

Graziano Ghinassi

Progettare l'irrigazione degli spazi verdi

Introduzione teorico-pratica



edagricole

1ª edizione: ottobre 2022



© Copyright 2022 by «Edagricole - Edizioni Agricole di New Business Media srl»
via Eritrea 21 - 20157 Milano
Redazione: Piazza G. Galilei, 6 - 40123 Bologna – e-mail: libri.edagricole@newbusinessmedia.it
Vendite: tel. 051/6575833; fax: 051/6575999 – e-mail: libri.edagricole@newbusinessmedia.it
<http://www.edagricole.it>

5628

Proprietà letteraria riservata - printed in Italy

La riproduzione con qualsiasi processo di duplicazione delle pubblicazioni tutelate dal diritto d'autore è vietata e penalmente perseguibile (art. 171 della legge 22 aprile 1941, n. 633). Quest'opera è protetta ai sensi della legge sul diritto d'autore e delle Convenzioni internazionali per la protezione del diritto d'autore (Convenzione di Berna, Convenzione di Ginevra). Nessuna parte di questa pubblicazione può quindi essere riprodotta, memorizzata o trasmessa con qualsiasi mezzo e in qualsiasi forma (fotomeccanica, fotocopia, elettronica, ecc.) senza l'autorizzazione scritta dell'editore. In ogni caso di riproduzione abusiva si procederà d'ufficio a norma di legge.

Realizzazione grafica e impianti: Litoincisa S.r.l., via del Perugino 1, 40139 Bologna (BO)
Stampa: Centro Stampa Digitalprint S.r.l., Via A. Novella 15 - 47922 Rimini (RN)
Finito di stampare: ottobre 2022

ISBN 978-88-506-5628-8

Introduzione

Un impianto di irrigazione ha lo scopo di fornire acqua alle specie coltivate, nei tempi, nei modi, nelle zone e nelle quantità adatte a soddisfare gli obiettivi di chi le ha scelte.

Per sua natura l'irrigazione degli spazi verdi, sia pubblici che privati, non ha finalità commerciali, ma è volta a creare condizioni che portino **beneficio** ai loro fruitori. Tuttavia, sul significato di beneficio si potrebbe parlare a lungo, e forse invano, perché questa parola porta con sé un'idea soggettiva, a volte contingente, mescolata a rimandi culturali.

L'estetica del paesaggio progettato è sicuramente un elemento di cui il fruitore non può che beneficiare, anche se poi potrebbe non dividerla se la sentisse imposta o la vivesse in maniera non partecipata. Per questo vale la pena distinguere tra spazi pubblici e spazi privati, dove ogni passaggio, dal sopralluogo alla gestione, è governato da procedure e tempi di esecuzione che sottendono universi a volte inconciliabili.

Eppure le piante crescono sulla stessa terra, sono stimolate dallo stesso clima e nutrite dalla stessa acqua: tutte ragioni che portano a concludere, senza nemmeno doverci pensare troppo, che le stesse cose si devono poter fare in condizioni operative tra di loro molto diverse.

Tutto questo per dire che un sistema già complesso qual è uno spazio verde, dinamico e variabile nel tempo, potrà veder crescere in maniera esponenziale la sua complessità al variare delle condizioni socio-amministrative in cui è calato, senza con ciò dover produrre altri risultati che non siano, in fondo, l'estetica e la fruibilità.

Uno spazio aperto progettato non si regge senza il supporto di *input* esterni e, tra questi, **l'acqua per l'irrigazione** ha un ruolo primario. Per questo motivo andrebbero fatte alcune distinzioni, ad esempio tra specie adatte ad un determinato ambiente e specie che non lo sono, tra accostamenti ragionati di specie fito-sociologicamente compatibili e forzature dal discutibile valore estetico e morale. Questi aspetti, almeno in fase di progettazione preliminare, dovrebbero essere valutati con il supporto di **uno specialista**, come può esserlo un paesaggista, figura professionale che ha fatto la storia di parchi e giardini, ma che, con l'av-

Introduzione

vento della tecnologia a basso costo, è stata accantonata a vantaggio di categorie prestate al settore e che hanno spesso anteposto il mezzo al risultato.

Di un simile atteggiamento generalizzato di sufficienza ha fatto le spese anche l'irrigazione: dopo la grande e motivata diffusione che l'ha vista protagonista verso la metà del secolo scorso, essa ha perso progressivamente interesse come disciplina da studiare perché erroneamente ritenuta ormai alla portata di tutti e pertanto data per acquisita. Gli effetti di questo approccio, nella forma di **sprechi** ingenti e conseguenti **problemi ambientali**, sono sotto gli occhi di tutti, aggravati dalla crescente **scarsità di risorse naturali** e dal **clima sempre più imprevedibile**. Fortunatamente, con il terzo millennio si sta assistendo al recupero delle specializzazioni, perché solo così è possibile rallentare, se non invertire, il *trend* in atto. Mettere da parte la figura nefasta del tuttologo significa valorizzare le competenze degli specialisti nella realizzazione degli impianti di irrigazione, affidandone il coordinamento a una figura espressamente formata sul paesaggio progettato. Perché **la progettazione è multidisciplinare e la gestione ne è la sintesi**.

Questo non significa che il progetto sia codificato e che debba condurre sempre allo stesso risultato, indipendentemente dal progettista. Semmai è vero il contrario. Purtroppo però esistono e persistono idee comode ma di poca sostanza, prodotte dal lato oscuro della democratizzazione del progetto ed erette a caposaldo dello stesso, che, sia pure concepite con l'obiettivo apprezzabile della semplificazione, di fatto mortificano l'applicazione del sapere e appiattiscono lo stimolo della creatività.

Invece, come qualcuno ha detto con suprema sintesi, **progettare è unire tecnica e fantasia**, perché la tecnica si impara, ma la fantasia si coltiva.

Ringraziamenti

A Ivan Solinas, agronomo, per il contributo alla stesura dei Capitoli 4 e 9, a Tessa Matteini, architetto paesaggista, per la consulenza nella redazione del Capitolo 11, all'ing. Lauro Antipodi per l'arricchimento del Capitolo 5.

Un grazie particolare all'ing. Pier Gino Megale, docente di Idraulica Agraria all'Università di Pisa e responsabile scientifico del Laboratorio Nazionale dell'Irrigazione, che con la sua disponibilità e i suoi lavori è stato determinante per la riuscita di molti passaggi sparsi lungo il testo.

Grazie infine agli amici e ai colleghi che hanno speso tempo e pazienza nella revisione.

Indice generale

<i>Introduzione</i>	Pag.	III
<i>Ringraziamenti</i>	»	IV
1. Acqua per l'irrigazione	»	1
1.1 Provenienza	»	1
1.1.1 Acquedotto	»	1
1.1.2 Acque superficiali e sotterranee	»	2
1.2 Caratteristiche dell'acqua per l'irrigazione	»	3
1.3 Effetti sulle attrezzature per l'irrigazione	»	6
1.4 Trattamenti	»	8
2. Fondamenti dell'irrigazione	»	11
2.1 Il sistema suolo-pianta-clima	»	11
2.1.1 Ritenzione	»	12
2.1.2 Infiltrazione	»	16
2.1.3 Sviluppo radicale	»	17
2.1.4 Clima	»	18
2.2 Stima dei fabbisogni per il dimensionamento e la gestione	»	19
2.2.1 Dimensionamento dell'impianto	»	19
2.2.2 Gestione dei reintegri	»	20
2.2.2.1 Pioggia utile	»	21
2.2.2.2 Evapotraspirazione	»	21
2.2.3 Irrigazione delle specie di interesse paesaggistico	»	24
2.3 Efficienze	»	25
2.4 Parametri irrigui	»	28
3. Idraulica di base	»	29
3.1 L'energia dell'acqua	»	29
3.2 Grandezze e unità di misura	»	30
3.3 Riferimenti	»	30
3.3.1 Legge di Stevino	»	31
3.3.2 Principio di Pascal	»	32
3.3.3 Principio di continuità	»	32
3.3.4 Formule per calcolare la perdita di carico	»	33

