



## COMUNE DI FANO PROVINCIA DI PESARO E URBINO

**STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E PER L'INVARIANZA IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI DI CUI ALL'ART.10, COMMA 4, DELLA L.R. 22/2011 E SECONDO I "CRITERI, MODALITÀ E INDICAZIONI TECNICO-OPERATIVE" APPROVATI CON DGR N. 53 DEL 27/01/2014 (B.U.R. MARCHE N.19 DEL 17/02/2014) RELATIVO AL PIANO ATTUATIVO, IN VARIANTE NON SOSTANZIALE, DEL COMPARTO DENOMINATO ST3\_P38 bis**  
***"Comparto a destinazione residenziale in Via degli Olmi"***



### **INVARIANZA IDRAULICA**

#### **COMMITTENTI:**

**BOIANI IOLANDA – CONTARINI MASSIMO  
CONTARINI MICHELE – SIMONCINI LUCIA  
SERVADIO ANGELA – SERVADIO CARLA  
SERVADIO DOMENICO – SERVADIO ELISABETTA  
GASPARONI LUIGI**

**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**

Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

# INDICE

<b>INDICE .....</b>	<b>2</b>
<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. UBICAZIONE DELL'AREA.....</b>	<b>4</b>
<b>3. CARATTERISTICHE DEL BACINO IMBRIFERO .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 CARATTERISTICHE DEL SISTEMA FOGNANTE .....</b>	<b>5</b>
<b>4. DATI PLUVIOMETRICI ED ELABORAZIONE STATISTICA DELLE PIOGGE.....</b>	<b>5</b>
4.1 DATI PLUVIOMETRICI.....	6
4.2 ELABORAZIONE STATISTICA DELLE PRECIPITAZIONI E CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA .....	9
<b>5. CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA DELL'AREA IN STUDIO .....</b>	<b>12</b>
5.1 ACQUE DI RACCOLTA – DATI E TEMPI DI RITORNO.....	12
<b>6. INVARIANZA IDRAULICA.....</b>	<b>14</b>
<b>7. DIMENSIONAMENTO VASCHE DI LAMINAZIONE .....</b>	<b>19</b>
<b>8. DIMENSIONAMENTO TRINCEA DRENANTE.....</b>	<b>26</b>
8.1 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ .....	26
<b>9. VERIFICHE IDRAULICHE SCARICO ACQUE BIANCHE.....</b>	<b>28</b>
9.1 CALCOLO DEI VOLUMI RACCOLTI E DELLE PORTATE .....	28
<b>10. VERIFICA TRINCEA DRENANTE.....</b>	<b>29</b>
<b>11. CONCLUSIONI .....</b>	<b>30</b>

## **1. PREMESSA**

La presente verifica di compatibilità idraulica è stata eseguita con lo scopo di definire le misure compensative rivolte al perseguimento del principio dell'invarianza idraulica del comparto denominato ST3\_P38 bis "Comparto a destinazione residenziale in Via degli Olmi"

Nel comparto in oggetto si prevede la realizzazione di sei fabbricati di civile abitazione ubicati in altrettanti lotti oltre ad opere di urbanizzazione da cedere all'amministrazione comunale.

Con l'entrata in vigore della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali di cui all'art.10, comma 4, della L.R. 22/2011 e dei "criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative" approvati con D.G.R. n. 53 del 27/01/2014 (BUR Marche n.19 del 17/02/2014), si è proceduto a definire le modalità operative e le indicazioni tecniche, richieste dall'art. 10, comma 4 della legge regionale 22/11, per la definizione delle misure compensative rivolte al perseguimento dell'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali.

In sintesi l'obiettivo dell'invarianza idraulica è quello 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 definizione della compatibilità idraulica è stata condotta anche considerando le precipitazioni massime di breve durata inferiori all'ora e le piogge orarie, calcolate sulla base dei dati pluviometrici reperiti dalla rete meteo-idro-pluviometrica della Regione Marche (Dipartimento per le Politiche Integrate di Sicurezza e per la Protezione Civile) e sulla base di dati pluviometrici in possesso.

## **2. UBICAZIONE DELL'AREA**

L'area in oggetto è ubicata in Comune di Fano, in Via degli Olmi, ad un quota di circa 10 metri sul livello del mare.

## **3. CARATTERISTICHE DEL BACINO IMBRIFERO**

La zona di studio è pianeggiante con quote massime dell'ordine dei 9/10 m. s.l.m. e si trova nel F. 269 Sez. III della Carta Topografica d'Italia (Fano) SERIE 25 EDIZIONE 1 I.G.M.

Geologicamente l'area si trova sulle alluvioni terrazzate deposte dal F. Metauro, più precisamente si trova all'interno del III ordine delle alluvioni; dal punto di vista litologico tali terreni sono costituiti da alluvioni ghiaiose, parzialmente sabbiose con intercalazioni di argille limoso sabbiose, nell'area in esame il deposito ghiaioso ha una notevole potenza. (superiore ai 25-30 metri)

Dal punto di vista strutturale i dati bibliografici disponibili (F. 110 della Carta Geologica d'Italia) non evidenziano lineazioni di rilievo.

L'area in oggetto non presenta segni evidenti di instabilità, né si osservano fenomeni franosi nelle immediate vicinanze, né tantomeno si ipotizzano pericoli futuri di instabilità data la morfologia del luogo semi pianeggiante.

Nelle immediate vicinanze dell'area di intervento non sono presenti corsi d'acqua che possano determinare problemi legati ad eventuali esondazioni; il lotto si trova infatti in sponda sinistra del F. Metauro ad una distanza dal letto di circa 1.500 metri.

In fase di campagna geognostica non è stato intercettato il livello statico della falda freatica, dati bibliografici indicano che la falda in quell'area è posta ad una profondità di 10-12 metri dal piano campagna; considerata la natura prevalentemente incoerente dei terreni presenti nell'area e considerata la granulometria medio-elevata degli stessi, si può affermare che la falda abbia una scarsa capacità di risalita.

### **3.1 CARATTERISTICHE DEL SISTEMA FOGNANTE**

Le reti progettate saranno di tipo ad “acque separate” per lo smaltimento distinto delle acque scure e delle acque bianche. Le acque bianche dell’area da cedere verranno smaltite tramite una trincea drenante, mentre le acque bianche delle aree di lottizzazione verranno raccolte all’interno di vasche d’invarianza (una per ogni lotto) e convogliate nella fognatura per le acque bianche nelle 48 ore successive all’evento meteorico.

A tal fine all’interno delle vasche verranno installate delle pompe sommerse che entreranno in funzione a seguito di ogni evento meteorico (nelle 48 ore successive) e che convoglieranno le acque nel sopra citato sistema di smaltimento.

### **4. DATI PLUVIOMETRICI ED ELABORAZIONE STATISTICA DELLE PIOGGE**

Per valutare la portata di deflusso nella sezione di chiusura considerata, con un dato “tempo di ritorno”, si deve valutare l’entità del fenomeno piovoso per il bacino imbrifero e per il tempo dato.

Il “tempo di ritorno” è un indicatore di rischio, definito come durata media in anni del periodo in cui il valore della variabile idrologica considerata viene superato una sola volta.

Le informazioni sulla pluviometria dell’area di interesse sono riassunte nei parametri “a” ed “n” della curva segnalatrice di possibilità climatica, che relaziona le altezze di pioggia con le durate di pioggia per un dato tempo di ritorno attraverso la nota formula:

$$h = a t^n$$

dove:

$h$  é l’altezza di pioggia espressa in mm;

$t$  é la durata dell’evento in ore;

$a$  (mm/ora) ed  $n$  sono i parametri caratteristici della curva.

Per curva di possibilità climatica si intende quella curva che rappresenta l'insieme dei punti con la stessa probabilità di non essere superati.

Per la determinazione della curva segnalatrice di possibilità climatica relativa all'area d'interesse, si é eseguita un'elaborazione statistica dei dati pluviometrici della stazione più rappresentativa.

