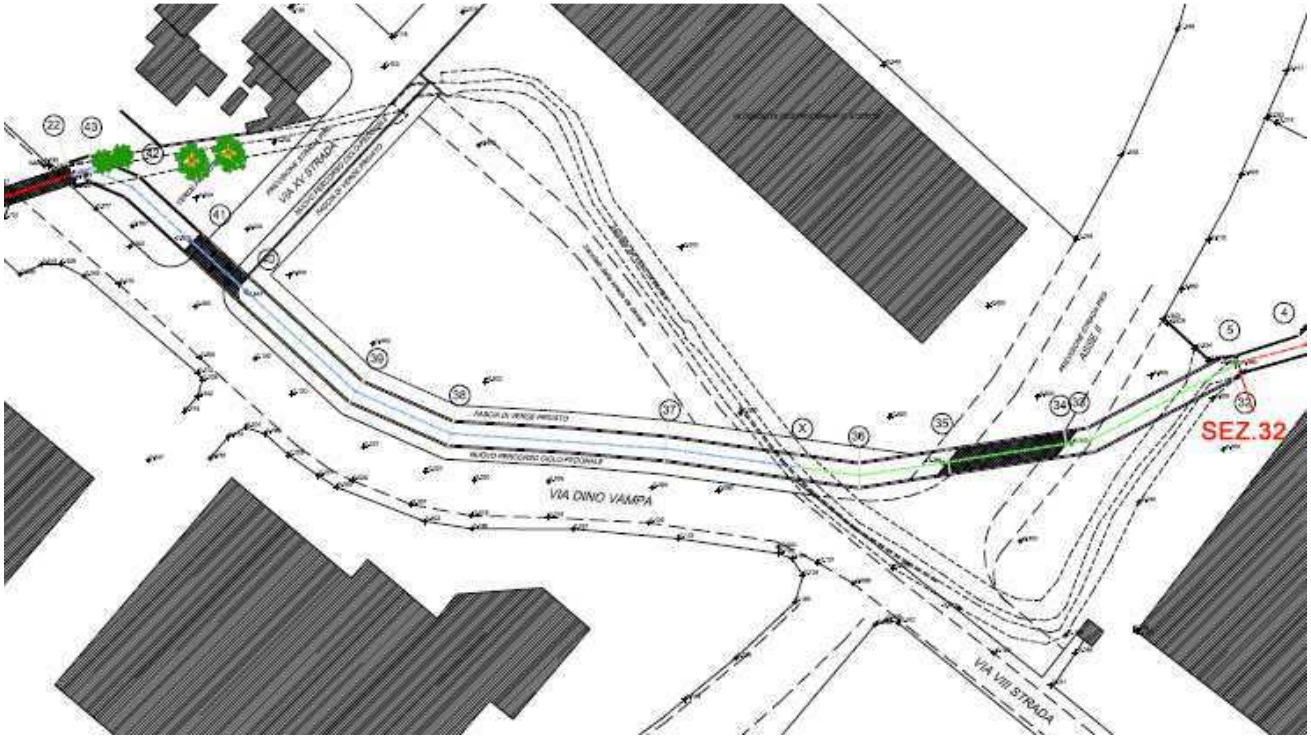
La verifica dell'adeguatezza della sezione di deflusso del canale in progetto rispetto alla portata massima con tempo di ritorno di 200 anni ( $Q = 28,38 \text{ mc/sec}$ ), in corrispondenza della sezione di chiusura del tratto deviato (Sez.32), è stata effettuata secondo le formule di Chezy e Bazin, applicando un coefficiente di Manning pari a 0,013, corrispondente a quello di canali con fondo ed argini in cemento liscio percorsi da acqua con detriti.

