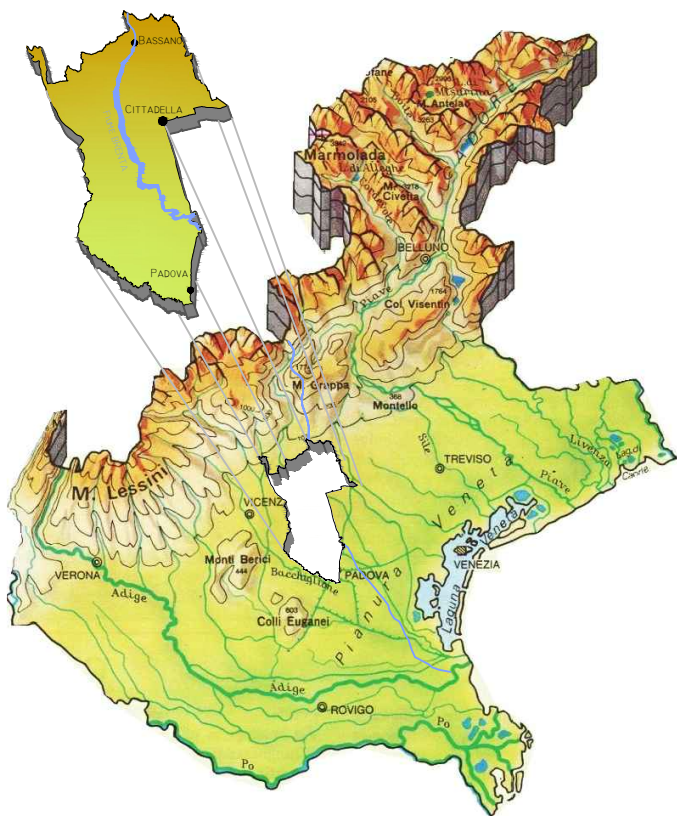




BACINO DI DESTRA BRENTA

TRASFORMAZIONE IRRIGUA DI
780 ETTARI NELLA ZONA DI
VAMPORAZZE NEI COMUNI DI
SANDRIGO E BRESSANVIDO (VI)

PROGETTO ESECUTIVO



Allegato:

RELAZIONE TECNICA GENERALE

N.

A

| Data | Descrizione | Rev. |
|----------------|----------------------------------|------|
| 23 marzo 2005 | Emissione progetto esecutivo | 0 |
| 15 aprile 2009 | Emissione progetto esecutivo | 1 |
| 15 giugno 2021 | Aggiornamento progetto esecutivo | 2 |

I PROGETTISTI:

CONSORZIO DI BONIFICA BRENTA

Riva IV Novembre, 15 Cittadella (PD)

C.F. 90013790283

Tel. 049-5970822 Fax. 049-5970859

Email progetti@consorzio Brenta.it

Pec consorzio Brenta@legalmail.com - www.consorzio Brenta.it

Capo Settore Lavori Pubblici
geom. Franco Svegliado



Management System
ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007



www.tuv.com
ID 9105073152

Crea srl
Corso Milano, 9 - 37138 Verona
Tel. 045.573045- Fax 045.577642
Email amministrazione@creaurf.com
www.creacentricerche.com

Esecutore
dr. ing. Alberto Ferrari

Responsabile
dr. ing. Andrea Garzon



I. Premessa

Il progetto in questione si riferisce alla realizzazione di un impianto di irrigazione a pioggia, comprendente un'area pari a 780 [ha] in zona pedemontana nei comuni di Sandrigo e di Bressanvido (VI).

Poiché i sistemi di irrigazione a scorrimento finora adottati hanno condotto ad un non razionale utilizzo della risorsa idrica con conseguente notevole depauperamento delle falde acquifere locali, lo stesso progetto si propone in un'ottica di miglioramento di efficienza nell'utilizzo della risorsa idrica disponibile. Inoltre i benefici legati alla realizzazione dell'opera appaiono addirittura molteplici, essendo tra questi il più evidente quello costituito da una diminuzione della futura quantità di concimi utilizzati dagli agricoltori della zona per il minore effetto di dilavamento delle acque.

Per il progetto dell'opera si è cercato di utilizzare tutti gli strumenti di calcolo tecnologicamente più evoluti attualmente disponibili sul mercato. Più precisamente, per il dimensionamento della rete in pressione è stato utilizzato un modello matematico realizzato dal personale di ricerca della società CREA in grado di minimizzare i costi complessivi legati sia al riadeguamento di una rete in pressione, sia alla realizzazione, "ex novo", di tutta o di una parte della rete stessa, sia al consumo energetico necessario per la gestione dell'impianto durante tutto il periodo di esercizio, ottemperando a determinati vincoli di funzionamento (pressione minima e massima nei punti di consegna della portata) e tenendo conto, contemporaneamente, di molteplici condizioni critiche di funzionamento del sistema¹.

¹ SuperNet®: modello di ottimizzazione innovativo nella progettazione acquedottistico-irrigua, il quale è in grado di calcolare i diametri ottimali in base a delle funzioni di vincolo imposte.