#### **4.1 DATI PLUVIOMETRICI**

Sono stati considerati i dati pluviometrici editi e forniti dalla rete meteo-idro-pluviometrica della Regione Marche (Dipartimento per le Politiche Integrate di Sicurezza e per la Protezione Civile - Servizio Meteorologico Regionale) e sulla base di dati pluviometrici in nostro possesso, per la stazione pluviografica di Fano, che risulta essere la più vicina al bacino imbrifero in studio tra quelle dotate di pluviometro registratore (Pr), necessario per l'estrapolazione probabilistica delle curve di possibilità climatica.

Per le verifiche idrologiche ed idrauliche che seguiranno si sono ricercate, per la stazione di Fano, le serie storiche delle altezze di pioggia conseguenti alle precipitazioni di massima intensità registrate al pluviografo per tempi di pioggia di 10,15, 20, 30, minuti e 1, 3, 6, 12 e 24 ore. Le altezze di pioggia di durata inferiore a 1 ora sono pubblicate solo saltuariamente sugli annuali. Per questi ultimi casi occorre utilizzare approcci di calcolo diversi o in alternativa adattare con molta cautela i numerosi dati bibliografici relativi ai bacini di grandi dimensioni. Nello studio dei deflussi di aree di limitata estensione i dati raccolti da tali strumenti possono essere utilizzati solo indirettamente, per fornire una caratterizzazione climatica della zona. Le piogge di breve durata sono invece segnalate dai pluviografi, capaci di registrare e i dati relativi ad eventi di durata inferiore al giorno.

Le serie storiche analizzate constano di 52 anni di osservazione, dal 1951 al 2007 (Tab. 1).

<b>DATI PLUVIOGRAFICI</b>									
<i>Stazione di FANO</i>									
<i>Quota (m s.l.m.): 10</i>					<i>Numero di osservazioni: N = 52</i>				
<b>ANNO</b>	<b>DURATA</b>								
	<b>10 m</b>	<b>15 m</b>	<b>20 m</b>	<b>30 m</b>	<b>1 h</b>	<b>3 h</b>	<b>6 h</b>	<b>12 h</b>	<b>24 h</b>
1951					29	40	44.4	63.6	79.4
1952		12.8			20.6	20.8	23.6	31.4	40.4
1953		12.8		19	40	55	67	79.2	84.4
1954		12.4	13.6		15.6	18.8	25.2	36.2	42.6
1955		13.2		19	39	53.6	64.2	64.2	74.4
1956				29	31.2	44.8	46.8	46.8	47.2
1957			20.4	16.6	23	25.4	32.2	34.6	42.6
1958		11.2			16.6	28	30.6	40.6	53.4
1959		14.2	22.4						
1960		20.4		24	29.6	31.4	31.4	32.6	40.8
1961			16.2	22.6	39	56.2	61.8	65.4	65.4
1962					26.2	40	44.6	53.8	55.8
1963					20	40	42.6	47.8	49.2
1964			16.8	34	60	62.4	62.6	81.4	81.4
1965		12			34.8	34.8	34.8	46.4	53
1966		16.6	13	19	21.2	39	60	98.2	113.4
1967		20.8	13		22.8	31.8	32	32	32
1968					12.6	16.4	29.2	36.8	51.2
1969			10.6		47	62.2	63.6	63.6	63.6
1970			11	18	48	60	62.2	76.2	80.6
1971	12	11.4			15.2	18.6	25.6	36	58.2
1972			17.2		17.2	27.6	28	31.6	33.6
1973				27	24	51.6	74.2	100.8	132.8
1974					17.2	22.4	26.8	37.4	40.8
1975			32		32.4	36.4	45	67	81.6

**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**  
Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

1976		16			32	36.4	44.6	57.8	104.8
1977		11			25.8	29	29	36.2	45
1978					27	52.8	57.6	61	61.2
1979			24		24.2	65.4	104.2	123.2	154.8
1980									
1981		19	10.6		23.6	25.6	32	51.2	85.2
1982									
1983		11.6			40.4	60.2	68.2	68.2	70.6
1984		13.4			17.4	19.2	30.6	43.8	47.4
1985			18		32	36	37.4	45	50
1986		14		20	31.4	33	40	67.4	86.6
1987		14			25	30.6	33.4	40	47.4
1988				22					
1989	14	16.2		24					
1990		11.8		14.4	28	38.6	38.6	40.2	40.2
1991		10.2		15.8	23.8	34.8	46.2	57.2	69
1992		6		7.4	10.2	17.4	24.8	26.8	31.6
1993		10.8		13.6	21.8	33.6	36	36.6	36.6
1994		8.6		9.6	13	27	42.2	58.2	66.4
1995		9.8		16.2	23.8	39.8	49.8	51.8	59.2
1996		14.8		25.2	40.6	56.2	74.6	87.4	53.6
1997		10.4		11.8	21	32.8	40.8	53	54.6
1998		11.4		12.8	20.2	38.6	55	66.8	84
1999		11.6		17.2	24.6	45.4	47.4	48.6	75.8
2000		11.8		16.4	27.2	40.6	46.2	85	85.6
2001		22		26.8	29.8	31	39.8	48.2	49
2002		8.8		14.6	21.6	35.6	37	37	37
2003		15		22.4	33.4	33.4	45.2	55.4	57.6
2004		8.2		15.2	22.4	25.2	29.2	37.2	39.8
2005					46.4	80.8	117.6	138.4	141.8
2006					37.4	43.8	59.2	87.2	110
2007					23.4	24	24.4	40	40

**Tab.1** – Precipitazioni in mm di massima intensità con durata di 1, 3, 6, 12 e 24 ore rilevate alla stazione pluviografica di Fano.

**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**  
Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

## 4.2 ELABORAZIONE STATISTICA DELLE PRECIPITAZIONI E CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA

L'analisi dei dati è stata effettuata mediante la prima legge asintotica del massimo valore di Gumbel con la quale, data una serie di valori sufficientemente grande della variabile idrologica considerata ( $x$ ), si determina la probabilità di non superamento legata al tempo di ritorno:

$$P(x) = e^{-e^{-y}},$$

dove:

$P(x)$  : probabilità di non superamento della variabile idrologica  $x$ ;

$y = \alpha(x - N)$  = variabile ridotta associata alla variabile idrologica  $x$  ;

$\alpha = \frac{1.283}{\sigma}$  = parametro della distribuzione stimato con il metodo dei momenti<sup>1</sup>;

$N = \bar{x} - 0.450\sigma$  = parametro della distribuzione stimato con il metodo dei momenti<sup>1</sup>;

$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$  = media delle osservazioni  $x_i$ , in numero pari ad  $n$  ;

$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n-1} - \frac{(\sum x_i)^2}{n(n-1)}}$  = scarto quadratico medio del campo osservato.

Mediante la relazione:  $P(x) = \frac{T_r - 1}{T_r}$ , si lega il tempo di ritorno con la probabilità di non superamento.

Tale legge é stata applicata per le piogge della durata di 10, 15, 20, 30, minuti e 1, 3, 6, 12 e 24 ore, ottenendo le rispettive altezze di pioggia massima con tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 20, 50, 100 e 200 anni, per la stazione pluviografica considerata (Tab. 2).

