



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



ASET s.p.a

PROGETTO FINANZIATO DALL' UNIONE EUROPEA- NEXT GENERATION EU

REGIONE MARCHE
PROVINCIA DI PESARO E URBINO
COMUNE DI FANO

PNRR - M2C4 - TUTELA DEL TERRITORIO E DELLA RISORSA IDRICA – 2.2:
INTERVENTI PER LA RESILIENZA, LA VALORIZZAZIONE DEL TERRITORIO E
L'EFFICIENZA ENERGETICA DEI COMUNI. REALIZZAZIONE DI UNA FOGNATURA PER
ACQUE METEORICHE NEL QUARTIERE DI SASSONIA NEL COMUNE DI FANO (PU)
CUP E36H19000080004 CUI L00127440410202000005

FASE PROGETTUALE
PROGETTO ESECUTIVO
OGGETTO
RELAZIONE IDRAULICA

ELABORATO

data:

FEBBRAIO 2021

D2

scala:

PROGETTISTA:

I&A IDRAULICA
AMBIENTE
Società di ingegneria

SOCIETÀ DI INGEGNERIA - VIA B. BEDOSTI, 21 - 61122 PESARO
TEL. E FAX. +39 0721 453542 - E-mail ingegneria@idraulicaeambiente.it

Ing. Giacomo Furlani



COMMITTENTE:

COMUNE DI FANO

VIA S. FRANCESCO D'ASSISI, 76 - 61032 FANO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Federico Fabbri

REV.	DATA	OGGETTO	RED.	CONT.	APP.
00	22/02/2021	EMISSIONE	AO	EP	GF
01	14/04/2021	REVISIONE	AO	EP	GF
02	28/05/2021	REVISIONE	AO	EP	GF
03	05/12/2022	REVISIONE	AO	EP	GF

INDICE

1	PREMESSA	2
2	ANALISI DELLE PIOGGE.....	3
3	GLI INTERVENTI DI PROGETTO – FOGNATURA BIANCA	8
3.1	I PRINCIPALI PARAMETRI PROGETTUALI E LE PROCEDURE DI DIMENSIONAMENTO ADOTTATE	8
3.2	RISULTATI DEI CALCOLI.....	10

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1:DATI DI PIOGGIA RELATIVE ALLA STAZIONE DI MISURA DI FANO - REGIONE MARCHE - CENTRO FUNZIONALE REGIONALE SERVIZIO DI PROTEZIONE CIVILE DELLA REGIONE MARCHE	4
TABELLA 2: DURATA PIOGGIA 0-1 H - PARAMETRI “N, A” E CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA.....	6
TABELLA 3: DURATA PIOGGIA 1-24 H - PARAMETRI “N, A” E CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA.....	6
TABELLA 4: VALORI DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO IMPIEGATI.....	8
TABELLA 5: CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	9
TABELLA 6: RISULTATI DELLE VERIFICHE IDRAULICHE	15

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1: CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI FANO (0-1 H).....	7
FIGURA 2: CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI FANO (1-24 H).....	7
FIGURA 3: INDIVIDUAZIONE DELLE SUPERFICI SCOLANTI	10
FIGURA 4: SCHEMA TOPOLOGICO DI RETE	16

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica è relativa alla “REALIZZAZIONE DI UNA FOGNATURA PER ACQUE METEORICHE NEL QUARTIERE DI SASSONIA DI FANO NEL COMUNE DI FANO (PU)”.

La finalità dell'intervento in oggetto, così come riportato nel documento D1 RELAZIONE GENERALE E SPECIALISTICA è quella di migliorare le modalità di smaltimento e recapito delle acque meteoriche che attualmente finiscono tramite la fognatura mista nella suddetta fognatura nera. La realizzazione del nuovo collettore per acque meteoriche inoltre consentirà l'allaccio per le acque meteoriche dei tre comparti residenziali collocati tra Via Gentile da Fabriano, Viale Cesare Battisti, Via della Marina e Via Caduti del Mare. Per questo in progetto sono stati considerati anche i rispettivi allacci dei tre comparti di cui trattasi. Infine a seguito della realizzazione del collettore sarà possibile migliorare indirettamente sia la qualità delle acque di balneazione dato che la fognatura di trasporto verso il depuratore è caratterizzato da alcuni sfioratori che entrano in funzione in tempo di pioggia scaricando in prossimità della linea di costa sia la funzionalità del depuratore dato che diminuiranno i quantitativi di acque di pioggia che giungeranno all'impianto stesso.

Nel seguito della presente relazione tecnica si illustra l'analisi delle piogge assunte per il dimensionamento delle opere fognarie di tipo bianco, quindi si riporta la descrizione dei principali parametri progettuali e di dimensionamento adottati ed i relativi risultati di calcolo di dimensionamento.

fatte.