INDICE

| | |
|---|------------|
| I. PREMESSA..... | I |
| CAPITOLO 1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE | 1.1 |
| 1.1 INTRODUZIONE..... | 1.1 |
| 1.2 DELIMITAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO | 1.2 |
| 1.3 RISPARMIO IDRICO..... | 1.2 |
| CAPITOLO 2 CALCOLO DEI PARAMETRI DI PROGETTO 2.1 | |
| 2.1 INTRODUZIONE..... | 2.1 |
| 2.2 CALCOLO DEL FABBISOGNO COLTURALE | 2.1 |
| 2.2.1 <i>Calcolo dell'Evapotraspirazione Potenziale</i> | 2.1 |
| 2.2.2 <i>Calcolo della portata specifica e del turno</i> | 2.5 |
| 2.3 CALCOLO DEL FABBISOGNO IDRICO PER DOMANDA AGRICOLA NON TURNATA..... | 2.8 |
| 2.4 CARATTERISTICHE DELL'ESERCIZIO IRRIGUO | 2.9 |
| 2.4.1 <i>Sistema di irrigazione adottato</i> | 2.9 |
| 2.5 SUDDIVISIONE IN COMIZI..... | 2.10 |
| 2.6 PERDITE DI CARICO NEI ROTOLONI..... | 2.13 |
| 2.7 PARAMETRI DI PROGETTO DELL'IRRIGAZIONE..... | 2.15 |
| 2.8 VERIFICHE IDRAULICHE | 2.18 |
| CAPITOLO 3 DESCRIZIONE DEI LAVORI | 1 |
| 3.1 RETE DISTRIBUTTRICE:..... | 1 |
| 3.1.1 <i>Scelta dei materiali</i> | 1 |
| 3.1.2 <i>Descrizione dei lavori e rete irrigua</i> | 2 |
| 3.2 STAZIONE DI POMPAGGIO: | 4 |
| 3.3 ELENCO PREZZI REGIONALE | 6 |
| 3.4 SOMME A DISPOSIZIONE..... | 8 |
| 3.5 ESPROPRI E SERVITÙ | 8 |
| 3.6 SPESE GENERALI..... | 9 |
| 3.7 QUADRO ECONOMICO DI SPESA | 9 |
| APPENDICE A IRRIGATORI..... | 10 |
| A.1 IRRIGATORI ATTUALI..... | 10 |
| A.2 IRRIGATORI DI PROGETTO..... | 12 |
| APPENDICE B CALCOLO MODALITÀ DI ADACQUAMENTO PER CIASCUN UTENTE | 1 |
| B.1 CALCOLO TURNO DI ADACQUAMENTO PER CIASCUN UTENTE..... | 1 |
| B.2 CALCOLO VELOCITÀ DI AVVOLGIMENTO DEL ROTOLONE..... | 1 |

Capitolo 1 Inquadramento territoriale

1.1 Introduzione

La zona oggetto del presente progetto, che si colloca in sinistra idrografica del torrente Astico, nei Comuni di Sandrigo e Bressanvido in Provincia di Vicenza, comprende un'estensione territoriale di circa 810 [ha], di cui 780 devoluti a zona agricola.

Tale area, attualmente viene irrigata con il metodo a gravità e di soccorso utilizzando l'acqua derivata dai rii Bottesella, Palmirona, Astichello, Boieroni e Cornera nonché da apposito invaso sul canale Ghebo-Longella. Il presente progetto prevede la realizzazione di una nuova centrale di pompaggio in Comune di Sandrigo e della rete di distribuzione idrica a media pressione con idranti di consegna alle aziende agricole, con una portata complessiva di 600 [l/s] derivata dalla roggia dei Boieroni e dalla Roggia Molino, appartenenti al medesimo sistema idrografico

Come detto l'area in esame è attualmente irrigata con i tradizionali metodi a scorrimento, che comportano elevate dotazioni idriche e quindi altrettanto elevati consumi d'acqua. Tali metodi, inoltre, possono provocare un forte dilavamento dei suoli agricoli, con il rischio di convogliare fattori inquinanti sia direttamente, attraverso i già citati corsi d'acqua superficiali, sia indirettamente, tramite percolazione nella falda freatica.

Con la realizzazione dell'impianto ad aspersione di Vamporazze i benefici sarebbero multipli:

- 1) risparmio idrico (con l'irrigazione per aspersione, la dotazione specifica per ettaro è pari a circa un terzo rispetto a quella con sistemi ad espansione superficiale);
- 2) diminuzione di quantità importanti di azoto immesse nella falda;
- 3) minor dilavamento dei suoli (perverrebbero alle campagne solamente le quantità d'acqua necessarie alle colture, evitando così l'infiltrazione in falda di masse fluide contenenti fattori inquinanti);
- 4) razionalizzazione della distribuzione idrica e possibilità di consentire lo sviluppo di colture agrarie specializzate, che incentiverebbero gli agricoltori a rimanere nelle campagne mantenendo così un'importante funzione di presidio e manutenzione del territorio.

