

IMPIANTO FOTOVOLTAICO EG MARCO POLO SRL E OPERE CONNESSE

POTENZA IMPIANTO 29.73 MWp - COMUNE DI CANARO (RO)

Proponente

EG MARCO POLO S.R.L.

VIA DEI PELLEGRINI 22 – 20122 MILANO (MI) - P.IVA: 11769710960 – PEC: egmarcopolo@pec.it



Progettazione



Ing. Alberto Rizzoli

VIA R. ZANDONAI 4 – 44124 - FERRARA (FE) - P.IVA: 00522150382 – PEC: incico@pec.it

Tel.: +39 0532 202613 – email: a.rizzoli@incico.com



Collaboratori



P.ind. Michele Lambertini

VIA R. ZANDONAI 4 – 44124 - FERRARA (FE) - P.IVA: 00522150382 – PEC: incico@pec.it

Tel.: +39 0532 202613 – email: m.lambertini@incico.com

Coordinamento progettuale



SOLAR IT S.R.L.

VIA ILARIA ALPI 4 – 46100 - MANTOVA (MN) - P.IVA: 02627240209 – PEC: solarit@lamiappec.it

Tel.: +390425 072 257 – email: info@solaritglobal.com

Titolo Elaborato

RELAZIONE IDRAULICA

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILE NAME	DATA
DEFINITIVO	PD_REL22	IT-2021-0130_PD_REL22.01-Relazione idraulica.docx	24/05/2022

Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	21/11/21	EMISSIONE PER PERMITTING	MB	MB	EG
1	24/05/22	INCREMENTO POTENZA	LBO	MLA	AFA



COMUNE DI CANARO (RO)
REGIONE VENERO



RELAZIONE IDRAULICA

ai sensi della DGRV 2948/2009 all.A

INDICE

Contenuto del documento

1. INTRODUZIONE	1
2. UBICAZIONE IMPIANTO e STAZIONE AT	1
3. CALCOLO SUPERFICIE COPERTA.....	2
4. CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE DELLA ZONA OGGETTO DI INTERVENTO	3
5. STIMA DELLA VARIAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	9
Stima del coefficiente di deflusso nelle condizioni attuali	10
Stima del coefficiente di deflusso nelle condizioni di progetto	11
6. STIMA DEL GRADO DI IMPERMEABILIZZAZIONE	12
7. PROGETTAZIONE DELL'INVASO: premesse generali.....	13
Software utilizzato.....	13
Definizione delle piogge di progetto	13
Metodologie di dimensionamento e verifica adottate	14
Calcolo della portata massima scaricata	16
Tempo di svuotamento	16
Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica	16
Approccio progettuale.....	17
8. CALCOLO INVASO.....	18
Area A	18
Area B	19
Area C	20
Area D	21
Area E	22
Stazione Utente AT.....	24
9. PORTATE SMALTITE NELLE CONDIZIONI DI PROGETTO E PUNTO DI RECAPITO.....	24
10. CALCOLO DEI VOLUMI NECESSARI PER LA LAMINAZIONE	25
11. DIMENSIONAMENTO DELLA RETE	25
12. CONCLUSIONI	26
Dati riassuntivi del progetto.....	26

1. INTRODUZIONE

Scopo del presente documento è quello di illustrare i criteri progettuali e le principali caratteristiche tecniche relative alla costruzione di un impianto fotovoltaico associato alla proponente Società EG MARCO POLO S.r.l. con sede in Via dei Pellegrini 22 (MI). Tutte le parti di impianto oggetto della presente valutazione saranno realizzate nel territorio del comune di Canaro (RO) con moduli installati su strutture a terra, ovvero su apposite strutture di sostegno direttamente infisse nel terreno senza l'ausilio di elementi in calcestruzzo, sia prefabbricato che gettato in opera.

L'impianto sarà direttamente collegato alla rete pubblica di distribuzione e trasmissione dell'energia elettrica in media tensione (grid connected) in modalità di cessione pura, ovvero l'energia prodotta dall'impianto non sarà utilizzata in loco ma totalmente immessa in rete al netto dei consumi per l'alimentazione dei servizi ausiliari necessari al corretto funzionamento ed esercizio dell'impianto stesso.

La delibera di giunta regionale D.G.R. 2948 del 6/10/2009 annulla la precedente D.G.R. 1841 del 2007 emanata a modifica e integrazione della D.G.R. 3637 del 2002 e della D.G.R. 1322 del 2006. La più recente delibera regionale tuttavia mantiene il concetto dell'invarianza idraulica per aree di nuova urbanizzazione e stabilisce di accompagnare le trasformazioni territoriali ai stemi di limitazione delle portate scaricate e di volumi di invaso in grado di limitare le stesse al valore caratteristico del terreno prima della trasformazione.

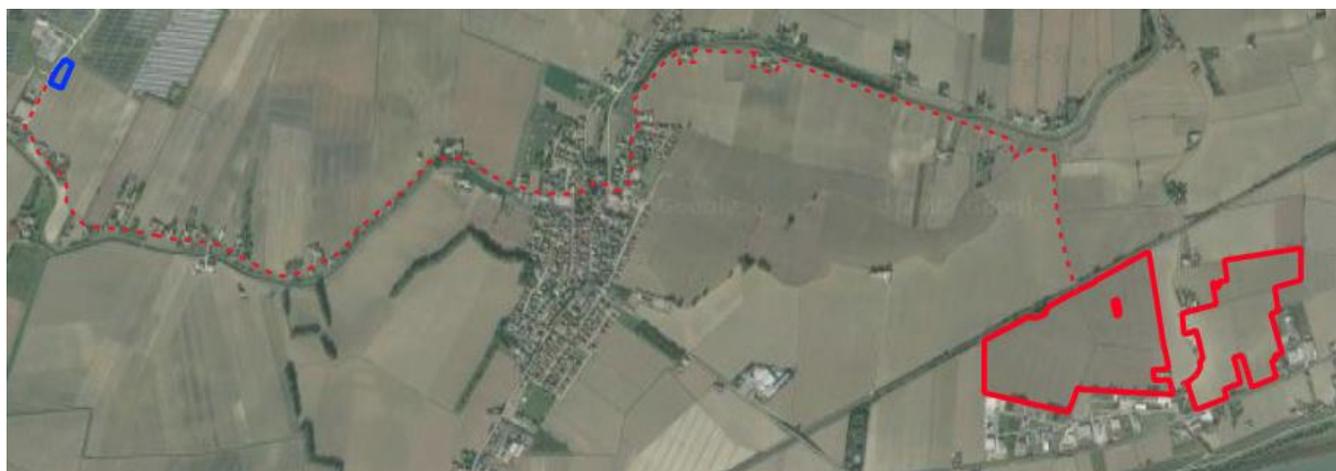
Di conseguenza, la realizzazione di superfici ad elevato coefficiente di deflusso (strade, piazzali e coperture di edifici) e la contemporanea necessità di mantenere pressoché inalterato il coefficiente udometrico dell'area, per non interferire con immissioni eccessive nella rete di fognatura bianca e nella rete idrografica superficiale, rende necessaria la laminazione delle portate generate degli eventi meteorici più intensi mediante la predisposizione di appositi volumi di invaso e manufatti di limitazione delle portate scaricate.

Il tempo di ritorno di riferimento di 50 anni stabilito dalla DGR 2948/2009 risulta particolarmente cautelativo al fine di garantire la sicurezza idraulica dell'area progettata e delle aree limitrofe, e a tale valore si farà pertanto riferimento. In caso di scarico per mezzo di sistemi di infiltrazione profonda la normativa impone tempi di ritorno di riferimento pari a 200 anni al fine di mantenere un adeguato coefficiente di sicurezza delle aree parzialmente o totalmente drenate.

2. UBICAZIONE IMPIANTO e STAZIONE AT

Come anticipato, l'impianto fotovoltaico in progetto, sarà realizzato interamente nel territorio del comune di Canaro, Provincia di Rovigo, su terreni regolarmente censiti al catasto come da piano particellare riportato nel documento PD_REL17. Il design di impianto ha tenuto conto delle superfici di terreno disponibile all'installazione del generatore fotovoltaico. Rispetto all'agglomerato urbano della città di Canaro l'area di impianto è ubicata in un'area individuata nella zona periferica a Sud Est dell'abitato della cittadina ad una distanza media di circa 1,5 km in linea d'aria dal suo centro.

DENOMINAZIONE IMPIANTO	EG MARCO POLO
LATITUDINE	44,9306
LONGITUDINE	11,7008
QUOTA s.l.m.	3 m
FOGLIO CATASTALE	26 e 28
PARTICELLE	vedi PD_REL17



3. CALCOLO SUPERFICIE COPERTA

Il calcolo della superficie coperta fa riferimento alla superficie occupata da tutti i componenti installati necessari al funzionamento del sistema fotovoltaico, moduli, stazioni di trasformazione, control room, cabina di interfaccia, etc. Tale valore è fortemente condizionato dall'architettura e dalla configurazione dell'impianto come per esempio il valore limite della tensione di esercizio in DC di 1.500 V che, considerati i moduli che si è scelto di installare, obbliga ad avere un numero massimo di moduli per stringa pari a 32 unità collegate in serie.

