



## La gestione degli spazi verdi

Luigi Fanizzi, Ecoacque® - Email: info@ecoacque.it

In un'ottica di applicazione della Legge "Norme per lo sviluppo degli spazi verdi urbani" (L. 14 gennaio 2013, n. 10) e delle **Linee guida**, di cui alle Norme UNI/PdR 8:2014 (*Linee guida per lo sviluppo sostenibile degli spazi verdi – Pianificazione, progettazione, realizzazione e manutenzione*), l'utilizzo del presente studio, vuole consentire, ai professionisti del settore ed alla società civile, di orientarsi verso la corretta gestione idrica degli spazi verdi. L'obiettivo dell'irrigazione è il reintegro della capacità di campo, ossia dell'acqua che viene progressivamente eliminata dal terreno. Questo concetto può essere espresso ricorrendo al concetto dell'Evapotraspirazione (ET): si tratta di un coefficiente che esprime la somma dell'acqua persa dalla superficie del terreno per evaporazione ed usata, dalle piante, per traspirazione. Molti fattori influenzano l'ET, ma oltre quelli relativi al tipo ed età della pianta, sono significativi i fattori meteorologici. Per il reperimento delle informazioni relative ai dati meteorologici, in genere, si impiega una stazione meteo, che può fornire informazioni relative alle singole difformità locali dal modello di riferimento. Per il calcolo dell'**Evapotraspirazione Colturale ET<sub>c</sub>** (*Crop*), si preferisce partire da una domanda climatica dell'atmosfera ad un sistema terreno-pianta, a cui il sistema risponde con un'effettiva evapotraspirazione di acqua.

La domanda climatica si chiama **Evapotraspirazione Potenziale**, per definirla (P.G. Megale, 2010), si fa riferimento ad una situazione, specifica, standard (**ET<sub>0</sub>**):

- prato pianeggiante ed uniforme di *Festuca arundinacea*;
- in condizioni di rifornimento idrico ottimale (ottimali condizioni di umidità del suolo);
- tenuto a un'altezza tra **8 cm** e **15 cm**;
- sufficientemente esteso da evitare effetto *oasi*;
- esente da fitopatie ed in perfetto stato nutrizionale (assenza di fattori limitanti).

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c$$

ove **K<sub>c</sub>** = coefficiente colturale (rapporto tra l'ET della coltura da irrigare, in assenza di fattori limitanti, e quella del prato di riferimento; R. G. Allen et Al., 2006). Una semplice relazione, di uso comune, è quella proposta dal Serra, che richiede, per la stima dei valori mensili di ET<sub>0</sub>, la conoscenza dell'umidità relativa e delle temperature (temperature medie ed estreme). La formula di **A. Serra**, per il calcolo dell'evapotraspirazione mensile è la seguente (A. Di Bernardo, 2013):

$$ET_0 \text{ (mm)} = 180 \cdot [(1 - U_r/2) \cdot [1 - (\Delta T_e/2)/1000]] \cdot e^{0,0644 \cdot T_m}$$

ove:

- U<sub>r</sub> (mm/mm) = umidità media relativa del mese;
- T<sub>m</sub> (°C) = temperatura media del mese;
- ΔT<sub>e</sub> (°C) = differenza fra le temperature estreme del mese (T<sub>max</sub> media - T<sub>min</sub> media).

L'evapotraspirazione media annua è data dalla somma dei **12** valori mensili, ossia:

$$ET_0 \text{ (mm)} \cong 270 \cdot e^{0,0644 \cdot T_m}$$

mentre, l'evapotraspirazione media giornaliera, si ottiene dividendo quella media mensile per il numero di giorni. Si riporta, a titolo esemplificativo, il calcolo dell'evapotraspirazione media giornaliera nei mesi estivi di **Giugno, Luglio, Agosto**, utilizzando i dati rinvenuti dalla stazione meteorologica di Bari-Palese (**Figura 1**):

Si ottiene un valore medio giornaliero, per la stagione estiva, pari a **4,5** [mm/d] (**Tabella 1**):

Bari-Palese	Giugno	Luglio	Agosto	MEDIA
T <sub>max</sub> media [°C]	26,8	29,2	29,2	28,4
T <sub>min</sub> media [°C]	16,7	19,3	19,4	18,47
ΔT <sub>e</sub> [°C]	10,1	9,9	9,8	9,93
T <sub>media</sub> [°C]	21,75	24,25	24,3	23,43
U <sub>r</sub> [mm/mm]	0,66	0,65	0,67	0,66
ET <sub>0</sub> [mm/d]	4,1	4,8	4,6	4,5

**Tabella 1 - Valore medio d'evapotraspirazione giornaliera nella stagione estiva.**

Inoltre, essendo la temperatura massima media, di mezza estate, compresa tra 21 e 32 [°C], e l'umidità relativa media di mezza estate è superiore al 50% (**66%**), il clima risulta essere di tipo **caldo umido** (**Tabella 2**):

Clima	Condizioni Termoigrometriche
<b>Freddo umido</b>	T < 21°C; U <sub>r</sub> > 50%
<b>Freddo secco</b>	T < 21°C; U <sub>r</sub> < 50%
<b>Caldo umido</b>	21°C ≤ T ≤ 32°C; U <sub>r</sub> > 50%
<b>Caldo secco</b>	21°C ≤ T ≤ 32°C; U <sub>r</sub> < 50%
<b>Molto caldo umido</b>	T > 32°C; U <sub>r</sub> > 50%
<b>Molto caldo secco</b>	T > 32°C; U <sub>r</sub> < 50%

**Freddo:** Temperatura massima media, di mezza estate, inferiore a 21°C;  
**Caldo:** Temperatura massima media, di mezza estate, superiore a 32°C;  
**Umido:** Umidità media relativa, di mezza estate, superiore al 50%;  
**Secco:** Umidità media relativa, di mezza estate, inferiore al 50%.