Indice generale

3.4	Pressione	Pag.	34
3.4.1	Pressione idrostatica	»	34
3.4.2	Pressione atmosferica e pressione assoluta	»	35
3.5	Piezometrica.....	»	37
3.6	Perdite di carico.....	»	38
3.6.1	Perdite localizzate.....	»	38
3.6.2	Perdite continue, senza riduzione della portata	»	40
3.6.3	Perdite continue, con riduzione della portata	»	41
3.7	Possibili tracciati altimetrici di una condotta rispetto alla piezometrica.	»	41
3.8	Condotte lunghe	»	43
	Appendici al capitolo 3	»	45
4.	Valvole e condotte.....	»	47
4.1	Valvole	»	47
4.1.1	Tipologie di interesse per gli impianti di irrigazione	»	47
4.1.2	Classificazione delle valvole	»	49
4.1.2.1	Valvola a sfera	»	49
4.1.2.2	Valvola a farfalla.....	»	50
4.1.2.3	Valvola a saracinesca.....	»	51
4.1.2.4	Valvola a globo	»	52
4.1.2.5	Valvola a fuso	»	53
4.1.2.6	Valvola a membrana	»	54
4.1.2.7	Valvola di sicurezza	»	55
4.1.2.8	Valvola per lo sfiato e l'ingresso di aria	»	56
4.1.2.9	Valvola di ritegno.....	»	59
4.1.3	Regolazione del flusso	»	59
4.1.3.1	Coefficiente di flusso	»	60
4.1.3.2	Calcolo della portata	»	60
4.1.3.3	Dimensionamento della valvola.....	»	61
4.1.3.4	Calcolo della perdita di carico localizzata	»	62
4.2	Condotte	»	63
4.2.1	Pressione nominale	»	63
4.2.2	Diametro nominale.....	»	64
4.2.3	Spessore	»	64
4.2.4	Materiali.....	»	65
4.2.4.1	Ghisa sferoidale.....	»	65
4.2.4.2	Acciaio	»	66
4.2.4.3	Polietilene ad alta densità (PEAD)	»	67
4.2.4.4	Cloruro di polivinile (PVC)	»	68
	Appendici al capitolo 4	»	70
5.	Acquedotto in pressione	»	83
5.1	Per gravità	»	83
5.1.1	Verifica di un acquedotto esistente	»	83
5.1.2	Progetto di acquedotto mono e bidiametrico a servizio di estrità.....	»	86
5.2	Con sollevamento meccanico	»	91
5.2.1	Pompe centrifughe.....	»	92

Indice generale

5.2.1.1	Caratteristiche	Pag.	94
5.2.1.2	Tipi di motore	»	101
5.2.1.3	Curva della pompa e curva dell'impianto.....	»	102
5.2.1.4	L'inverter	»	102
5.2.1.5	Dimensionamento e calcolo della potenza della pompa....	»	106
Appendice al capitolo 5		»	107
6.	Irrigazione localizzata e fertirrigazione	»	115
6.1	Caratteristiche e ambiti di applicazione.....	»	115
6.2	Ali gocciolanti	»	118
6.3	Tipo di suolo e scelta dell'ala	»	123
6.4	Valutazione idraulica nella scelta dell'ala gocciolante.....	»	127
6.4.1	Posizionamento della linea di testata	»	129
6.4.2	Terreno pianeggiante.....	»	129
6.4.3	Terreno in pendenza	»	129
6.5	Caratteristiche degli erogatori	»	129
6.5.1	Erogatori non autocompensanti	»	131
6.5.2	Erogatori autocompensanti.....	»	131
6.6	Occlusione degli erogatori.....	»	134
6.7	Fertirrigazione.....	»	135
6.7.1	Attrezzature per la fertirrigazione	»	138
6.7.2	Valutazione delle prestazioni di un impianto a goccia	»	139
7.	Irrigazione a pioggia	»	143
7.1	Caratteristiche degli irrigatori	»	144
7.1.1	Pluviogramma radiale	»	145
7.1.2	Disposizione degli irrigatori	»	147
7.1.3	Intensità di pioggia	»	148
7.2	Tipi di irrigatori	»	150
7.2.1	Irrigatori statici.....	»	150
7.2.1.1	Caratteristiche degli irrigatori statici	»	152
7.2.1.2	Irrigazione di aree rettangolari o quadrate.....	»	153
7.2.2	Irrigatori dinamici	»	155
7.2.2.1	Vite rompigitto	»	158
7.2.2.2	Irrigatori dinamici con ugelli rotanti	»	158
7.3	Prestazioni degli impianti	»	158
7.3.1	Indici di uniformità di distribuzione dell'irrigazione.....	»	161
7.3.2	Prestazioni nominali e reali degli irrigatori	»	161
7.3.2.1	Irrigatori statici.....	»	161
7.3.2.2	Irrigatori dinamici	»	163
7.4	Posizionamento degli irrigatori	»	164
7.5	Supporto alla progettazione	»	166
7.5.1	Caratterizzazione degli irrigatori.....	»	166
7.5.2	Valutazione delle prestazioni in campo.....	»	167
Appendici al capitolo 7		»	170
8.	Filtri	»	189
8.1	La filtrazione	»	189

Indice generale

8.2	Filtri disponibili	Pag.	191
8.2.1	Filtrazione primaria.....	»	192
8.2.1.1	Idrociclone	»	192
8.2.1.2	Filtro a graniglia.....	»	193
8.2.1.3	Filtro a sabbia	»	195
8.2.2	Filtrazione secondaria	»	195
8.2.2.1	Filtro a rete.....	»	195
8.2.2.2	Filtro a rete in metallo.....	»	195
8.2.2.3	Filtro con corpo in plastica e cartuccia a rete	»	197
8.2.2.4	Filtro a dischi.....	»	198
8.3	Manometri.....	»	200
8.4	Sequenza dei filtri	»	201
9.	Tecnologia dell'informazione e irrigazione	»	203
9.1	La tecnologia dell'informazione nell'irrigazione	»	203
9.2	Utilizzo dell'IT nella progettazione degli impianti.....	»	204
9.2.1	Quanto e quando irrigare.....	»	204
9.2.2	Come irrigare.....	»	205
9.3	Gestione integrata degli impianti e dell'irrigazione	»	208
9.3.1	Irrigazione "intelligente"	»	208
9.3.2	Comunicazione dei dati.....	»	209
9.4	Supervisione e controllo	»	210
9.4.1	Applicazioni SCADA	»	210
9.4.2	Interfaccia utente.....	»	211
9.4.2.1	Scheduling	»	212
9.4.2.2	Report.....	»	212
9.4.2.3	Allarmi	»	212
10.	Il progetto	»	213
10.1	Caratterizzazione agronomica.....	»	214
10.1.1	Rilievo planimetrico	»	214
10.1.2	Caratteristiche (micro)climatiche.....	»	217
10.2	Approvvigionamento idrico.....	»	218
10.2.1	Approvvigionamento idrico esistente	»	218
10.2.1.1	Misurazione della portata con il contatore.....	»	220
10.2.1.2	Misurazione della portata con un recipiente.....	»	221
10.2.2	Approvvigionamento idrico da progettare	»	222
10.2.3	Disponibilità di energia	»	222
10.2.4	Specie coltivate	»	223
10.2.5	Tipo di terreno.....	»	223
10.2.6	Fabbisogno irriguo massimo.....	»	223
10.3	Progettazione preliminare	»	225
10.3.1	Scelta del tipo di impianto	»	227
10.3.2	Schema dell'impianto	»	227
10.3.3	Criteri per la divisione dell'impianto in settori	»	229
10.3.3.1	Irrigatori dinamici	»	231
10.3.3.2	Irrigatori statici.....	»	231
10.3.4	Disposizione delle condotte	»	233