2 ANALISI DELLE PIOGGE

Lo scopo dello studio idrologico è quello di valutare le principali caratteristiche idrologiche che influenzano il calcolo delle dimensioni ed il sistema di drenaggio dell'acqua piovana di progetto.

Come stazione di riferimento per i dati di pioggia è stata utilizzata la stazione di misura di Fano che offre una serie cronologica di dati sufficientemente estesa.

Il dato fondamentale su cui si basa l'analisi statistica è l'altezza di precipitazione in riferimento ad un dato intervallo di tempo, da scegliere in funzione dell'estensione, della zona in questione e delle sue caratteristiche di permeabilità.

Infatti la durata delle piogge considerate più critiche per la zona in questione aumenta al crescere dell'area e al diminuire del coefficiente di deflusso.

Per i sistemi di drenaggio dell'acqua piovana, così come quelli di progetto che riguardano una piccola zona con valori relativi bassi del coefficiente di deflusso, il tempo di corrivazione deve essere inferiore alle 24 ore. Pertanto, come dati relativi alle piogge sono stati considerati quelli di durata inferiore all'ora in particolare le "precipitazione di notevole intensità e di breve durata" e le massime annuali "precipitazioni orarie di durata $1 \div 24$ ore".

Questo paragrafo descrive l'analisi idrologica con particolare riferimento all'elaborazione dei dati pluviometrici e alla stima dei deflussi relativi al bacino principale.

Le informazioni idrologiche sull'area possono essere sintetizzate da un'espressione monomia che lega l'altezza di pioggia h e la durata T chiamata curva di possibilità pluviometrica:

$$h = at^n$$

Per la stima dei parametri a e n vengono considerati i dati di pioggia registrati dai pluviografi che nel caso dell'area di studio possono essere ben rappresentati dalla serie temporale della stazione pluviometrica di misura di Fano facente parte del Centro Funzionale Regionale Servizio di Protezione Civile della Regione Marche (Tabella 1).

Tabella 1: Dati di pioggia relative alla stazione di misura di Fano - Regione Marche - Centro Funzionale Regionale Servizio di Protezione Civile della Regione Marche

data	minuti				ore			
	15	20	30	60/1	3	6	12	24
29/09/1951				29	40	44	64	79
31/10/1952	13			21	21	24	31	40
28/05/1953			19	40	55	67	79	84
16/05/1954	12			16	19	25	36	43
05/07/1955				39	54	64	64	74
03/09/1957			20	23	25	32	35	43
01/10/1958	11			17	28	31	41	53
01/11/1959		22		26	34	39	55	55
28/07/1960	20			30	31	31	33	41
06/07/1961				39	56	62	65	65
28/09/1962				26	40	45	54	56
06/12/1963	15			20	40	43	48	49
15/08/1964			34	38	42	45	68	68
26/08/1965				35	35	35	46	53
17/11/1966	17			21	39	60	98	113
09/06/1967	21			23	32	32	32	32
09/12/1968		13		13	16	29	37	51
11/09/1969		11		47	62	64	64	64
16/07/1970			18	48	60	62	76	81
12/09/1971	11			15	19	26	36	58
17/07/1972		17		17	28	28	32	34
07/03/1973			27	24	52	74	101	133
23/08/1974				17	22	27	37	41
12/10/1975		32		32	36	45	67	82
18/08/1976	16			32	36	45	58	105
23/08/1977	11			26	29	29	36	45
06/09/1978				27	53	58	61	61
11/11/1979		24		24	65	104	123	155
03/09/1981	19			24	26	32	51	85
26/10/1982		11		15	23	34	47	73
17/09/1983	12			40	60	68	68	71
25/02/1984	13			17	19	31	44	47
21/10/1985				32	36	37	45	50
14/07/1986		20		31	33	40	67	87
30/03/1987	14			25	31	33	40	47
18/06/1988			22	27	28	29	29	30
28/08/1989	16			30	36	53	54	73
11/07/1990	12			28	39	39	40	40
30/10/1992				10	17	25	27	32
06/07/1993	11			22	34	36	37	37
20/01/1994	9			13	27	42	58	66
17/08/1995			16	24	40	50	52	59