**Tabella 2 - Tipologia di clima (S. Specchioli, 2003).**

BARI PALESE (1971-2000)	Mesi												Stagioni				Anno
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Inv	Pri	Est	Aut	
T. max. media (°C)	12,6	12,9	15,0	18,0	22,8	26,8	29,2	29,2	25,9	21,5	16,8	13,9	13,1	18,6	28,4	21,4	20,4
T. min. media (°C)	4,9	4,8	6,3	8,6	12,9	16,7	19,3	19,4	16,3	12,6	8,6	6,2	5,3	9,3	18,5	12,5	11,4
T. max. assoluta (°C)	24,0 (1979)	24,0 (1990)	27,2 (1977)	32,6 (1985)	39,1 (1994)	41,4 (1982)	43,3 (2000)	44,8 (1994)	39,0 (1988)	35,2 (1979)	26,8 (2000)	23,0 (1989)	24,0	39,1	44,8	39,0	44,8
T. min. assoluta (°C)	-5,9 (1993)	-3,0 (1979)	-2,4 (1987)	0,0 (1988)	5,3 (1987)	7,8 (1986)	12,8 (1971)	12,8 (1976)	8,4 (1979)	4,0 (1972)	0,0 (1977)	-1,6 (1976)	-5,9	-2,4	7,8	0,0	-5,9
Giorni di calura (T <sub>max</sub> ≥ 30 °C)	0	0	0	0	0	5	11	12	3	0	0	0	0	0	28	3	31
Giorni di gelo (T <sub>min</sub> ≤ 0 °C)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	4
Precipitazioni (mm)	53,7	64,2	42,0	40,5	34,9	23,3	25,4	30,4	59,7	61,5	72,7	54,3	172,2	117,4	79,1	193,9	562,6
Giorni di pioggia	7	8	7	6	5	4	3	4	5	6	8	7	22	18	11	19	70
Giorni di nebbia	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Umidità relativa media (%)	76	73	72	69	69	66	65	67	70	75	77	77	75,3	70	66	74	71,3

Figura 1 - Medie climatiche e valori massimi e minimi assoluti pubblicati nell'Atlante Climatico d'Italia del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (1971 ÷ 2000).

Da tale valore igrometrico, è possibile ricavare il valore dell'evapotraspirazione effettiva, moltiplicando l'evapotraspirazione potenziale di riferimento per il coefficiente colturale K<sub>c</sub> (Tabella 3).

In Tabella 3 sono riportati i coefficienti colturali K<sub>c</sub> relativi al prato misto nei tre diversi stadi di sviluppo (iniziale, medio e finale) ed in differenti condizioni climatiche (umidità relativa e ventosità; J. Doorenbos and W.O. Pruitt, mod., 1977). Nel caso in esame, essendo l'umidità relativa compresa fra il 20% ed il 70% e la velocità del vento compresa tra 5 (m/s) e 8 (m/s), si è adottato un valore di K<sub>c</sub> = 1,05 che determina un valore di evapotraspirazione colturale effettiva pari a:

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c = 4,5 \text{ [mm/d]} \cdot 1,05 = 4,7 \text{ [mm/d]}$$

Stabilito il fabbisogno idrico giornaliero, per poter progettare un impianto irriguo occorre innanzitutto conoscere due elementi fondamentali (A. Taccolini, 2015):

- Qual è la superficie da irrigare e come è distribuita;
- Qual è la portata dell'acqua disponibile.

La prima cosa da fare è la stesura di una planimetria in scala (1:100, 1:200). È importante riportare fedelmente, nella cartografia, tutti i rilievi topografici con estrema precisione, per decidere il tipo di irrigatore da impiegare e il raggio di azione del getto (90°, 180°, 270°, 360°), dove

porre gli irrigatori, quale distanza lasciare tra un irrigatore e l'altro, dove far passare i tubi interrati e dove mettere i raccordi.

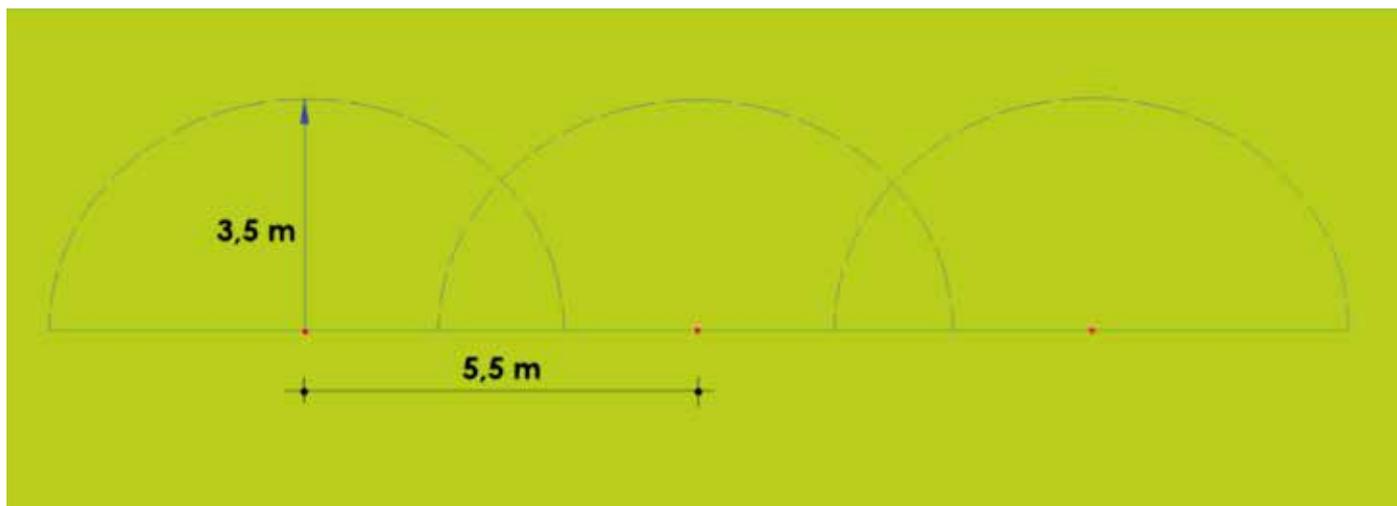
Si procede con la disposizione degli erogatori. La ditta che fornisce l'impianto di irrigazione, mette a disposizione del progettista tutti i dati necessari per il progetto. In particolare, per ogni tipo di erogatore, vengono forniti i dati sulle sue caratteristiche, quali ad esempio, la distanza del getto (raggio), il raggio d'azione del settore, la portata oraria, la distanza minima tra un irrigatore e l'altro (80% del diametro della gittata). Nella tabella (A. Capra et Al., 2015), sotto riportata (Tabella 4) vengono indicati tre tipi di irrigatori (Tipo A, B, C) con la relativa tabella dei consumi (Tabella 5).