Indice generale

10.4	Progettazione idraulica	Pag.	238
10.4.1	Impianto senza sollevamento: dimensionamento delle condotte	»	238
10.4.2	Impianto con sollevamento: scelta della pompa	»	240
10.5	Gestione e manutenzione dell'impianto	»	242
10.5.1	Controllo del funzionamento	»	242
10.5.1.1	Irrigazione a pioggia	»	243
10.5.1.2	Irrigazione localizzata	»	243
10.5.2	Pulizia e lavaggio dell'impianto	»	243
10.5.2.1	Impianti a pioggia	»	243
10.5.2.2	Impianti microirrigui	»	244
10.5.3	Ricovero invernale	»	244
10.5.4	Adattabilità dell'impianto	»	245
11.	Giardino storico e irrigazione	»	247
11.1	Il giardino storico	»	247
11.2	La componente vegetale	»	247
11.3	Scenari climatici per il futuro	»	250
11.4	Giardini storici, acqua e cambiamenti climatici	»	250
11.5	L'irrigazione nel giardino storico	»	253
11.5.1	Recupero dei sistemi preesistenti	»	255
11.5.2	Progettazione <i>ex novo</i>	»	255
11.5.3	Strutture per lo stoccaggio dell'acqua	»	258
	Appendici al capitolo 11	»	259
	Dizionario essenziale	»	263
	Bibliografia	»	271
	Sitografia	»	273

6 Irrigazione localizzata e fertirrigazione

Il termine “irrigazione localizzata” indica un impianto la cui principale caratteristica è quella di limitare il bagnamento alle parti di terreno in cui si trova la maggior parte dell'apparato radicale delle piante evitando in questo modo di distribuire l'acqua in zone dove l'assorbimento da parte della pianta è ridotto o nullo.

La parzializzazione del bagnamento si realizza con portate relativamente modeste e pressioni piuttosto basse, il che comporta l'uso di attrezzature di dimensioni ridotte, da qui anche la definizione di “microirrigazione”.

Per indicare questa tecnica vengono utilizzate varie definizioni legate a precise caratteristiche.

- **Irrigazione diurna:** la definizione si riferisce alla natura insistente e persistente degli adacquamenti, ma anche alla sequenza libera e non necessariamente periodica degli stessi (secondo l'Istituto di Idraulica Agraria di Pisa “P. Celestre”, 1951).
- **Irrigazione localizzata:** così detta perché caratterizzata da adacquamenti localizzati soltanto nella porzione di terreno interessata dall'apparato radicale delle piante (secondo la FAO - *Food and Agriculture Organization of the United Nations*).
- **Microirrigazione:** il termine deriva dal fatto che questa tecnica utilizza bassissime portate e basse pressioni di esercizio (secondo l'ICID - *International Commission on Irrigation and Drainage*).
- **Irrigazione a goccia:** il riferimento è al più ricorrente dei suoi metodi (secondo l'ASAE - *American Society of Agricultural Engineering*), largamente utilizzato in tutto il mondo.

6.1 Caratteristiche e ambiti di applicazione

L'andamento dell'umidità all'interno del volume di suolo bagnato, ovvero la variazione del contenuto idrico, è rappresentato nel grafico di figura 6.1, dove la linea blu sta per l'irrigazione localizzata e la linea azzurra per un altro metodo a

6. Irrigazione localizzata e fertirrigazione

bagnamento completo della superficie del terreno, quale può essere l'irrigazione a pioggia. Sono anche indicati la capacità idrica di campo, CC, il punto di intervento irriguo, PI, e il punto di appassimento, PA.

Nella figura 6.1 si osserva che la condizione di capacità di campo è ripristinata con frequenza elevata (da 1 a 3 giorni) con dosi piccole (tratti verticali). Di conseguenza la velocità di esaurimento dovuta all'assorbimento radicale è sempre elevata (pendenza dei tratti discendenti). Se ne ricava che nella microirrigazione il concetto di turno irriguo, inteso come intervallo di tempo tra l'inizio di due irrigazioni successive, tende a perdere di significato.

L'irrigazione localizzata è particolarmente indicata per coltivazioni a file come le siepi, su specie per le quali è sconsigliato il bagnamento della parte aerea e per piante sparse.

Le caratteristiche della microirrigazione comportano potenziali vantaggi e svantaggi di tipo agronomico, ambientale ed economico (Tab. 6.1).

Le tipologie di irrigazione utilizzate in prevalenza su specie arboree e siepi sono varianti dell'irrigazione localizzata. La più utilizzata nell'irrigazione degli spazi verdi è quella a goccia, sia nella modalità fuori terra (*drip irrigation*, DI), che in quella con linea interrata (*subsurface drip irrigation*, SDI). Ognuna ha le sue caratteristiche con relativi vantaggi e svantaggi (Tabb. 6.2 e 6.3).

Un esempio di impianto di microirrigazione a goccia è rappresentato in figura 6.2.

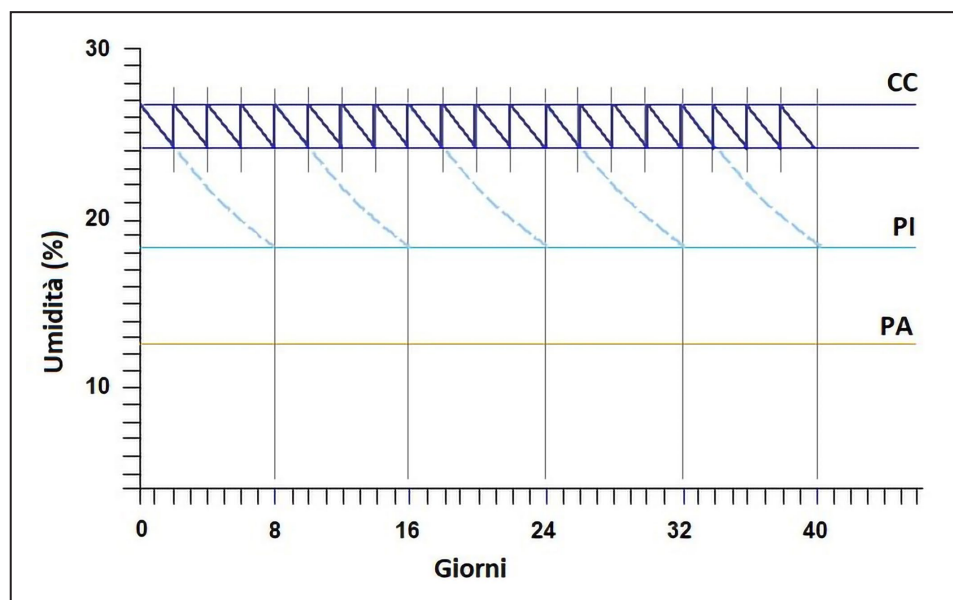


Figura 6.1 - Rappresentazione generica dell'andamento dell'umidità nel volume di terreno bagnato con metodo localizzato (linea blu) e con altro metodo (linea azzurra). La pendenza dei tratti discendenti indica la velocità di esaurimento della riserva idrica, che decresce all'approssimarsi del punto di intervento, PI.

6.1 Caratteristiche e ambiti di applicazione

Tabella 6.1 - Potenziali vantaggi e svantaggi della microirrigazione.

Vantaggi	Svantaggi
Minori sprechi di acqua dovuti alla localizzazione dell'area bagnata.	Costo dell'impianto.
Alta efficienza irrigua per il maggiore controllo su piccole portate.	Filtrazione necessaria.
Risparmio energetico per le basse portate e pressioni.	Sorveglianza e controllo.
Controllo dell'umidità del terreno, sempre prossima alla capacità di campo.	Vulnerabilità (l'impianto potrebbe essere soggetto a furti e atti vandalici).
Riduzione delle patologie delle piante perché la parte aerea non è bagnata.	Appesantimento delle lavorazioni e delle operazioni.
Facilità di automazione delle operazioni.	Gestione che necessita di capacità di cui non tutti gli operatori dispongono.
Possibilità di praticare la fertirrigazione.	
Possibilità di impiegare acque difficili (salmastre, reflui depurati).	
Possibilità di irrigare correttamente declivi e terreni sabbiosi.	