CARATTERISTICHE AREA "A"		
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]
PROIEZIONE A TERRA DEI MODULI	Area impermeabile	47.430,0
STAZIONI DI TRASF. IMPIANTO FTV	Area impermeabile	52,0
CABINA DI INTERFACCIA + CONTROL ROOM	Area impermeabile	66,0
CONTAINER PREDIPOSIZIONE SISTEMA ACCUMULO	Area impermeabile	90,0
VIABILITA' INTERNA	Area semi-impermeabile	6.000,0
VERDE	Area permeabile	79.103,0
Superficie totale		132741,0

CARATTERISTICHE AREA "B"		
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]
PROIEZIONE A TERRA DEI MODULI	Area impermeabile	15926,0
STAZIONI DI TRASF. IMPIANTO FTV	Area impermeabile	17,0
CONTAINER PREDIPOSIZIONE SISTEMA ACCUMULO	Area impermeabile	30,0
VIABILITA' INTERNA	Area semi-impermeabile	4025,0
VERDE	Area permeabile	26678,0
Superficie totale		46676,0

CARATTERISTICHE AREA "C"		
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]
PROIEZIONE A TERRA DEI MODULI	Area impermeabile	24.630,0
STAZIONI DI TRASF. IMPIANTO FTV	Area impermeabile	34,0
CONTAINER PREDIPOSIZIONE SISTEMA ACCUMULO	Area impermeabile	68,0
VIABILITA' INTERNA	Area semi-impermeabile	4.350,0
VERDE	Area permeabile	51.320,0
Superficie totale		80.402,0

CARATTERISTICHE AREA "D"		
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]
PROIEZIONE A TERRA DEI MODULI	Area impermeabile	20.910,0
STAZIONI DI TRASF. IMPIANTO FTV	Area impermeabile	17,0
CONTAINER PREDIPOSIZIONE SISTEMA ACCUMULO	Area impermeabile	33,0
VIABILITA' INTERNA	Area semi-impermeabile	3.170,0

VERDE	Area permeabile	32.747,0
Superficie totale		56.877,0

CARATTERISTICHE AREA "E"		
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]
PROIEZIONE A TERRA DEI MODULI	Area impermeabile	29.753,0
STAZIONI DI TRASF. IMPIANTO FTV	Area impermeabile	34,0
CONTAINER PREDIPOSIZIONE SISTEMA ACCUMULO	Area impermeabile	66,0
VIABILITA' INTERNA	Area semi-impermeabile	5.712,0
VERDE	Area permeabile	62.721,0
Superficie totale		98.286,0

CARATTERISTICHE AREA STAZIONE AT		
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]
ASFALTO	Area impermeabile	3.005,0
GHIAIA	Area semi-impermeabile	1.589,0
Superficie totale		4.594,0

4. CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE DELLA ZONA OGGETTO DI INTERVENTO

Per lo studio delle opere di smaltimento delle acque piovane in aree di limitata estensione risulta opportuno fare riferimento, oltre che alle precipitazioni di durata oraria, anche a quelle di forte intensità e breve durata.

E' stata pubblicata, a cura del Consorzio di bonifica Adige Po, una "Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento", utile riferimento per i dimensionamenti idraulici nell'area interessata dallo studio.

Lo studio ha preso in esame un esteso numero di stazioni pluviografiche, e le ha raggruppate secondo rigorosi procedimenti statistici, individuando una serie di zone sufficientemente omogenee.

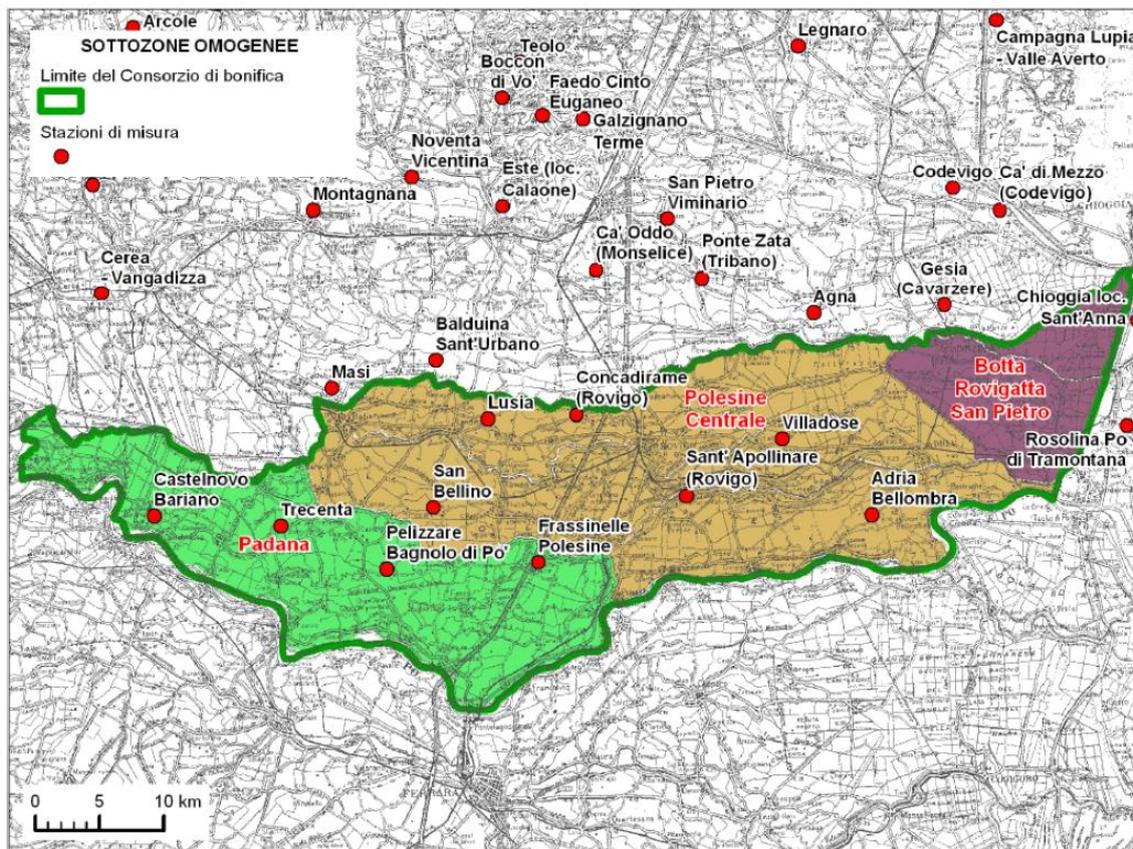
Lo studio ha previsto il raggruppamento delle stazioni pluviografiche di riferimento in base a criteri statistici di uniformità. L'area di intervento in Comune di Canaro rientra nella zona denominata "Polesine Centrale", caratterizzata da una risposta idrologica sufficientemente omogenea, come rappresentato nella seguente Figura 3. Per ogni Sottozona Omogenea, si sono calcolati i parametri delle curve segnalatrici utilizzando come grandezza indice la media spaziale nella Sottozona.

Per le stesse sono state valutate alcune grandezze caratteristiche, riportate nelle seguenti tabelle, che hanno permesso di ricavare una valutazione statistica basata su un campione sufficientemente numeroso e quindi più rigorosa rispetto alle usuali analisi dei massimi delle singole stazioni.

Durata (min)	5	10	15	30	45	60	180	360	720	1440
h	8.731	14.724	18.689	25.841	29.572	31.835	40.655	47.391	53.984	62.358

Grandezze indice per la zona "Polesine Centrale"

Le stesse sono poi state utilizzate per fornire i valori attesi di precipitazione (Tabella 2), in base a durata e tempo di ritorno dell'evento di progetto, come indicato nella tabella seguente.



Individuazione di Sottozone Omogenee per il Consorzio di bonifica Adige Po.

T (anni)	durata (min)									
	5	10	15	30	45	60	180	360	720	1440
2	8.4	14.1	17.9	24.4	27.4	29.2	36.2	41.7	47.9	55.3
5	10.8	18.3	23.2	32.4	37.4	40.3	50.4	58.1	66.5	77.3
10	12.3	20.9	26.6	37.7	44.3	48.4	61.6	71.6	81.4	94.9
20	13.6	23.2	29.6	42.7	51.1	56.7	74.0	86.8	98.0	114.4
30	14.3	24.5	31.4	45.6	55.2	61.8	81.9	96.9	108.7	126.9
50	15.2	26.1	33.4	49.2	60.3	68.4	92.7	110.8	123.4	144.1
100	16.4	28.2	36.2	54.0	67.4	77.8	109.0	132.5	146.0	170.2
200	17.5	30.1	38.8	58.7	74.7	87.9	127.6	157.8	171.9	200.2

Valori attesi di precipitazione

Nello studio "Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento" la curva di possibilità pluviometrica è definita da tre parametri anziché dai due normalmente utilizzati, in maniera da fornire una relazione univoca per durate brevi ed orarie, che invece viene normalmente interpolata con due differenti curve quando viene utilizzata la relazione a due parametri:

$$h = \frac{a}{(t + b)^c} t$$

Si ricorda che nell'applicazione della curva segnalatrice i tempi t devono essere espressi in minuti e il risultato è restituito in millimetri di precipitazione.

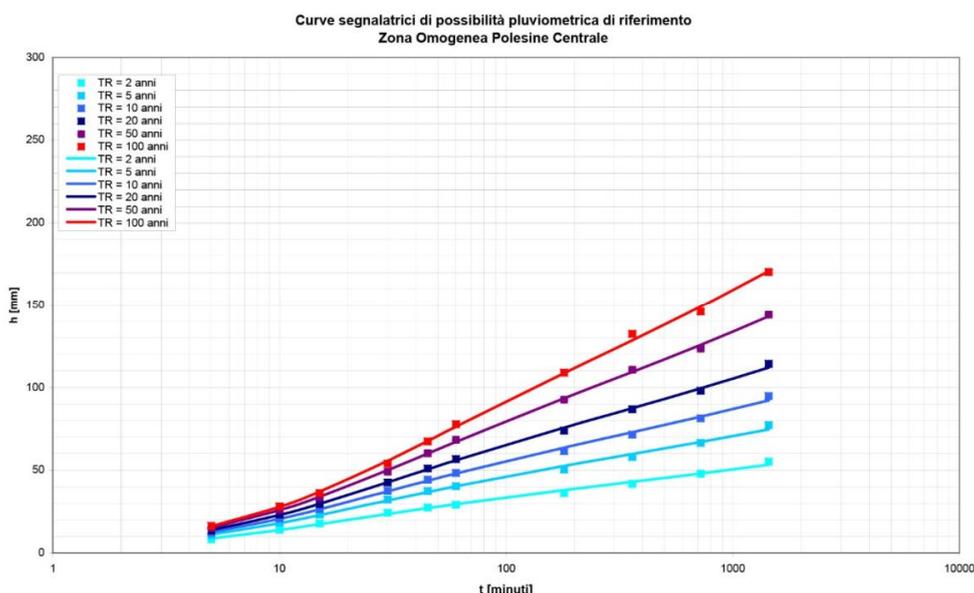
I parametri della curva segnalatrice sono riportati nella seguente tabella:

T	a	b	c
2	19.1	11.2	0.858
5	26.4	13.0	0.856
10	31.1	14.4	0.849
20	35.6	16.0	0.841
30	38.2	17.0	0.836
50	41.7	18.6	0.829
100	46.8	21.1	0.820
200	52.7	24.3	0.813

Parametri di possibilità pluviometrica relativi a curva a 3 parametri

La curva rappresentata dalla relazione sopra indicata è valida in un intervallo esteso e sufficientemente attendibile per durate che vanno dai 5 minuti fino alle 24 ore, senza la necessità di utilizzare curve differenti per brevi durate e per durate orarie.