Per porre bene gli irrigatori è necessario metterli a una distanza inferiore al diametro della gittata (circa 80%). Ad esempio, se il raggio (la distanza della gittata) è di 3,5 metri, la distanza consigliata fra gli irrigatori è di 7 metri x 0,80 = 5,5 metri circa (Figura 2).

La parte più complicata del progetto è quella concernente la posizione degli irrigatori e dei relativi settori, in modo tale che tutta l'area venga completamente bagnata. Per fare questo, dopo avere riportato in una mappa l'area da irrigare e quella non interessata all'intervento irriguo, è necessario decidere il tipo di irrigatore da utilizzare. Le scelte ricadono in genere su due tipologie, l'irrigatore statico con gittata di 3,5 metri o

Coltura	Umidità relativa minima (%)			
	> 70		< 20	
	Velocità vento (m/s)			
	0 - 5	5 - 8	0 - 5	5 - 8
Prato misto	1,05 - 0,55 - 1,00	-	1,15 - 0,55 - 1,05	1,20 - 0,55 - 1,10

Tabella 3 - Coefficienti colturali K<sub>c</sub>.



**Figura 2 - Esempio disposizione irrigatori.**

irrigatori a turbina che consentono di avere gittate anche più ampie (3,5 m, 6,5 m, 9,5 m). Se la superficie da irrigare è abbastanza contenuta (es. fino a 150 m<sup>2</sup>) si consigliano irrigatori statici con gittata di 3,5 metri, se invece le superfici sono più grandi, si possono utilizzare gli irrigatori a turbina, con una gittata maggiore.

Per tracciare le aree irrigue si procede nel seguente modo (N. Metwaly et Al., 2006):

- si inizia dalle zone d'angolo, dove vanno posti irrigatori con settore di 90°, ponendo gli irrigatori ad una distanza vicino per quanto possibile a quella consigliata (80% del raggio d'azione);
- si completa l'area perimetrale con irrigatori che coprono un settore di 180°;
- per gli angoli della casa o di altre zone limitrofe (esempio veranda), si mettono degli irrigatori ad angolo che coprono un settore di 270°;

- una volta completati i settori (angoli, zona perimetrale, spigoli della casa) si completa l'impianto con altri irrigatori, che in genere possono avere settori di 180° o 360° a seconda dei casi.

Si riporta di seguito (**Figura 2**), un esempio di posizionamento di irrigatori per un'area, ubicata nell'agglomerato urbano del Comune di Bari, adibita a giardino ornamentale, in un terreno di medio impasto, inverdito con prato a *Dichondra repens* (sp. Macroterma, specie mediterranea adatta; M. Pallavicini, 2015), avente dimensione di 21,5 m x 33,5 m sulla quale è presente una abitazione di 13,0 m x 15,0 m come riportato in Figura 3.

I dati progettuali sono quelli indicati in **Tabella 6**.

In totale, su un'area di 525 m<sup>2</sup> si distribuiscono 196 litri/minuto. Considerando un fabbisogno idrico giornaliero medio di 4,7 [mm/d], equivalente a 4,7 [litri/m<sup>2</sup>], si può individuare il tempo minimo di

## IRRIGATORI MERCATALI DISPONIBILI (Distanze consigliate e Settori)

Tipo di Irrigatore	Raggio	Distanza fra irrigatori [m]	Settori [°]
A	3,5	5,5	90-180, 270-360
B	6,5	10	90-180, 270-361
C	9,5	15	90-180, 270-362

**Tabella 4 - Esempio di tipologia di irrigatori commerciali disponibili.**

## TABELLA DEI CONSUMI

SETTORE	90°	180°	270°	360°
TIPO A	6 litri/minuto	7 litri/minuto	9 litri/minuto	11 litri/minuto
TIPO B	9 litri/minuto	12 litri/minuto	14 litri/minuto	17 litri/minuto
TIPO C	16 litri/minuto	20 litri/minuto	25 litri/minuto	25 litri/minuto

**Tabella 5 - Consumi irrigatori.**

funzionamento, delle varie elettrovalvole della rete, esprimendo il fabbisogno in litri, nel modo seguente:

$$196 \text{ L}/525 \text{ m}^2 = 0,37 \text{ L}/\text{m}^2$$

e, quindi

$$4,7 \text{ L}/0,37 \text{ L}/\text{m}^2 \cong 13 \text{ minuti}$$

(minuti di funzionamento)

Per una determinazione rigorosa del turno irriguo (intervallo di tempo tra due adacquamenti consecutivi) e dell'orario irriguo (durata di ogni singolo adacquamento), occorre considerare una serie di parametri (costanti idrologiche) legati alla idrologia del terreno, di cui si riporta, di seguito, una descrizione dettagliata (C. Cometti, 2011).