L'intervento di razionalizzazione consentito dalla trasformazione irrigua permetterebbe l'ulteriore vantaggio di diminuire il rischio idraulico oggi presente, a causa del sistema di canalizzazione mista bonifica-irrigazione.

Per quanto è stato sopra accennato, appare d'estremo interesse ambientale procedere quindi alla realizzazione dell'impianto ad aspersione di Vamporazze.

1.2 Delimitazione dell'area d'intervento

Il comprensorio interessa i Comuni di Sandrigo e Bressanvido in Provincia di Vicenza e comprende un'estensione territoriale di circa 810 [ha], di cui 780 devoluti a zona agricola.

I risultati ottenuti nei territori limitrofi dove è già stata realizzata la riconversione irrigua, quali minor dilavamento del suolo, recupero di superfici adibite a tare improduttive (scoline e canalette poderali), possibilità di gestione delle colture in modo diversificato, sicurezza dell'irrigazione, hanno tutti confermato la validità della scelta.

Il territorio si presenta pressoché pianeggiante, degradando da nord a sud con una pendenza media di 0.05 [%]. La sua natura è caratterizzata da una prevalenza di terreno ghiaioso – sabbioso, con intrusioni limose data la notevole vicinanza al torrente Astico.

La capacità idrica del suolo è buona, stante la notevole presenza di limo nella maggior parte dei terreni.

Lo spessore del suolo agrario è normalmente sufficiente e di natura poco variabile nei primi 80 [cm] di profondità.

La falda freatica nella zona soggiace mediamente, rispetto al piano campagna, di 15 ÷ 20 [m].

Il clima si presenta sub-continentale e temperato, con estati calde ed inverni freddi nonché normalmente piovosi.

La piovosità nella zona si aggira sui 900 [mm/anno], quindi sensibile ma quasi mai sufficiente nel periodo estivo.

La sua distribuzione è assai diseguale durante i vari mesi dell'anno, come pure va rilevato che la piovosità è assai variabile da un anno all'altro.

Data la natura permeabile del suolo e sottosuolo, i terreni scolano bene, senza eccessive complicazioni per le reti scolanti.

L'agricoltura si basa essenzialmente su un ordinamento colturale a seminativo, in special modo mais, diversificato in alcune zone a colture specializzate come ortaggi, quindi intimamente legata alla particolare fertilità del suolo ed alla possibilità di irrigare. Si può, infatti, affermare che la sua stessa esistenza dipende dall'esercizio irriguo.

1.3 Risparmio idrico

La portata attualmente utilizzata dai rii e bocchetti, descritti al precedente punto 1.1 necessaria per garantire l'irrigazione a gravità della superficie prevista nell'intero ambito del presente progetto si può stimare in 900 l/sec. circa

Con il nuovo sistema irriguo, a pioggia, i consumi previsti sono pari a:

- 780 ettari x 0,7 l/sec/ha = 546 l/sec

In conclusione, a parità di superficie irrigata tra prima e dopo la realizzazione del progetto, si ottiene un notevole risparmio idrico, pari a circa 354 l/sec, che tradotto in termini percentuali consiste in un risparmio idrico di circa il 40%. Si deve altresì tenere conto delle condizioni precarie dell'attuale sistema irriguo e del vantaggio che tale risparmio potrà recare, sia a favore delle aziende agricole e di tutte le altre aree irrigate che denunciano carenze.

Capitolo 2 Calcolo dei parametri di progetto

2.1 Introduzione

In sintesi il progetto prevede:

- la costruzione di una centrale di pompaggio a funzionamento automatico, da ubicare in Comune di Sandrigo - Foglio 21° - Mappale n. 36, capace di alimentare la rete di distribuzione idrica a media pressione, con una portata complessiva di 595 [l/s] derivata dalla roggia dei Boieroni e dalla Roggia Molino mediante un apposito manufatto di derivazione, atta a soddisfare la richiesta relativa a tutta la superficie di 810 [ha], la quale si riduce a 780 [ha] di terreno agricolo.
- la posa in opera della rete tubata pluvirrigua realizzata con tubazioni in P.R.F.V. (vetroresina) e P.V.C. - PN10, completa di saracinesche, idranti con limitatori di portata e varie apparecchiature; sono inoltre previste tubazioni in acciaio per gli attraversamenti stradali e quelli in sub-alveo.

2.2 Calcolo del fabbisogno colturale

2.2.1 Calcolo dell'Evapotraspirazione Potenziale

Per il corretto dimensionamento dell'impianto si deve innanzitutto calcolare il fabbisogno idrico delle colture presenti, il quale dipende dalle condizioni climatiche del luogo e dal tipo di colture. Il calcolo del rifornimento idrico si basa sulla valutazione dell'evapotraspirazione potenziale ET_p , la quale rappresenta la quantità d'acqua consumata per evaporazione e traspirazione da una superficie di terreno coperta da una determinata coltura in condizioni ottimali di rifornimento idrico e di vigoria vegetativa. Con l'irrigazione si interviene in modo tale che il contenuto d'acqua del terreno sia sempre prossimo al punto di capacità di campo. Poiché l' ET_p è superiore nei mesi estivi, per la valutazione della portata da fornire all'irrigazione in condizioni critiche si è fatto riferimento al mese di luglio, che solitamente presenta le condizioni ambientali più sfavorevoli e le temperature medie più elevate.