---

*1"Elementi di statistica per l'idrologia" Ugo Maione e Ugo Moisello*

<b>Precipitazioni massime secondo Gumbel (in mm)</b>									
<b>Tempo di ritorno</b>	<b>Durata di pioggia</b>								
	<b>10 m</b>	<b>15 m</b>	<b>20 m</b>	<b>30 m</b>	<b>1 h</b>	<b>3 h</b>	<b>6 h</b>	<b>12 h</b>	<b>24 h</b>
<b>Tr = 2 anni</b>	12.77	12.47	16.06	18.05	25.83	35.80	43.21	52.89	60.93
<b>Tr = 5 anni</b>	14.02	15.68	21.42	23.44	34.75	48.43	60.22	73.80	85.74
<b>Tr = 10 anni</b>	14.84	17.80	24.96	27.01	40.66	56.79	71.48	87.65	102.17
<b>Tr = 20 anni</b>	15.64	19.83	28.36	30.44	46.32	64.81	82.28	100.93	117.93
<b>Tr = 50 anni</b>	16.66	22.47	32.77	34.87	53.65	75.19	96.26	118.12	138.33
<b>Tr = 100 anni</b>	17.43	24.45	36.07	38.19	59.15	82.97	106.74	131.01	153.62
<b>Tr = 200 anni</b>	18.20	26.41	39.35	41.49	64.62	90.72	117.18	143.84	168.85

**Tab. 2** – Estrapolazione probabilistica con il metodo di Gumbel delle precipitazioni massime (mm) con diversa durata in ore e per diversi tempi di ritorno

Nel campo bilogaritmico la curva segnalatrice di possibilità climatica ha una forma lineare, con coefficiente angolare pari ad “n” ed ordinata corrispondente ad un tempo unitario pari ad “a”.

É possibile ora procedere al calcolo di tali curve, per i diversi tempi di ritorno, stimando i parametri “a” ed “n” tramite regressione lineare con il metodo dei minimi quadrati.

I risultati delle interpolazioni e le curve segnalatrici di possibilità climatica per la stazione considerata e per i diversi tempi di ritorno sono di seguito riportati.

<b>Parametri della curva di possibilità climatica</b>		
<b>Tempo di ritorno</b>	<b>a</b>	<b>n</b>
<b>Tr = 2 anni</b>	26.242	0.2732
<b>Tr = 5 anni</b>	35.231	0.2887
<b>Tr = 10 anni</b>	41.185	0.295
<b>Tr = 20 anni</b>	46.898	0.2995
<b>Tr = 50 anni</b>	54.293	0.3039
<b>Tr = 100 anni</b>	59.835	0.3064
<b>Tr = 200 anni</b>	65.357	0.3085

*Parametri della curva di possibilità climatica per la stazione pluviografica di Fano, per i tempi di ritorno indicati e per tempi di pioggia 10 min < t p < 24 ore.*

**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**  
Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

**CURVE SEGNALATRICI DI POSSIBILITA' CLIMATICA**  
**con tempi di ritorno  $T_r = 20, 50, 100, 200$  anni**  
**Stazione di Fano**

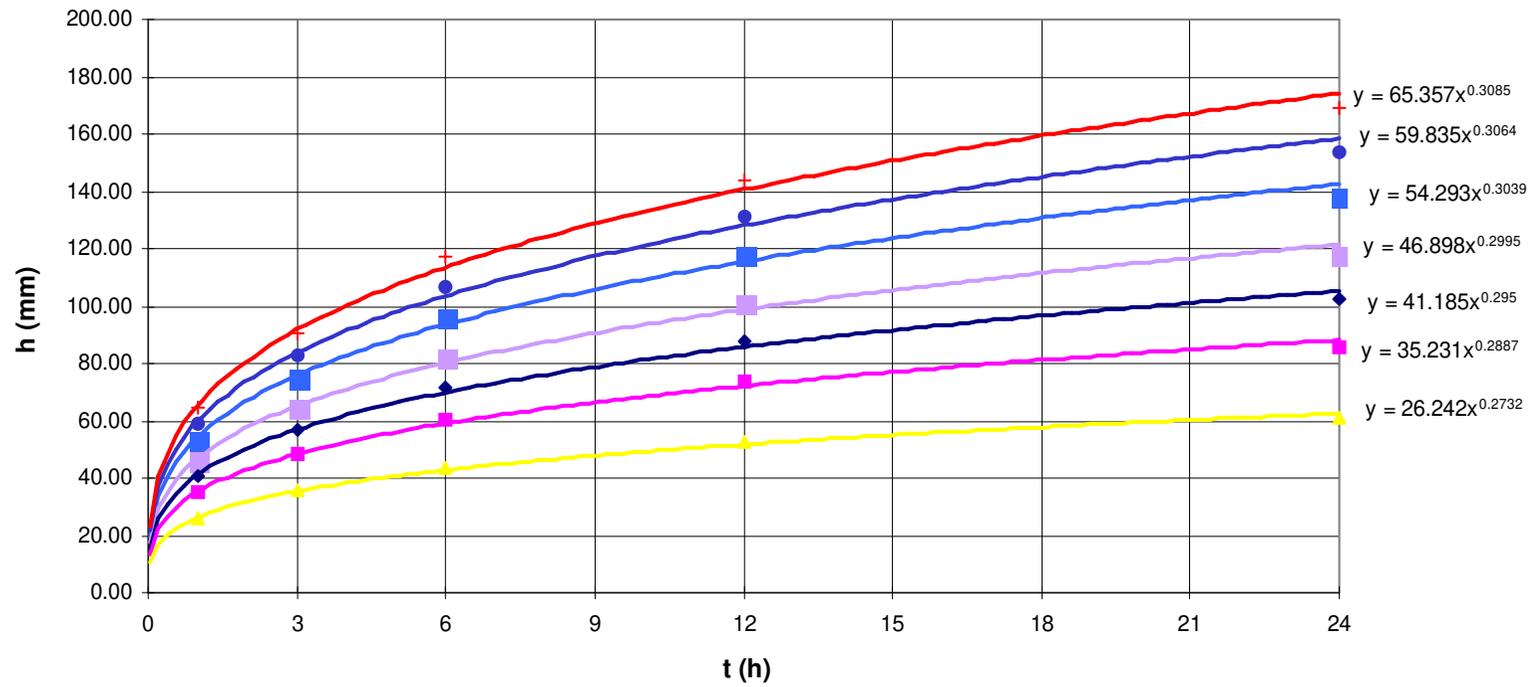


Fig.1

**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**  
 Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

## **5. CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA DELL'AREA IN STUDIO**

L'analisi dei dati disponibili in prossimità dell'area in studio è stata condotta con le metodologie sopra richiamate allo scopo di caratterizzare, da un punto di vista ingegneristico, le precipitazioni estreme di prefissata durata e il valore del relativo tempo di ritorno.

La zona in esame, contenuta all'interno del territorio provinciale di Pesaro e Urbino, può essere considerata, in base agli usuali criteri, un'area climaticamente omogenea. In tale area la densità della rete pluviometrica del Servizio Idrografico è sufficientemente elevata.

La stazione pluviografica più vicina all'area di indagine, caratterizzata da dimensione campionaria degli eventi massimi annuali registrati superiore a venti anni, è risultata quella di Fano, appartenente alla rete agro-meteorologica della Regione Marche.

### **5.1 ACQUE DI RACCOLTA – DATI E TEMPI DI RITORNO**

Non potendo disporre di una serie continua di dati per  $t < 1$  ora si estrapolano quelli di maggiore significatività. Si segnala una situazione critica relativa ad una pioggia intensa e di breve durata pari a 32,0 mm in 20 minuti nel periodo 1951-2007.

Il dato critico, che si assume come dato di progetto ricollegabile direttamente, senza alcuna elaborazione statistica, ad un tempo di ritorno  $Tr=50$  anni, è particolarmente elevato per l'area in studio. Di fatto la relazione che lega il tempo di ritorno alla probabilità che si verifichi l'evento atteso è espressa dalla formula:

$$P(hd) = 1 - 1/Tr = (Tr-1)/Tr$$

La tabella mostra i valori della probabilità di pioggia in funzione di Tr

Tr	P(hd)
10	0,90
20	0,95
30	0,97
50	0,98

Per un tempo di ritorno di Tr=50 anni la probabilità che l'altezza di pioggia non superi mai quella calcolata è del 98%, ovvero si ha il 2% di possibilità che questa venga superata una volta in 50 anni.