Tabella 6.2 - Vantaggi e svantaggi di un impianto a goccia fuori terra (*drip irrigation*, DI).

Vantaggi	Svantaggi
Semplicità di posizionamento.	- Possibile bagnamento incompleto del volume di suolo esplorato da radici espanse con una sola linea per fila.
Semplicità di controllo.	- Possibile assorbimento insufficiente di acqua nei periodi ad alta domanda traspirativa.
Semplicità di riparazione e modifica.	- Perdita di acqua per evaporazione dalla superficie bagnata del terreno.
Semplicità di sostituzione e rimozione.	

Tabella 6.3 - Vantaggi e svantaggi di un impianto a goccia con linea interrata (*subsurface drip irrigation*, SDI).

Vantaggi	Svantaggi
Alta efficienza irrigua potenziale.	Bagnamento incompleto del volume di suolo esplorato dalle radici quando si ha una sola linea per fila.
Minime perdite per evaporazione dalla superficie del terreno.	Costo iniziale più elevato di un impianto a goccia fuori terra.
Migliore applicazione degli elementi nutritivi.	Possibile rischio di occlusione degli erogatori dovuta alle particelle di suolo o all'intrusione di radici.
Nessun ostacolo alle operazioni colturali.	Difficoltà nelle operazioni di controllo e riparazione.
	Limitazioni a modifiche e trasformazioni dopo l'interramento delle linee.
	Uso limitato della pioggia naturale.
	Fortemente dipendente dal tipo di suolo.

6. Irrigazione localizzata e fertirrigazione

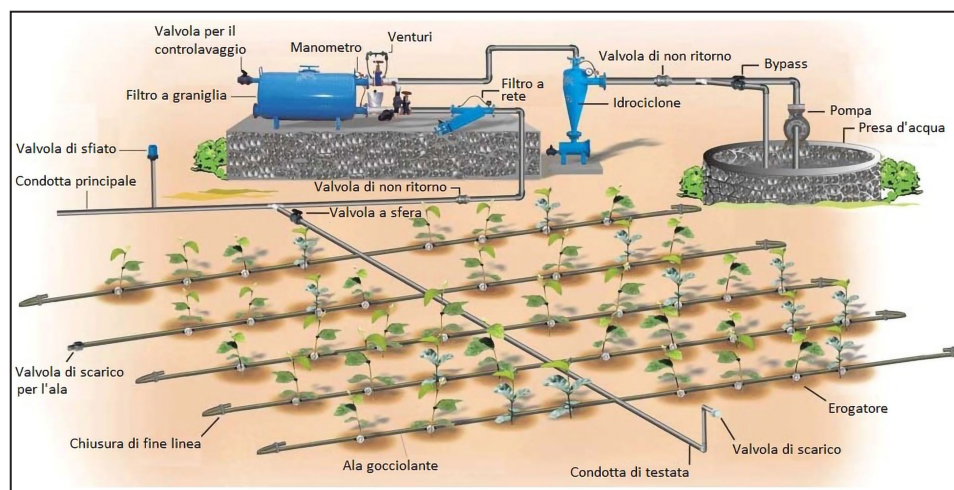


Figura 6.2 - Elementi di un impianto a goccia (da: https://www.icid.org/images/irri_drip.jpg, modif.).

6.2 Ali gocciolanti

Le ali, o linee, gocciolanti sono condotte in polietilene con diametro esterno generalmente disponibile nelle misure 16, 20 e 22 mm. Possono essere leggere o pesanti, a seconda della loro consistenza, da cui consegue la loro durata, rispettivamente annuale o pluristagionale.

Le linee leggere sono schiacciate e assumono la forma circolare solo con l'acqua in pressione. Hanno erogatori (gocciolatori) con caratteristiche, forme e dimensioni variabili, premontati in fase di produzione a distanze regolari e sono dette "integrali" perché gli erogatori sono inseriti nella tubazione durante la fase di estrusione. Trovano impiego quasi esclusivo in agricoltura per l'irrigazione di specie a ciclo annuale coltivate su file e, di conseguenza, hanno durata breve, la qual cosa comporta che l'incidenza del loro costo sia relativamente elevata.

Le linee pesanti mantengono la forma anche in assenza di acqua in pressione. In questa tipologia i gocciolatori possono essere inseriti manualmente sul tubo (erogatori *on line*) o incorporati nello stesso durante la fase industriale di produzione per estrusione. Il primo caso si giustifica in condizioni particolari, tra cui ad esempio l'irrigazione di piante sparse o con sesto d'impianto molto largo, di piccole siepi, di terrazzi e balconi, o quando specifiche condizioni necessitano di soluzioni dedicate, quali ad esempio la volontà di realizzare linee che richiedono diametri superiori a quelli reperibili in commercio (Fig. 6.3).

Nelle linee pesanti integrali i gocciolatori sono fissati alla parete interna del tubo mediante fusione termica, effettuata durante il processo di fabbricazione, e possono essere cilindrici coassiali o piatti (Fig. 6.4).

Come per le linee leggere, anche in questo caso i gocciolatori sono premontati a interdistanza costante, che, ogni 10 cm, varia normalmente da 20 cm a 1 m e oltre.



Figura 6.3 - Gocciolatori *on line* su tubo di PE da 32 mm per l'irrigazione di un vigneto.

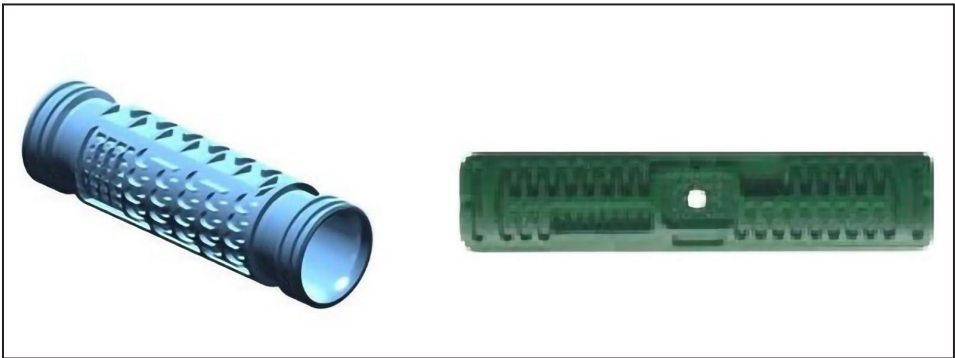


Figura 6.4 - Gocciolatore cilindrico (a sinistra) e piatto (a destra) per ali integrali (da: irritec.it).

Le ali integrali pesanti rappresentano la tipologia quasi esclusivamente utilizzata per l'irrigazione degli spazi verdi, privati o pubblici (Fig. 6.5a-d).

Esistono vari tipi di erogatori che si distinguono per forma, lunghezza e tipo di percorso che l'acqua deve attraversare. La caratteristica comune è che la pressione del flusso si riduce per effetto delle perdite di energia che si verificano fino al punto di emissione (Fig. 6.6).

6. Irrigazione localizzata e fertirrigazione



Figura 6.5 - (a) Aiuola di arbusti con ali gocciolanti integrali in un parco pubblico; in (b) alberatura urbana con impianto di irrigazione a goccia; (c) rose alla base di un monumento irrigate con una linea gocciolante integrale; (d) aiuole fiorite davanti a un mercato rionale. In basso, è posizionata la valvola di scarico automatica per la pulizia dell'impianto.

6.2 Ali gocciolanti

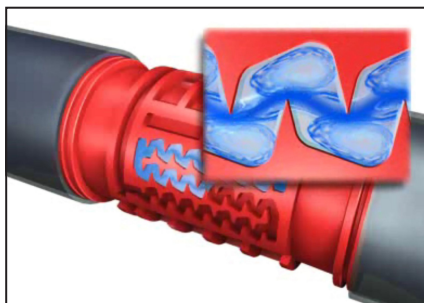


Figura 6.6 - Rappresentazione del flusso che percorre il tracciato di un erogatore cilindrico. La sezione ridotta e le turbolenze determinano le necessarie perdite di energia (da: Reinders *et al.*, 2012, modif.).