La valutazione dell' ET_p si basa usualmente su formule ricavate in letteratura da vari autori i quali hanno studiato il fabbisogno di diversi tipi di colture con riferimento alle condizioni climatiche. È stata fatta una comparazione tra varie formule proposte da vari

autori:

Formula di Turc:

$$ET_p = 0.40 \frac{T}{T+15} (R+50) \left[\frac{mm}{mese} \right] \quad (2.1)$$

dove:

ET_p evapotraspirazione potenziale $\left[\frac{mm}{mese} \right]$;

T temperatura media mensile $[^{\circ}C]$;

R radiazione solare media mensile espressa in $\left[\frac{cal}{cm^2} \right]$.

Per il mese di luglio, nel quale la temperatura media mensile è pari a 22.4 $[^{\circ}C]$ e la radiazione solare media mensile 554.0 $\left[\frac{cal}{cm^2} \right]$ si ottiene:

$$ET_p = 0.4 \cdot \frac{22.4}{22.4+15.0} (554.0+50.0) = 144.7 \left[\frac{mm}{mese} \right] = 0.1447 \left[\frac{m}{mese} \right]. \quad (2.2)$$

Formula di Thornthwaite:

$$ET_p = 16 \left(10 \frac{T}{I} \right)^a \left[\frac{mm}{mese} \right] \quad (2.3)$$

dove:

ET_p evapotraspirazione potenziale $\left[\frac{mm}{mese} \right]$;

T temperatura media mensile $[^{\circ}C]$;

I Indice annuo di calore;

a esponente funzione dell'indice annuo di calore.

Si ha:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1.514} \quad (2.4)$$

dove:

T_i temperatura media mensile $[^{\circ}C]$ del mese i-esimo;

e

$$a = 675 \cdot 10^{-9} I^3 - 771 \cdot 10^{-7} I^2 + 1792 \cdot 10^{-5} I + 0.49239 \quad (2.5)$$

La relazione proposta è valida nel caso si abbiano 12 [h] di radiazione incidente giornaliera. Per tener conto della diversa latitudine è necessario applicare dei coefficienti variabili in funzione del mese considerato. Per il mese di luglio tale coefficiente è pari a 1.295.

Sviluppando i calcoli si ottiene:

$$ET_p = 1.295 \cdot 16 \left(10 \frac{22.4}{53.807} \right)^{1.34} = 139.8 \left[\frac{mm}{mese} \right] = 0.1398 \left[\frac{m}{mese} \right]. \quad (2.6)$$

Formula di Quijano:

$$ET_p = F \cdot T \left[\frac{mm}{mese} \right] \quad (2.7)$$

dove:

ET_p evapotraspirazione potenziale $\left[\frac{mm}{mese} \right]$;

T temperatura media mensile $[^{\circ}C]$;

F coefficiente che dipende dal mese considerato e dall'altitudine alla quale si trova la località considerata;

Per il mese di luglio, nel quale la temperatura media mensile è pari a 22.4 $[^{\circ}C]$ e il coefficiente F è pari a 6.0 si ottiene:

$$ET_p = 6.0 \cdot 22.4 = 134.4 \left[\frac{mm}{mese} \right] = 0.1344 \left[\frac{m}{mese} \right] \quad (2.8)$$

Formula di Blaney-Criddle:

$$ET_p = k \cdot 0.46 \cdot P(T + 18) \left[\frac{mm}{mese} \right] \quad (2.9)$$

dove:

ET_p evapotraspirazione potenziale $\left[\frac{mm}{mese} \right]$;

T temperatura media mensile $[^{\circ}C]$;

k coefficiente che dipende dal tipo di coltura praticata;

P coefficiente astronomico analogo a quello introdotto da Thornthwaite definito come la percentuale media mensile delle ore diurne dall'alba al tramonto sulle ore complessive dell'anno ed è funzione della latitudine e del mese considerato.

Per il mese di luglio, nel quale la temperatura media mensile è pari a 22.4 $[^{\circ}C]$, il coefficiente P è pari a 10.56 e il coefficiente k , nel caso di colture di mais, si pone pari a 0.75 si ottiene:

$$ET_p = 0.75 \cdot 0.46 \cdot 10.56(22.4 + 18.0) = 147.2 \left[\frac{mm}{mese} \right] = 0.1472 \left[\frac{m}{mese} \right] \quad (2.10)$$

Formula di Hargreaves:

$$ET_p = k \cdot E_v \left[\frac{mm}{mese} \right] \quad (2.11)$$

dove:

ET_p evapotraspirazione potenziale $\left[\frac{mm}{mese} \right]$;

k coefficiente variabile in funzione del mese considerato e in funzione del tipo di coltura;