Per il calcolo delle reti fognarie è prassi adottare Tr=10 anni edito da vari testi come ad esempio il Manuale dell'Ingegnere Nuovo Colombo.

Mentre per il calcolo della fognatura acque bianche, a titolo cautelativo, è prudenziale usare un Tr=50 anni.

Per il calcolo, come prima accennato, si farà riferimento alla pioggia di 32,0 mm con durata 20 minuti, pari a 96,0 mm/h, ricadente nell'intervallo degli 1951-2007 presso la Stazione di Fano, come dai seguenti schemi riepilogativi dei principali eventi:

PRECIPITAZIONI MASSIME DI BREVE DURATA							
	15 min		20 min		30 min		
	Data	mm	Data	mm	Data	mm	
FANO	02/07/1960	20,4	03/09/1957	20,4	11/07/1956	29,0	
	17/09/1966	16,6	10/06/1959	22,4	28/07/1960	24,0	
	09/06/1967	20,8	<b>26/07/1975</b>	<b>32,0</b>	09/08/1964	34,0	
	24/08/1981	19,0	28/06/1979	24,0	31/08/1973	27,0	
	11/08/2001	22,0	26/08/1985	18,0	11/08/2001	26,8	
	<b>Max/h</b>	<b>88,0 mm/h</b>		<b>96,0 mm/h</b>		<b>68,0 mm/h</b>	

**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**  
Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

## **6. INVARIANZA IDRAULICA**

Come previsto dall'art. 10 comma 4 della L.R. 22/11, e secondo i "criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative" approvati con D.G.R. n. 53 del 27/01/2014 (BUR Marche n.19 del 17/02/2014), al fine di evitare effetti negativi sul coefficiente di deflusso delle superfici impermeabilizzate, ogni trasformazione del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale deve prevedere misure compensative rivolte al principio dell'invarianza idraulica.

Per poter progettare e dimensionare tali misure compensative occorre partire dai dati urbanistici dell'area che si intende trasformare e che, nel caso in esame, sono i seguenti:

### **AREE DA CEDERE RICADENTI ALL'INTERNO DEL COMPARTO:**

AREA TOTALE: 4.946,00 m<sup>2</sup>

AREA IMPERMEABILE: 1.091,70 m<sup>2</sup>

AREA SEMIPERMEABILE CON AUTOBLOCCANTI: 1.333,50 m<sup>2</sup>

AREA PERMEABILE: 2.520,80 m<sup>2</sup>

### **LOTTO 1:**

AREA TOTALE: 348,59 m<sup>2</sup>

AREA IMPERMEABILE: 82,90 m<sup>2</sup>

AREA SEMIPERMEABILE: 78,30 m<sup>2</sup>

AREA PERMEABILE: 187,39 m<sup>2</sup>

**LOTTO 2:**

AREA TOTALE: 367,95 m<sup>2</sup>

AREA IMPERMEABILE: 94,50 m<sup>2</sup>

AREA SEMIPERMEABILE: 67,00 m<sup>2</sup>

AREA PERMEABILE: 206,45 m<sup>2</sup>

**LOTTO 3:**

AREA TOTALE: 372,70 m<sup>2</sup>

AREA IMPERMEABILE: 94,50 m<sup>2</sup>

AREA SEMIPERMEABILE: 67,00 m<sup>2</sup>

AREA PERMEABILE: 211,20 m<sup>2</sup>

**LOTTO 4:**

AREA TOTALE: 534,16 m<sup>2</sup>

AREA IMPERMEABILE: 193,40 m<sup>2</sup>

AREA SEMIPERMEABILE: 132,00 m<sup>2</sup>

AREA PERMEABILE: 208,76 m<sup>2</sup>

**LOTTO 5:**

AREA TOTALE: 534,16 m<sup>2</sup>

AREA IMPERMEABILE: 193,40 m<sup>2</sup>

AREA SEMIPERMEABILE: 132,00 m<sup>2</sup>

AREA PERMEABILE: 208,76 m<sup>2</sup>

## **LOTTO 6:**

AREA TOTALE: 558,44 m<sup>2</sup>

AREA IMPERMEABILE: 179,60 m<sup>2</sup>

AREA SEMIPERMEABILE: 129,00 m<sup>2</sup>

AREA PERMEABILE: 249,84 m<sup>2</sup>

Per il dimensionamento delle vasche di laminazione e della trincea drenante si è utilizzato un coefficiente di deflusso pari a:

1,00 per le coperture dei fabbricati e delle vasche di laminazione;

0,50 per i parcheggi e le aree di manovra con grigliato;

0,20 per il verde (giardini);

Partendo dai dati urbanistici di progetto si ritiene di realizzare una vasca di laminazione in ogni lotto ed una trincea drenante nell'area da cedere, i dimensionamenti delle vasche e della trincea andranno nuovamente verificati e calcolati in fase esecutiva.

Le vasche di laminazione saranno installate al di sotto delle aree semipermeabili andando, quindi, a ridurre le superfici.

Nel calcolo dell'invarianza idraulica tali superfici saranno dedotte dalle quote delle aree semipermeabili e saranno inserite tra quelle impermeabili.

Come previsto dal Titolo III par. 3.4 (contenuti dell'invarianza idraulica) della D.G.R. n. 53 del 27/01/2014, per le previsioni degli strumenti di pianificazione territoriale, generale e attuativa vigenti alla data di entrata in vigore dei criteri in esso definiti può essere adottato, per il dimensionamento della capacità di invaso, un volume pari a 350 m<sup>3</sup> per ogni ettaro di superficie impermeabilizzata a patto che si ricada nei casi a) e b) del sopra citato paragrafo. Il piano attuativo, ricoprendo una superficie complessiva di 7.662,00 m<sup>2</sup> rientra nel punto b) relativo a modesta impermeabilizzazione potenziale (superficie tra 0,1 e 1 ha).

**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**  
*Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)*

## DATI URBANISTICI DI PROGETTO

AREE DA CEDERE	m <sup>2</sup>	Coefficiente di deflusso $\varphi$	Superfici considerate per l'invarianza m <sup>2</sup>
Superficie totale	4.946,00		
Superficie impermeabilizzata (compresa vasca di laminazione)	1.091,70	1,00	1.091,70
Superficie semipermeabile (parcheggi e percorsi pedonali con autobloccanti)	1.333,50	0,50	666,75
Verde pubblico	2.520,80	0,20	504,16
Totale			2.262,61

LOTTO 1	m <sup>2</sup>	Coefficiente di deflusso $\varphi$	Superfici considerate per l'invarianza m <sup>2</sup>
Superficie totale	348,59		
Superficie impermeabilizzata (compresa vasca di laminazione con area 6 m <sup>2</sup> )	88,90	1,00	88,90
Superficie semipermeabile (dedotta vasca di laminazione con area 6 m <sup>2</sup> )	72,30	0,5	36,15
Verde privato	187,39	0,20	37,48
Totale			162,53

LOTTO 2	m <sup>2</sup>	Coefficiente di deflusso $\varphi$	Superfici considerate per l'invarianza m <sup>2</sup>
Superficie totale	367,95		
Superficie impermeabilizzata (compresa vasca di laminazione con area 6 m <sup>2</sup> )	100,50	1,00	100,50
Superficie semipermeabile (dedotta vasca di laminazione con area 6 m <sup>2</sup> )	61,00	0,5	30,50
Verde privato	206,45	0,20	41,29
Totale			172,29

**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**  
Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

LOTTO 3	m <sup>2</sup>	Coefficiente di deflusso $\varphi$	Superfici considerate per l'invarianza m <sup>2</sup>
Superficie totale	372,70		
Superficie impermeabilizzata (compresa vasca di laminazione con area 6 m <sup>2</sup> )	100,50	1,00	100,50
Superficie semipermeabile (dedotta vasca di laminazione con area 6 m <sup>2</sup> )	61,00	0,5	30,50
Verde privato	211,20	0,20	42,24
Totale			173,24