Le linee integrali sono disponibili in un'ampia gamma di combinazioni di spaziature dei punti goccia, portate e pressioni di esercizio. Le varianti disponibili sul mercato permettono di soddisfare la maggior parte delle esigenze, come riportato in figura 6.7. Si tenga conto che normalmente, a parità di modello di linea gocciolante, il costo cresce al diminuire del passo, ovvero con il numero di erogatori per metro lineare. Va anche tenuto presente che l'impianto è a regime dopo che è stata espulsa tutta l'aria dalle tubazioni e la pressione all'ingresso delle linee è quella di esercizio. Il tempo necessario a che questa condizione si verifichi è detto "transitorio". Se le

Diametro esterno 16 mm		Passo (m)								
Portata (l/h)	Pressione (bar)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.6	1.0	129	182	230	274	315	354	391	427	460
	1.5	159	224	284	339	390	438	485	528	571
	2.0	181	255	323	386	445	501	553	603	652
	2.5	198	281	355	425	490	551	609	664	718
1.0	1.0	92	130	165	197	226	255	282	307	331
	1.5	114	161	204	243	280	315	349	381	411
	2.0	129	183	232	277	320	360	398	434	469
	2.5	142	201	255	305	352	396	438	478	517
1.6	1.0	68	96	122	145	167	188	208	227	245
	1.5	84	118	150	180	207	232	258	281	304
	2.0	95	135	171	205	236	265	294	320	347
	2.5	104	148	188	225	259	292	323	353	382
2.0	1.0	59	83	105	126	145	163	180	196	212
	1.5	72	102	130	155	179	202	223	243	263
	2.0	82	116	148	177	204	230	254	278	300
	2.5	90	128	162	195	224	253	280	306	331
	3.0	97	138	175	210	242	272	302	329	356
3.0	1.0	45	64	81	97	112	125	138	151	164
	1.5	55	79	100	120	138	155	172	187	203
	2.0	63	89	114	136	157	177	196	214	231
	2.5	69	98	125	150	173	195	215	236	255
	3.0	74	106	134	161	186	210	232	254	275
3.5	1.0	39	55	69	83	95	108	119	131	141
	1.5	47	67	86	103	118	133	147	161	174
	2.0	54	77	97	117	135	152	168	184	199
	2.5	59	84	107	128	148	167	185	203	219
	3.0	64	91	115	138	160	180	199	218	236

Diametro esterno 20 mm		Passo (m)								
Portata (l/h)	Pressione (bar)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.6	1.0	213	292	362	426	485	540	593	643	691
	1.5	264	362	449	528	602	671	736	798	859
	2.0	300	413	512	603	688	767	842	914	982
	2.5	330	454	564	665	757	845	928	1006	1082
1.0	1.0	153	210	260	307	349	389	427	464	498
	1.5	189	260	323	380	433	483	530	576	619
	2.0	215	296	368	434	495	552	606	658	708
	2.5	237	326	406	478	545	608	668	725	780
1.6	1.0	113	155	192	227	258	288	316	343	369
	1.5	139	192	238	281	320	357	393	426	458
	2.0	159	219	272	321	366	408	449	487	524
	2.5	174	241	299	353	403	450	494	536	577
2.0	1.0	98	134	166	196	224	250	274	297	320
	1.5	120	166	206	243	277	309	340	369	397
	2.0	137	189	236	278	317	354	389	422	454
	2.5	151	208	259	306	349	390	428	465	500
3.0	1.0	64	89	110	130	148	165	182	197	212
	1.5	79	110	136	161	184	205	226	245	263
	2.0	90	125	156	184	210	235	258	280	301
	2.5	99	137	171	203	231	258	284	309	332
3.5	1.0	64	89	110	130	148	165	182	197	212
	1.5	79	110	136	161	184	205	226	245	263
	2.0	90	125	156	184	210	235	258	280	301
	2.5	99	137	171	203	231	258	284	309	332
3.5	3.0	107	148	185	218	249	279	306	333	358

Diametro esterno 22 mm		Passo (m)								
Portata (l/h)	Pressione (bar)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.6	1.0	288	394	488	574	653	728	799	867	931
	1.5	356	488	605	712	811	904	993	1076	1157
	2.0	406	557	691	814	927	1034	1134	1231	1323
	2.5	446	613	761	896	1021	1139	1250	1357	1459
1.0	1.0	207	283	351	414	471	525	576	625	671
	1.5	255	351	435	513	584	652	715	776	834
	2.0	291	400	497	586	668	745	818	887	954
	2.5	320	440	547	645	736	820	901	977	1051
1.6	1.0	152	209	260	306	348	388	426	463	497
	1.5	188	259	322	379	432	482	529	574	617
	2.0	214	295	367	433	493	551	605	656	706
	2.5	236	325	404	477	544	607	666	724	778
2.0	1.0	132	181	225	265	302	336	370	401	431
	1.5	163	224	278	328	374	417	458	498	535
	2.0	185	255	318	375	427	477	524	569	612
	2.5	204	281	350	413	471	526	578	627	674
3.0	1.0	101	139	173	204	232	259	285	309	332
	1.5	125	172	214	253	288	322	354	383	413
	2.0	142	197	244	289	329	368	404	438	472
	2.5	157	216	269	318	363	405	445	483	520
3.5	3.0	169	233	290	343	391	437	480	522	561
	1.0	87	119	148	175	200	223	245	266	286
	1.5	107	148	184	217	248	277	304	329	355
	2.0	122	169	210	248	283	316	347	377	406
3.5	2.5	134	185	231	273	311	348	382	416	447
	3.0	145	200	249	294	336	375	413	448	482

Figura 6.7 - Lunghezza massima della linea gocciolante pesante e PC, in piano, per diametri diversi e diverse combinazioni di portata, pressione e passo (da catalogo Netafim, modif.).

linee gocciolanti sono molto lunghe, ad esempio se superano gli 800 m, anche il tempo transitorio si allungherà, con le complicazioni operative che ne conseguono. Lo stesso vale per l'efficacia del lavaggio dell'impianto.

6.3 Tipo di suolo e scelta dell'ala

Il tipo di terreno ha un ruolo fondamentale nella scelta della linea gocciolante, poiché determina la distribuzione dell'acqua al suo interno. Tale distribuzione avviene prevalentemente sotto l'azione della gravità (movimento verticale) e della capillarità (movimento in tutte le altre direzioni). La forma e le dimensioni del profilo bagnato che ne risulta definiscono la capacità di immagazzinamento dell'acqua disponibile per le piante. Con un'applicazione di tipo puntuale, i profili assumono forme riconducibili a quelle della figura 6.8.

La forma e l'estensione del volume bagnato devono correlarsi con quelle dell'apparato radicale. La capacità del suolo di ridistribuire l'acqua di irrigazione dipende dall'interazione di diversi fattori, tra cui la composizione granulometrica e la presenza di sostanza organica. Sebbene questi fattori siano individualmente quantificabili, il loro effetto combinato non lo è, per cui, più semplicemente, si ammette che l'espansione orizzontale sia favorita in suoli ad alto contenuto di argilla rispetto a quelli più sciolti (ARC, 2010).

Convenzionalmente, l'uso delle linee gocciolanti si basa sulla regola generale della bagnatura a strisce (*strip wetting principle*), in modo da creare una zona umida continua nel terreno, sia nel caso in cui l'ala sia posta fuori terra, sia che sia stata interrata. La continuità del bagnamento richiede un'adeguata sovrapposizione delle zone umide, che si ottiene attraverso la scelta del passo e della portata (Fig. 6.9). In via preliminare, la scelta del passo si basa sul diametro teorico dell'area bagnata che dipende dalla portata dell'erogatore e dal tipo di suolo (Fig. 6.10).