Si riportano nel grafico seguente le curve ottenute dall'applicazione dei grafici sopra indicati, con riferimento a differenti tempi di ritorno.



Curve di possibilità pluviometrica a 3 parametri per la zona omogenea "Polesine Centrale".

Pertanto la relazione che definisce l'altezza di precipitazione attesa per una determinata durata di pioggia, per l'area di interesse e con riferimento ad un tempo di ritorno di 50 anni, è data dalla seguente:

$$h = \frac{41.7}{(t + 18.6)^{0.829}} t$$

Per l'applicazione delle formule del metodo cinematico e del metodo dell'invaso, lo studio fornisce una serie di parametri di possibilità pluviometrica, da utilizzare con riferimento alla durata di precipitazione (tp):

T _R	t _p ≈15 minuti			t _p ≈30 minuti			t _p ≈45 minuti			t _p ≈1 ora			t _p ≈3 ore			t _p ≈6 ore		
	da 5 min a 45 min			da 10 min a 1 ora			da 15 min a 3 ore			da 30 min a 6 ore			da 45 min a 12 ore			da 1 ora a 24 ore		
anni	a	n	Δ	a	n	Δ	a	n	Δ	a	n	Δ	a	n	Δ	a	n	Δ
2	4.1	0.523	7.4%	6.3	0.380	4.1%	10.5	0.236	5.6%	14.2	0.167	1.2%	1.2%	0.167	1.1%	13.4	0.180	1.5%
5	4.9	0.550	6.7%	7.5	0.419	3.6%	12.7	0.265	6.3%	18.2	0.182	1.9%	1.9%	0.172	0.8%	18.4	0.182	1.5%
10	5.4	0.567	6.1%	7.9	0.447	3.2%	13.5	0.293	6.6%	19.8	0.204	2.5%	2.5%	0.184	0.6%	21.7	0.189	1.1%
20	5.8	0.585	5.6%	8.2	0.475	2.7%	13.9	0.323	6.6%	20.6	0.231	2.9%	2.9%	0.200	1.1%	24.7	0.197	0.5%
30	6.0	0.595	5.3%	8.3	0.492	2.4%	13.9	0.342	6.6%	20.9	0.248	3.2%	3.2%	0.211	1.6%	26.5	0.202	0.6%
50	6.2	0.607	4.9%	8.4	0.513	2.0%	13.8	0.367	6.6%	20.9	0.271	3.5%	3.5%	0.226	2.2%	28.7	0.210	1.1%
100	6.5	0.624	4.3%	8.4	0.542	1.5%	13.6	0.402	6.5%	20.6	0.305	3.8%	3.8%	0.248	3.2%	31.5	0.221	2.1%
200	6.7	0.641	3.9%	8.4	0.571	0.9%	13.1	0.439	6.3%	19.9	0.341	4.2%	4.2%	0.271	4.2%	34.3	0.234	3.2%

Parametri di possibilità pluviometrica - Sottozona Polesine Centrale

Tuttavia è stato possibile, con opportuni accorgimenti, adattare le note formule del metodo cinematico e del metodo dell'invaso alla curva di possibilità pluviometrica a 3 parametri.

Le Tabelle successive riportano, rispettivamente, i coefficienti udometrici calcolati con il metodo dell'invaso e con il metodo cinematico per vari tempi di ritorno al variare del coefficiente di deflusso e del parametro caratteristico del metodo utilizzato (Volume di invaso iniziale o tempo di corrivazione).

zona omogenea "Polesine Centrale" - Coefficienti udometrici ricavati con il metodo dell'invaso [l s⁻¹ha⁻¹]

T _R [anni]	k	Volume di invaso [m ³ /ha]														
		70	90	110	130	150	170	190	210	230	250	270	290	310	330	360
2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,2	1,7	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,3	11,4	4,9	2,0	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,4	29,1	16,7	9,1	4,7	2,4	1,2	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
	0,5	52,1	34,5	22,2	13,7	8,2	4,8	2,8	1,6	1,0	0,6	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1
	0,6	78,3	56,6	40,0	27,6	18,6	12,2	7,9	5,0	3,2	2,0	1,3	0,9	0,6	0,4	0,2
	0,7	106,9	81,5	61,4	45,5	33,1	23,7	16,6	11,5	7,8	5,3	3,6	2,4	1,7	1,2	0,7
	0,8	137,2	108,7	85,4	66,4	51,0	38,6	28,8	21,2	15,4	11,1	7,9	5,6	4,0	2,9	1,8
	0,9	168,6	137,5	111,4	89,7	71,6	56,5	44,2	34,1	26,0	19,7	14,7	10,9	8,1	6,0	3,8
5	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	0,2	8,0	3,3	1,3	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	0,3	30,1	18,1	10,4	5,7	3,1	1,6	0,9	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	
	0,4	60,2	42,5	29,4	19,8	12,9	8,3	5,2	3,2	2,0	1,3	0,8	0,6	0,4	0,3	
	0,5	94,8	72,7	55,1	41,2	30,2	21,8	15,5	10,8	7,5	5,1	3,5	2,4	1,7	1,2	
	0,6	132,3	106,6	85,3	67,7	53,2	41,3	31,7	24,1	18,0	13,4	9,8	7,2	5,3	3,8	
	0,7	171,7	143,0	118,6	97,9	80,3	65,4	52,9	42,3	33,6	26,4	20,6	16,0	12,3	9,4	
	0,8	212,5	181,2	154,2	130,8	110,6	93,0	77,8	64,6	53,4	43,8	35,7	28,9	23,2	18,5	
	0,9	254,4	220,8	191,5	165,8	143,2	123,2	105,6	90,2	76,6	64,7	54,4	45,5	37,9	31,3	
10	0,1	0,7	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	0,2	15,2	8,0	3,9	1,9	0,9	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
	0,3	45,1	30,9	20,6	13,4	8,4	5,2	3,2	2,0	1,3	0,8	0,5	0,4	0,2	0,1	
	0,4	82,4	63,0	47,6	35,5	26,1	18,8	13,4	9,4	6,6	4,6	3,2	2,2	1,6	1,1	
	0,5	123,6	100,3	80,9	64,8	51,5	40,5	31,6	24,3	18,6	14,1	10,6	7,9	5,9	4,4	
	0,6	167,3	140,8	118,2	98,9	82,3	68,1	56,0	45,7	37,1	29,9	23,9	19,0	15,0	11,8	
	0,7	212,8	183,6	158,3	136,2	116,8	99,9	85,0	72,1	60,8	51,0	42,6	35,4	29,2	24,1	
	0,8	259,4	228,0	200,3	175,9	154,2	134,8	117,6	102,2	88,6	76,5	65,8	56,4	48,1	40,9	
	0,9	307,0	273,6	243,9	217,4	193,6	172,2	152,8	135,4	119,6	105,4	92,7	81,2	71,0	61,8	
20	0,1	1,8	0,6	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	0,2	23,5	14,3	8,4	4,8	2,7	1,5	0,9	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	
	0,3	59,9	44,4	32,5	23,4	16,5	11,5	7,9	5,4	3,7	2,5	1,8	1,2	0,9	0,6	
	0,4	103,0	82,9	66,4	52,8	41,6	32,5	25,2	19,3	14,7	11,1	8,3	6,3	4,7	3,5	
	0,5	149,5	126,0	105,9	88,8	74,1	61,5	50,8	41,7	34,0	27,6	22,2	17,8	14,2	11,4	
	0,6	198,3	171,9	149,0	129,0	111,4	95,9	82,3	70,4	59,9	50,8	42,9	36,1	30,3	25,3	
	0,7	248,5	219,8	194,5	172,1	152,0	134,1	118,1	103,7	90,8	79,4	69,1	60,0	52,0	44,8	
	0,8	299,8	269,1	241,8	217,3	195,2	175,1	156,9	140,4	125,5	111,9	99,6	88,4	78,3	69,2	
	0,9	351,9	319,5	290,4	264,1	240,1	218,2	198,2	179,8	163,0	147,5	133,3	120,3	108,4	97,5	
50	0,1	4,7	2,0	0,9	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	0,2	35,5	24,8	17,0	11,4	7,6	5,0	3,3	2,2	1,5	1,0	0,7	0,5	0,4	0,3	
	0,3	79,4	63,3	50,1	39,5	30,8	23,9	18,3	14,0	10,6	8,0	6,1	4,6	3,5	2,7	
	0,4	128,8	108,9	91,9	77,4	64,9	54,2	45,1	37,4	30,8	25,3	20,7	16,8	13,7	11,1	
	0,5	181,2	158,3	138,4	120,9	105,4	91,8	79,7	69,0	59,6	51,4	44,1	37,8	32,2	27,4	
	0,6	235,4	210,2	187,9	168,0	150,1	134,0	119,5	106,4	94,5	83,9	74,3	65,6	57,9	50,9	
	0,7	290,8	263,7	239,4	217,5	197,6	179,4	162,8	147,6	133,7	121,0	109,4	98,7	88,9	80,0	
	0,8	347,1	318,3	292,4	268,7	247,1	227,1	208,8	191,8	176,1	161,6	148,2	135,7	124,2	113,5	
	0,9	404,0	373,9	346,4	321,3	298,1	276,6	256,7	238,2	220,9	204,8	189,8	175,8	162,7	150,4	