LOTTE 4 E 5	m <sup>2</sup>	Coefficiente di deflusso $\varphi$	Superfici considerate per l'invarianza m <sup>2</sup>
Superficie totale	534,16		
Superficie impermeabilizzata (compresa vasca di laminazione con area 10 m <sup>2</sup> )	203,40	1,00	203,40
Superficie semipermeabile (dedotta vasca di laminazione con area 10 m <sup>2</sup> )	122,00	0,5	61,00
Verde privato	208,76	0,20	41,75
Totale			306,15

LOTTO 6	m <sup>2</sup>	Coefficiente di deflusso $\varphi$	Superfici considerate per l'invarianza m <sup>2</sup>
Superficie totale	558,44		
Superficie impermeabilizzata (compresa vasca di laminazione con area 10 m <sup>2</sup> )	189,60	1,00	189,60
Superficie semipermeabile (dedotta vasca di laminazione con area 10 m <sup>2</sup> )	119,00	0,5	59,50
Verde privato	249,84	0,20	49,97
Totale			299,07

**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**  
Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

## **7. DIMENSIONAMENTO VASCHE DI LAMINAZIONE**

Pur essendo possibile eseguire una sommaria stima del volume delle vasche di laminazione con la formula precedentemente indicata ( $350 \text{ m}^3$  per ha di superficie impermeabilizzata) è da evidenziare che, in caso di lotti con area superiore a  $100/150 \text{ m}^2$ , tale valore risulta sottostimato e l'errore tende ad aumentare con l'area del lotto.

Nel caso in esame è pertanto preferibile utilizzare l'applicazione della formula del titolo III par. 3.4 "Contenuti dell'invarianza idraulica" secondo "i criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative" approvati dalla DGR n. 53 del 27.01.2014, di cui di seguito si riportano le indicazioni e i tabulati di calcolo

$$w = w^\circ (\emptyset/\emptyset) (1/(1-n)) - 15I - W^\circ P \quad (1)$$

essendo  $w^\circ = 50 \text{ mc/ha}$ ,  $\varphi =$  coefficiente di deflusso dopo la trasformazione,  $\varphi^\circ =$  coefficiente di deflusso prima della trasformazione, I e P espressi come frazione dell'area trasformata e  $n=0,48$  (esponente delle curve di possibilità climatica 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 – orientativamente - da vari studi sperimentali; si veda ad es. CSDU, 1997). Per le classi denominate come "Significativa" e "Marcata" impermeabilizzazione come di definite nel Titolo III del DGR 53/2014 è ammesso l'utilizzo di un valore diverso del parametro n qualora opportunamente motivato da un'analisi idrologica specifica contestualizzata al sito oggetto di trasformazione.

Il volume così ricavato è espresso in  $\text{m}^3/\text{ha}$  e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento (superficie territoriale, St), a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata. Per la stima dei coefficienti di deflusso  $\varphi$  e  $\varphi^\circ$  si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\varphi^\circ = 0.9I_{mp}^\circ + 0.2 P_{er}^\circ \quad (2-a)$$

$$\varphi = 0.9I_{mp} + 0.2 P_{er} \quad (2-b)$$

in cui  $I_{mp}$  e  $P_{er}$  sono rispettivamente le frazioni dell'area totale da ritenersi impermeabile e permeabile, prima della trasformazione (se connotati dall'apice  $^\circ$ ) o dopo (se non c'è l'apice  $^\circ$ ). Il calcolo del volume di invaso richiede quindi la definizione delle seguenti grandezze:

**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**  
Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

(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, mediante regolarizzazione del terreno o altri interventi anche non impermeabilizzanti;

(Per) quota dell'area da ritenersi permeabile, 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.

Oltre che alla superficie territoriale  $S_t$ , il calcolo dei valori I, P, Imp e Per, può essere riferito anche alla superficie dell'intero bacino scolante,  $S_b$ , di cui l'area dell'intervento fa parte. In questo caso, il volume  $w$  ottenuto con la formula (1) [mc/ha] deve essere moltiplicato per la superficie  $S_b$  [ha]. Nei due casi si ottiene un valore sostanzialmente equivalente e la scelta della superficie di riferimento è essenzialmente legata a motivi di praticità. In caso di significative discrepanze nei due valori calcolati, si consiglia di adottare il valore più cautelativo. Si noti che gli indici Imp ed I, Per e P sono concettualmente diversi: Imp e Per servono a valutare il coefficiente di deflusso convenzionale (che esprime la capacità del lotto di accettare le piogge prima di generare deflussi superficiali), mentre I e P rappresentano le porzioni rispettivamente urbanizzata e inalterata (agricola) del lotto oggetto di intervento.

In fase esecutiva verranno limitate le impermeabilizzazioni delle superfici scoperte, privilegiando l'utilizzo di pavimentazioni permeabili o semipermeabili.

## Calcolo invarianza del lotto 1:

### CALCOLO INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA FORMULA (1) AI SENSI DEL TITOLO III DELLA DGR 53 DEL 27/01/2014

**Requisiti richiesti per ogni classe sulla base del volume minimo di laminazione determinato:**

$$w = w^{\circ} (\phi / \phi^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 I - w^{\circ} P$$

$$\phi^{\circ} = 0.9 Imp^{\circ} + 0.2 Per^{\circ} \quad \phi = 0.9 Imp + 0.2 Per$$

$w^{\circ}$  = 50 mc/ha volume "convenzionale" d'invaso prima della trasformazione  
 $\phi^{\circ}$  = coefficiente di deflusso post trasformazione  $\phi^{\circ}$  = coefficiente di deflusso ante trasformazione  
 $n = 0.48$  I e P espressi come frazione dell'area trasformata  
 Imp e Per espressi come frazione totale dell'area impermeabile e permeabile prima della trasformazione (se connotati dall'apice<sup>o</sup>) o dopo (se non c'è l'apice<sup>o</sup>)  
 VOLUME RICAVATO dalla formula va moltiplicato per la Superficie territoriale dell'intervento

#### LOTTO 1

<b>ANTE OPERAM</b>	Superficie fondiaria-lotto (mq) =	348,59	mq	Inserire la superficie totale dell'intervento				
	Superficie impermeabile esistente =	0,00	mq	Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)				
	Imp <sup>o</sup> =	0,00						
	Superficie permeabile esistente (mq) =	348,59	mq	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)				
	Per <sup>o</sup> =	1,00						
	Imp <sup>o</sup> + Per <sup>o</sup> =	1,00						
<b>POST OPERAM</b>	Superficie impermeabile trasformata o di progetto =	162,53	mq	Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie trasformata con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)				
	Imp =	0,47						
	Superficie permeabile di progetto =	186,06	mq	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)				
	Per =	0,53						
	Imp + Per =	1,00						
<b>INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA</b>	Superficie trasformata/livellata =	348,59	mq	superficie impermeabile più superficie permeabile trasformata rispetto all'agricola				
	I =	1,00						
	Superficie agricola inalterata =	0,00	mq	superficie inalterata				
	P =	0,00						
	I + P =	1,00						
<b>CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM</b>								
$\phi^{\circ}$	$0,9 \times Imp^{\circ} + 0,2 \times Per^{\circ}$	=	0,9	x	0,00	+ 0,2 x 1,00 =	0,20	
$\phi$	$0,9 \times Imp + 0,2 \times Per$	=	0,9	x	0,47	+ 0,2 x 0,53 =	0,53	
$w$	$w = w^{\circ} (\phi / \phi^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 I - w^{\circ} P$	=	50	x	6,43	- 15 x 1,00 - 50 x 0,00 =	306,49 mc/ha	
$w^{\circ}$	50 mc/ha							
$(\phi / \phi^{\circ})^{1/(1-n)}$	2,63							
	1,92							
<b>VOLUME MINIMO DI INVASO</b>			306,49	:	10.000,00	x	348,59 =	10,68 mc
<b>Q</b>	Portata ammissibile sul corpo ricettore 20 l/s/ha		0,70	l/sec				

