

RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA



PROGETTO DEFINITIVO

REALIZZAZIONE DI UN HUB DI RICERCA, SVILUPPO, PRODUZIONE, STOCCAGGIO, RICONVERSIONE E DISTRIBUZIONE DELL'IDROGENO, ALIMENTATO DA UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 8,982 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN SITO NEL COMUNE DI SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO), LOCALITÀ SAN MATTEO DELLA DECIMA.

Committente:

TOZZIgreen

Tozzi Green S.p.A.
Via Brigata Ebraica, 50
48123 Mezzano (RA)
P.IVA 02132890399
R.E.A. n. RA-174504
Tel. (+39) 0544 525311
pec: tozzi.re@legalmail.it
mail: info@tozzigreen.com
web: www.tozzigreen.com

Progettista:



ArchLivIng s.r.l.
Via Monsignor Maverna, 4 - 44122
Ferrara (FE)
Tel: (+39) 0532 733683 - Fax:
(+39) 0532 692608
web: www.archliving.it

Coordinamento di progetto:



ambiente s.p.a.
Via Frassina, 21, 54033
Carrara (MS)

1	24/09/2021	Ing. Raffaele Mattioli	Ing. Gessica Grossi		Prima emissione
REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
Codice elaborato: P.6.2.4		Titolo elaborato: RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA			

INDICE

1. PREMESSA	2
2. INTENSITÀ E ALTEZZA DI PIOGGIA DI CALCOLO.....	4
3. PARAMETRI DI CALCOLO DEI COLLETTORI DI SCARICO	6
4. DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI PRINCIPALI	7
5. CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO	9
6. CALCOLO SEZIONE DI SBOCCO	10

1. PREMESSA

Si definiscono e si esplicano le scelte metodologiche e progettuali adottate per la scelta dei manufatti atti a garantire l'invarianza idraulica nell'ambito dell'intervento di nuova costruzione di un HUB di ricerca, sviluppo, produzione, stoccaggio, riconversione e distribuzione dell'idrogeno sito a San Matteo Della Decima con nuovo accesso dalla Strada Provinciale 255, in osservanza ai metodi così come riportati nelle Linee Guida per la progettazione, realizzazione e collaudo di reti fognarie rilasciate da Hera s.p.a. e dalla Deliberazione n.61 del 2009 del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

Sono trattate le opere per la gestione delle acque meteoriche raccolte all'interno dell'area oggetto di intervento, provenienti dalle seguenti superfici:

- coperture del fabbricato ad uso uffici del Hub di ricerca (di nuova costruzione);
- parcheggi e relativi percorsi carrabili;
- distributore di idrogeno (di nuova costruzione);
- zona di produzione e stoccaggio idrogeno;
- un parco fotovoltaico per la produzione di energia elettrica;
- aiuole e aree verdi.

L'area oggetto di intervento è collocata a breve distanza dalla frazione di San Matteo Della Decima sotto il Comune di San Giovanni In Persiceto (BO) su un terreno con destinazione d'uso agricola allo stato di fatto; al suo interno sono previsti n.1 fabbricato di nuova costruzione, di altezza pari a 4,65 m, avente destinazione ad uso uffici, un nuovo distributore di idrogeno, una zona di produzione e stoccaggio idrogeno e aree per il parcheggio per una nuova superficie impermeabilizzata pari a 6060 m².

Come nuova area urbanizzata si è considerata la sola parte circostante le nuove costruzioni e i nuovi parcheggi per una superficie totale pari a 12.555 m².

Non si considera come area urbanizzata o impermeabilizzata la zona ricoperta dai pannelli fotovoltaici poiché il progetto prevede di alloggiare i moduli su apposite strutture di sostegno che sono a loro volta infisse direttamente nel terreno, in modo da fornire un adeguato supporto sia a fronte dei carichi propri che accidentali, mantenendo al contempo inalterate le caratteristiche di permeabilità dell'area.

La superficie oggetto di calcolo considerata è pari a 1,26 ha e prevede il recapito delle sole acque meteoriche nel canale a cielo libero in gestione all'HERA che passa attraverso il lotto per poi confluire nel Canale di Cento in gestione al Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

La rete interrata è composta da tubazioni in PP SN16; questa raccoglie sia le acque provenienti dai pluviali che quelle raccolte a terra dalle nuove superfici impermeabili (attraverso caditoie) e le convoglia verso il volume di invaso previsto nella parte nord dell'area e per il cui posizionamento preciso si rimanda agli allegati.