31/08/1996			25	41	56	75	87	99
14/09/1997	10			21	33	41	53	55
11/11/1998	11			20	39	55	67	84
16/08/1999			17	25	45	47	49	76
15/07/2000	12			27	41	46	85	86
24/09/2001	22			30	31	40	48	49
19/07/2002			15	22	36	37	37	37
24/09/2003	15			23	23	23	33	33
16/09/2004			15	22	25	29	37	40
18/09/2005	23			46	81	118	138	142
02/08/2006	18,2			37,4	43,8	59,2	87,2	110
27/05/2007	15,2			23,4	24	24,4	40	40
2008								
10/08/2009	18,4		22,6	22,8	26	30	34,6	40
04/08/2010	22		25,4	41,6	45,4	45,4	48,8	58,8
06/06/2011	22		28,4	36,8	41,4	41,4	41,6	46,6
31/08/2012	13		16,2	20,2	35,8	38,6	54,8	66,4
20/08/2013	20		26,2	32,2	39,6	39,6	46,8	60,2
01/09/2014	13,4		26,8	28,2	52,8	78,8	109	130,6
2015								
2016								
03/09/2017	11,2		18,6	28	39,8	45,4	55,8	66,6
22/06/2018	16,4		32,6	45,4	53,4	57,6	57,8	72,4
09/07/2019	20,00		35,40	40	41,4	41,4	41,4	48,8

Il presente capitolo riguarda l'elaborazione statistica del campione (o dei campioni) delle misure della variabile idrologica pioggia con lo scopo di definire la forma della funzione di distribuzione di probabilità (FDP) della variabile medesima, ossia il legame tra la variabile e il tempo di ritorno (il numero medio di anni che occorre aspettare per il primo superamento di un generico valore x proveniente da una serie di dati e si ricava dal processo dei massimi annuali mediante la relazione $T(x) = E[N_x] = \frac{1}{1-F(x)}$; è inoltre legato

alla probabilità che x sia superato almeno una volta in n anni tramite la relazione $P = 1 - \frac{1}{T}$ che a sua volta risulta legata al *rischio* $R=1-P$):

$$X_T = X(T)$$

Nel caso in oggetto, il legame tra la variabile e il tempo di ritorno viene individuato elaborando i suoi massimi annui misurati in una serie di anni, anche non consecutivi, procedura definita come elaborazione della serie dei massimi annui (AM). La stima della (FDP) della variabile idrologica altezza di pioggia è ottenuta da un unico campione di dati misurati. Il campione, a parte un'annata, è stato misurato presso l'Osservatorio Meteorologico Valerio, ubicato nella parte centrale della città di Pesaro. La FDP prescelta è quella di Gumbel in cui la distribuzione del massimo valore, l'altezza di precipitazione massima caduta in un intervallo prescelto, tra M valori di una variabile casuale, segue la cosiddetta prima legge asintotica del

massimo valore (o di Gumbel appunto), quando M è sufficientemente grande, come si vedrà nel prossimo paragrafo.

Al fine di calcolare le portate di pioggia, occorrono pertanto informazioni sull'idrologia della zona. Queste informazioni possono essere riassunte dalla relazione a due parametri denominata legge di probabilità pluviometrica o curva segnatrice di possibilità climatica che lega le altezze di pioggia con le durate di pioggia con l'espressione seguente:

$$h = at^n$$

Per la stima di a e n è necessario raccogliere i dati di pioggia riportati dai pluviografi che nel caso in questione possono essere ben rappresentati dal pluviometro di Fano (Metaurilia dal 2009) facente parte dell'ex Servizio Idrografico Nazionale sezione di Bologna ora gestito dalla Protezione Civile Regionale.

Si sono costruite differenti curve di possibilità climatica per diversi tempi di ritorno ($Tr = 200$ anni, $Tr = 100$ anni, $Tr = 50$ anni, $Tr = 30$ anni, $Tr = 15$ anni, $Tr = 10$ anni, $Tr = 5$ anni) tramite l'uso della legge di probabilità di Gumbel che lega i valori estremi di pioggia della precedente tabella con la probabilità di avere valori minori di quelli considerati. Tramite tale procedimento matematico è possibile calcolare la curva di possibilità climatica stimando i parametri a e n con il metodo dei minimi quadrati riassunti nella sottostante Tabella 2 e Tabella 3.

Tabella 2: Durata pioggia 0-1 h - Parametri “n, a” e curve di possibilità climatica

Tr	200	100	50	30	15	10	5
(ore)	$h=63.16t(0.440)$	$h=58.08t(0.438)$	$h=52.97t(0.435)$	$h=49.78t(0.433)$	$h=43.62t(0.429)$	$h=40.89t(0.427)$	$h=35.40t(0.421)$
0,250	34,312	31,650	28,976	27,032	24,060	22,629	19,750
0,333	38,944	35,899	32,841	30,616	27,222	25,585	22,292
0,500	46,554	42,873	39,177	36,490	32,397	30,420	26,441
1,000	63,163	58,076	52,969	49,258	43,622	40,893	35,398

Tabella 3: Durata pioggia 1-24 h - Parametri “n, a” e curve di possibilità climatica.