**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**  
Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

## Calcolo invarianza del lotto 2:

CALCOLO INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA FORMULA (1) AI SENSI DEL TITOLO III DELLA DGR 53 DEL 27/01/2014																	
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; background-color: #fff9c4;"> <p><b>Requisiti richiesti per ogni classe sulla base del volume minimo di laminazione determinato:</b></p> <math display="block">w = w^{\circ} (\phi / \phi^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 I - w^{\circ} P</math> <math display="block">\phi^{\circ} = 0.9 Imp^{\circ} + 0.2 Per^{\circ} \quad \phi = 0.9 Imp + 0.2 Per</math> <p><math>w^{\circ} = 50</math> mc/ha volume "convenzionale" d'invaso prima della trasformazione  <math>\phi^{\circ}</math> = coefficiente di deflusso post trasformazione <math>\phi</math> = coefficiente di deflusso ante trasformazione  <math>n = 0.48</math> I e P espressi come frazione dell'area trasformata  Imp e Per espressi come frazione totale dell'area impermeabile e permeabile prima della trasformazione (se connotati dall'apice<sup>o</sup>) o dopo (se non c'è l'apice<sup>o</sup>)  VOLUME RICAIVATO dalla formula va <u>moltiplicato per la Superficie territoriale dell'intervento</u></p> </div>																	
<b>LOTTO 2</b>																	
<b>ANTE OPERAM</b>																	
	Superficie fondiaria-lotto (mq)	=	367,95	mq	Inserire la superficie totale dell'intervento												
	Superficie impermeabile esistente	=	0,00	mq	Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)												
	<b>Imp<sup>o</sup></b>	=	0,00														
	Superficie permeabile esistente (mq)	=	367,95	mq	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)												
	<b>Per<sup>o</sup></b>	=	1,00														
	<b>Imp<sup>o</sup> + Per<sup>o</sup></b>	=	1,00														
<b>POST OPERAM</b>																	
	Superficie impermeabile trasformata o di progetto	=	172,29	mq	Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie trasformata con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)												
	<b>Imp</b>	=	0,47														
	Superficie permeabile di progetto	=	195,66	mq	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)												
	<b>Per</b>	=	0,53														
	<b>Imp + Per</b>	=	1,00														
<b>INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA</b>																	
	Superficie trasformata/livellata	=	367,95	mq	superficie impermeabile più superficie permeabile trasformata rispetto all'agricola												
	<b>I</b>	=	1,00														
	Superficie agricola inalterata	=	0,00	mq	superficie inalterata												
	<b>P</b>	=	0,00														
	<b>I + P</b>	=	1,00														
<b>CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM</b>																	
	$\phi^{\circ}$	$0,9 \times Imp^{\circ} + 0,2 \times Per^{\circ}$	=	0,9	x	0,00	+	0,2	x	1,00	=	0,20					
	$\phi$	$0,9 \times Imp + 0,2 \times Per$	=	0,9	x	0,47	+	0,2	x	0,53	=	0,53					
	<b>W</b>	$w = w^{\circ} (\phi / \phi^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 I - w^{\circ} P$	=	50	x	6,46	-	15	x	1,00	-	50	x	0,00	=	308,13	mc/ha
	<b>W<sup>o</sup></b>	50 mc/ha															
	<b>(<math>\phi / \phi^{\circ}</math>)<sup>1/(1-n)</sup></b>	2,64															
		1,92															
<b>VOLUME MINIMO DI INVASO</b>																	
				308,13	:	10.000,00	x	367,95	=	11,34	mc						
	<b>Q</b>	Portata ammissibile sul corpo riceettore 20 l/s/ha		0,74	l/sec												

**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**  
Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

## Calcolo invarianza del lotto 3:

CALCOLO INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA FORMULA (1) AI SENSI DEL TITOLO III DELLA DGR 53 DEL 27/01/2014																	
<b>Requisiti richiesti per ogni classe sulla base del volume minimo di laminazione determinato:</b> $w = w^{\circ} (\phi / \phi^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 I - w^{\circ} P$ $\phi^{\circ} = 0.9 Imp^{\circ} + 0.2 Per^{\circ} \quad \phi = 0.9 Imp + 0.2 Per$ <p> <math>w^{\circ} = 50</math> mc/ha    volume "convenzionale" d'invaso prima della trasformazione  <math>\phi</math> = coefficiente di deflusso post trasformazione    <math>\phi^{\circ}</math> = coefficiente di deflusso ante trasformazione  <math>n = 0.48</math>    I e P espressi come frazione dell'area trasformata  <b>Imp</b> e <b>Per</b> espressi come frazione totale dell'area impermeabile e permeabile prima della trasformazione (se connotati dall'apice<sup>o</sup>) o dopo (se non c'è l'apice<sup>o</sup>)  <b>VOLUME RICAVATO</b> dalla formula <u>va moltiplicato per la Superficie territoriale dell'intervento</u> </p>																	
<b>LOTTO 3</b>																	
<b>ANTE OPERAM</b>																	
	Superficie fondiaria-lotto (mq)	=	372,70	mq	Inserire la superficie totale dell'intervento												
	Superficie impermeabile esistente	=	0,00	mq	Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)												
	<b>Imp<sup>o</sup></b>	=	0,00														
	Superficie permeabile esistente (mq)	=	372,70	mq	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)												
	<b>Per<sup>o</sup></b>	=	1,00														
	<b>Imp<sup>o</sup> + Per<sup>o</sup></b>	=	1,00														
<b>POST OPERAM</b>																	
	Superficie impermeabile trasformata o di progetto	=	173,24	mq	Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie trasformata con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)												
	<b>Imp</b>	=	0,46														
	Superficie permeabile di progetto	=	199,46	mq	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)												
	<b>Per</b>	=	0,54														
	<b>Imp + Per</b>	=	1,00														
<b>INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA</b>																	
	Superficie trasformata/livellata	=	372,70	mq	superficie impermeabile più superficie permeabile trasformata rispetto all'agricola												
	<b>I</b>	=	1,00														
	Superficie agricola inalterata	=	0,00	mq	superficie inalterata												
	<b>P</b>	=	0,00														
	<b>I + P</b>	=	1,00														
<b>CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM</b>																	
	$\phi^{\circ}$	$0,9 \times Imp^{\circ} + 0,2 \times Per^{\circ}$	=	0,9	x	0,00	+	0,2	x	1,00	=	0,20					
	$\phi$	$0,9 \times Imp + 0,2 \times Per$	=	0,9	x	0,46	+	0,2	x	0,54	=	0,53					
	<b>W</b>	$w = w^{\circ} (\phi / \phi^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 I - w^{\circ} P$	=	50	x	6,41	-	15	x	1,00	-	50	x	0,00	=	305,32	mc/ha
	<b>W<sup>o</sup></b>	50 mc/ha															
	<b>(<math>\phi / \phi^{\circ}</math>)<sup>1/(1-n)</sup></b>	2,63															
		1,92															
<b>VOLUME MINIMO DI INVASO</b>																	
				305,32	:	10.000,00	x	372,70	=	<b>11,38</b>	mc						
	<b>Q</b>	Portata ammissibile sul corpo riceettore 20 l/s/ha		0,75	l/sec												