Il bacino di laminazione è costituito da un vaso naturale a cielo aperto da realizzare in vicinanza agli uffici; lo scarico della vasca avverrà tramite un collettore sul fondo che permetterà il deflusso massimo possibile in base alla Deliberazione n.61 del 2009 pari a 8 l/s ha .

Ai fini del dimensionamento delle opere idrauliche di drenaggio delle acque meteoriche interne al comparto è stato assunto un tempo di ritorno pari a *25 anni*.

Nei seguenti paragrafi saranno determinati i principali dati necessari al calcolo del volume di laminazione da garantire ai fini dell'invarianza idraulica; a tal fine sono stati individuati i parametri della curva di possibilità pluviometrica necessari a identificare altezza e intensità di pioggia di calcolo. Con questi dati è stato possibile ricavare le corrispondenti portate tratto per tratto, per poter dimensionare le dorsali principali della rete di smaltimento.

Il volume minimo della vasca di laminazione è quindi ricavato in base alla Deliberazione n.61 del 2009; nell'ambito di tale calcolo è stato considerato come volume di vaso anche una quota parte della rete di scarico.

2. INTENSITÀ E ALTEZZA DI PIOGGIA DI CALCOLO

Ai fini del dimensionamento dei collettori principali della rete di smaltimento delle acque meteoriche è stato considerato un evento di durata "critica", avente a un tempo di ritorno di 25 anni. La durata "critica" assunta è pari al tempo di corrivazione (T_c), calcolato conformemente al seguente criterio (Linee Guida Hera): "Per il calcolo del tempo di corrivazione, ove non disponibili valutazioni più dettagliate, si consideri la formulazione classica che considera il tempo di accesso alla rete ed il tempo di rete. Per il calcolo del tempo di accesso si considerino 5 minuti e per il calcolo del tempo di rete la velocità di 1 m/s"

- Tempo di accesso alla rete: 5 minuti · 60s = 300s;
- Tempo di rete: a seguito di valutazioni più dettagliate si è calcolata la velocità per ogni tratto e utilizzata la formula:

$$T_r = l/v$$

Dove l è la lunghezza del tratto in metri e v è la velocità di deflusso della corrente in m/s.

Per il calcolo del tempo di rete è stata considerata la lunghezza del tratto più lungo, ovvero della caditoia più lontana dal manufatto per la laminazione.

In definitiva il tempo di corrivazione è: $T_c = 300 \text{ s} + 250 \text{ s} = 550 \text{ s} \sim 9,17 \text{ min}$

I parametri "a" e "n" della curva di possibilità pluviometrica adottati per la Provincia di Bologna sono desunti dal pluviometro di Bologna (ex Idrografico) nel periodo 1934-2013, per un evento di durata <1 ora, avente un periodo di ritorno di 25 anni.

Tabella 1. Linee Guida Hera

TR	Tempo di corrivazione			
	< 1 ora		> 1 ora	
	a	n	a	n
5	32.70	0.449	30.97	0.297
10	38.63	0.469	36.64	0.290
25	46.12	0.487	43.82	0.284

Tabella 3: parametri a ed n per la provincia di Bologna

Piogge intense

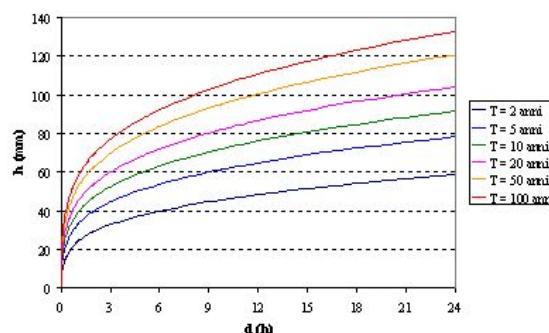
$$h(d, T) = ad^n$$

Curva di Possibilità Pluviometrica (C.P.P.)

Per il calcolo delle C.P.P. valide per il territorio gestito si adottano curve a due rami e quattro parametri a_1 , a_2 , n_1 , n_2 , funzione del tempo di ritorno:

$$h(d, T) = a_1 d^{n_1} \quad d < 1 \text{ h}$$

$$h(d, T) = a_2 d^{n_2} \quad d > 1 \text{ h}$$



Fonte Hera S.p.a.