La *capacità di campo CC* è l'umidità del terreno quando è completa la saturazione dei micropori. È la massima umidità che il terreno può avere una volta allontanata l'acqua gravitazionale. In questo stato le piante producono il minimo sforzo per asportare l'acqua dal suolo. Il *punto di appassimento PA* è l'umidità del terreno quando il suo contenuto idrico non è sufficiente per la sopravvivenza delle piante, in quanto la loro capacità di suzione è inferiore alla tensione matriciale. Per garantire la sopravvivenza delle piante è necessario che l'umidità del terreno si mantenga entro tali limiti. In realtà l'attività vegetativa delle colture si riduce sensibilmente anche per umidità ben al di sopra del punto di appassimento, per cui è necessario intervenire con l'irrigazione per evitare che l'umidità del terreno scenda al di sotto di una certa soglia che prende il nome di *punto di intervento PI*. All'acqua contenuta nel terreno tra *CC* e *PA* si dà il nome di *acqua utilizzabile*; a quella contenuta tra *CC* e *PI* si dà il nome di *acqua facilmente utilizzabile*. Obiettivo dell'irrigazione è mantenere un contenuto idrico del terreno compreso tra la *capacità di campo CC* e il *punto di interventi PI*.

A tale scopo si determina il *volume specifico* (cioè per ettaro) *netto di adacquamento WAN*, ossia la quantità di acqua da somministrare allo strato utile per riportare il terreno alla capacità di campo. Poiché, come

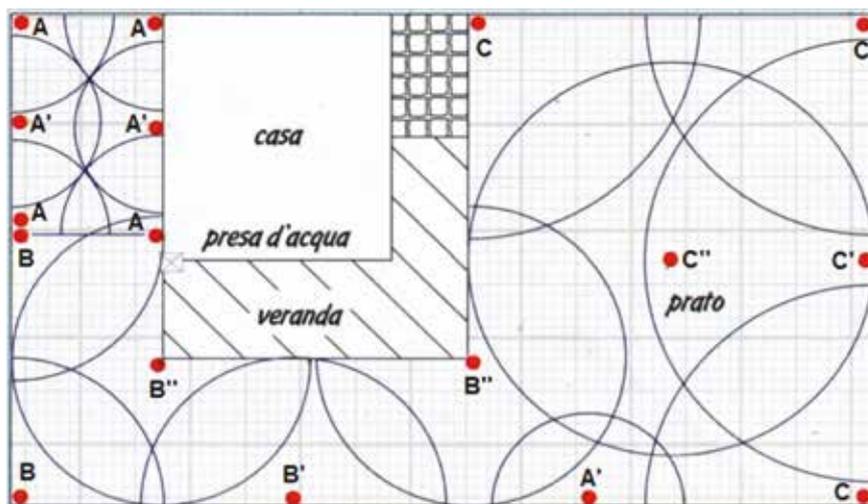


Figura 3 - Esempio posizionamento irrigatori.

già detto, di norma l'adacquamento deve avvenire quando l'umidità del suolo ha raggiunto il *punto di intervento PI*, fissato in modo da assicurare che il contenuto idrico del terreno non scenda al di sotto di una certa percentuale  $\pi$  dell'acqua utilizzabile, il *volume specifico netto di adacquamento WAN* risulta (P.G. Megale, 2010):

$$WAN = 0,1 \cdot \left( 1 - \frac{\pi}{100} \right) \cdot (CC - PA) \cdot \gamma_{ts} \cdot Z_r$$

In cui:

- $\gamma_{ts}$  è il peso specifico apparente del terreno secco [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]
- $Z_r$  è la profondità dell'apparato radicale, variabile con lo spessore della coltura [m].

In realtà, il volume di acqua da somministrare, *volume specifico lordo di adacquamento WAL*, deve tenere conto dell'*efficienza  $E_a$*  del metodo irriguo. Pertanto, si avrà:

$$WAL = \frac{WAN}{E_a}$$

Tipo irrigatore	N° Irrigatori	Raggio Gittata [m]	Settore [°]	Q/Irrigatore [L/min]	Q <sub>totale</sub> [L/min]
A	4	3,5	90	6	24
A'	3	3,5	180	7	21
B	2	6,5	90	9	18
B'	1	6,5	180	12	12
B''	2	6,5	270	14	28
C	3	9,5	90	16	48
C'	1	9,5	180	20	20
C''	1	9,5	360	25	25
<b>TOTALE</b>	<b>17</b>	-	-	<b>TOTALE</b>	<b>196</b>

Tabella 6 - Dati progettuali degli irrigatori.