**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**  
Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

## Calcolo invarianza dei lotti 4 e 5:

CALCOLO INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA FORMULA (1) AI SENSI DEL TITOLO III DELLA DGR 53 DEL 27/01/2014																	
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; background-color: #fff9c4;"> <p><b>Requisiti richiesti per ogni classe sulla base del volume minimo di laminazione determinato:</b></p> <math display="block">w = w^0 (\phi / \phi^0)^{1/(1-n)} - 15 I - w^0 P</math> <math display="block">\phi^0 = 0.9 Imp^0 + 0.2 Per^0 \quad \phi = 0.9 Imp + 0.2 Per</math> <p><math>w^0 = 50</math> mc/ha    volume "convenzionale" d'invaso prima della trasformazione  <math>\phi</math> = coefficiente di deflusso post trasformazione    <math>\phi^0</math> = coefficiente di deflusso ante trasformazione  <math>n = 0.48</math>    I e P espressi come frazione dell'area trasformata  <b>Imp</b> e <b>Per</b> espressi come frazione totale dell'area impermeabile e permeabile prima della trasformazione (se connotati dall'apice<sup>o</sup>) o dopo (se non c'è l'apice<sup>o</sup>)  <b>VOLUME RICAVATO</b> dalla formula <u>va moltiplicato per la Superficie territoriale dell'intervento</u></p> </div>																	
<b>LOTTI 4 E 5</b>																	
<b>ANTE OPERAM</b>																	
	Superficie fondiaria-lotto (mq)	=	534,16	mq	Inserire la superficie totale dell'intervento												
	Superficie impermeabile esistente	=	0,00	mq	Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)												
	<b>Imp<sup>o</sup></b>	=	0,00														
	Superficie permeabile esistente (mq)	=	534,16	mq	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)												
	<b>Per<sup>o</sup></b>	=	1,00														
	<b>Imp<sup>o</sup> + Per<sup>o</sup></b>	=	1,00														
<b>POST OPERAM</b>																	
	Superficie impermeabile trasformata o di progetto	=	306,15	mq	Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie trasformata con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)												
	<b>Imp</b>	=	0,57														
	Superficie permeabile di progetto	=	228,01	mq	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)												
	<b>Per</b>	=	0,43														
	<b>Imp + Per</b>	=	1,00														
<b>INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA</b>																	
	Superficie trasformata/livellata	=	534,16	mq	superficie impermeabile più superficie permeabile trasformata rispetto all'agricola												
	<b>I</b>	=	1,00														
	Superficie agricola inalterata	=	0,00	mq	superficie inalterata												
	<b>P</b>	=	0,00														
	<b>I + P</b>	=	1,00														
<b>CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM</b>																	
	$\phi^0$	$0,9 \times Imp^0 + 0,2 \times Per^0$	=	0,9	x	0,00	+	0,2	x	1,00	=	0,20					
	$\phi$	$0,9 \times Imp + 0,2 \times Per$	=	0,9	x	0,57	+	0,2	x	0,43	=	0,60					
	<b>W</b>	$w = w^0 (\phi / \phi^0)^{1/(1-n)} - 15 I - w^0 P$	=	50	x	8,30	-	15	x	1,00	-	50	x	0,00	=	400,13	mc/ha
	<b>W<sup>o</sup></b>	50 mc/ha															
	<b>(<math>\phi / \phi^0</math>)<sup>1/(1-n)</sup></b>	3,01															
		1,92															
<b>VOLUME MINIMO DI INVASO</b>																	
				400,13	:	10.000,00	x	534,16	=	21,37	mc						
	<b>Q</b>	Portata ammissibile sul corpo riceettore 20 l/s/ha		1,07	l/sec												

**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**  
Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

## Calcolo invarianza del lotto 6:

CALCOLO INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA FORMULA (1) AI SENSI DEL TITOLO III DELLA DGR 53 DEL 27/01/2014																	
<b>Requisiti richiesti per ogni classe sulla base del volume minimo di laminazione determinato:</b> $W = W^{\circ} (\phi / \phi^{\circ})^{(1/(1-n))} - 15 I - W^{\circ} P$ $\phi^{\circ} = 0.9 Imp^{\circ} + 0.2 Per^{\circ} \quad \phi = 0.9 Imp + 0.2 Per$ <p> <math>w^{\circ} = 50</math> mc/ha volume "convenzionale" d'invaso prima della trasformazione  <math>\phi^{\circ}</math> = coefficiente di deflusso post trasformazione <math>\phi^{\circ}</math> = coefficiente di deflusso ante trasformazione  <math>n = 0.48</math> I e P espressi come frazione dell'area trasformata  <b>Imp</b> e <b>Per</b> espressi come frazione totale dell'area impermeabile e permeabile prima della trasformazione (se connotati dall'apice<sup>o</sup>) o dopo (se non c'è l'apice<sup>o</sup>)                      VOLUME RICAIVATO dalla formula <u>va moltiplicato per la Superficie territoriale dell'intervento</u> </p>																	
<b>LOTTO 6</b>																	
		Superficie fondiaria-lotto (mq)	=	558,44	mq	Inserire la superficie totale dell'intervento											
<b>ANTE OPERAM</b>																	
		Superficie impermeabile esistente	=	0,00	mq	Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)											
		<b>Imp<sup>o</sup></b>	=	0,00													
		Superficie permeabile esistente (mq)	=	558,44	mq	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)											
		<b>Per<sup>o</sup></b>	=	1,00													
		<b>Imp<sup>o</sup> + Per<sup>o</sup></b>	=	1,00													
<b>POST OPERAM</b>																	
		Superficie impermeabile trasformata o di progetto	=	299,07	mq	Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie trasformata con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)											
		<b>Imp</b>	=	0,54													
		Superficie permeabile di progetto	=	259,37	mq	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)											
		<b>Per</b>	=	0,46													
		<b>Imp + Per</b>	=	1,00													
<b>INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA</b>																	
		Superficie trasformata/livellata	=	558,44	mq	superficie impermeabile più superficie permeabile trasformata rispetto all'agricola											
		<b>I</b>	=	1,00													
		Superficie agricola inalterata	=	0,00	mq	superficie inalterata											
		<b>P</b>	=	0,00													
		<b>I + P</b>	=	1,00													
<b>CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM</b>																	
$\phi^{\circ}$		$0,9 \times Imp^{\circ} + 0,2 \times Per^{\circ}$	=	0,9	x	0,00	+	0,2	x	1,00	=	0,20					
$\phi$		$0,9 \times Imp + 0,2 \times Per$	=	0,9	x	0,54	+	0,2	x	0,46	=	0,57					
<b>W</b>		$w = w^{\circ} (\phi / \phi^{\circ})^{(1/(1-n))} - 15 I - w^{\circ} P$	=	50	x	7,62	-	15	x	1,00	-	50	x	0,00	=	365,89	mc/ha
<b>W<sup>o</sup></b>		50 mc/ha															
<b>(<math>\phi / \phi^{\circ}</math>)<sup>(1/(1-n))</sup></b>		2,87															
		1,92															
<b>VOLUME MINIMO DI INVASO</b>																	
				365,89	:	10.000,00	x	558,44	=	20,43	mc						
<b>Q</b>		Portata ammissibile sul corpo riceettore 20 l/s/ha		1,12	l/sec												

**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**  
Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

I calcoli sopra riportati forniscono anche informazioni circa le portate massime in uscita agli scarichi nelle configurazioni di progetto desumibili da un coefficiente udometrico di 20 l/sec per ettaro in riferimento ad elaborazioni di pioggia per Tr 50 anni, tali portate sono risultate le seguenti:

LOTTO 1 = 0,7 l/sec (portata ammissibile effluente al ricettore).

LOTTO 2 = 0,74 l/sec (portata ammissibile effluente al ricettore).

LOTTO 3 = 0,75 l/sec (portata ammissibile effluente al ricettore).

LOTTI 4 e 5 = 1,07 l/sec (portata ammissibile effluente al ricettore).

LOTTO 6 = 1,12 l/sec (portata ammissibile effluente al ricettore).

Gli scarichi non potranno, ovviamente, essere realizzati per gravità, ma dovranno essere collegati ad impianti di sollevamento posti alla base delle vasche, per scopi precauzionali si consiglia di realizzare impianti di sollevamento dotati di due pompe così da garantirne il funzionamento in caso di guasto di una delle due.

## **8. DIMENSIONAMENTO TRINCEA DRENANTE**

### **8.1 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ**

Per la determinazione del coefficiente di permeabilità è stata effettuata una prova di portata in foro alla profondità di 1,0 m dall'attuale p.c, eseguita su di un pozzetto a base quadrata. La prova è stata eseguita a carico variabile misurando la velocità di abbassamento in funzione del tempo.