Si ottengono i seguenti risultati:

- Altezza di pioggia di calcolo: $h(T_c) = a \cdot T_c^n = 46.12 \cdot \left(\frac{550}{3600}\right)^{0.487} = 18.5 \frac{\text{mm}}{\text{m}^2};$
- Intensità di pioggia di calcolo: $i(T_c) = a \cdot T_c^{(n-1)} = 46.12 \cdot \left(\frac{550}{3600}\right)^{(0.487-1)} = 120.9 \frac{\text{mm}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$

3. PARAMETRI DI CALCOLO DEI COLLETTORI DI SCARICO

In questo capitolo sono calcolati i volumi di efflusso complessivi in ingresso e in uscita dall'invaso, entrambi associati alla durata "critica" precedentemente descritta; attraverso i procedimenti di seguito esplicitati è possibile ricavare il corrispondente volume convogliato nell'invaso, oltre che il volume in efflusso scaricabile nel canale a cielo aperto.

Il volume convogliato nell'invaso V_{in} , originato da un evento meteorico di durata pari al tempo di corrivazione (T_c), avente un tempo di ritorno di 25 anni, è calcolato a partire dai seguenti:

- Coeff. di efflusso medio – media pesata in base alle superfici aventi diversa permeabilità;
- Altezza di pioggia critica $h(T_c)$;
- Superficie complessiva considerata.

I coefficienti di efflusso applicati sono desunti dalle Linee Guida Hera:

Superficie tipo	Coefficiente di afflusso
Tetti, cortili lastricati, strade	0.9
Misto	0.2- 0.4
Verde, terreno naturale	0.1

Tabella 2. Coefficienti di afflusso

Le superfici captanti sono le seguenti:

Copertura, Parcheggio, Passaggi carrabili, Zona stoccaggio	7033 mq
Verde	5522 mq
TOTALE	12555 mq

Il coefficiente di efflusso medio da considerare per l'intera superficie è ricavato dalla seguente:

$$\varphi_{MEDIO} = \frac{\sum A_i \cdot \varphi_i}{A_{TOT}} = \frac{7033 \cdot 0.9 + 5522 \cdot 0.1}{12555} = 0.55$$

Il volume convogliato nella vasca di laminazione originato da un evento meteorico di durata pari al tempo di corrivazione (T_c), avente un tempo di ritorno di 25 anni risulta pertanto:

$$V_{in} = \varphi_{MEDIO} \cdot h(T_c) \cdot A = 0.55 \cdot 18.5 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{m^2} \cdot 12555 m^2 = 127.7 m^3$$

Il massimo volume che può essere scaricato nella rete pubblica mista è calcolato a partire dai seguenti:

Massima portata areica scaricabile;

Superficie complessiva considerata.

Durata dell'evento critico.

$$V_{out} = Q_{out} \cdot A \cdot T_c = 8 \frac{l}{s \cdot ha} \cdot 1.26 ha \cdot 550 s = 5544 l = 5.5 m^3$$

4. DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI PRINCIPALI

I collettori di smaltimento delle acque meteoriche sono stati dimensionati in base alla formula di Chézy (ipotesi di moto uniforme in condotte a pelo libero), con coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler $C = 100 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ valido per tubazioni in PP:

$$Q = A \cdot C \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Dove:

$Q[\text{m}^3/\text{s}]$ portata;
 $A[\text{m}^2]$ Superficie della sezione bagnata;
 $C[\text{m}^{1/3}/\text{s}]$ coeff. di scabrezza di Gauckler-Strickler;
 $R[\text{m}]$ raggio idraulico (A/P);
 $i[-]$ pendenza.

La portata da smaltire per ciascun tratto è ricavata a partire dai seguenti:

- intensità di pioggia di calcolo;
- somma delle aree di influenza a monte di ciascun tratto oggetto di calcolo.

L'equazione adottata, riferita al tratto i -esimo, è la seguente:

$$Q_i = \varphi_{MEDIO} \cdot i(T_c) \cdot \sum A_i$$

A titolo cautelativo il dimensionamento non è stato effettuato con φ_{MEDIO} , ma con $\varphi = 1$, al fine di poter utilizzare la rete interna come ulteriore volano.

Dal consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara non è imposto alcun grado di riempimento; perciò, si è utilizzato il criterio di buona norma di avere un grado di riempimento massimo dell'80% ottenendo il dimensionamento seguente:

Tabella 3. Dimensionamento rete

Tronco	Superficie captante [m ²]	D _e [m]	L [m]	Pendenza	Portata [l/s]	h/D	Velocità [m/s]
<u>ZONA DI PRODUZIONE E STOCCAGGIO IDROGENO</u>							
1-2 bianca	1377,13	0,400	20,45	0,2%	60,74	0,64	0,96
2-3 bianca	2097,41	0,468	18,66	0,2%	89,79	0,64	1,05
3-5 bianca	2746,48	0,468	23,87	0,2%	113,44	0,77	1,09
<u>ZONA DISTRIBUTORE IDROGENO</u>							
4-5 bianca	295,32	0,250	26,39	0,2%	12,67	0,53	0,65
5-6 bianca	3623,23	0,500	23,73	0,2%	145,00	0,79	1,16
6-8 bianca	4060,96	0,565	19,14	0,2%	158,98	0,63	1,22
7-8 bianca	470,94	0,250	23,86	0,2%	20,33	0,71	0,72
<u>ZONA PARCHEGGIO E RETROSTANTE EDIFICIO</u>							
8-9 bianca	4810,88	0,565	26,46	0,2%	182,97	0,70	1,25
9-10 bianca	5203,03	0,565	20,24	0,2%	193,76	0,73	1,26

RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

10-11 bianca	5483,44	0,565	10,55	0,2%	202,04	0,76	1,27
11-12 bianca	5588,34	0,565	20,50	0,2%	201,81	0,76	1,27
12-13 bianca	5691,28	0,565	20,50	0,2%	201,59	0,75	1,27
13-14 bianca	5794,32	0,565	20,50	0,2%	201,45	0,75	1,27
14-15 bianca	5899,76	0,565	18,58	0,2%	201,80	0,76	1,27
15-26 bianca	5955,97	0,565	11,30	0,2%	201,76	0,76	1,27
<u>COPERTURA EDIFICIO</u>							
16-17 bianca	59,76	0,110	7,00	0,2%	2,66	0,68	0,44
17-18 bianca	176,13	0,160	10,03	0,2%	7,60	0,71	0,56
18-19 bianca	307,18	0,250	8,64	0,2%	12,98	0,53	0,66
19-20 bianca	422,05	0,250	8,35	0,2%	17,51	0,63	0,70
20-21 bianca	530,58	0,250	8,07	0,2%	21,64	0,74	0,73
21-22 bianca	632,18	0,315	7,89	0,2%	25,41	0,55	0,77
22-23 bianca	758,99	0,315	12,08	0,2%	29,88	0,61	0,80
23-24 bianca	942,28	0,315	9,06	0,2%	36,53	0,70	0,84
24-25 bianca	942,28	0,315	9,47	0,2%	35,97	0,70	0,83
25-26 bianca	942,28	0,315	4,33	0,2%	35,72	0,69	0,83
<u>DORSALE VERSO LAMINAZIONE</u>							
26-vasca bianca	7033,44	0,630	10,82	0,2%	236,20	0,74	1,32

Per una maggior chiarezza dei dati sopra riportati si rimanda agli allegati alla presente relazione.

5. CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO

Il volume complessivo di laminazione include quello delle dorsali di scarico precedentemente calcolate, con un grado di riempimento $h/D = 80\%$; tale volume è pari a $V_{coll} = 44.4\text{m}^3$. Di seguito sono esplicitati i volumi dei singoli tratti, raggruppati per diametro:

Tabella 4. Volumi dei singoli tratti

Diametro esterno [m]	Diametro interno [m]	Lunghezza [m]	h/D	Superficie sezione bagnata [m ²]	Volume [m ³]
0,110	0,104	7,00	0,80	0,007	0,05
0,160	0,151	10,03	0,80	0,015	0,15
0,250	0,218	75,31	0,80	0,032	2,41
0,315	0,272	42,83	0,80	0,050	2,14
0,400	0,347	20,45	0,80	0,081	1,66
0,468	0,400	42,53	0,80	0,108	4,59
0,500	0,433	23,73	0,80	0,126	3,00
0,565	0,500	167,77	0,80	0,169	28,27
0,630	0,535	10,82	0,80	0,193	2,09

Il volume di invaso minimo richiesto è determinato conformemente alla Deliberazione n.61 del 2009 del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

Per superfici urbanizzate maggiori di 1 ha è imposta la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane per un volume complessivo pari al maggiore fra $500\text{m}^3/\text{ha}$ di superficie impermeabilizzata oggetto di intervento e $350\text{m}^3/\text{ha}$ di superficie urbanizzata.

Il volume minimo di invaso è pertanto:

- $V_{calc} = 500 \frac{\text{m}^3}{\text{ha}} \cdot 0,70\text{ha} = 351.7\text{m}^3$;
- $V_{calc} = 350 \frac{\text{m}^3}{\text{ha}} \cdot 1,26\text{ha} = 439.4\text{m}^3$.

Si deve quindi predisporre un volume di invaso pari a $439,4\text{m}^3$.