TAB.1.2 A - VALORI DEL COEFFICIENTE DI RESISTENZA DI MANNING:  $n \text{ (s/m}^{1/3}\text{)}$  DA [CHOW V. T.,1959]

### CANALI

tipo di superficie	Minimo	Normale	Massimo
<b>GALLERIA O CONDOTTO A PELO LIBERO DI</b>			
acciaio flangiato o saldato	0.010	0.012	0.014
ghisa rivestito	0.010	0.013	0.014
ghisa non rivestito	0.011	0.014	0.016
lamiera ondulata (acque chiare)	0.017	0.019	0.021
lamiera ondulata (acque con detriti)	0.021	0.024	0.030
plastica	0.008	0.009	0.010
vetro	0.009	0.010	0.013
calcestruzzo (acque chiare)	0.010	0.011	0.013
calcestruzzo con manufatti (acque con detriti)	0.011	0.013	0.014
gres vetrificato	0.011	0.014	0.017
gres vetrificato con manufatti	0.013	0.015	0.017
mattoni vetrificati	0.011	0.013	0.015
mattoni con intonaco	0.012	0.015	0.017
pietrame con giunti stilati	0.018	0.025	0.030

**TABELLA E GRAFICO DELLE PORTATE CON ALTEZZA DEL PELO LIBERO DI PIENA IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE ALLA CHIUSURA DEL TRATTO DEVIATO.**