zona omogenea "Polesine Centrale" - Coefficienti udometrici ricavati con il metodo cinematico [$l\ s^{-1}ha^{-1}$]																
T_R [anni]	k	Tempo di corrivazione [ore]														
		0,1	0,5	1	2	3	4	5	6	12	24	36	48	72	96	120
2	0,1	27,7	13,1	8,2	4,8	3,5	2,8	2,3	2,0	1,1	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2
	0,2	55,4	26,2	16,4	9,7	7,0	5,6	4,6	4,0	2,2	1,2	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3
	0,3	83,2	39,3	24,6	14,5	10,5	8,3	6,9	6,0	3,3	1,9	1,3	1,0	0,7	0,6	0,5
	0,4	110,9	52,4	32,8	19,4	14,0	11,1	9,2	7,9	4,4	2,5	1,7	1,4	1,0	0,8	0,6
	0,5	138,6	65,5	41,0	24,2	17,6	13,9	11,6	9,9	5,6	3,1	2,2	1,7	1,2	0,9	0,8
	0,6	166,3	78,6	49,2	29,1	21,1	16,7	13,9	11,9	6,7	3,7	2,6	2,0	1,4	1,1	0,9
	0,7	194,0	91,7	57,4	33,9	24,6	19,4	16,2	13,9	7,8	4,3	3,1	2,4	1,7	1,3	1,1
	0,8	221,8	104,8	65,5	38,8	28,1	22,2	18,5	15,9	8,9	4,9	3,5	2,7	1,9	1,5	1,2
	0,9	249,5	117,9	73,7	43,6	31,6	25,0	20,8	17,9	10,0	5,6	3,9	3,1	2,2	1,7	1,4
5	0,1	35,4	17,6	11,2	6,7	4,9	3,9	3,2	2,8	1,6	0,9	0,6	0,5	0,3	0,3	0,2
	0,2	70,8	35,2	22,4	13,4	9,7	7,7	6,4	5,5	3,1	1,7	1,2	1,0	0,7	0,5	0,4
	0,3	106,2	52,8	33,5	20,1	14,6	11,6	9,6	8,3	4,7	2,6	1,8	1,4	1,0	0,8	0,7
	0,4	141,5	70,3	44,7	26,8	19,5	15,4	12,9	11,1	6,2	3,5	2,4	1,9	1,4	1,1	0,9
	0,5	176,9	87,9	55,9	33,5	24,3	19,3	16,1	13,8	7,8	4,3	3,1	2,4	1,7	1,3	1,1
	0,6	212,3	105,5	67,1	40,1	29,2	23,1	19,3	16,6	9,3	5,2	3,7	2,9	2,0	1,6	1,3
	0,7	247,7	123,1	78,3	46,8	34,0	27,0	22,5	19,4	10,9	6,0	4,3	3,4	2,4	1,9	1,5
	0,8	283,1	140,7	89,4	53,5	38,9	30,9	25,7	22,1	12,4	6,9	4,9	3,8	2,7	2,1	1,8
	0,9	318,5	158,3	100,6	60,2	43,8	34,7	28,9	24,9	14,0	7,8	5,5	4,3	3,1	2,4	2,0
10	0,1	40,1	20,7	13,4	8,1	5,9	4,7	3,9	3,4	1,9	1,1	0,8	0,6	0,4	0,3	0,3
	0,2	80,1	41,4	26,7	16,2	11,8	9,4	7,9	6,8	3,8	2,1	1,5	1,2	0,8	0,7	0,5
	0,3	120,2	62,1	40,1	24,3	17,7	14,1	11,8	10,2	5,7	3,2	2,3	1,8	1,3	1,0	0,8
	0,4	160,2	82,8	53,4	32,3	23,6	18,8	15,7	13,5	7,6	4,3	3,0	2,4	1,7	1,3	1,1
	0,5	200,3	103,5	66,8	40,4	29,5	23,5	19,6	16,9	9,6	5,4	3,8	3,0	2,1	1,7	1,4
	0,6	240,4	124,2	80,1	48,5	35,5	28,2	23,6	20,3	11,5	6,4	4,6	3,6	2,5	2,0	1,6
	0,7	280,4	144,9	93,5	56,6	41,4	32,9	27,5	23,7	13,4	7,5	5,3	4,2	3,0	2,3	1,9
	0,8	320,5	165,6	106,8	64,7	47,3	37,6	31,4	27,1	15,3	8,6	6,1	4,8	3,4	2,7	2,2
	0,9	360,6	186,3	120,2	72,8	53,2	42,3	35,4	30,5	17,2	9,6	6,8	5,4	3,8	3,0	2,5
20	0,1	44,1	23,7	15,5	9,5	7,0	5,6	4,7	4,1	2,3	1,3	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3
	0,2	88,2	47,4	31,1	19,1	14,0	11,2	9,4	8,1	4,6	2,6	1,9	1,5	1,0	0,8	0,7
	0,3	132,3	71,1	46,6	28,6	21,0	16,8	14,1	12,2	6,9	3,9	2,8	2,2	1,6	1,2	1,0
	0,4	176,4	94,8	62,2	38,1	28,0	22,4	18,8	16,2	9,2	5,2	3,7	2,9	2,1	1,6	1,4
	0,5	220,4	118,5	77,7	47,6	35,0	28,0	23,4	20,3	11,5	6,5	4,6	3,6	2,6	2,0	1,7
	0,6	264,5	142,3	93,3	57,2	42,0	33,6	28,1	24,3	13,8	7,8	5,6	4,4	3,1	2,4	2,0
	0,7	308,6	166,0	108,8	66,7	49,0	39,2	32,8	28,4	16,1	9,1	6,5	5,1	3,6	2,9	2,4
	0,8	352,7	189,7	124,3	76,2	56,1	44,8	37,5	32,4	18,4	10,4	7,4	5,8	4,1	3,3	2,7
	0,9	396,8	213,4	139,9	85,8	63,1	50,4	42,2	36,5	20,7	11,7	8,3	6,5	4,7	3,7	3,0
50	0,1	48,9	27,8	18,7	11,7	8,6	6,9	5,8	5,1	2,9	1,7	1,2	0,9	0,7	0,5	0,4
	0,2	97,7	55,6	37,3	23,3	17,3	13,9	11,7	10,1	5,8	3,3	2,4	1,9	1,3	1,1	0,9
	0,3	146,6	83,3	56,0	35,0	25,9	20,8	17,5	15,2	8,7	5,0	3,6	2,8	2,0	1,6	1,3
	0,4	195,4	111,1	74,6	46,6	34,6	27,8	23,4	20,3	11,6	6,6	4,8	3,7	2,7	2,1	1,8
	0,5	244,3	138,9	93,3	58,3	43,2	34,7	29,2	25,3	14,6	8,3	5,9	4,7	3,4	2,6	2,2
	0,6	293,1	166,7	111,9	69,9	51,9	41,7	35,1	30,4	17,5	9,9	7,1	5,6	4,0	3,2	2,6
	0,7	342,0	194,5	130,6	81,6	60,5	48,6	40,9	35,5	20,4	11,6	8,3	6,6	4,7	3,7	3,1
	0,8	390,8	222,3	149,2	93,2	69,2	55,6	46,8	40,5	23,3	13,2	9,5	7,5	5,4	4,2	3,5
	0,9	439,7	250,0	167,9	104,9	77,8	62,5	52,6	45,6	26,2	14,9	10,7	8,4	6,0	4,8	4,0

5. STIMA DELLA VARIAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Per stimare i volumi che defluiscono attraverso la rete di fognatura risulta indispensabile conoscere le caratteristiche dei terreni, per valutare la porzione di pioggia che viene naturalmente assorbita dal terreno e separarla quindi dalla porzione che giunge in rete. Questa caratteristica è espressa dal coefficiente di deflusso, che indica la frazione del volume di pioggia che giunge alla rete di fognatura.

Per individuare quanto l'intervento in progetto sia in grado di modificare il regime idraulico all'area, il coefficiente di deflusso risulta un parametro fondamentale per determinare il comportamento di un'area. Questo parametro viene calcolato con riferimento all'area nelle condizioni antecedenti e successive alla realizzazione dell'intervento.

Una variazione del coefficiente di deflusso in aumento determina generalmente un aggravio di volumi scaricati e un incremento delle portate di punta, e di conseguenza richiede interventi per la laminazione delle portate di piena mediante realizzazione di volumi di invaso e di manufatti di controllo delle portate scaricate.

Tuttavia in situazioni di urbanizzazione preesistente è possibile ottenere anche variazioni negative del coefficiente di deflusso. In questi casi la trasformazione urbanistica permette già una riduzione di portate e volumi scaricati, e eventuali interventi sono mirati a ridurre ulteriormente l'apporto dell'area oggetto di intervento alla rete ricettrice al fine di garantire un miglioramento alla situazione idraulica generale del bacino di appartenenza.

La D.G.R. 2948/2009, riprendendo quanto già esposto nelle delibere precedenti, definisce i seguenti valori guida da utilizzare quali coefficienti di deflusso, nel caso in cui non vengano calcolati analiticamente:

Superficie	Coefficiente di deflusso φ
Aree agricole	0.10
Aree verdi (giardini)	0.20
Aree semipermeabili (grigliati drenanti)	0.60
Aree impermeabilizzate (tetti, strade, terrazze)	0.90

Coefficienti di deflusso suggeriti dalla D.G.R. 2948/2009.