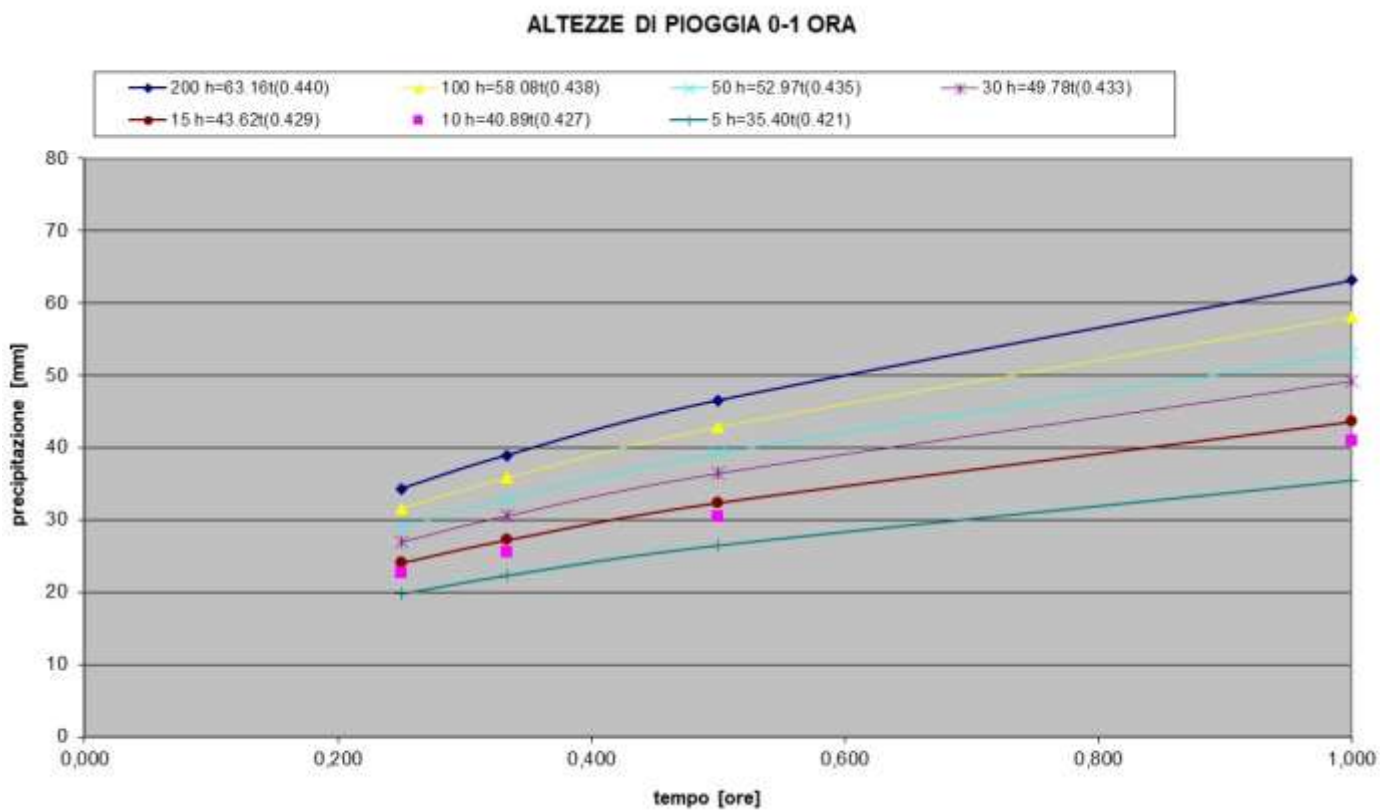
Tr	200	100	50	30	15	10	5
(ore)	$h=61.60t(0.319)$	$h=56.60t(0.315)$	$h=51.59t(0.311)$	$h=47.94t(0.307)$	$h=42.41t(0.300)$	$h=39.73t(0.296)$	$h=34.34t(0.286)$
1	61,600	56,603	51,589	47,945	42,406	39,730	34,345
3	87,413	80,016	72,590	67,191	58,983	55,014	47,021
6	109,011	99,546	90,044	83,137	72,634	67,555	57,328
12	135,947	123,843	111,695	102,866	89,444	82,956	69,894
24	169,537	154,071	138,552	127,277	110,144	101,866	85,215

Le curve elencate nella precedente Tabella 2 e Tabella 3 sono riassunte nella seguente Figura 1 e Figura 2, in cui si mostra per i 8 differenti valori del tempo di ritorno l'andamento delle precipitazioni sempre per durate comprese fra 1 – 24 ore.

Figura 1: Curva di possibilità pluviometrica di Fano (0-1 h)



Figura 2: Curva di possibilità pluviometrica di Fano (1-24 h)



3 GLI INTERVENTI DI PROGETTO – FOGNATURA BIANCA

Il sistema di fognatura di progetto destinato alle acque meteoriche, così come riportato nelle tavole della serie G3 PLANIMETRIA DI PROGETTO, verrà realizzato con tubazioni in PVC di classe di rigidità SN 8 conformi alla norma UNI EN 1401 e diametri pari a DN 800 e DN 1000 e pendenza di progetto pari allo 0,001 m/m. Anche le opere di adeguamento della fognatura mista nel tratto interferenze con le opere di progetto lungo Via Caduti del Mare – Via Campioni e nelle suddette tre Vie in cui saranno realizzati gli allacci saranno realizzate in PVC impiegando i medesimi diametri attualmente presenti.