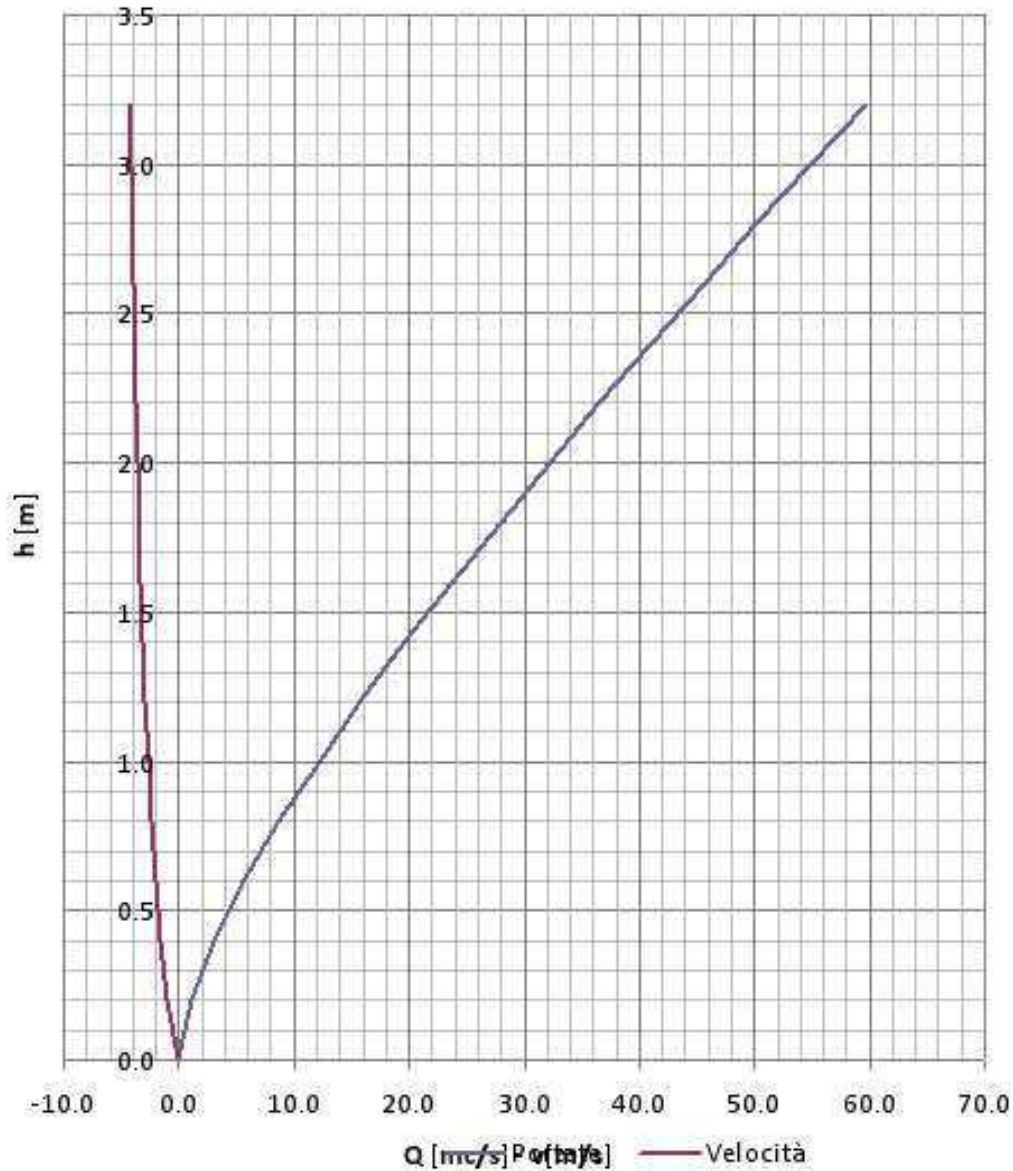
**SEZIONE 32**

DATI DI INPUT							
i=	0.20%	[%]	pendenza longitudinale				
n=	0.013	[s/m <sup>1/3</sup> ]	coeff. di resistenza di MANNING				
B=	4.5	[m]	base (inserire '0' per canali triangolari)				
α1=	90	[°]	= 1.5708 [rad]				
α2=	90	[°]	= 1.5708 [rad]				
Δh punti=	0.2	[m]	specificare intervallo di h per i 20 punti di calcolo				

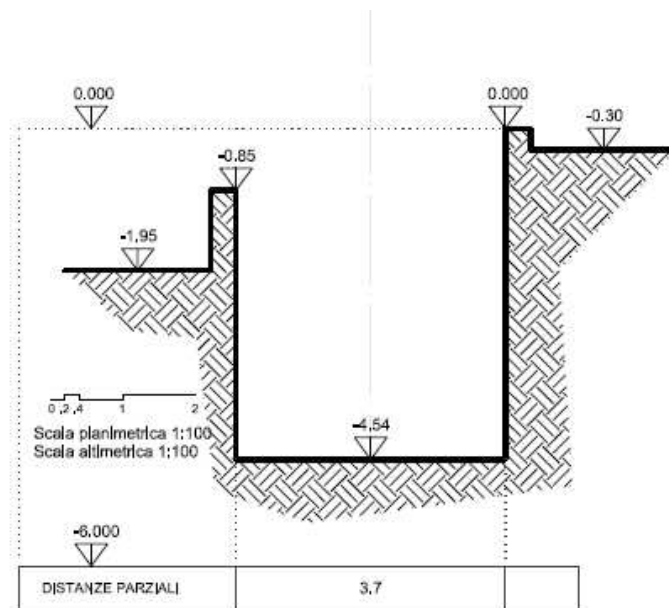
  
  

N° p.to	h [m]	S[mq]	2P [m]	R[m]	$\sqrt{z}$ [m <sup>1/2</sup> /s]	Q [mc/s]	v [m/s]
1	0.0	0.0	4.5	0.0	1.7	0.0	0.0
2	0.2	0.9	4.9	0.18367	57.996	1.00041	-1.1116
3	0.4	1.8	5.3	0.33962	64.2524	3.01422	-1.6746
4	0.6	2.7	5.7	0.47368	67.9159	5.6441	-2.0904
5	0.8	3.6	6.1	0.59016	70.4507	8.71343	-2.4204
6	1	4.5	6.5	0.69231	72.3502	12.1148	-2.6922
7	1.2	5.4	6.9	0.78261	73.8438	15.7759	-2.9215
8	1.4	6.3	7.3	0.86301	75.0573	19.6452	-3.1183
9	1.6	7.2	7.7	0.93506	76.0671	23.6846	-3.2895
10	1.8	8.1	8.1	1	76.9231	27.8648	-3.4401
11	2	9	8.5	1.05882	77.6594	32.1635	-3.5737
12	2.2	9.9	8.9	1.11236	78.3004	36.5626	-3.6932
13	2.4	10.8	9.3	1.16129	78.8642	41.0477	-3.8007
14	2.6	11.7	9.7	1.20619	79.3644	45.6072	-3.8981
15	2.8	12.6	10.1	1.24752	79.8114	50.2314	-3.9866
16	3	13.5	10.5	1.28571	80.2135	54.9121	-4.0676
17	3.2	14.4	10.9	1.3211	80.5773	59.6428	-4.1419
18	3.4	15.3	11.3	1.35398	80.9081	64.4177	-4.2103
19	3.6	16.2	11.7	1.38462	81.2104	69.2319	-4.2736
20	3.8	17.1	12.1	1.41322	81.4876	74.0812	-4.3322