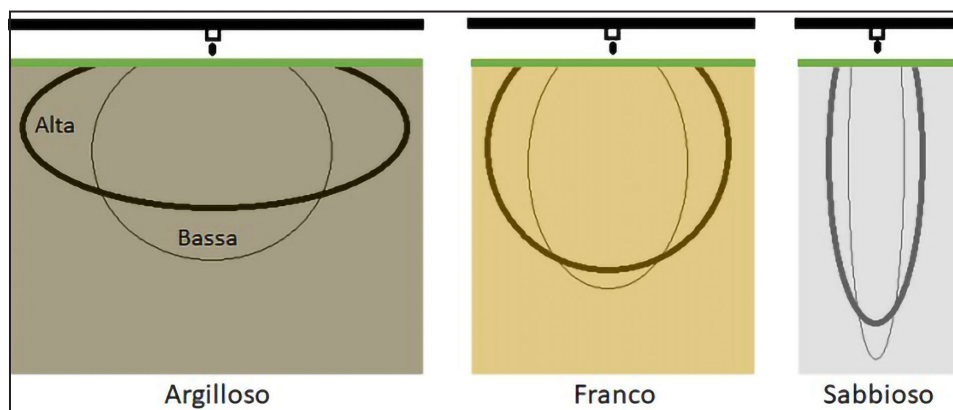


Figura 6.8 - Rappresentazione schematica della sezione trasversale del volume bagnato durante lo stesso tempo di erogazione con portate diverse (bassa e alta), in relazione al tipo di suolo in caso di erogazione puntuale.

6. Irrigazione localizzata e fertirrigazione

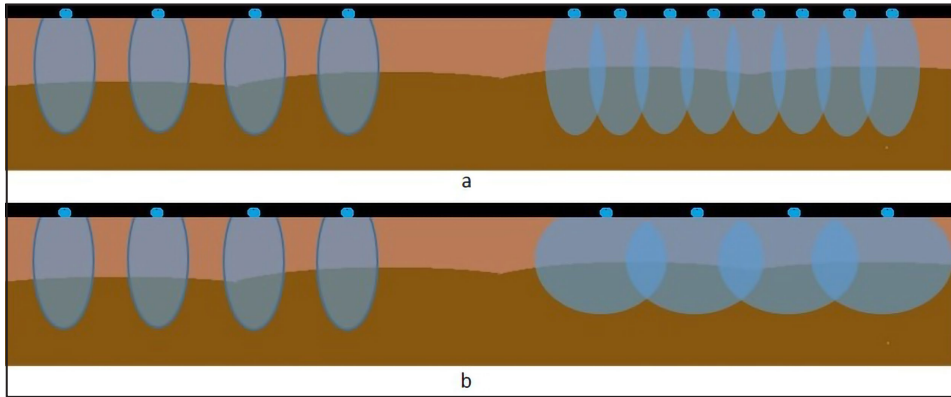


Figura 6.9 - Creazione della continuità di bagnamento tramite scelta del modello di linea: con passo ridotto (a) o portata maggiore (b).



Figura 6.10 - Andamento del diametro dell'area bagnata in funzione del tipo di suolo e della portata dell'erogatore.

La distanza massima teorica tra gli erogatori sulla linea (passo) per garantire la continuità del bagnamento corrisponde al diametro dell'area bagnata. Tuttavia, poiché passo teorico e passo commerciale difficilmente corrispondono, e poiché una certa sovrapposizione delle zone bagnate è necessaria, si sceglie un passo commerciale inferiore al diametro teorico, tenendo conto al tempo stesso della

6.3 Tipo di suolo e scelta dell'ala

necessità di economizzare la scelta. La tabella 6.4 riporta le percentuali di superficie bagnata in condizioni operative, tenendo conto anche della distanza tra le linee gocciolanti.

Quanto indicato in tabella 6.4 tende a perdere di significato quando l'installazione non è eseguita secondo le indicazioni del progetto (Fig. 6.11).

Tabella 6.4 - Percentuale di area bagnata per differenti portate degli erogatori, spaziature e tipi di suolo (Reinders *et al.*, 2012, modif.).

Portata dell'erogatore	2 l/h			4 l/h			8 l/h		
Tipo di suolo	Sciolto	Medio	Fine	Sciolto	Medio	Fine	Sciolto	Medio	Fine
Diametro dell'area bagnata (m)	0,39	0,78	1,24	0,78	1,24	1,26	1,24	1,62	2,10
Passo massimo (m)	0,30	0,60	1,00	0,60	1,00	1,0	1,00	1,30	1,70
Distanza tra le linee gocciolanti (m)	Superficie bagnata (%)								
0,8	50	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	40	80	100	80	100	100	100	100	100
1,2	33	67	100	67	100	100	100	100	100
1,5	26	53	80	53	80	100	100	100	100
2,0	20	40	60	40	60	80	60	80	100
2,5	16	32	48	32	48	64	48	64	80
3,0	13	26	40	26	40	53	40	53	67
3,5	11	23	34	23	34	46	34	46	57
4,0	10	20	30	20	30	40	30	40	50
4,5	9	18	26	18	26	36	26	36	44
5,0	8	17	24	17	24	32	24	32	40
6,0	7	14	20	14	20	27	20	27	34



Figura 6.11 - Posizionamento irregolare delle linee gocciolanti in una porzione di aiuola in un parco urbano.



Figura 6.22 - Erogatori invasi da radici: le prestazioni risultano compromesse.

Sono anche disponibili erogatori anti-intrusione, che si chiudono automaticamente all'arresto dell'impianto e in condizioni di bassa pressione, e altri che si liberano in automatico da eventuali particelle terrose.

6.7 Fertirrigazione

La fertirrigazione è una pratica irrigua che permette la distribuzione dei fertilizzanti per mezzo dell'acqua di irrigazione nella quale sono disciolti. La tecnica normalmente utilizzata è quella della localizzazione a goccia, che consente applicazioni in corrispondenza della pianta e senza bagnamento della parte aerea.

Il fertilizzante utilizzato deve essere specifico per questo tipo di concimazione e va distribuito al momento opportuno e nelle giuste quantità. Per fare questo, la fertirrigazione deve rispettare il criterio della proporzionalità, vale a dire dosare le unità fertilizzanti in modo proporzionale al volume di adacquamento del settore, al fine di garantire la stessa concentrazione della soluzione che arriva a ciascuna pianta.

Il fertilizzante si caratterizza per titolo, solubilità, miscibilità e compatibilità (Tab. 6.6).

- Il *titolo* indica la presenza (di solito in percentuale) degli elementi nutritivi in una specifica formulazione. Normalmente le percentuali sono tre, riferite in ordine al contenuto di azoto, fosforo e potassio (NPK).
- La *solubilità* definisce, per determinate condizioni di temperatura e pressione, la massima quantità di un soluto (ad es. un certo numero di grammi) che si scioglie in una data quantità (ad es. in un certo numero di litri) di solvente, formando così un'unica fase con esso (ad es. fase liquida). In queste condizioni la soluzione è satura.

6. Irrigazione localizzata e fertirrigazione

Tabella 6.6 - Titolo, conducibilità elettrica (EC) e solubilità dei fertilizzanti più utilizzati (da: Hanna.it, modif.).

Fertilizzante	Titolo (%)						EC (mS/cm)*	Solubilità (g/l)^
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₃		
Nitrato ammonico (NA)	34,5	0	0	0	0	0	1,71	1920
Nitrato di calcio (NC)	15,5	0	0	26,5	0	0	1,20	1220
Nitrato di magnesio (NM)	11,0	0	0	0	15,0	0	0,88	2250
Nitrato di potassio (NP)	13,0	0	46,0	0	0	0	1,30	320
Fosfato monoammonico (FM)	12,0	61,0	0	0	0	0	0,80	380
Fosfato monopotassico (FP)	0	52,0	34,0	0	0	0	0,70	230
Solfato ammonico (SA)	21,0	0	0	0	0	60,0	1,92	750
Solfato di magnesio (SM)	0	0	0	0	16,0	34,0	0,70	710
Solfato di potassio (SP)	0	0	52,0	0	0	45,0	1,54	110
Cloruro di potassio (CP)	0	0	60,0	0	0	0	1,90	330
Urea (U)	46,0	0	0	0	0	0	0	1030
Urea fosfato (UF)	17,8	44,0	0	0	0	0	0,50	490

Note: *A 25 °C per una soluzione a 1 g/l di fertilizzante. ^A 20 °C.