Attraverso la conoscenza dei volumi specifici lordi e netti di adacquamento è possibile determinare il turno  $T$ :

$$WAL = \frac{WAN}{ET_c}$$

e l'orario irriguo  $O_i$ :

$$O_i = \frac{WAL [mm] \cdot S [m^2]}{100 \cdot Q [m^3/h]}$$

Pertanto, considerate le seguenti costanti idrologiche: **CC** = 22,8%, **PA** = 10,7, acqua utilizzabile ( $\pi$ ) = 40% e i parametri  $\gamma_{ts}$  = 1340 kg · m<sup>-3</sup>, **Zr** = 0,10 m (0,10 m ÷ 0,25 m), si ottiene un volume specifico netto di adacquamento **WAN** ≅ 10 mm. Fissata una efficienza del metodo irriguo **E<sub>a</sub>** pari all'80%, si ottiene un volume specifico lordo di adacquamento **WAL** ≅ 12 mm. Si ricavano quindi un **turno irriguo T** pari a **2 giorni** e un **orario irriguo O<sub>i</sub>** pari a circa **32 minuti**. Adottando questa pratica irrigua, quindi, somministrando il **WAL**, l'umidità del terreno tornerà in breve tempo alla **CC** per poi scendere nuovamente e risalire all'adacquata successiva, secondo l'andamento a dente di sega (**Figura 4**).

Nel caso in cui non si disponga di acqua sufficiente all'irrigazione, potrebbe essere necessario prevedere l'installazione di una cisterna con annesso impianto di sollevamento. Per il dimensionamento della cisterna di compenso occorre considerare la portata complessiva dell'impianto e l'alimentazione fornita dall'acquedotto.

Nel caso in esame, considerando una portata complessiva dell'impianto pari a 196 L/min e un'alimentazione fornita dall'acquedotto di 42 L/min (ottenuta considerando una pressione a monte del rubinetto pari a 2 bar e un diametro interno del rubinetto di 16 mm, come indicato in tabella 7), il volume di compenso risulta pari alla differenza tra il fabbisogno idrico giornaliero e l'alimentazione fornita. Nel caso in esame risulta:

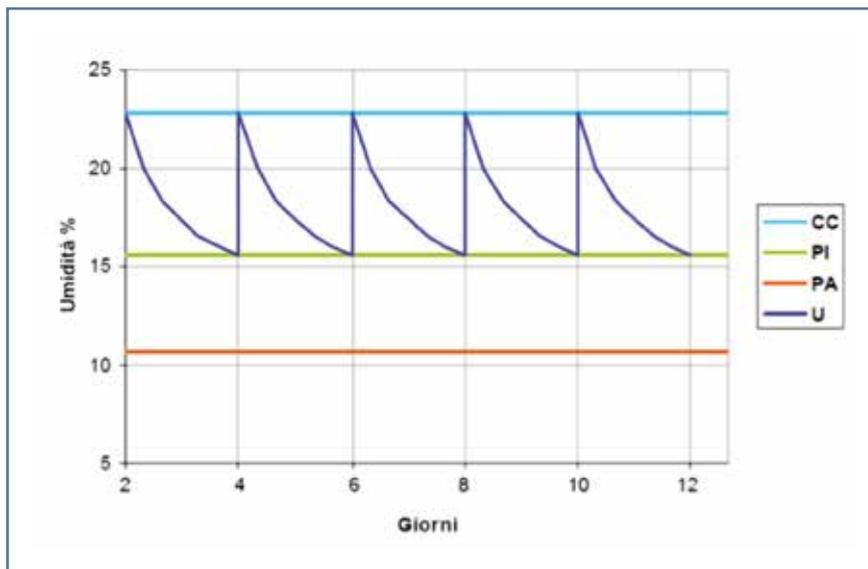
$$\begin{aligned} \text{Fabbisogno idrico giornaliero} &= 196 \text{ L/min} \cdot 32 \text{ min} = \mathbf{6272 \text{ L}} \\ \text{Alimentazione acquedotto} &= 42 \text{ L/min} \cdot 32 \text{ min} = \mathbf{1344 \text{ L}} \end{aligned}$$

Da cui si ricava un volume di compenso della cisterna pari a circa **5000 L (5 m<sup>3</sup>)**.

Qualora il progetto preveda la realizzazione e l'impiego di sistemi di raccolta e uso integrativo compatibile delle acque piovane (L.R. Puglia 9 dicembre 2013, n. 26), da destinare all'irrigazione del verde ornamentale, al fabbisogno idrico di progetto, altrimenti necessario, deve essere detratto il volume idrico meteorico "V<sub>M</sub>" [m<sup>3</sup>/mese], così recuperato e risparmiato (*Norme UNI/ITS 11445:2012 - Impianti per la raccolta e l'utilizzo dell'acqua piovana per usi domestici diversi dal consumo umano*; L. Fanizzi 2014).

Definito il volume della cisterna occorre progettare l'impianto di sollevamento, ossia occorre procedere a (P. G. Megale, 2011):

- individuazione della pompa;
- dimensionamento della condotta di aspirazione;
- dimensionamento delle tubazioni.



**Figura 4 - Umidità del terreno per effetto dell'irrigazione.**

I dati necessari alla realizzazione dell'impianto di sollevamento sono:

- portata totale irrigatori: **Q = 11,76 m<sup>3</sup>/h**
- pressione media agli irrigatori: **h = 1,5, Bar = 15 m**
- pressione di esercizio in testa all'impianto di irrigazione: **H<sub>e</sub> = 1,15 · 15 = 1.725, Bar = 17,25 m**
- dislivello: **H<sub>g</sub> = 0,5 m**
- lunghezza della condotta di aspirazione: **L<sub>a</sub> = 2 m**
- lunghezza della condotta premente: **L<sub>p</sub> = 50 m**
- altezza della pompa sull'acqua: **Z<sub>a</sub> = 2,25 m**

Si procede, quindi, con l'individuazione della pompa. Si parte dall'individuazione di un diametro di tentativo, imponendo un valore di velocità in condotta pari a 1,5 m/s:

$$D_{TEORICO} = 2 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\pi \cdot U_0}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,003267 [m^3/s]}{3,14 \cdot 1,5 [m/s]}} = 0,052 \text{ m}$$

Trascurando le perdite nella condotta di aspirazione ed applicando la formula di Blasius alla premente (tubo in PEAD):

$$H_a + H_p = J \cdot L_p = 0,00078 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D_0^{4,75}} \cdot L_p = 0,00078 \cdot \frac{0,003267^{1,75}}{0,052^{4,75}} \cdot 50 = 2,06 \text{ m}$$

La prevalenza manometrica totale orientativa è:

$$H_{TO} = H_g + H_e + J \cdot L_p = 0,5 + 17,25 + 2,06 = 19,81 \text{ m}$$

La pompa individuata per l'impianto è una pompa centrifuga autoadescante (Figura 4 con prefiltro, la quale, alla portata di esercizio, fornisce **H = 20,5 m**).