### DIAGRAMMA DI DEFLUSSO



Analoga verifica è stata, inoltre, effettuata in corrispondenza di una sezione riguardante il canale immediatamente a valle, già esistente ed eseguito in passato previe le verifiche idrauliche previste (SEZ.4).



## SEZIONE 4

DATI DI INPUT							
i=	0.30%	[%]	pendenza longitudinale				
n=	0.013	[s/m <sup>1/3</sup> ]	coeff. di resistenza di MANNING				
B=	3.7	[m]	base (inserire '0' per canali triangolari)				
α1=	90	[°]	: 1.5708 [rad]				
α2=	90	[°]	: 1.5708 [rad]				
Δh punti=	0.2	[m]	specificare intervallo di h per i 20 punti di calcolo				

N° p.to	h [m]	S[mq]	2P [m]	R[m]	z [m <sup>1/2</sup> /s]	Q [mc/s]	v [m/s]
1	0.0	0.0	3.7	0.0	1.7	0.0	0.0
2	0.2	0.74	4.1	0.18049	57.8271	0.99574	-1.3456
3	0.4	1.48	4.5	0.32889	63.9094	2.97106	-2.0075
4	0.6	2.22	4.9	0.45306	67.4139	5.51749	-2.4854
5	0.8	2.96	5.3	0.55849	69.806	8.45771	-2.8573
6	1	3.7	5.7	0.64912	71.5777	11.687	-3.1587
7	1.2	4.44	6.1	0.72787	72.9568	15.1369	-3.4092
8	1.4	5.18	6.5	0.79692	74.0672	18.7596	-3.6216
9	1.6	5.92	6.9	0.85797	74.984	22.521	-3.8042
10	1.8	6.66	7.3	0.91233	75.7557	26.3952	-3.9633
11	2	7.4	7.7	0.96104	76.4153	30.3629	-4.1031
12	2.2	8.14	8.1	1.00494	76.9863	34.4087	-4.2271
13	2.4	8.88	8.5	1.04471	77.4858	38.5206	-4.3379
14	2.6	9.62	8.9	1.0809	77.9269	42.689	-4.4375
15	2.8	10.36	9.3	1.11398	78.3194	46.906	-4.5276
16	3	11.1	9.7	1.14433	78.6711	51.1652	-4.6095
17	3.2	11.84	10.1	1.17228	78.9881	55.4612	-4.6842
18	3.4	12.58	10.5	1.1981	79.2754	59.7896	-4.7527
19	3.6	13.32	10.9	1.22202	79.5371	64.1466	-4.8158
20	3.8	14.06	11.3	1.24425	79.7764	68.5289	-4.874



## **CONSIDERAZIONI IN MERITO AI RISULTATI OTTENUTI**

Il progetto di deviazione del tratto di Fosso della Carrara, così come descritto nella relativa relazione tecnica, ha permesso indubbiamente di migliorare in maniera molto sensibile la situazione idrologica dell'area oggetto di studio.