E_v evaporazione misurata da un apparecchio tipo PAN $\left[\frac{mm}{mese} \right]$ ed è pari a:

$$E_v = 45.7 \cdot d \cdot C \cdot T \left[\frac{mm}{mese} \right] \quad (2.12)$$

dove:

d è il medesimo coefficiente di latitudine introdotto nella relazione di Thornthwaite;

C è una funzione dell'umidità dell'aria;

T temperatura media mensile $[^{\circ}C]$;

La funzione C si esprime:

$$C = 0.38 - 0.0038 \cdot U \quad (2.13)$$

dove:

U umidità media mensile dell'aria;

Per il mese di luglio, nel quale la temperatura media mensile è pari a 22.4 $[^{\circ}C]$, l'umidità relativa è del 72.4 [%] e il coefficiente k è pari a 1.02 (nel caso del mais) si ottiene:

$$E_v = 45.7 \cdot 1.295 \cdot (0.38 - 0.0038 \cdot 72.4) \cdot 22.4 = 139.0 \left[\frac{mm}{mese} \right] \quad (2.14)$$

$$ET_p = 1.02 \cdot 139.0 = 141.8 \left[\frac{mm}{mese} \right] = 0.1418 \left[\frac{m}{mese} \right] \quad (2.15)$$

Formula di Tombesi-Romano-Lauciani:

$$ET_p = k_p \cdot E_v \left[\frac{mm}{d} \right] \quad (2.16)$$

dove:

ET_p evapotraspirazione potenziale $\left[\frac{mm}{d} \right]$;

k coefficiente variabile in funzione del mese considerato e in funzione del tipo di coltura;

E_v evaporazione misurata da un apparecchio tipo classe A pan $\left[\frac{mm}{d} \right]$ ed è pari a:

$$E_v = c \cdot T^{0.91} \cdot 10^{-0.008U} \cdot F \left[\frac{mm}{d} \right] \quad (2.17)$$

dove:

c costante ambientale dipendente dal mese considerato;

T temperatura media giornaliera $[^{\circ}C]$;

U umidità media giornaliera dell'aria [%];

F è il medesimo coefficiente di latitudine introdotto nella relazione di Thornthwaite;

Per il mese di luglio, nel quale la temperatura media si considera di 22.4 $[^{\circ}C]$, l'umidità relativa è del 72.4 [%] e il coefficiente c è pari a 1.0 e k_p è pari a 0.8 si ottiene:

$$E_v = 1.0 \cdot 22.4^{0.91} \cdot 10^{-0.00872.4} \cdot 1.295 = 5.778 \left[\frac{mm}{d} \right] \quad (2.18)$$

$$ET_p = 0.8 \cdot 5.778 = 4.622 \left[\frac{mm}{d} \right] = 143.3 \left[\frac{mm}{mese} \right] = 0.1433 \left[\frac{m}{mese} \right] \quad (2.19)$$

Considerando tutte le formule precedenti, e avendo valutato dei valori calcolati dall'ARPAV del Veneto, si è assunto che per la zona in esame il valore rappresentativo è pari a:

$$ET_p = 140.0 \left[\frac{mm}{mese} \right] = 0.140 \left[\frac{m}{mese} \right] \quad (2.20)$$

2.2.2 Calcolo della portata specifica e del turno

Dal valore dell' ET_p mensile si può calcolare la portata specifica q , per unità di superficie [ha], da apportare in condizioni critiche:

$$q = ET_p = 0.52 \left[\frac{l}{s \cdot ha} \right] \quad (2.21)$$

dove:

- ET_p evapotraspirazione potenziale $\left[\frac{mm}{mese} \right]$;
- q portata specifica, per unità di superficie espressa in [ha], da apportare in condizioni critiche $\left[\frac{l}{s \cdot ha} \right]$.

Il volume, per unità di superficie, da fornire alla piantagione affinché risulti imbibito solo lo strato superficiale, che interessa l'apparato radicale, ideale per la massima efficienza dell'irrigazione, è fornito dalla seguente relazione:

$$V = \frac{2}{3} \cdot 10 \cdot (C_c - P_a) \cdot H \quad (2.22)$$

dove:

- V volume per unità di superficie, da fornire alla coltura, in modo tale da non raggiungere mai il punto di appassimento $\left[\frac{l}{m^2} \right]$;
- C_c Capacità di campo: indicante la quantità d'acqua che il terreno può trattenere per capillarità al limite della frangia capillare [%];
- P_a Punto di appassimento: indicante il contenuto d'acqua di un certo terreno per il quale inizia l'appassimento di una certa coltura [%];
- H profondità del terreno da irrigare, dipende dalla tipologia radicale [m].

Ponendo $C_c = 30.0\%$ e $P_a = 12.5\%$, valutati in base alle caratteristiche del terreno, e $H = 0.4[m]$, avendo considerato colture di tipo mais le quali hanno un apparato radicale abbastanza profondo, ed esplicitando il calcolo si ottiene:

$$V = \frac{2}{3} \cdot 10.0 \cdot (30.0 - 12.5) \cdot 0.4 = 46.7 \left[\frac{l}{m^2} \right] = 467.0 \left[\frac{m^3}{ha} \right] \quad (2.23)$$

Il valore calcolato rappresenta il volume da fornire affinché il contenuto d'acqua nel terreno non raggiunga mai il punto di appassimento, ma sia pari a $P_a + \frac{1}{3}(C_c - P_a)$ quando si fornisce l'acqua.