La prova si ritiene eseguita in modo corretto in quanto si sono presentate tutte le condizioni e le caratteristiche per la sua determinazione:

a) Il terreno indagato è stato preventivamente saturato in modo da stabilire un regime di flusso permanente;

b) La profondità del pozzetto è pari a circa 1/7 del dislivello tra il fondo del pozzetto e la falda;

c) Il diametro (o lato di base) del pozzetto è superiore a 10-15 volte il diametro massimo dei granuli del terreno;

d) Il terreno è omogeneo e isotropo.

Prova a carico variabile:

$$k = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} \frac{1 + \left(2 \frac{h_m}{b}\right)}{\left(27 \frac{h_m}{b} + 3\right)}$$

dove:

$h_m$  = altezza media dell'acqua nel pozzetto ( $h_m > d/4$ );

$t_2 - t_1$  = intervallo di tempo;

$h_2 - h_1$  = variazione di livello dell'acqua nell'intervallo  $t_2 - t_1$ ;

$b$  = lato della base del pozzetto.

La prova di portata effettuata in foro, è ripetuta per tre volte dando più o meno lo stesso risultato, è consistita nel versare circa 125 lt d'acqua che ha prodotto un riempimento di circa 50 cm all'interno del pozzetto di forma quadrata (50x50x50 cm), assorbiti nel tempo massimo di 6 minuti e 10 sec. Il risultato ha prodotto quindi una permeabilità  $K = 0.016^{cm/sec}$  quindi valori elevati.

## **9. VERIFICHE IDRAULICHE SCARICO ACQUE BIANCHE**

### **9.1 CALCOLO DEI VOLUMI RACCOLTI E DELLE PORTATE**

Totale superficie = 2.262,61 m<sup>2</sup> (vedi **DATI URBANISTICI DI PROGETTO**)

La portata fluente ad un recapito di raccolta, secondo il metodo razionale della corrivazione, è data da:

$$Q = (\varphi * i * A)/3.6 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$i = h/t \text{ (mm/h)}$$

dove: h = altezza di pioggia al tempo t (mm); t = tempo di pioggia (h); i = intensità di pioggia (mm/h); A = superficie del bacino sotteso (ha);  $\varphi$  = coefficiente di deflusso.

Attribuendo gli appropriati coefficienti di deflusso ( $\varphi$ ) ne deriva:

AREE DA CEDERE	m <sup>2</sup>	Coefficiente di deflusso $\varphi$	i= mm/h	Q m <sup>3</sup> /sec
Superficie totale	4.946,00			
Superficie impermeabilizzata (compresa vasca di laminazione)	1.091,70	1,00	96,0,	0,029
Superficie semipermeabile (parcheggi e percorsi pedonali con autobloccanti)	1.333,50	0,50	96,0	0,018
Verde pubblico	2.520,80	0,20	96,0,	0,013
Totale				0,06

La portata critica, corrispondente al tempo di pioggia imposto a 20 minuti, intensità oraria 96 mm/h, estrapolata dalla stazione pluviometrica di Fano corrisponde a 0,06 m<sup>3</sup>/sec che rappresenta il dato per il dimensionamento della trincea drenante, recettore delle fognature bianche.

Si precisa che la portata critica è stata determinata a titolo maggiormente cautelativo considerando il tempo di pioggia imposto a 20 minuti, intensità oraria 96 mm/h anziché 91,2 mm/h come indicato nella nota del Comune di Fano.

## **10. VERIFICA TRINCEA DRENANTE**

La portata d'acqua che può smaltire una determinata area viene utilizzata per il dimensionamento della trincea drenante, tale portata è ricavabile mediante l'applicazione della formula di Darcy  $Q = K \cdot i \cdot A$

dove:

K = coefficiente di permeabilità

i = gradiente idraulico

A = superficie trincea

Inserendo nella formula i dati noti che sono:  $K = 0,016$  cm/sec  $i = 2$  metri ed ipotizzando il valore di A in  $220 \text{ m}^2$  si ottiene una portata Q pari a  $0,07 \text{ m}^3/\text{sec}$ , poiché tale portata è maggiore di quella in entrata ( $Q = 0,06 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) il dimensionamento della trincea è soddisfatto.

<b>TABELLA RIASSUNTIVA DI VERIFICA DELLA TRINCEA</b>	
Quantitativo acque da smaltire proveniente dalla fognatura delle acque bianche	$0,06 \text{ m}^3/\text{sec}$
Portata in uscita della trincea drenante	$0,07 \text{ m}^3/\text{sec}$
VERIFICA SODDISFATTA	

La verifica ha dimostrato che la trincea drenante di progetto è in grado di smaltire le portate attese, escludendo qualsiasi rischio di impaludamento e danni alle strutture limitrofe.

Dai sondaggi eseguiti all'interno dell'area è emersa la presenza di un pacco alluvionale costituito da ghiaia e sabbia, rinvenibile dalla profondità di 0,6/0,8 metri, con falda posta ad una profondità di circa 10,0 – 12,0 m dal p.c. che consentirebbe il pieno smaltimento del troppo pieno e dello scarico di fondo delle acque bianche attraverso il sistema di trincee drenanti.

La trincea avrà profondità massima pari a mt 2,0 in tal modo lo scarico previsto rispetterà la distanza minima di almeno un metro dal livello statico dell'acquifero.

In fase esecutiva, qualora si rilevassero difformità nei terreni rispetto a quanto indicato nella relazione geologica, la trincea drenante andrà verificata e dimensionata, con indagini geologiche specifiche e prove in sito (prove di permeabilità e portata in foro) atte a verificare l'esatta permeabilità dei terreni disperdenti in posto.

## **11. CONCLUSIONI**

A seguito della verifica di compatibilità idraulica, con lo scopo di definire le misure compensative rivolte al perseguimento del principio dell'invarianza delle trasformazioni territoriali di cui all'art.10, comma 4, della L.R. 22/2011 e dei "criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative" approvati con D.G.R. n. 53 del 27/01/2014 (BUR Marche n.19 del 17/02/2014), si è proceduto a definire le modalità operative e le indicazioni tecniche richieste da tale legge Regionale.

Tale verifica ha appurato che per la realizzazione del piano attuativo è necessario prevedere vasche di laminazione avente i seguenti volumi:

LOTTO 1 =	10,68 m <sup>3</sup>
LOTTO 2 =	11,34 m <sup>3</sup>
LOTTO 3 =	11,38 m <sup>3</sup>
LOTTO 4 =	21,37 m <sup>3</sup>
LOTTO 5 =	21,37 m <sup>3</sup>
LOTTO 6 =	20,43 m <sup>3</sup>

Tali volumi andranno nuovamente verificati e calcolati in fase esecutiva, note con esattezza le superfici impermeabilizzate.

Gli scarichi di fondo delle previste vasche di laminazione verranno smaltiti nella pubblica fognatura con l'ausilio di impianti di sollevamento che entreranno in funzione nelle 48 ore successive all'evento meteorico.

Le vasche di laminazione dovranno essere dotate di un troppopieno che confluisce in dispersione superficiale, tale troppopieno servirà in caso di malfunzionamento dell'impianto di sollevamento.

*Per quanto riguarda l'area da cedere si è proceduto a dimensionare una trincea drenante la cui area dovrà essere pari ad almeno 220 m<sup>2</sup>.*

In zona non sono presenti pozzi ad uso idropotabile con acqua destinata al consumo umano, quindi tale sistema di sicurezza risulta pienamente compatibile con l'ambiente circostante e la vincolistica presente.

In fase esecutiva verranno limitate le impermeabilizzazioni delle superfici scoperte, privilegiando l'utilizzo di pavimentazioni permeabili o semipermeabili.

**Fano, lì 05/11/2018**