La successiva nota integrativa del Commissario Delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007, prot. n. 191991 del 09/04/2008, fornisce alcuni chiarimenti sulla metodologia di calcolo da adottare per la valutazione dell'impatto idraulico dell'intervento, e definisce ulteriori coefficienti di deflusso per alcuni tipi comuni di pavimentazione semipermeabile.

Il coefficiente di deflusso medio viene stimato sulla base della suddivisione in aree caratterizzate da coefficiente di deflusso omogeneo.

Il coefficiente di deflusso, viene calcolato come valore medio pesato sull'area:

$$\varphi = \frac{\sum \varphi_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

Viene quindi valutato il coefficiente di deflusso nelle condizioni attuali, e nella situazione di progetto, per valutare l'incidenza dell'intervento sul regime idraulico.

Uso del suolo	Ψ
Tetti a falde	0.90-1.00
Tetti metallici	0.90-1.00
Tetti a tegole	0.80-0.90
Tetti piani con rivestimento in cls	0.70-0.80
Tetti piani ricoperti di terra	0.30-0.40
Coperture piane con ghiaietto	0.80-0.90
Coperture piane seminate ad erba	0.20-0.30
Rivestimenti bituminosi	0.90-1.00
Pavimentazioni asfaltate	0.80-0.90
Pavimentazioni con asfalto poroso	0.40-0.50
Massicciata in strade ordinarie	0.40-0.80
Pavimentazioni di pietra o mattonelle	0.80-0.90
Lastricature miste, clinker, piastrelle	0.70-0.80
Lastricature medio-grandi con fughe aperte	0.60-0.70
Strade e marciapiedi	0.80-0.90
Superfici semi-permeabili (es. parcheggi grigliati drenanti)	0.60-0.70
Strade in terra	0.40-0.60
Rivestimenti drenanti, superfici a ghiaietto	0.40-0.50
Viali e superfici inghiaiate	0.20-0.60
Zone con ghiaia non compressa	0.10-0.30
Superfici boscate	0.10-0.30
Superfici di giardini e cimiteri	0.10-0.30
Prati di campi sportivi	0.10-0.20
Terreni coltivati	0.20-0.60
Terreni incolti, sterrati non compatti	0.20-0.30
Prati, pascoli	0.10-0.50
Tipologia urbana	Ψ
Costruzioni dense	0.80-0.90
Costruzioni spaziate	0.70-0.80
Aree con grandi cortili e giardini	0.50-0.60
Quartieri urbani con fabbricati radi	0.30-0.50
Zone a villini	0.30-0.40
Giardini, prati e zone non destinate a costruzioni e a strade	0.20-0.30
Parchi e boschi	0.10-0.20

Coefficienti di deflusso suggeriti dalla L.R. 11/2015

La D.G.R. 2948/2009 stabilisce che “I coefficienti di deflusso, ove non determinati analiticamente, andranno convenzionalmente assunti pari a 0,1 per le aree agricole, 0,2 per le superfici permeabili (aree verdi), 0,6 per le superfici semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, ...) e pari a 0,9 per le superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali,)”.

Stima del coefficiente di deflusso nelle condizioni attuali

L’area oggetto di intervento è caratterizzata da terreno agricolo/verde e si presenta sgombra da edifici e superfici impermeabilizzate.

Utilizzando i valori del coefficiente di deflusso riportati nelle tabelle precedenti si può stimare, seppur indirettamente, la portata attualmente scaricata dall’area all’interno della rete di scolo al fine di garantire successivamente l’invarianza idraulica o un miglioramento alla stessa.

Calcolo del coefficiente medio di deflusso allo stato attuale			
	Coefficiente di deflusso	Area effettiva	Area efficace
TERRENO AGRICOLO / VERDE	0.10	419.586 mq	41.959

Sulla base delle considerazioni sopra esposte si sono stimati i coefficienti di deflusso medio attuale per le aree di intervento, secondo le indicazioni riportate nella D.G.R. 2948/2009 e riportate nelle Tabelle.

Il coefficiente di deflusso medio globale dell'area di intervento nello stato di fatto risulta essere pari a 0.10.

Stima del coefficiente di deflusso nelle condizioni di progetto

Il progetto prevede la realizzazione di un campo fotovoltaico caratterizzato da ampie aree adibite ad ospitare pannelli fotovoltaici infissi nel terreno.

L'ambito di intervento, è stato suddiviso in zone omogenee secondo l'uso del suolo previsto e ad ogni tipologia è stato associato un coefficiente di deflusso secondo le indicazioni commissariali riportate nelle tabelle

Si riporta in Tabella 11 il calcolo del coefficiente di deflusso medio nelle condizioni di progetto rispettivamente per l'area di studio.

Calcolo del coefficiente medio di deflusso allo stato di progetto nell'area

CARATTERISTICHE AREA "A"	Coefficiente di deflusso	Area effettiva	Area efficace
PROIEZIONE A TERRA DEI MODULI	0,8	47.430,00	37.944,00
STAZIONI DI TRASF. IMPIANTO FTV	0,9	52,00	46,80
CABINA DI INTERFACCIA + CONTROL ROOM	0,9	66,00	59,40
CONTAINER PREDIPOSIZIONE SISTEMA ACCUMULO	0,9	90,00	81,00
VIABILITA' INTERNA	0,6	6.000,00	3.600,00
VERDE	0,15	79.103,00	11.865,45
Superficie totale		132.741,00	53.596,65

CARATTERISTICHE AREA "B"	Coefficiente di deflusso	Area effettiva	Area efficace
PROIEZIONE A TERRA DEI MODULI	0,8	15.936,00	12.748,80
STAZIONI DI TRASF. IMPIANTO FTV	0,9	17,00	15,30
CONTAINER PREDIPOSIZIONE SISTEMA ACCUMULO	0,9	30,00	27,00
VIABILITA' INTERNA	0,6	4.025,00	2.415,00
VERDE	0,15	26.678,00	4.001,70
Superficie totale		46.686,00	19.207,80

CARATTERISTICHE AREA "C"	Coefficiente di deflusso	Area effettiva	Area efficace
PROIEZIONE A TERRA DEI MODULI	0,8	24.630,00	19.704,00
STAZIONI DI TRASF. IMPIANTO FTV	0,9	34,00	30,60
CONTAINER PREDIPOSIZIONE SISTEMA ACCUMULO	0,9	68,00	61,20
VIABILITA' INTERNA	0,6	4.350,00	2.610,00
VERDE	0,15	51.320,00	7.698,00
Superficie totale		80.402,00	30.103,80

CARATTERISTICHE AREA "D"	Coefficiente di deflusso	Area effettiva	Area efficace
PROIEZIONE A TERRA DEI MODULI	0,8	20.910,00	16.728,00
STAZIONI DI TRASF. IMPIANTO FTV	0,9	17,00	15,30

CONTAINER PREDIPOSIZIONE SISTEMA ACCUMULO	0,9	33,00	29,70
VIABILITA' INTERNA	0,6	3.170,00	1.902,00
VERDE	0,15	32.747,00	4.912,05
Superficie totale		56.877,00	23.587,05

CARATTERISTICHE AREA "E"	Coefficiente di deflusso	Area effettiva	Area efficace
PROIEZIONE A TERRA DEI MODULI	0,8	29.753,00	23.802,40
STAZIONI DI TRASF. IMPIANTO FTV	0,9	34,00	30,60
CONTAINER PREDIPOSIZIONE SISTEMA ACCUMULO	0,9	66,00	59,40
VIABILITA' INTERNA	0,6	5.712,00	3.427,20
VERDE	0,15	62.721,00	9.408,15
Superficie totale		98.286,00	36.727,75

CARATTERISTICHE AREA AREA STAZIONE AT	Coefficiente di deflusso	Area effettiva	Area efficace
ASFALTO	0,8	3.005,00	2.404,00
GHIAIA	0,5	1.589,00	794,50
Superficie totale		4.594,00	3.198,50

6. STIMA DEL GRADO DI IMPERMEABILIZZAZIONE

L'impatto idraulico dell'intervento in progetto risulta quindi direttamente proporzionale alla variazione del coefficiente di deflusso, poiché dallo stesso coefficiente dipende l'entità del volume complessivamente generato durante un evento piovoso.

La variazione del grado di impermeabilizzazione globale delle aree potrebbe teoricamente assumere anche valori negativi, qualora l'intervento determinasse una riduzione del coefficiente di deflusso globale (per esempio demolizione di un edificio e ricostruzione di un'area con maggior presenza di superfici a verde), e quindi una riduzione dell'impatto idraulico dell'area sulla rete di scolo.

Nel caso in esame, l'impermeabilizzazione dovuta all'intervento calcolata come variazione della superficie equivalente di area impermeabilizzata, è calcolata mediante la seguente tabella:

	Area effettiva	Area efficace
STATO DI FATTO	419.586,00	41.958,60
STATO DI PROGETTO	419.586,00	166.421,55
Variazione superficie efficace		124.462,95

7. PROGETTAZIONE DELL'INVASO: premesse generali

Software utilizzato



Il programma consente il calcolo dei volumi di laminazione per il rispetto dell'invarianza idraulica e idrologica adottando una o più tra le seguenti metodologie di calcolo:

- metodo diretto italiano;
- metodo delle sole piogge;
- metodo della corrivazione (Alfonsi e Orsi, 1967);
- metodo analitico di dettaglio (mediante integrale di convoluzione dell'IUH).

Il programma consente ulteriormente di adottare valori minimi di invaso, derivanti da normative specifiche o da valori richiesti da enti gestori del corpo idrico ricettore.