Scelto il tipo di pompa, occorre dimensionare la condotta di aspirazione e la condotta premente. Per quanto riguarda la condotta di aspirazione la casa costruttrice fornisce un valore di **NPSH** pari a **2 metri**, da cui si

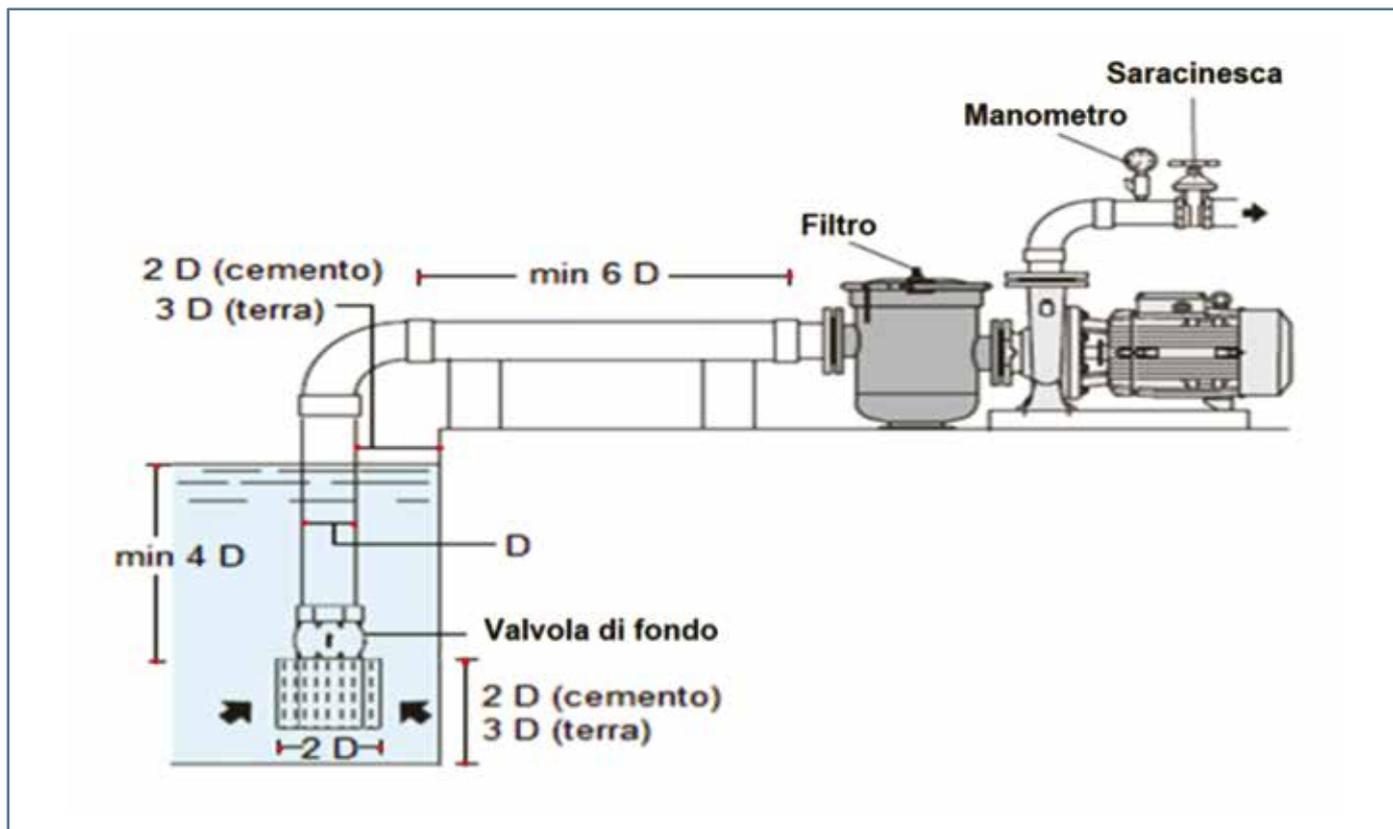


Figura 5 - Schema dispositivo di una pompa centrifuga ad asse orizzontale (mod. A. Capra, 2015).

Portata secondo la pressione dei rubinetti d'erogazione						
Pressione a monte del rubinetto	Diametro interno del rubinetto in pollici e millimetri					
	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	1" 1/4 "	1" 1/2 "
	11	16	22	27	36	41
[Bar]	Portata [L/s]					
0,5	0,24	0,39	0,62	1,2	1,85	2,5
1	0,34	0,57	0,87	2	3,1	4,2
2	0,45	0,7	1,24	2,8	4,2	5,8
3	0,54	0,86	2,1	3,4	5,3	7,2
4	0,62	1,0	2,4	3,9	6	8,4
5	0,69	1,1	2,7	4,4	6,7	9,4
6	0,75	1,2	2,9	4,8	7,3	10,2
7	0,8	1,3	3,1	5,2	7,8	11
8	0,85	1,4	3,3	5,6	8,3	11,8
9	0,9	1,48	3,5	5,9	8,8	12,5
10	0,95	1,56	3,7	6,2	9,3	13

Tabella 7 - Portata secondo la pressione dei rubinetti d'erogazione (A. Gallizio, 1990).