Una soluzione si dice “satura” quando ha raggiunto la massima concentrazione di soluto che può contenere alle condizioni di equilibrio. Se si aggiunge altro soluto alla soluzione satura, questa diventerà “sovrassatura” e quindi non più in equilibrio, per cui il soluto in eccesso potrà separarsi e la soluzione tornare in saturazione.

- La *miscibilità* esprime la capacità di due o più sostanze di mescolarsi per formare un'unica fase.

Nel caso di soluzioni liquide, la miscibilità può essere “completa” se le soluzioni sono compatibili, “parziale” se la compatibilità si verifica in determinati rapporti o condizioni, “nulla” se le soluzioni sono incompatibili.

L'utilizzo contemporaneo di più concimi è subordinato alla loro miscibilità. In figura 6.23 sono riportati i livelli di compatibilità alla miscibilità (blu-compatibile, arancio-limitata, rosso-non compatibile), ovvero al rischio che si formino precipitati insolubili. Indicativamente, le compatibilità limitate sono dovute alle concentrazioni e al pH.

Per la sua complessità e per il rischio di provocare danni all'ambiente e alle specie coltivate, oltre che alle attrezzature per l'irrigazione, nella pratica fertirrigua occorre attenersi con scrupolo alle indicazioni fornite dal produttore del fertilizzante.

	NC	NM	SA	NA	AN	FB	FM	AF	SP	NP	FP	SM
NC	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
NM	■	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SA	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■
NA	■	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■	■
AN*	■	■	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■
FB^	■	■	■	■	■	-	■	■	■	■	■	■
FM	■	■	■	■	■	■	-	■	■	■	■	■
AF°	■	■	■	■	■	■	■	-	■	■	■	■
SP	■	■	■	■	■	■	■	■	-	■	■	■
NP	■	■	■	■	■	■	■	■	■	-	■	■
FP	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	-	■
SM	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	-

Figura 6.23 - Miscibilità dei concimi in soluzione. *Acido nitrico. ^Fosfato biammonico. °Acido fosforico.

FERTILIZZANTI E CONCIMI

Spesso i termini "fertilizzante" e "concime" sono utilizzati come sinonimi, anche se, in realtà hanno significati diversi, con uno che è parte dell'altro. Può essere definita *fertilizzante* una sostanza che agisce sulla fertilità del terreno grazie al suo contenuto di elementi nutritivi o per le sue caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche, fornendo così il supporto necessario alle piante. Con il *concime*, invece, si apportano elementi nutritivi al terreno e alla pianta, pertanto la concimazione costituisce una parte della fertilizzazione.

Con i fertilizzanti è possibile agire sulla fertilità del terreno creandola, conservandola, ricostituendola o aumentandola tramite:

- **concimi**, cioè sostanze che arricchiscono il terreno con elementi nutritivi per le piante;
- **ammendanti**, cioè qualsiasi sostanza in grado di dare alle piante il necessario per l'accrescimento;
- **correttivi** e qualsiasi sostanza capace di modificare, migliorandole, le caratteristiche chimiche del terreno. Normalmente si impiegano per modificare la reazione dei terreni, spostando il pH verso valori prossimi alla neutralità.

6. Irrigazione localizzata e fertirrigazione

6.7.1 Attrezzature per la fertirrigazione

Sono disponibili diverse opzioni per l'immissione dei fertilizzanti nella linea idrica che alimenta l'impianto di irrigazione a goccia.

Le componenti fondamentali di un sistema vanno dal serbatoio di fertilizzante ai dispositivi di immissione nel flusso idrico.

Nei dispositivi tradizionali per l'immissione di fertilizzanti nel flusso idrico si utilizza l'energia dell'acqua; in quelli elettronici, più moderni, è richiesta energia aggiuntiva.

I dispositivi tradizionali appartengono prevalentemente a due categorie:

- dispositivi basati sul differenziale di pressione, creato tra l'ingresso dell'acqua (afflusso) e l'uscita (deflusso) dal serbatoio (Fig. 6.24)
- iniettori, che sfruttano l'effetto Venturi (Fig. 6.25): all'interno dell'iniettore l'incremento di velocità dell'acqua, dovuto a un restringimento dello spazio disponibile, determina una riduzione di pressione che richiama la soluzione fertilizzante dal serbatoio e la immette nel flusso idrico.

Entrambe le tipologie hanno il vantaggio di essere economiche e il limite di una scarsa precisione.

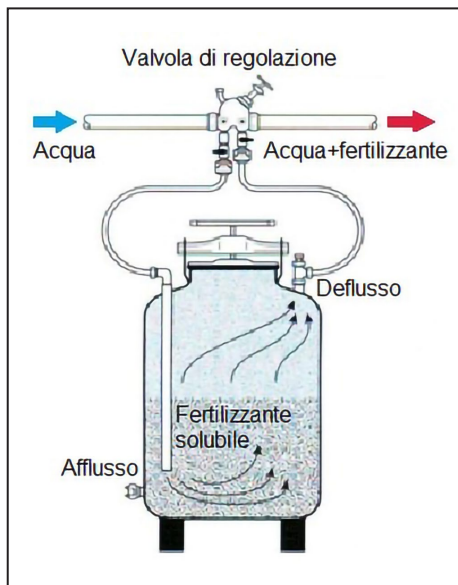


Figura 6.24 - Fertirrigatore che sfrutta il differenziale di pressione per immettere il fertilizzante nel flusso idrico. Il serbatoio deve essere realizzato in materiale resistente alla corrosione.

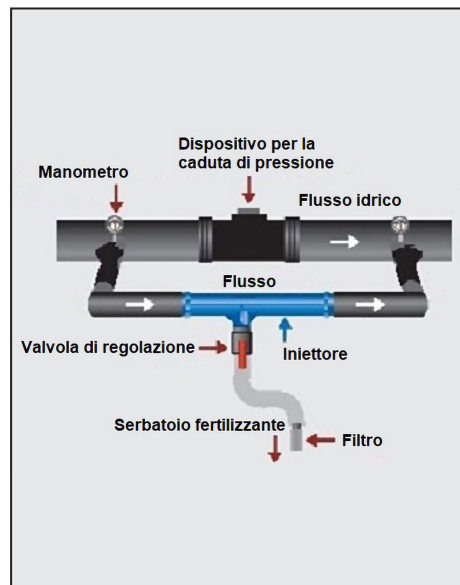


Figura 6.25 - Funzionamento di un sistema di fertirrigazione che sfrutta l'effetto Venturi.

I dispositivi computerizzati sono invece più precisi, poiché dispongono di una pompa dosatrice per l'iniezione del fertilizzante e di un'unità di controllo che sovrintende al corretto funzionamento del sistema (Fig. 6.26).

Tra le funzioni aggiuntive di un sistema computerizzato, rispetto a quelli tradizionali, si possono indicare le seguenti:

- monitoraggio del pH e della EC dell'acqua di irrigazione tramite sonde posizionate lungo la rete fertirrigua in entrata e in uscita;
- dosaggio e miscelazione di fertilizzanti diversi tramite valvole di controllo;
- applicazione di diversi programmi di fertirrigazione;
- possibilità di soluzioni miste da applicare a un numero elevato di valvole (o settori di irrigazione);
- monitoraggio da remoto (ad es. via GSM);
- controllo di pompa e filtri;
- segnalazione di allerta.