Nello specifico, il programma può calcolare i volumi di laminazione secondo:

- Il Regolamento di Regionale Lombardia del 19 Aprile 2019 n. 8 "Criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)";
- Il Piano stralcio per il rischio idrogeologico - "Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano" - Adottata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/2 del 20 ottobre 2003 e s.m.i., come da variante di coordinamento PGRA-PAI, adottata dal C.I. con delibera 2/2 del 7/11/2016 (D.G.R. 2112/2016), di Regione Emilia Romagna, con riferimento ai casi da lieve a significativa impermeabilizzazione potenziale.

Ulteriormente il programma tratta sia i sistemi di scarico in corpi idrici ricettori (fognature, corsi d'acqua, laghi, ecc.) sia l'infiltrazione nel terreno.

Definizione delle piogge di progetto

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine viene applicato il metodo delle linee segnalatrici di pioggia a due parametri a e n, in cui i parametri a ed n vengono determinati con riferimento ad un ben preciso valore di tempo di ritorno, TR, dell'evento meteorico.

L'altezza di precipitazione di progetto viene calcolata come segue:

$$h = a \cdot D^n$$

h [mm]: altezza di pioggia

D [ore]: durata di pioggia

n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

a [mm/oran]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

Per durate delle precipitazioni superiori ad un'ora si adottano i valori dei parametri a e n valevoli per durate superiori ad un'ora ed inferiori a 24 ore.

Per le durate inferiori a un'ora si utilizza lo stesso parametro a, adottato per eventi di durata superiore all'ora, mentre il parametro n viene definito in modo specifico per tale durata.

Per quanto riguarda al tempo di ritorno TR adottato per la stima dei parametri, si fa riferimento a valori idonei a garantire le condizioni di sicurezza dell'opera e rispettare i valori e le indicazioni richiesti da norma, come riportato a seguito nel report dei calcoli.

Metodologie di dimensionamento e verifica adottate

Al fine di ottemperare alle verifiche di invarianza idraulica e/o idrologica vengono adottati i seguenti metodi di calcolo:

- metodo dei requisiti minimi
- metodo delle sole piogge
- metodo della corrivazione (Alfonsi e Orsi, 1967)

Nei paragrafi seguenti verranno descritti tali metodi ed a fine relazione verranno riportati i report dei calcoli.

Tra tutti questi metodi adottati si assumerà quale valore del volume minimo di progetto il maggiore tra tutti i valori calcolati.

Metodologia delle sole piogge:

Il metodo delle sole piogge si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti, ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi, considerando costante la portata uscente ed andando a massimizzare il volume accumulato.

Nello specifico la portata media entrante viene calcolata come segue:

$$Q_e = 2,78 \cdot a \cdot \varphi_m \cdot D^{n-1} \cdot A$$

Q_e [l/s]: portata media entrante

φ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

A [ha]: area totale interessata dall'intervento

a [mm/oran]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

D [ore]: durata della precipitazione

Conseguentemente il volume entrate W_e [m3] è pari a:

$$W_e = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A$$

Il volume uscente W_u [m3], essendo ipotizzata costante la portata uscente pari alla massima Q_{umax} [l/s], ha la seguente formulazione:

$$W_u = 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Pertanto, il volume invasato ad ogni durata D [ore] è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Attraverso semplici passaggi matematici, derivando l'equazione sopra, si ottiene il valore della durata critica della precipitazione (D_w) ed il conseguente volume critico dell'invaso (W_0):

$$D_w = \left(\frac{Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$$

Dw [ore]: durata critica d'invaso
 Qumax [l/s]: portata uscente massima
 W0 [m3]: volume di laminazione
 a [mm/oran]: parametro della linea segnalatrice di pioggia
 n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia
 A [ha]: area totale interessata dall'intervento
 φm [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

Si osservi che il parametro n (esponente della curva di possibilità pluviometrica) da utilizzare nelle equazioni precedenti dovrà essere congruente con la durata Dw, tenendo conto che il valore di n è generalmente diverso per le durate inferiori all'ora, per le durate tra 1 e 24 ore e per le durate maggiori di 24 ore.

Adottando valori di n valevoli per durate superiori ad un'ora si deve ottenere un valore di durata Dw superiore all'ora. Se così non fosse, si deve adottare un valore di n, valevole per durate inferiori ad un'ora e calcolare la conseguente durata.

Qualora il risultato ottenuto in questa seconda ipotesi, fosse superiore ad un'ora significa che ci si trova nel punto in cui cambiano i valori di n, ovvero un'ora, e si adotta tale valore.

Metodo della corrivazione:

Per il calcolo col metodo della corrivazione si fa riferimento all'impostazione data da Alfonsi e Orsi (1967) che ipotizzano prevalenti all'interno del bacino di scolo i fenomeni di traslazione dell'acqua, piuttosto che quelli di accumulo, mediante un processo di trasformazione afflussi-deflussi del tipo cinematico.

Tale metodo si basa sulle seguenti ipotesi:

- ietogrammi netti di pioggia ad intensità costante;
- curva aree-tempi lineare;
- svuotamento a portata costante pari a Qumax, laminazione ottimale.

Per il calcolo del volume dell'invaso W0 [m3] si applica la seguente formula:

$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^n + 1,295 \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{1-n}}{\varphi_m \cdot A \cdot a} - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot t_c$$

W0 [m3]: volume invasato

φm [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale
 a [mm/oran]: parametro della linea segnalatrice di pioggia
 Dw [ore]: durata critica d'invaso
 n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia
 tc [ore]: tempo di corrivazione dell'area
 Qumax [l/s]: portata uscente massima
 A [ha]: area totale interessata dall'intervento

Per il calcolo della durata critica dell'invaso si risolve la seguente relazione implicita con metodi numerici.

$$2,78 \cdot n \cdot \varphi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^{n-1} + 0,36 \cdot (1 - n) \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{-n}}{\varphi_m \cdot A \cdot a} - Q_{umax} = 0$$

Portata in uscita dall'invaso

Trattandosi di un sistema di scarico a portata costante si adotta la seguente legge di efflusso.

$$Q_u = cost$$

Calcolo della portata massima scaricata

La portata massima scaricata viene calcolata in base alle formule precedenti avendo assunto il battente idrico pari al suo massimo valore all'interno dell'invaso.

Nel caso si adottino più metodi di calcolo contemporaneamente si adotterà il valore maggiore di questi.

Per i metodi semplificati il battente idrico massimo H si calcola con la seguente relazione:

$$H = \frac{W}{A_{inv}}$$

$W [m^3]$: volume invasato

$A_{inv} [m^2]$: area in pianta dell'invaso

Tempo di svuotamento

Il tempo di svuotamento T_{sv} viene calcolato con la seguente.

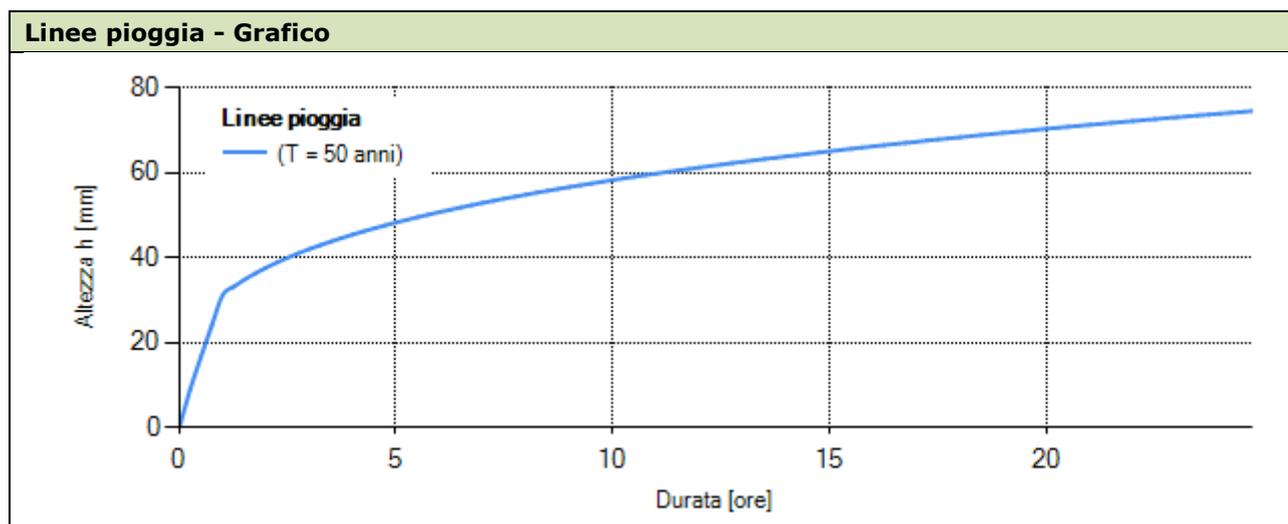
$$T_{sv} = \frac{W}{Q_u}$$

$W [m^3]$: volume invasato massimo

$Q_u [m^3/s]$: portata scaricata

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Tempo di ritorno	TR	50	anni
Coefficiente pluviometrico orario	a	41,10	mm/h ⁿ
Coefficiente di scala	n	0,2710	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n ₁	0,9000	-