Sui collettori di nuova realizzazione in PVC verranno impiegati pozzetti di ispezione prefabbricati di dimensioni interne minime 80x80 cm ed altezza variabile in funzione dello scorrimento della tubazione in corrispondenza di:

- cambi di direzione, diametro, livelletta;
- immissioni e confluenze principali;
- inizio spine di fognatura primaria;
- mediamente ogni 80 - 120 m di condotta.

Lungo il collettore principale si prevede inoltre di realizzare le caditoie per l'intercettazione delle acque stradali.

3.1 I PRINCIPALI PARAMETRI PROGETTUALI E LE PROCEDURE DI DIMENSIONAMENTO ADOTTATE

Il dimensionamento delle condotte per la portata di massima piena, con tempo di ritorno pari a 30, è stata effettuato sulla base delle metodologie riportate nel proseguo della relazione, utilizzando i coefficienti di deflusso riportati nelle seguenti Tabella 4 e Tabella 5.

Tabella 4: Valori dei coefficienti di deflusso impiegati.

Tipologia superficie	ϕ
Nuovi Comparti residenziali	0,50
Strade e aree impermeabili	0,80

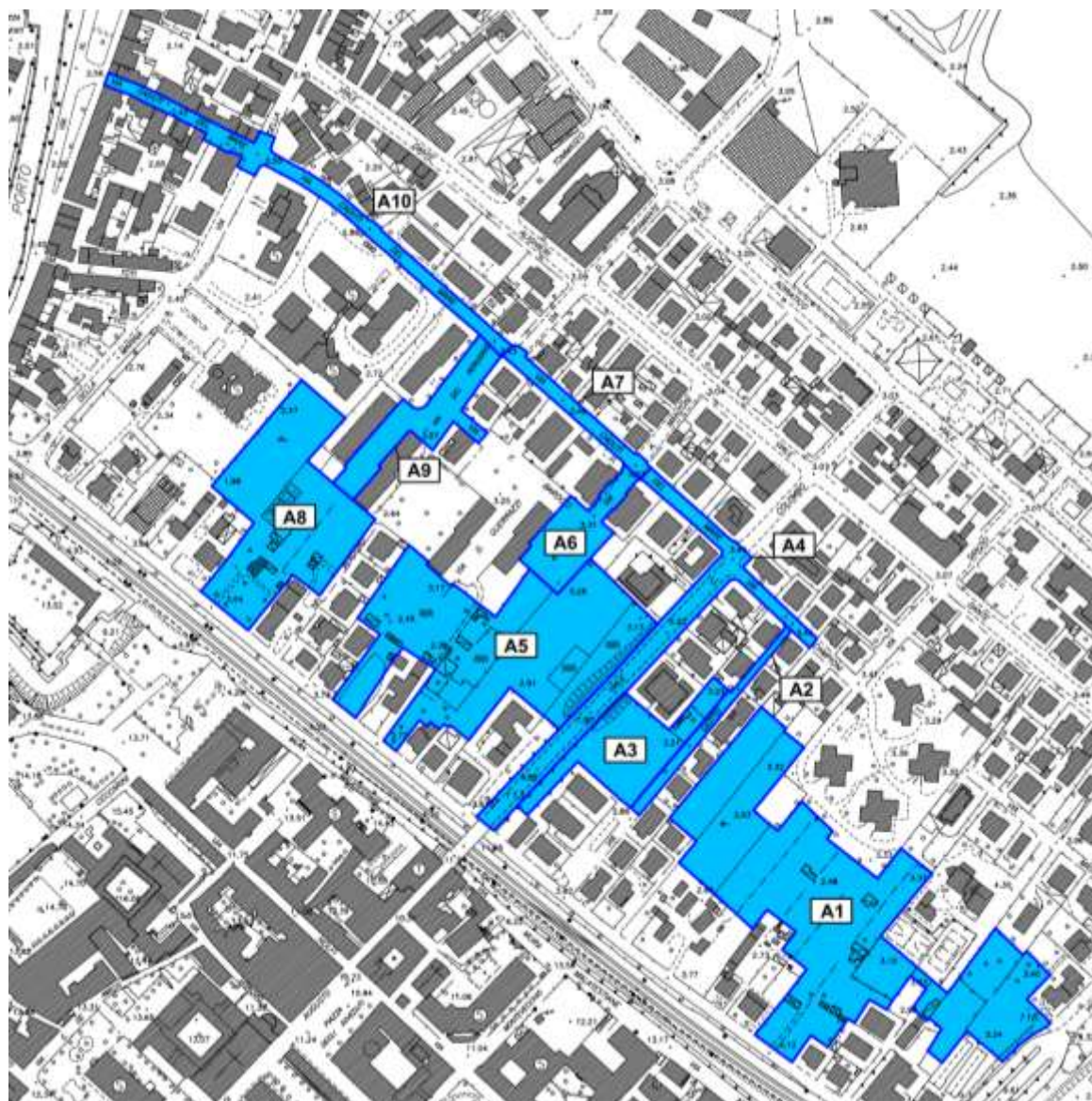
Con riferimento alla precedente Tabella 4 e allo schema delle superfici scolanti nel collettore di progetto (Figura 3), nella seguente Tabella 5 si riporta il calcolo del coefficiente di deflusso assunto nei calcoli della fognatura.