Infatti:

- il corso d'acqua ha un andamento più regolare, venendo eliminate alcune sinuosità molto accentuate presenti nel corso naturale, evitando così turbolenze dello scorrere delle acque, erosioni laterali e possibilità di esondazioni già più volte verificatesi in passato soprattutto in corrispondenza dei punti di massima curvatura. Inoltre, sono resi possibili un più efficace controllo ed una più facile manutenzione, che permette di mantenere costante nel tempo la capacità di deflusso delle acque.
- il canale realizzato ha una sezione di grandezza molto più adeguata ai valori di portata massima con tempi di ritorno di 200 anni rispetto a quella del tratto eliminato, molto più ristretto ed irregolare;
- considerate le modalità costruttive il canale offre un minore attrito allo scorrere delle acque, diminuendo il coefficiente di scabrezza di Manning dal valore stimabile in origine sicuramente superiore a 0,030 a 0,013 attribuibile a canali con fondo e sponde in cemento;
- il nuovo canale ha una sezione tale da raccordarsi perfettamente con la sezione del canale già realizzato più a valle, per il quale a suo tempo sono state effettuate le dovute verifiche idrauliche;
- sottoposto a verifica nei riguardi della portata di massima piena con tempo di ritorno  $T = 200$  anni nella sezione di chiusura, il nuovo tratto, avente per tutta la sua lunghezza una sezione ed una pendenza di fondo costanti, ha dimensioni tali da garantire un più che sufficiente margine di sicurezza relativamente alla massima altezza del livello di piena previsto (circa +2,0 m), rispetto al quale viene mantenuto un franco di circa 1,5 metri (altezza minima degli argini +3,50 dal fondo).

## **CONCLUSIONI**

L'elaborazione e la sintesi finale dei dati esposti nei paragrafi precedenti, ricavati in conformità a quanto richiesto dalla D.G.R. n.53 del 27/01/2014, hanno permesso di escludere la possibilità che nella zona oggetto di studio e nelle aree ad essa limitrofe, si possano verificare fenomeni di esondazione da parte del Fosso della Carrara che vi scorre all'interno. Pertanto, dall'analisi storica-bibliografica, geomorfologica, idrologica-idraulica non si individuano aree potenzialmente inondabili.

Si sottolinea inoltre che ogni intervento realizzato o da realizzarsi nell'area oggetto di studio, all'interno quindi del comparto ST5\_E34 riprogettato e nuovo, che provoca impermeabilizzazione dei suoli ed aumento delle velocità di corrivazione, deve prevedere azioni correttive volte a mitigarne gli effetti, tali azioni sono da rilevare essenzialmente nella realizzazione di volumi di invaso finalizzati alla laminazione secondo il principio dell'invarianza idraulica delle trasformazioni di uso del suolo.