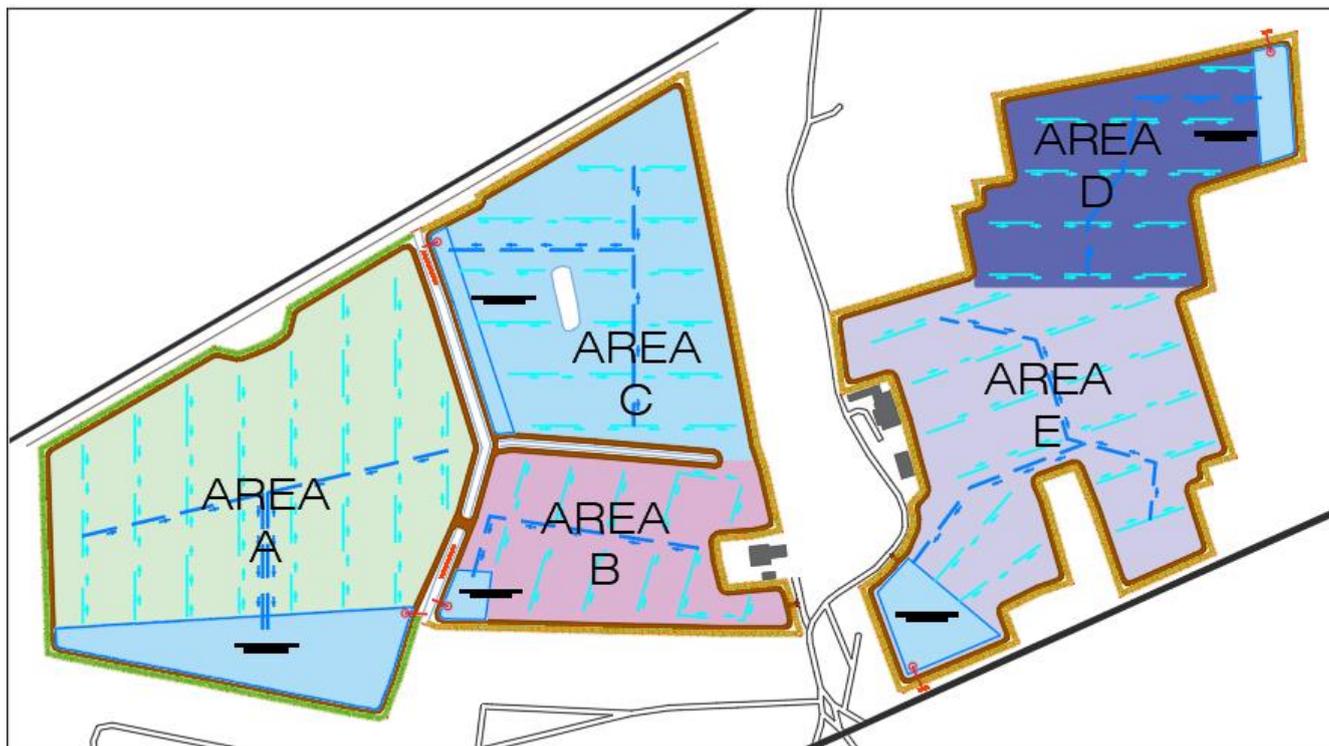


Linee pioggia - Risultati tabellari

Durata [ore]	(T= 50 anni) h [mm]
0	0,00
1	31,25
2	37,71
3	42,09
4	45,50
5	48,34
6	50,78
7	52,95
8	54,90
9	56,68
10	58,32
11	59,85
12	61,28
13	62,62
14	63,89
15	65,10
16	66,25
17	67,34
18	68,40
19	69,41
20	70,38
21	71,31
22	72,22
23	73,09
24	73,94

Approccio progettuale

La particolare conformazione dell'area oggetto di intervento ha imposto di realizzare 5 vasche di laminazione da collocarsi a sud per il fabbisogno del lotto A, una posta un angolo sud/ovest per il fabbisogno del lotto B, una posta a ovest per il fabbisogno del lotto C, una posta a est per il fabbisogno del lotto D e una posta a sud/ovest per il lotto E.



8. CALCOLO INVASO

Area A

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
PROIEZIONE A TERRA DEI MODULI	Area impermeabile	47430,0	0,80	0
STAZIONI DI TRASF. IMPIANTO FTV	Area impermeabile	52,0	0,90	0
CABINA DI INTERFACCIA + CONTROL ROOM	Area impermeabile	66,0	0,90	0
CONTAINER PREDIPOSIZIONE SISTEMA ACCUMULO	Area impermeabile	90,0	0,90	0
VIABILITA' INTERNA	Area semi-impermeabile	6000,0	0,60	0
VERDE	Area permeabile	79103,0	0,15	0

Superficie totale intervento: 132741,0 m²

Valori medi

0,4038

Dimensionamento sistema d'invarianza

Metodo delle sole piogge			
Durata critica	D_w	3,52	ore
Volume invaso minimo	W_0	2257,29	m ³
$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \phi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$ $W_0 = 10 \cdot \phi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

Metodo della corrivazione			
Durata critica	D_w	3,52	ore
Volume invaso minimo	W_0	2257,29	m ³
$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^n + 1,295 \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{1-n}}{\varphi_m \cdot A \cdot a} - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot t_c$ $2,78 \cdot n \cdot \varphi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^{n-1} + 0,36 \cdot (1-n) \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{-n}}{\varphi_m \cdot A \cdot a} - Q_{umax} = 0$			

Verifica sistema d'invarianza

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	8000,00	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	0,30	≧	0,28	m	Positiva
Volume utile invaso	W	2400,00	≧	2257,29	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	9,5				
Portata massima scaricata	Q	66,35	≤	66,35	l/s	Positiva

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Portata costante		
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	66,35	l/s

Area B

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
PROIEZIONE A TERRA DEI MODULI	Area impermeabile	15926,0	0,80	0
STAZIONI DI TRASF. IMPIANTO FTV	Area impermeabile	17,0	0,90	0
CONTAINER PREDIPOSIZIONE SISTEMA ACCUMULO	Area impermeabile	30,0	0,90	0
VIABILITA' INTERNA	Area semi-impermeabile	4025,0	0,60	0
VERDE	Area permeabile	26678,0	0,15	0

 Superficie totale intervento: 46676,0 m²

Valori medi

0,4113

Dimensionamento sistema d'invarianza

Metodo delle sole piogge			
Durata critica	D_w	3,61	ore
Volume invaso minimo	W_0	814,11	m^3
$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$ $W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

Metodo della corrivazione			
Durata critica	D_w	3,60	ore
Volume invaso minimo	W_0	814,11	m^3
$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^n + 1,295 \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{1-n}}{\varphi_m \cdot A \cdot a} - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot t_c$ $2,78 \cdot n \cdot \varphi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^{n-1} + 0,36 \cdot (1-n) \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{-n}}{\varphi_m \cdot A \cdot a} - Q_{umax} = 0$			

Verifica sistema d'invarianza

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	1840,00	m^2

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	0,45	\geq	0,44	m	Positiva
Volume utile invaso	W	828,00	\geq	814,11	m^3	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	9,7				
Portata massima scaricata	Q	23,34	\leq	23,34	l/s	Positiva

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Portata costante		
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	23,34	l/s

Area C

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m^2]	Coeff. Afflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
PROIEZIONE A TERRA DEI MODULI	Area impermeabile	24630,0	0,80	0
STAZIONI DI TRASF. IMPIANTO FTV	Area impermeabile	34,0	0,90	0
CONTAINER PREDIPOSIZIONE SISTEMA ACCUMULO	Area impermeabile	68,0	0,90	0

VIABILITA' INTERNA	Area semi-impermeabile	4350,0	0,60	0
VERDE	Area permeabile	51320,0	0,15	0

 Superficie totale intervento: 80402,0 m²

Valori medi

0,3744

Dimensionamento sistema d'invarianza

Metodo delle sole piogge			
Durata critica	D _w	3,17	ore
Volume invaso minimo	W ₀	1232,65	m ³
$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$ $W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

Metodo della corrivazione			
Durata critica	D _w	3,17	ore
Volume invaso minimo	W ₀	1232,65	m ³
$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^n + 1,295 \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{1-n}}{\varphi_m \cdot A \cdot a} - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot t_c$ $2,78 \cdot n \cdot \varphi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^{n-1} + 0,36 \cdot (1-n) \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{-n}}{\varphi_m \cdot A \cdot a} - Q_{umax} = 0$			

Verifica sistema d'invarianza

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A _{inv}	3450,00	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	0,36	≧	0,36	m	Positiva
Volume utile invaso	W	1242,00	≧	1232,65	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T _{sv}	8,5				
Portata massima scaricata	Q	40,20	≤	40,20	l/s	Positiva

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Portata costante		
Portata massima scaricabile	Q _{u,max}	40,20	l/s

Area D

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Afflusso φ	T. corriv. t _c [min]
PROIEZIONE A TERRA DEI MODULI	Area impermeabile	20910,0	0,80	0

STAZIONI DI TRASF. IMPIANTO FTV	Area impermeabile	17,0	0,90	0
CONTAINER PREDIPOSIZIONE SISTEMA ACCUMULO	Area impermeabile	33,0	0,90	0
VIABILITA' INTERNA	Area semi-impermeabile	3170,0	0,60	0
VERDE	Area permeabile	32747,0	0,15	0

 Superficie totale intervento: 56877,0 m²

Valori medi

0,4147

Dimensionamento sistema d'invarianza

Metodo delle sole piogge			
Durata critica	D _w	3,64	ore
Volume invaso minimo	W ₀	1003,05	m ³
$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$ $W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

Metodo della corrivazione			
Durata critica	D _w	3,65	ore
Volume invaso minimo	W ₀	1003,05	m ³
$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^n + 1,295 \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{1-n}}{\varphi_m \cdot A \cdot a} - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot t_c$ $2,78 \cdot n \cdot \varphi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^{n-1} + 0,36 \cdot (1-n) \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{-n}}{\varphi_m \cdot A \cdot a} - Q_{umax} = 0$			

Verifica sistema d'invarianza

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A _{inv}	3450,00	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	0,30	≥	0,29	m	Positiva
Volume utile invaso	W	1035,00	≥	1003,05	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T _{sv}	9,8				
Portata massima scaricata	Q	28,45	≤	28,45	l/s	Positiva

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Portata costante		
Portata massima scaricabile	Q _{u,max}	28,45	l/s