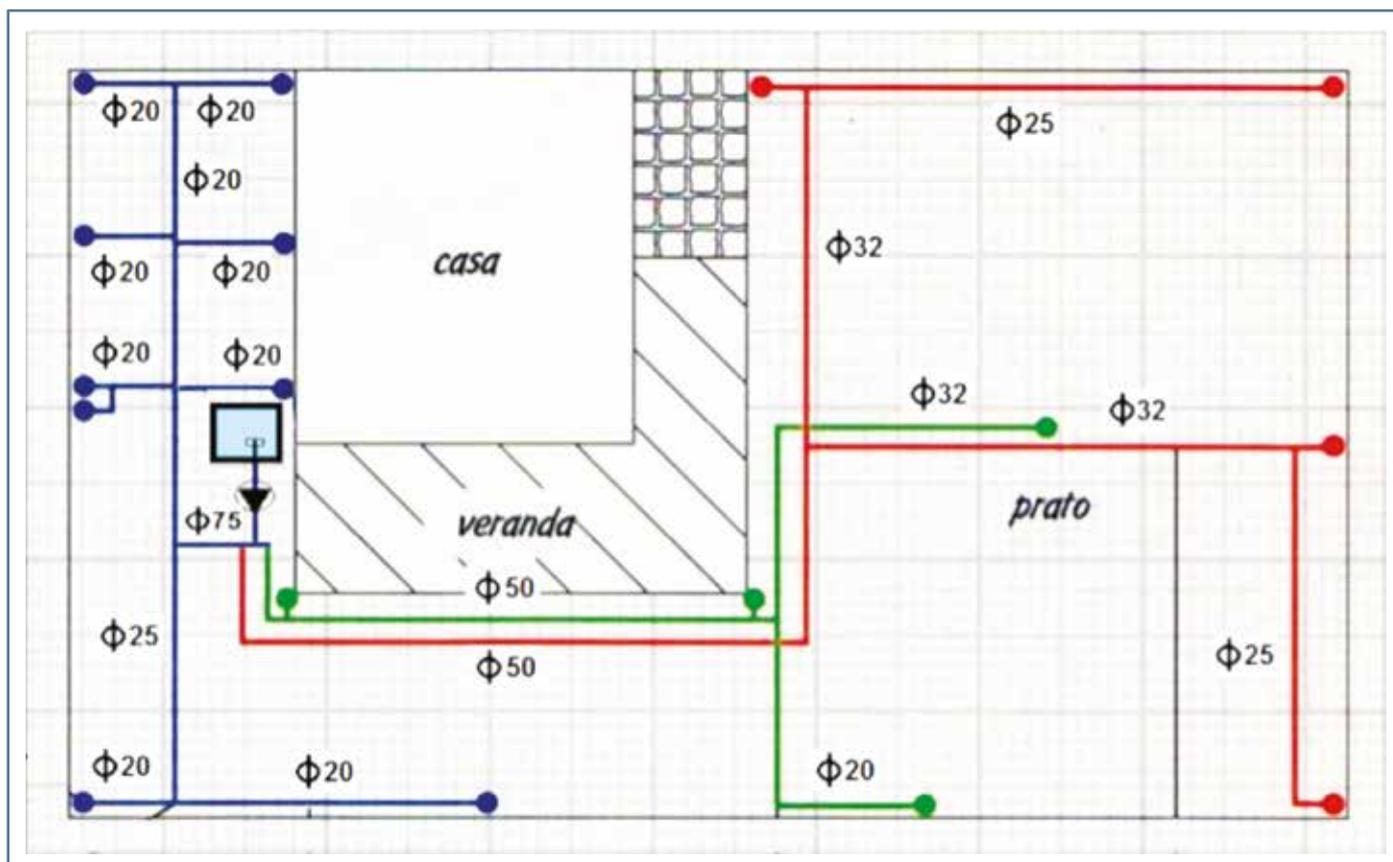


Figura 6 - Pipelines.

TUBI POLIETILENE							
φ esterno [mm]	PE 100				PE 80		
	PFA* 10	PFA 12,5	PFA 16	PFA 25	PFA 8	PFA 12,5	PFA 20
20	-	-	16,0	14,0	-	-	14,0
25	-	21,0	20,4	18,0	-	-	18,0
32	-	27,2	26,0	23,2	-	26,0	23,2
40	-	34,0	32,6	29,0	-	32,6	29,0
50	44,0	42,6	40,8	36,2	44,0	40,8	36,2
63	55,4	53,6	51,4	45,8	55,4	51,4	45,8
75	66,0	63,8	61,4	54,4	66,0	61,4	54,4
90	79,2	76,6	73,6	65,4	79,2	73,6	65,4
110	96,8	93,8	90,0	79,8	96,8	90,0	79,8

\* PFA (pressione di esercizio ammissibile - **Pression de Fonctionnement Admissible**):  
 "Pressione idrostatica massima che un componente è in grado di sostenere durante l'esercizio".

Tabella 8 - Diametri commerciali tubazioni.

ricava il valore limite delle perdite di carico nell'aspirante pari a (A. Capra et Al., 2015):

$$H_{aLIMITE} = H_0 - NPSH - H_v - H_c - Z_a$$

dove

- $H_0$  = pressione atmosferica = **10,08 m**
- $H_v$  = pressione di vapore = **0,18 m** (considerata  $T = 16^\circ C$ )
- $H_c$  = altezza cinetica = **0,10 m**
- $Z_a$  = altezza della pompa sull'acqua = **2,25 m**

Si ottiene un valore limite  $H_{aLIMITE}$  pari a **5,55 m**.