Tabella 5: Calcolo del coefficiente di deflusso

n. area	Superficie [mq]	coefficiente deflusso
A1	16550,98	0,50
A2	777,72	0,80
A3	3173,63	0,50
A4	3928,62	0,80
A5	11568,74	0,50
A6	1939,86	0,80
A7	935,80	0,80
A8	7286,80	0,50
A9	2402,51	0,80
A10	2526,44	0,80
totale	51091,10	0,57

Nei comparti di nuova realizzazione è stato assunto cautelativamente il coefficiente 0,50 dato che gli stessi dovranno essere sottoposti alle disposizioni relative all'invarianza di cui alla *Delibera di Giunta Regionale n. 53 del 27/01/2014 "L.R. 23 novembre 2011 n. 22 - Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico. - Art. 10, comma 4 - 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"*.

Figura 3: Individuazione delle superfici scolanti



Il dimensionamento delle reti di fognatura riportato negli elaborati grafici è stato effettuato, per il tempo di ritorno di 30 anni, utilizzando il metodo del volume d'invaso ed il calcolo è stato eseguito con un programma in Fortran. Tale metodo, com'è noto, ha nelle ipotesi di moto uniforme nei condotti e di sbocco non rigurgitato due delle ipotesi maggiormente vincolanti e riduttive per interpretare correttamente il loro reale funzionamento. Il metodo di calcolo adottato viene di seguito descritto.

3.2 RISULTATI DEI CALCOLI

Nella pratica ingegneristica italiana è consuetudine utilizzare il metodo cinematico, ovvero il metodo del volume d'invaso per dimensionare e verificare reti di fognatura per acque di pioggia. Tali metodi, com'è noto, hanno nelle ipotesi di moto uniforme nei condotti e di sbocco non rigurgitato due delle condizioni maggiormente vincolanti e riduttive per interpretare correttamente il reale funzionamento delle reti.

Nella stesura del presente progetto si è quindi proceduto dapprima all'applicazione del metodo del volume d'invaso. Nell'ambito di tale metodo il volume specifico dei piccoli invasi è stato posto pari a $50 \text{ m}^3/\text{ha}$ per la parte di rete in progetto e per quella esistente con piogge caratterizzate dal tempo di ritorno di progetto.

Come noto, le portate udometriche possono essere valutate in condizione di riempimento sincrono, cioè ipotizzando che tutte le sezioni raggiungano contemporaneamente il massimo grado di riempimento consentito, oppure asincrono. L'espressione utilizzata per il calcolo della portata udometrica fa riferimento al funzionamento dei condotti a superficie libera. Dall'equazione di continuità e da quella di moto uniforme, con l'ipotesi semplificativa che regola la SCALA DI DEFLUSSO: $q = c\omega^\alpha$, ponendo $\alpha = 1$, si giunge all'espressione della PORTATA UDOMETRICA Q_{ud} che è la massima portata generata dall'equazione di progetto:

$$Q_{ud} = 2168 \frac{n(\Psi \cdot a)}{(v^{n-1})A}$$

dove: a = coeff. della curva segnalatrice di possibilità climatica

n = esponente della curva segnalatrice di possibilità climatica

Ψ = coeff. di afflusso

v = volume specifico di invaso

Il metodo dell'invaso è un modello concettuale molto semplice ed immediato che richiede la stima di poche grandezze a scapito però di drastiche schematizzazioni riguardo ai fenomeni idrologici ed idraulici. I metodi più completi, indicati come modelli fisicamente basati, necessitano di un'accurata e laboriosa stima di numerosi parametri che ne impediscono il loro pratico utilizzo. I principali limiti del metodo dei volumi d'invaso consistono nel fatto che il fenomeno idraulico viene visto nella rete condotto per condotto ed in moto uniforme. Tuttavia sotto le ipotesi di autonomia e sincronia del moto il metodo dell'invaso acquista una buona credibilità:

- AUTONOMIA: si immagina il moto uniforme in ogni condotto, poiché si vede ogni condotta indipendentemente da ciò che c'è a valle e non induce nulla su ciò che sta a monte, il moto dipende solo dalle condizioni del condotto in esame e l'affluente non subisce il rigurgito dello stato d'acqua del ricevente.
- SINCRONIA: si immagina che il grado di riempimento cresca allo stesso modo su tutta la rete e allora si pensa che quando il condotto di valle è pieno, anche tutti gli altri lo sono (ma ciò non è sempre vero). Questa ipotesi è tanto più vera quanto più la rete è piatta.