Poiché il turno di irrigazione T è definito come il periodo di tempo in cui la quantità di acqua persa per ET_p è pari a V , nel nostro caso si ottiene:

$$T = \frac{V}{ET_p} \quad (2.24)$$

dove:

| | |
|--------|---|
| ET_p | evapotraspirazione potenziale $\left[\frac{mm}{mese} \right]$; |
| V | volume per unità di superficie, da fornire alla coltura, in modo tale da non raggiungere mai il punto di appassimento, ma tale da garantire al terreno un contenuto d'acqua pari a $P_a + \frac{1}{3}(C_c - P_a)$, $\left[\frac{l}{ha} \right]$; |
| T | turno di irrigazione, inteso come il massimo periodo temporale tra una irrigazione e quella successiva $[s]$. |

Sostituendo i dati calcolati precedentemente si ottiene che il turno è pari a:

$$T = \frac{467.0 \left[\frac{m^3}{ha} \right] \cdot 1000.0 \left[\frac{l}{m^3} \right]}{0.52 \left[\frac{l}{s \cdot ha} \right]} = 897307.69[s] = 10.39[d] \cong 10.25[d].$$

Volendo prevedere anche una certa turnazione nell'orario di ciascun proprietario, in modo tale che una persona non debba usufruire del servizio sempre nello stesso orario si è posto il turno pari a 10 [d] e 6 [h], ossia 10.25 [d].

Se la portata specifica q , che rappresenta la portata necessaria per garantire un corretto sviluppo vegetativo, risulta quindi pari all' ET_p , la portata continua effettiva q' con la quale dimensionare l'impianto deve tenere in considerazione i seguenti fattori:

1. durata di funzionamento dell'impianto nell'arco delle 24 [h];
2. efficienza del sistema di irrigazione adottato;
3. presenza di tare, ossia di zone non irrigabili;
4. parzializzazione dell'irrigazione, ossia se vi è la presenza di colture che non necessitano d'irrigazione.

Considerando i fattori precedentemente elencati si perviene alla seguente relazione:

$$q' = q \frac{24}{x} \frac{1}{E} (1-T)P \quad (2.25)$$

dove:

| | |
|------|--|
| q' | portata specifica effettiva, con la quale dimensionare l'impianto $\left[\frac{l}{s \cdot ha} \right]$; |
| q | portata specifica, per unità di superficie espressa in [ha], da apportare per fornire la quantità d'acqua corrispondente all' ET_p $\left[\frac{l}{s \cdot ha} \right]$; |
| x | numero di ore del giorno per le quali funziona l'impianto $[h]$; |

- E* efficienza, corrispondente al prodotto tra l'efficienza del sistema irriguo (E_t) e l'efficienza dell'applicazione (E_a) []. Nel caso in oggetto $E_t=0.95$ e $E_a=0.85$.
- T* percentuale di area non irrigabile a causa delle tare [%], nel caso in esame pari al 4%;
- P* indice di parzializzazione [], il quale rappresenta il rapporto tra l'area irrigabile e l'area effettivamente irrigata, nel nostro caso pari a 0.9.

Sviluppando il calcolo, dall'Eq. (2.25) si ottiene:

$$q' = q \frac{24}{x} \frac{1}{E} (1-T)P = 0.52 \cdot \frac{1}{0.85 \cdot 0.95} (1-0.04) \cdot 0.9 = 0.56 \left[\frac{l}{s \cdot ha} \right] \quad (2.26)$$

2.3 Calcolo del fabbisogno idrico per domanda agricola non turnata

Dato che la distribuzione della domanda, per usi irrigui non turnati non è omogenea, si prevede di fornire una dotazione aggiuntiva nei punti in cui avviene il prelievo rispetto a quella dell'irrigazione turnata.

Per il calcolo di tale portata, al fine di limitare il costo dell'impianto, è stato utilizzato il procedimento semiprobabilistico proposto da Marchetti-Clement. Secondo questi autori, il numero di utenti m , a valle di una generica sezione dell'impianto, che preleva contemporaneamente la portata è fornita dalla seguente relazione:

$$m = n \cdot p + A \sqrt{2npr} \quad (2.27)$$

dove:

- m* numero di utenti che prelevano contemporaneamente una certa portata;
- n* numero totale di utenti a valle di una generica sezione dell'impianto;
- p* rappresenta il rapporto $\frac{1}{e}$, dove e è il grado di elasticità dell'impianto, assunto pari a 2;
- r* rappresenta il complemento a 1 di p , ossia $r = 1 - p$;
- A* rappresenta il grado di rischio del dimensionamento dell'impianto espresso dalla probabilità che più di m utenti prelevino contemporaneamente la portata. Assumendo un grado di rischio pari al 5% si ha $A = 1.16$.