Nella scelta dei diametri commerciali, si è fatto riferimento alla **Tabella 8**.

Considerato un diametro  $\Phi_{est} = 75 \text{ mm}$  ( $\Phi_{int} = 54,4 \text{ mm}$ , vedi figura) e, un coefficiente della perdita di carico localizzata nella valvola di fondo  $\beta = 15$ , si ottiene un valore di  $H_a$ , la perdita di carico totale nell'aspirazione, pari a:

$$H_a + J_a \cdot L_a + \beta \cdot \frac{Ua^2}{2g} = 0,00078 \cdot \frac{0,003267^{1,74}}{0,0544^{4,75}} \cdot 2 + 15 \cdot \frac{1,41^2}{2 \cdot 9,81} = \mathbf{1,19 m} \leq \mathbf{5,55 m}$$

Per assicurare le migliori condizioni di funzionamento della pompa, si consiglia di rispettare le seguenti raccomandazioni riguardanti la tubazione di aspirazione (A. Capra et Al., 2015):

- il pescaggio deve avvenire a distanza pari ad almeno **2D** dal fondo e dalle pareti in cemento, ad almeno **3D** quando fondo e pareti sono in terra; a distanza dalla superficie libera dell'acqua pari ad almeno **4D** per evitare la formazione di eventi moti vorticosi;

## Bibliografia

[1] A. Gallizio, (1990): "Impianti Sanitari – Progettazione e tecnica d'installazione degli impianti idraulici-sanitari nell'interno degli edifici", Ed. Hoepli, Milano;

[2] A. Capra, B. Scicolone, (2015): "Progettazione e gestione degli impianti di irrigazione - Criteri di impiego e valorizzazione delle acque per uso irriguo", Ed. Edagricole, Bologna;

[3] P.G. Megale, (2010): "Quaderni di idraulica agraria – Richiami di idrologia dell'irrigazione", Dispense tratte dalle lezioni di idraulica agraria tenute presso la facoltà di agraria, Ed. Università, Pisa;

[4] P.G. Megale, (2011): "Quaderni di idraulica agraria – Sistemi di sollevamento", Dispense tratte dalle lezioni di idraulica agraria tenute presso la facoltà di agraria, Ed. Università, Pisa;

[5] R.G. Allen, L.S. Pereira, D. Raes, M. Smith, (2006): "FAO Irrigation and Drainage Paper No 56 – Crop Evapotranspiration"; Water Resources, Development and Management Service, Ed. FAO, Roma;

[6] A. Di Bernardo (2013): "Teoria del programma Piena", Software Piena ver. 2.6, Ed. Program Geo, Castiglione delle Stiviere;

[7] M. Pallavicini (2015): "Il giardino mediterraneo", Ed. Pentagona, Savona;

- collegare il tubo di aspirazione con la pompa attraverso un tubo orizzontale di lunghezza pari ad almeno **6D**.

Nota la potenza assorbita dall'impianto  $P_a$ , pari a 1,5 kWh (valore fornito dalla casa costruttrice in funzione del tipo di pompa scelto) e, calcolata la potenza erogata  $P_e$ , pari a:

$$P_e = \gamma \cdot H \cdot Q = \frac{9,81 \cdot 1000 \cdot 0,003267 \cdot 20,5}{1000} = 0,66 \text{ kWh}$$

si ottiene un rendimento  $\eta$  pari a:

$$\eta = \frac{P_e}{P_a} = 50\%$$

Definita la condotta di aspirazione, si procede al dimensionamento schematico delle tubazioni di ciascun settore dell'impianto attraverso il metodo della "velocità media costante", in cui si stabilisce un valore di riferimento della velocità media  $v$  del fluido nel moto all'interno della tubazione. Considerata, pertanto, la portata complessiva dell'impianto  $Q = 196 \text{ L/min}$ , e, il diametro  $D$ , pari a **54,4 mm** (corrispondente a diametro interno **PEAD PE100 PN25 DN 75 mm**; Tabella 8), si ottiene un valore di velocità pari a:

$$v = \frac{Q}{A} = 1,41 \text{ m/s}$$

mantenendo costante tale valore, e, note le portate in ciascun tronco, si ricavano i diametri teorici di ciascun tronco e si adottano i diametri commerciali immediatamente superiori ai valori teorici.

[8] A. Toccolini (2015): "Piano e progetto di area a verde", Ed. Maggioli, Santarcangelo di Romagna;

[9] N. Metwaly, N. Grillo (2006) : "Progettazione, realizzazione e gestione degli spazi verdi", Ed. Geva, Roma;

[10] C. Cametti (2001): "L'irrigazione del giardino", Ed. L'Informatore Agrario, Verona;

[11] S. Specchioli (2003): "La progettazione di un impianto di irrigazione", Materiale Didattico del Corso di Laurea di I Livello – Gestione del verde urbano e del paesaggio, Ed. Facoltà di Agraria, Università degli Studi, Pisa;

[12] J. Doorenbos, W. O. Pruitt (1977): "Guidelines for predicting crop water requirements", FAO irrigation and Drainage Paper 24 revised, Ed. Food and Agric. Organization of the United Nations, Roma.

[13] L. Fanizzi (2014): "Impianti per la raccolta e l'utilizzo dell'acqua piovana per usi domestici diversi dal consumo umano – La nuova specifica tecnica UNI/TS 11445:2012", Rivista L'Ambiente, n. 6, Ed. G.I.R.S.A., Milano.