Si è proceduto al dimensionamento della rete considerando vere tali ipotesi e assumendo quindi un volume invasabile nei condotti pari a quello a bocca piena. Si è così assunto che tutti i condotti raggiungono contemporaneamente il massimo grado di riempimento, si sono così di conseguenza sottostimati i coefficienti udometrici andando a favore di sicurezza (CASO SINCRONO).

Il metodo dei volumi d'invaso richiede la stima dei seguenti parametri:

- **AREE PARZIALI DI RAMO:** si è suddiviso il territorio in diverse aree ognuna tributaria di un certo ramo e/o nodo. La suddivisione si è effettuata nel modo più razionale possibile, tenendo conto della morfologia del territorio e delle unità abitative.
- **COEFFICIENTI D'AFFLUSSO:** tengono conto del fatto che non tutte le precipitazioni meteoriche vengono considerate nel volume d'invaso, poiché una parte d'acqua viene persa per evaporazione infiltrazione e depositi superficiali definitivi.
- **VOLUME SPECIFICO DI INVASO:** terminato l'evento di pioggia, i volumi specifici che temporaneamente si sono accumulati durante il fenomeno di afflusso, via via si esauriscono in fognatura. E' quindi un accumulo benefico che sgrava il picco delle portate di pioggia.

Nell'ottica del programma di calcolo che si è utilizzato si deve considerare solo il volume di accumulato extra condotta, poiché l'accumulo nel condotto principale viene inserito automaticamente dal programma in corso di calcolo. Quindi il volume specifico d'invaso deve essere visto come una lama d'acqua uniformemente distribuita su ogni area versante ed in più come accumulo nei condotti secondari che affluiscono nella rete fognaria principale (grondaie, fognoli e pozzetti).

In particolare si è considerato:

- un volume specifico di deflusso superficiale, legato al velo d'acqua che si forma in superficie, variabile tra 1 e 2 mm;
- un volume specifico nei condotti secondari a monte della sezione, ipotizzando un riempimento dello 80 % otteniamo $v_c = 0.8 \cdot \Omega \cdot L / A$ con A = area tributaria, L = lunghezza condotto, Ω = sezione condotto secondario;
- un volume specifico invasato nei pozzetti $v_p = V_p \cdot n / A$ con V_p = volume pozzetto, n = numero pozzetti, A = area tributaria.

Quindi il volume specifico d'invaso per ciascuna area parziale è stato ricavato come:

$$V = V_{lama} + V_c + V_p$$

e si sono ottenuti dei v variabili tra 4 e 6 mm.

Il calcolo è stato eseguito con un programma in Fortran che richiede fra i dati di ingresso, anche l'indice di ramo, il quale è costituito da un complesso di 6 cifre: le prime due cifre rappresentano l'ordine gerarchico al quale il condotto appartiene, le seconde rappresentano il numero progressivo che caratterizza il condotto all'interno del suo ordine gerarchico, la terza coppia rappresenta il numero progressivo del condotto al quale il condotto in esame afferisce.

Il programma richiede anche un elenco delle sezioni di condotte che si desidera utilizzare, ordinate per valori crescenti della sezione bagnata a bocca piena.

Il calcolo fornisce il coefficiente udometrico e la portata udometrica (Q_{ud}) la quale dovrà essere confrontata con la portata di moto uniforme Q che è in grado di fornire la sezione scelta per quel ramo. Quindi il calcolo prosegue per tentativi fino a quando la sezione del condotto è sufficiente a far sì che: $Q_{ud} \leq Q$

Infatti una delle ipotesi fondamentali su cui si basa il programma è che i condotti funzionino a bocca piena ma non in pressione, anche se si accetta un valore massimo di Q_{ud}/d pari a 1,05, accettando un leggero funzionamento in pressione.