Per tenere conto dell'incremento della domanda non turnata nel corso degli anni è stata inoltre utilizzata la formula seguente:

$$n = n_o (1 + t)^a \quad (2.28)$$

dove:

- n numero di utenti previsti dopo a anni;
 n_o numero di utenti attuali;
 t tasso di crescita della domanda;
 a orizzonte temporale del calcolo [anni].

Inoltre, tenuto conto del PRG, si è determinata una possibile richiesta futura legata ad uno sviluppo della zona.

2.4 Caratteristiche dell'esercizio irriguo

L'approvvigionamento idrico ha origine da un sistema di derivazione ed adduzione con acqua fluente e portata costante, e di conseguenza l'esercizio è vincolato ad una distribuzione turnata continua di 24 [h] su 24. Il turno è fissato in 10.25 [d], come calcolato precedentemente in base alle esigenze colturali e alle caratteristiche pedologiche dei terreni.

In relazione al regime fondiario predominante, caratterizzato dalla piccola e media proprietà, è stato deciso di suddividere le aree irrigabili in comizi con superficie di circa 10 [ha] ciascuno.

2.4.1 Sistema di irrigazione adottato

La tecnologia attuale dell'irrigazione presenta una vasta gamma di possibilità di scelta, con impianti di tipo fisso, semifisso, e mobile.

In questo caso è stato adottato, per motivi economici e funzionali, un sistema di irrigazione di tipo semifisso, caratterizzato dal fatto di presentare una rete idraulica fissa sul territorio mentre la parte terminale è costituita da tubazioni mobili (rotoloni), in materiale plastico, svolti sul terreno e collegati agli idranti poderali.

Nella parte terminale i rotoloni sono dotati di un boccaglio erogante la portata necessaria all'irrigazione, con un raggio di aspersione variabile in funzione della pressione sul boccaglio. Successivamente, appena compiuto l'adacquamento, sono scollegati e trasportati su un altro podere. Le lunghezze di tali tubazioni sono variabili a seconda della tipologia delle aree da irrigare.

2.5 Suddivisione in comizi

Poiché si prevede di fornire un'irrigazione turnata, il comprensorio dovrà essere suddiviso in comizi irrigui di superficie il più possibile costante, rispettando la condizione imposta dal modulo distributivo².

Si supponga, quindi, di irrigare un comizio di superficie pari a S . La portata che si deve assegnare a tale comizio, chiamata modulo distributivo dell'irrigazione Q_m , sarà pari a:

$$Q_m = q' \cdot S \quad (2.29)$$

dove:

Q_m modulo distributivo fornito all'irrigatore $\left[\frac{l}{s} \right]$;

q' portata specifica effettiva con la quale dimensionare l'impianto $\left[\frac{l}{s \cdot ha} \right]$;

S superficie del comizio da irrigare $[ha]$.

Il modulo distributivo condiziona la scelta dell'irrigatore, il quale deve erogare tale portata in funzione del diametro della tubazione, del tipo di boccaglio e della pressione sull'irrigatore.

Determinate le caratteristiche idrauliche dell'irrigatore è possibile ricavare la gittata R e la larghezza irrigata B :

$$B = 2 \cdot R \quad (2.30)$$

dove:

B larghezza irrigata in aria calma $[m]$;

R gittata reale in aria calma fornita dal costruttore $[m]$.

Tenendo conto che la larghezza massima consigliata per l'effettiva irrigazione B' è pari all'85 [%] di quella in aria calma B , si ottiene:

$$B' = 0.85 \cdot 2 \cdot R = 1.70 \cdot R \quad (2.31)$$

dove:

B' larghezza irrigata effettivamente, considerando i fenomeni perturbativi come la ventosità $[m]$;

² Il modulo distributivo rappresenta la portata da fornire al comizio, corrispondente al prodotto tra la portata specifica effettiva q' (Eq. 2.26) e la superficie del comizio stesso.

R gittata reale in aria calma fornita dal costruttore [m].

La gittata R , supponendo di trascurare i fenomeni di attrito dell'aria, si può calcolare, in forma approssimata, attraverso la formula seguente:

$$R = \frac{v_{bocc}^2 \cdot \sin(2\alpha)}{g} \quad (2.32)$$

dove:

R gittata [m];

v_{bocc} velocità dell'acqua in uscita dall'ugello $\left[\frac{m}{s}\right]$;

α angolo formato dal getto rispetto all'orizzontale $[\circ]$;

g accelerazione di gravità $\left[\frac{m}{s^2}\right]$.

Come si può vedere, se è mantenuto costante l'angolo formato dal getto rispetto all'orizzontale α , tale formula dipende solamente dalla velocità del fluido in uscita dal boccaglio.

Applicando i principi della foronomia idraulica si può calcolare, fissata la gittata R e l'angolo α formato dal boccaglio rispetto all'orizzontale, la pressione da fornire in corrispondenza dell'ugello h_{bocc} :

$$h_{bocc} = \frac{v_{bocc}^2}{2 \cdot g \cdot C_q^2} \quad (2.33)$$

dove:

v_{bocc} velocità dell'acqua in uscita dall'ugello $\left[\frac{m}{s}\right]$;

C_q coefficiente di portata posto pari a 0.98 [];

g accelerazione di gravità $\left[\frac{m}{s^2}\right]$;

h_{bocc} pressione all'ugello [m].