Area E

Caratteristiche idrologiche

Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
PROIEZIONE A TERRA DEI MODULI	Area impermeabile	29753,0	0,80	0
STAZIONI DI TRASF. IMPIANTO FTV	Area impermeabile	34,0	0,90	0
CONTAINER PREDIPOSIZIONE SISTEMA ACCUMULO	Area impermeabile	66,0	0,90	0
VIABILITA' INTERNA	Area semi-impermeabile	5712,0	0,60	0
VERDE	Area permeabile	62721,0	0,15	0

 Superficie totale intervento: 98286,0 m²

Valori medi

0,3737

Dimensionamento sistema d'invarianza

Metodo delle sole piogge			
Durata critica	D _w	3,16	ore
Volume invaso minimo	W ₀	1502,69	m ³
$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \phi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$ $W_0 = 10 \cdot \phi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

Metodo della corrivazione			
Durata critica	D _w	3,16	ore
Volume invaso minimo	W ₀	1502,69	m ³
$W_0 = 10 \cdot \phi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^n + 1,295 \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{1-n}}{\phi_m \cdot A \cdot a} - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot t_c$ $2,78 \cdot n \cdot \phi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^{n-1} + 0,36 \cdot (1-n) \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{-n}}{\phi_m \cdot A \cdot a} - Q_{umax} = 0$			

Verifica sistema d'invarianza

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A _{inv}	6500,00	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	0,24	≥	0,23	m	Positiva
Volume utile invaso	W	1560,00	≥	1502,69	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T _{sv}	8,5	≤	60,0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	49,15	≤	49,15	l/s	Positiva

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Portata costante		
Portata massima scaricabile	Q _{u,max}	49,15	l/s

Stazione Utente AT

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
ASFALTO	Area impermeabile	3005,0	0,80	0
GHIAIA	Area semi-impermeabile	1589,0	0,50	0
Superficie totale intervento: 4594,0 m ²		Valori medi	0,6962	

Dimensionamento sistema d'invarianza

Metodo delle sole piogge			
Durata critica	D _w	2,55	ore
Volume invaso minimo	W ₀	123,52	m ³
$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \phi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$ $W_0 = 10 \cdot \phi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

Metodo della corrivazione			
Durata critica	D _w	2,56	ore
Volume invaso minimo	W ₀	123,52	m ³
$W_0 = 10 \cdot \phi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^n + 1,295 \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{1-n}}{\phi_m \cdot A \cdot a} - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot t_c$ $2,78 \cdot n \cdot \phi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^{n-1} + 0,36 \cdot (1-n) \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{D_w^{-n}}{\phi_m \cdot A \cdot a} - Q_{umax} = 0$			

Verifica sistema d'invarianza

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	0,90	≥	0,82	m	Positiva
Volume utile invaso	W	135,00	≥	123,52	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T _{sv}	6,9				
Portata massima scaricata	Q	5,00	≤	5,00	l/s	Positiva

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Portata costante		
Portata massima scaricabile	Q _{u,max}	5,00	l/s

9. PORTATE SMALTITE NELLE CONDIZIONI DI PROGETTO E PUNTO DI RECAPITO

Nel corso di un attento sopralluogo sono stati esaminati i possibili punti di recapito della rete di fognatura bianca in progetto a servizio dell'area oggetto di studio.

L'area di intervento presenta scoli superficiali nelle vicinanze per lo scarico delle acque meteoriche captate dalla rete.

In base alla relazione idrogeologica si deduce che la falda è superficiale, i terreni sono tipicamente dei limi sabbiosi e sabbie limose con layer argillosi. Il valore del coefficiente di permeabilità viene assunto, a favore di sicurezza, pari a 10-6 m/s.

Le caratteristiche granulometriche, con forte presenza di frazioni fini poco permeabili, e la permeabilità molto bassa dei terreni rende inutilizzabili i vari sistemi di dispersione nel terreno (trincee e pozzi). La portata potrà essere smaltita attraverso uno scarico superficiale calibrato in uno scolo perimetrale.

Nelle condizioni di progetto il volume specifico di invaso si riduce a causa della minore propensione dei terreni impermeabilizzati ad accumulare apporti meteorici, mentre il tempo di corrivazione può essere stimato sommando il tempo di accesso alla rete e il tempo di rete come proposto da Pasini.

10. CALCOLO DEI VOLUMI NECESSARI PER LA LAMINAZIONE

Il calcolo dei volumi richiesti per la laminazione può essere condotto, con buona approssimazione, considerando il bilancio tra portate entranti, ovvero gli afflussi meteorici, e la portata uscente determinata al precedente paragrafo 3.

Per quanto riguarda le precipitazioni, si considera prudenzialmente una precipitazione che fornisca il massimo afflusso per ciascuna durata, quindi quello fornito dalle curve di possibilità pluviometrica individuate per un tempo di ritorno di 50 anni (come previsto dalla D.G.R. 2948/2009).

Per le portate uscenti è stato considerato un ritardo di 5 minuti, che simula il tempo di propagazione della piena all'interno delle condotte della fognatura.

Il volume massimo da invasare può essere individuato con l'ausilio del grafico riportato che, oltre a riportare la curva dei volumi di afflusso, indica i volumi netti all'interno della rete di fognatura per alcuni valori di portata scaricata.

È importante ricordare che il volume utile realizzato all'interno del sistema di invaso dovrà rimanere completamente al di sopra della quota di recapito finale almeno durante il regime di magra, al fine di consentire il naturale svuotamento dei volumi predisposti al temine dell'evento.

Il volume complessivo garantisce il pieno rispetto del criterio dell'invarianza idraulica secondo quanto stabilito dalla D.G.R. 2948/2009.

Il volume di invaso sarà recuperato mediante realizzazione di un invaso a cielo aperto al fine di raccogliere i volumi eccedenti all'invaso dalla rete esistente di scoline.

11. DIMENSIONAMENTO DELLA RETE

Per il dimensionamento della rete minore (eventuale allaccio di caditoie e pluviali) si farà riferimento a tubazioni in PVC di diametro commerciale, correttamente poste in opera alla pendenza prescritta.

Si riporta di seguito la portata smaltibile calcolata secondo la nota formula di Gauckler-Strickler, con tubazione riempita per il 50% come normalmente attribuito alle condotte di ridotto diametro, utilizzando per coefficiente di scabrezza il valore di $90 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$, tipico di condotte in PVC

<i>Diametro nominale</i>	<i>Diametro interno (mm)</i>	<i>Q stimata con pendenza 0.5% (l/s)</i>	<i>Q stimata con pendenza 1.0% (l/s)</i>	<i>Q stimata con pendenza 1.5% (l/s)</i>
DN 110	103.6	2.3	3.3	4.1
DN 125	117.6	3.3	4.7	5.7
DN 160	150.6	6.4	9.0	11.0
DN 200	188.2	11.5	16.3	20.0
DN 250	235.4	21.0	29.6	36.3
DN 315	296.6	38.8	54.9	67.2

Si sono quindi stimate le portate di punta, calcolate con riferimento alla massima intensità di precipitazione prevedibile con tempo di ritorno di 50 anni desumibile dalla curva di possibilità pluviometrica calcolata al paragrafo 2, per piogge di breve durata pari a 15,2 mm in 5 minuti, considerata particolarmente critica per superfici di modeste dimensioni, assumendo un coefficiente di deflusso maggiormente gravoso, ovvero quello relativo a superfici impermeabilizzate stimato pari a 0.90.

AREA servita [mq]	Q stimata [l/s]	Diametro richiesto (mm) / Portata smaltita (l/s)					
		0.5%		1.0%		1.5%	
50	2.3	DN125	3.3	DN110	3.3	DN110	4.1
100	4.6	DN160	6.4	DN125	4.7	DN125	5.7
150	6.8	DN160	6.4	DN160	9.0	DN160	11.0
200	9.1	DN200	11.5	DN160	9.0	DN160	11.0
250	11.4	DN200	11.5	DN200	16.3	DN200	20.0
500	22.8	DN250	21.0	DN250	29.6	DN250	36.3
750	34.2	2xDN250	42.0	DN315	54.9	DN250	36.3
1000	45.6	2xDN315	77.6	DN315	54.9	2xDN250	72.6

Si utilizzerà una tubazione PVC DN250 PN20.

12. CONCLUSIONI

Il presente studio ha posto in evidenza la possibilità di realizzare una serie di interventi finalizzati alla mitigazione dell'impatto idraulico derivante dalla costruzione del parco fotovoltaico nell'area di intervento (circa 40 ha).

La portata idraulicamente compatibile è stata stimata in:

- circa 66.35 l/s per l'area A;
- circa 23.34 l/s per l'area B;
- circa 40.20 l/s per l'area C;
- circa 28.45 l/s per l'area D;
- circa 49.15 l/s per l'area E;
- e 5 l/s per la stazione utente:

tutti corrispondenti ad un coefficiente udometrico di 5 l/s-Ha, valore che risulta nei limiti suggeriti dal Consorzio di bonifica.

Per garantire la compatibilità di tali portate scaricate con gli interventi in progetto si propone la realizzazione di un volume di invaso di compensazione pari a **7500 m³**, complessivi, superiori al valore richiesto dal calcolo di **7200 m³**. Tutto il volume di invaso verrà realizzato con due bacini a cielo aperto di profondità limitata e sponde dolci (1:5).

Eventuali variazioni di destinazione d'uso del suolo in fase di progetto rispetto a quanto riportato nella presente valutazione dovranno essere considerate al fine di computare correttamente l'impatto delle opere in progetto sul regime idraulico dell'ambito di intervento.

Dati riassuntivi del progetto

Area di intervento: 419.586 m²

Coefficiente di deflusso attuale stimato: 0.100

Coefficiente di deflusso di progetto stimato: 0.41

Volume di invaso minimo richiesto: 6.934 m³

Volume del sistema di invaso: 7200 m³

Coefficiente udometrico imposto: 5 l/s-ha

Coefficiente udometrico utilizzato: 5 l/s-ha

Portata massima allo scarico: 66.35 l/s

Scarico: Diametro luce calibrata: PVC DN250 PN20