In conclusione, è possibile determinare il volume di invaso calcolato atto a garantire la corretta gestione delle acque meteoriche:

$$V_{invaso} = V_{calc} - V_{coll} = 439.4\text{m}^3 - 44.4\text{m}^3 = 395.1\text{m}^3$$

Tale volume è realizzato con una depressione del terreno pari a 250 mq e altezza 1.6 m, situato a nord dell'edificio di ricerca e in sua prossimità.

6. CALCOLO SEZIONE DI SBOCCO

Il condotto in uscita dal bacino deve avere uno sviluppo tale da consentire un efflusso a sezione piena, mantenendo comunque trascurabili le perdite di carico distribuite. Le tubazioni in uscita dal bacino di laminazione sono inclinate al 3% e scaricano all'interno del canale a cielo aperto in gestione all'HERA.

Il battente h adottato nel calcolo considera la profondità del bacino e il salto di quota della tubazione tra fondo bacino e il baricentro della tubazione in corrispondenza del recapito risultando pari a 0,5 m.

Sezione di efflusso con velocità di Torricelli (1.1) $S = \frac{q}{\mu \sqrt{2gh}}$	S = area della bocca di efflusso [m ²]
	q = portata uscente [m ³ /s]
	μ = coefficiente di efflusso (0,82 per condotta applicata all'esterno del serbatoio)
	g = accelerazione di gravità [m/s ²]
	h = battente idraulico dal pelo libero al baricentro della sezione di sbocco [m]

Dalla Deliberazione n.61 del 2009 si calcola:

Portata massima ammissibile $Q_{max} = Q_{out} \cdot A = 8 \frac{1}{s \cdot ha} \cdot 1.26 ha = 10.04 \frac{1}{s}$

Applicando la formula si ottiene una superficie della bocca di efflusso pari a:

$$S = 4.37 \cdot 10^{-3} m^2 = 43.7 cm^2$$

Perciò lo sbocco nel corpo recettore dovrà essere regolato da una tubazione in PVC DN 75 SN4, avente sezione netta interna pari a 38.9 cm².

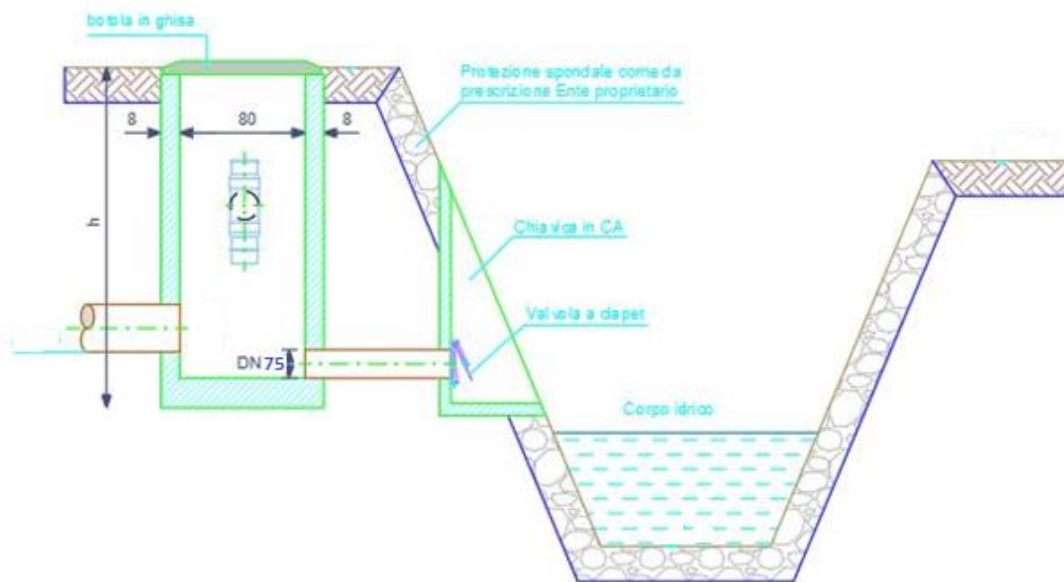


Figura 1. Scarico nel fossato

Si allegano:

TAV.4.2.2 – INDIVIDUAZIONE DELLE SUPERFICI – STATO DI PROGETTO

TAV.4.2.1 – PLANIMETRIA RETE RACCOLTA ACQUE METEORICHE

Ferrara, 1 ottobre 2021

Il Tecnico

Ing. Cristiano Bignozzi

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1. SCARICO NEL FOSSATO	10
--	-----------

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1. LINEE GUIDA HERA	4
TABELLA 2. COEFFICIENTI DI AFFLUSSO	6
TABELLA 3. DIMENSIONAMENTO RETE.....	7
TABELLA 4. VOLUMI DEI SINGOLI TRATTI	9