## **BIBLIOGRAFIA**

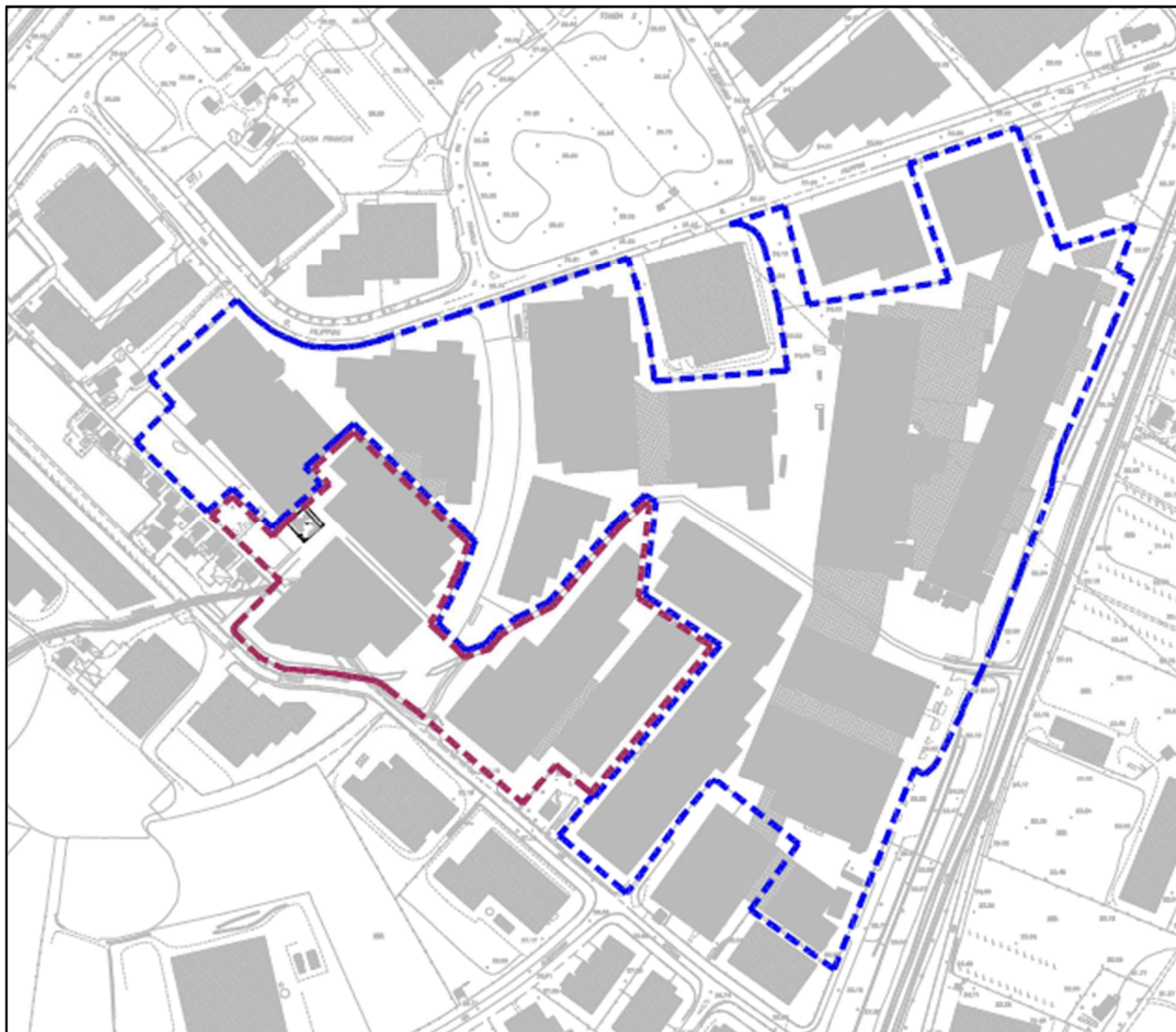
- AUTORI VARI (1991) - *L'ambiente fisico delle Marche - Carta Geologica delle Marche- Regione Marche- S.E.L.C.A. s.r.l. Firenze, 255 pp;*
- ELMI C., FRANCAVILLA F., MERELLI P. (1981) - *Ricerche geologiche ed idrogeologiche nella bassa valle del fiume Metauro- L'Ateneo Parmense, Acta Nat., 17, 53-72;*
- SELLI R. (1954) - *Il bacino del Metauro - Giorn. Geol. (2), 1-268;*
- FONDAZIONE CASSA DI RISPARMIO DI FANO - UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI URBINO "CARLO BO" - *Studio integrato della parte medio terminale della piana alluvionale del Fiume Metauro;*
- Studio UNIGEO (1999) - *Studio geologico e geomorfologico per la redazione del PRG di Fano e relativa cartografia - Comune di Fano;*
- Studio UNIGEO (2008) - *Studio idrogeologico riguardante il bacino del Fosso della Carrara...;*
- Studio GEOCON (2015) - *Studio dello scenario di rischio esondazione per la deviazione di un tratto del Fosso demaniale della Carrara;*
- Dott. Alesi - *Studio preliminare ambientale per la deviazione di un tratto Fosso demaniale della Carrara;*

*Si resta a disposizione per ogni chiarimento relativo alla presente relazione.*

Fano, 12 novembre 2017

Geol. Macci Francesca

**STRALCIO DA CARTOGRAFIA  
CON COMPARTO ST5\_E34 E NUOVO COMPARTO ADIACENTE**



----- Comparto esistente

----- Nuovo comparto