I livelli di automazione possono comunque variare di molto e, con loro, anche il costo complessivo dell'intero sistema.

6.7.2 Valutazione delle prestazioni di un impianto a goccia

Gli effetti positivi del dosaggio preciso del fertilizzante vengono vanificati se l'impianto che distribuisce l'acqua lo fa in modo non uniforme. È quindi importante, su un impianto a goccia già esistente, verificare periodicamente l'uniformità di distribuzione, DU, nelle condizioni operative per le quali è stato progettato, vale a dire pressione e portata. Per questa valutazione si utilizza il cosiddetto Indice di Uniformità di Distribuzione del Quartile Inferiore, DU_{uq} , che considera il 25% dell'area irrigata che riceve meno acqua.



Figura 6.26 - Sistema di immissione del fertilizzante con pompa dosatrice e unità di controllo.

6. Irrigazione localizzata e fertirrigazione

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI

Un impianto a goccia ben progettato e realizzato distribuisce l'acqua con valori del DU_{uq} uguali o superiori al 90% se la pressione di esercizio è quella consigliata dal produttore, se gli erogatori non sono occlusi e se non ci sono rotture lungo le linee o sfilamenti dalla testata. Le verifiche interessano prevalentemente le linee non autocompensanti e si effettuano misurando, insieme o separatamente, la pressione, la portata e il DU_{uq} .

La pressione si misura normalmente in testata, cioè là dove le perdite di carico sono minime, o alla fine della linea gocciolante idraulicamente più distante. Se la pompa che alimenta l'impianto è dotata di inverter, la pressione nel circuito risente poco di eventuali anomalie che ne alterano la portata. In questo caso è utile un contatore volumetrico da posizionare a monte del manometro di testata. La lettura del contatore inizia dopo che, nella rete, la pressione è stata portata al valore di esercizio. Questa condizione si ottiene agendo sull'apertura della valvola al termine del transitorio, ovvero quando tutta l'aria è stata espulsa e l'impianto è a regime.

In via preliminare, la portata nominale dell'impianto comandato dalla valvola, Q , si determina moltiplicando il numero totale degli erogatori, N , per la portata nominale di ciascun erogatore, q .

Ad esempio, se $q = 1$ l/h e $N = 990$, si avrà:

$$Q = 1 \text{ l/h} \cdot 990 = 990 \text{ l/h} = 0,275 \text{ l/s.}$$

Ovviamente allo stesso risultato si arriva considerando la portata nominale per metro lineare, q_m , e la lunghezza totale della linea (o delle linee), L .

q_m può essere fornita dal costruttore o si ricava semplicemente moltiplicando q per il numero di erogatori per metro lineare, $n = 1/p$, dove p = passo, in m.

Si otterranno pertanto i seguenti valori:

- con $p = 0,33$, $n = 1/0,33 = 3,0$
- con $q = 1$ l/h, $q_m = q \cdot n = 1 \text{ l/h} \cdot 3,0 = 3 \text{ l/hm}$
- con $L = 330$ m, $Q_n = 3 \text{ l/hm} \cdot 330 \text{ m} = 990 \text{ l/h}$.

Il confronto tra portata teorica e portata misurata non dice quanto uniformemente l'acqua viene distribuita dall'impianto, ma è comunque un'informazione indicativa della condizione generale di funzionamento. Una variazione del 10% è ritenuta accettabile (Capra e Scicolone, 2016).

Il DU_{uq} dell'impianto esistente si calcola misurando le portate di un campione di erogatori che, per numero e posizionamento, ne rappresentano il funzionamento. Indicativamente si considera un numero minimo di 16 erogatori, posizionati come indicato in figura 6.27.

L'uniformità è influenzata da diversi fattori, tra cui:

- la variazione di pressione lungo la testata e le linee erogatrici,
- il coefficiente di variazione delle portate, CV ,
- l'occlusione degli erogatori,
- i danneggiamenti da microfauna o da operazioni in campo.

Il calcolo del DU_{uq} considera la media del 25% dei valori misurati più bassi rispetto alla media di tutti i valori: per questo si parla di uniformità di distribuzione del **quartile inferiore**.

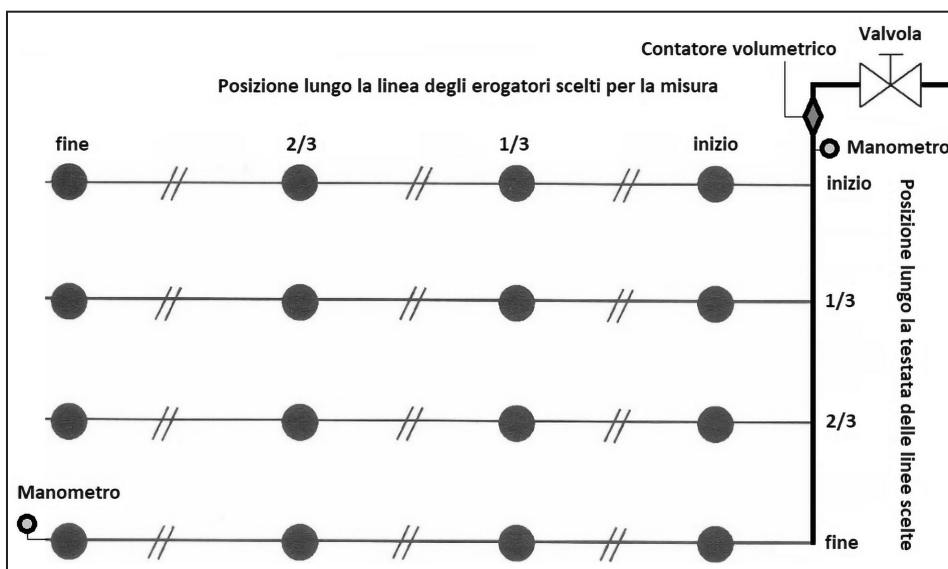


Figura 6.27 - Posizione dei punti di campionamento per la valutazione del DU_{ug} .

SVOLGIMENTO RAPIDO DEL TEST PER LA VALUTAZIONE DEL DU_{UQ}

A seconda della dimensione dell'impianto o della rappresentatività che interessa, il numero dei punti di misura può essere incrementato, meglio se a multipli di 16.

La procedura di per sé è semplice e richiede un minimo di perizia e tempo, che può essere fortemente ridotto se le azioni sono pianificate e gli operatori sono almeno due. Ovviamente maggiore è il numero di punti di misura, maggiore è la rappresentatività del dato che si rileva.

Attrezzatura minima occorrente:

- un cronometro;
- 16 contenitori per raccogliere l'acqua;
- un cilindro graduato, da 500 o 1000 cc, per la misurazione;
- un imbuto, per evitare perdite di acqua durante il travaso nel cilindro;
- un blocco su cui annotare le informazioni tecniche e i volumi raccolti.

Per la misura della pressione sulla linea di testata, il manometro dovrebbe permettere la lettura fino a 1/10 di bar. I contenitori possono essere semplici sottovasi rettangolari: l'importante è che possano contenere agevolmente il volume raccolto. È utile conoscere il modello di linea gocciolante e la portata nominale alla pressione di esercizio, in modo da stabilire la durata dell'erogazione. I tempi del test saranno fortemente ridotti se, una volta stabilita la durata e individuati i punti di misura, si posizioneranno i raccoglitori in successione regolare e poi, allo scadere del tempo, verranno spostati nello stesso ordine sequenziale e temporale a partire dal primo. Dopodiché, o contemporaneamente se si è in un numero sufficiente di rilevatori, si procede alla misura dei valori, con successiva elaborazione e utilizzo delle informazioni raccolte.

**PROGETTARE L'IRRIGAZIONE DEGLI SPAZI
VERDE**



**Clicca QUI per
ACQUISTARE il libro ONLINE**

**Clicca QUI per scoprire tutti i LIBRI
del catalogo EDAGRICOLE**

**Clicca QUI per avere maggiori
INFORMAZIONI**