Per ogni sezione la portata a bocca piena in metri cubi al secondo viene calcolata in condizioni di moto uniforme con la formula:

$$Q = C \cdot \Omega \cdot \sqrt{g \cdot R \cdot i_f}$$

essendo

- g : accelerazione di gravità
- Ω : sezione a bocca piena della sezione in metri quadrati
- R : raggio idraulico a bocca piena in metri
- i_f : pendenza del ramo
- C : coefficiente di resistenza adimensionale calcolabile con l'espressione di Gauckler-Strickler ovvero con:

$$C = 5,75 \cdot \log\left(\frac{13,3 \cdot \phi \cdot R}{\xi}\right)$$

Essendo:

ϕ : coefficiente dipendente dalla forma della sezione

ξ : scabrezza omogenea equivalente in metri

La verifica idraulica della sezione viene eseguita controllando che la portata di moto uniforme defluente nel condotto in corrispondenza di un determinato grado di riempimento sia maggiore della portata udometrica. Di seguito, con riferimento allo schema di calcolo di seguito allegato (Figura 4) assunto per la rete che è stata oggetto di dimensionamento, si riportano nella Tabella 6 i relativi calcoli idraulici della rete di fognatura.

L'espressione utilizzata per il calcolo della portata udometrica fa riferimento al funzionamento dei condotti a superficie libera. Dall'equazione di continuità e da quella di moto uniforme, con l'ipotesi semplificativa che regola la SCALA DI DEFLUSSO: $q = c\omega^\alpha$, ponendo $\alpha = 1$, si giunge all'espressione della PORTATA UDOMETRICA Q_{ud} che è la massima portata generata dall'equazione di progetto:

$$Q_{ud} = 2168 \frac{n(\Psi \cdot a)}{(v^{n-1})A}$$

dove: a = coeff. della curva segnalatrice di possibilità climatica;

n = esponente della curva segnalatrice di possibilità climatica;

Ψ = coeff. di afflusso;

v = volume specifico di invaso.

Tabella 6: Risultati delle verifiche idrauliche

CURVA DI POSSIBILITA' CLIMATICA IMPIEGATA

a = 0.0479 n = 0.3070

DATI IN INGRESSO

INDICE RAMO	AREA PARZ RAMO (HA)	COEFF DI AFFL.	VOL. SPEC. INVASO	LUNG. DEL RAMO (M)	PENDEN. DEL RAMO (M)	I SEZ	I OPZ	INDICE BIFOR.	PORT. BIFOR
							1/2/3		(MC/S)
10101	1.7	0.50	0.005	150	0.0010	0	2	0	0.00
20101	0.4	0.56	0.005	128	0.0010	0	2	0	0.00
20202	1.2	0.50	0.005	70	0.0010	0	2	0	0.00
30101	0.4	0.80	0.005	131	0.0010	0	2	0	0.00
30201	0.2	0.80	0.005	86	0.0010	0	2	0	0.00
30302	0.7	0.50	0.005	70	0.0010	0	2	0	0.00
40101	0.1	0.80	0.005	108	0.0010	0	2	0	0.00
40201	0.2	0.80	0.005	139	0.0010	0	2	0	0.00
50101	0.3	0.80	0.005	308	0.0010	0	2	0	0.00

RISULTATI DELLA ELABORAZIONE

INDICE RAMO	AREA TOT. RAMO (HA)	COEF. AFFL. EQUI.	VOLUME INVASO TOTALE (M)	COEF. UDOM. L/S*HA	PORTATA UDOM QUD	PORTATA MOTO UNIFOR.	QUD/D	INDICE SEZ ESIST.	INDICE SEZ PROGET
					(MC/SEC)				
10101	1.7	0.50	0.0095	127.78	0.21	0.47	0.45	0	7
20101	2.1	0.51	0.0106	108.62	0.22	0.25	0.88	0	6
20202	1.2	0.50	0.0080	188.40	0.22	0.47	0.46	0	7
30101	2.4	0.56	0.0124	100.95	0.25	0.47	0.52	0	7
30201	1.3	0.54	0.0096	164.28	0.22	0.25	0.87	0	6
30302	0.7	0.50	0.0080	190.40	0.14	0.25	0.55	0	6
40101	3.9	0.56	0.0126	96.63	0.38	0.47	0.79	0	7
40201	1.0	0.57	0.0117	125.87	0.12	0.25	0.48	0	6
50101	5.1	0.57	0.0151	70.31	0.36	0.47	0.76	0	7

STAMPA DELLE CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI USATE

NUMERO SEZIONE CONDOTTO	SUP. SEZ. (MQ)	CONTORNO BAGNATO A BOCCA PIENA (M)	SCABREZZA (M)	
1	0.03	0.63	0.0005	DN 200
2	0.05	0.79	0.0005	DN 250
3	0.08	0.99	0.0005	DN 315
4	0.13	1.26	0.0005	DN 400
5	0.20	1.57	0.0005	DN 500
6	0.31	1.98	0.0005	DN 630
7	0.50	2.51	0.0005	DN 800
8	0.79	3.14	0.0005	DN 1000
9	1.13	3.77	0.0005	DN 1200
10	1.77	4.71	0.0005	DN 1500

Figura 4: Schema topologico di rete