Un parametro condizionato dal turno di adacquamento T è la velocità di avanzamento del rotolone v_i . Infatti, tenendo conto che l'irrigatore deve coprire, con la propria aspersione, tutta la superficie del comizio nella durata T del turno di adacquamento, si ha:

$$T \cdot v_i \cdot B' = S \quad (2.34)$$

dove:

| | |
|-------|--|
| B' | larghezza irrigata effettiva, considerando la presenza di fenomeni perturbativi [m]; |
| v_i | velocità di avanzamento dell'irrigatore $\left[\frac{m}{h}\right]$; |
| T | turno dell'irrigazione [h]; |
| S | superficie del comizio da irrigare [m ²]. |

Dalla relazione precedente è possibile ricavare la velocità di avanzamento del rotolone da imporre all'organo di regolazione della macchina:

$$v_i = \frac{S}{T \cdot B'} \quad (2.35)$$

La casa costruttrice dei rotoloni fornisce delle tabelle con l'indicazione delle portate transitanti e il valore della pressione da imporre all'idrante poderale per garantirne il corretto funzionamento dello stesso con la gittata R prevista.

Nel caso di variazioni nella tipologia del tubo o nel caso di riduzioni di portata si dovranno valutare, caso per caso, i valori corretti della pressione da garantire nel punto di consegna della portata.

Un'ultima considerazione riguarda la durata dell'adacquamento spettante al singolo proprietario. Fissato il turno di irrigazione T la durata dell'adacquamento risulta proporzionale alla dimensione del suo podere:

$$T_a = \frac{S_a}{S} T \quad (2.36)$$

dove:

| | |
|-------|---|
| T_a | durata dell'adacquamento spettante al singolo proprietario [h]; |
| S_a | superficie da irrigare del singolo proprietario [ha]; |
| T | turno di adacquamento del comizio [h]; |
| S | superficie del comizio da irrigare durante il singolo turno [ha]. |

2.6 Perdite di carico nei rotoloni

La differenza di carico tra l'idrante poderale e l'ugello rappresenta le perdite totali del sistema di irrigazione a 'rotolone'. Tali perdite possono essere scisse in una componente dovuta alle perdite distribuite lungo la condotta³ ed in un'altra relativa alla perdita nella turbina, che ha il compito di permettere alla macchina di riavvolgere il tubo durante l'irrigazione.

Nelle tabelle fornite dal costruttore è possibile ricavare i valori della perdita di carico complessiva in funzione della portata erogata:

$$h_{idr.} - h_{bocc} = \Delta h_{tot.} = \Delta h_{cond.} + \Delta h_{turb.} \quad (2.37)$$

dove:

- $h_{idr.}$ pressione all'idrante poderale [m];
- h_{bocc} pressione all'ugello [m];
- $\Delta h_{tot.}$ perdita totale del sistema 'rotolone' [m];
- $\Delta h_{cond.}$ perdita di carico nella condotta [m];
- $\Delta h_{turb.}$ perdita di carico nella turbina [m].

Al fine di considerare le perdite continue nella tubazione, trascurando quelle in curva quando il tubo è completamente avvolto, è stata utilizzata la formula di Colebrook & White:

$$i_{cond.} = \frac{\Delta h_{cond.}}{L} = \frac{f}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (2.38)$$

dove:

- $i_{cond.}$ cadente piezometrica [];
- $\Delta h_{cond.}$ perdita di carico nella condotta [m];
- L lunghezza della tubazione [m];
- f coefficiente di resistenza [];
- v velocità del fluido nella condotta $\left[\frac{m}{s} \right]$;
- D diametro della tubazione [m].

La parte dovuta alla perdita alla turbina dipende sostanzialmente dal peso del tubo da spostare e dalla portata erogata. Ora, mentre per una condotta di un certo diametro D la perdita idraulica nella turbina dipende dal quadrato della portata erogata, la perdita legata al

³ La tubazione presenta uno spessore differenziato, maggiore nel punto iniziale, più sollecitato, inferiore vicino al carrello portairrigatore. Il diametro interno invece non subisce alcuna modifica.

lavoro necessario per il riavvolgimento del tubo è essenzialmente funzione della lunghezza L della tubazione. Per questo motivo è possibile ricostruire le perdite nella turbina, in funzione dei dati sperimentali riportati nel catalogo del fornitore, mediante una relazione del tipo:

$$\Delta h_{urb.} = a \cdot q^2 + b = a \cdot q^2 + \frac{b}{L} \cdot L = a \cdot q^2 + b' \cdot L \quad (2.39)$$

dove:

q portata erogata $\left[\frac{l}{s} \right]$;

a, b coefficienti della retta di regressione, determinati in base ai dati sperimentali desunti dal catalogo del fornitore per un certo tipo di tubazione di diametro D .

Nella Tab. 2.1 sono riportati i valori dei coefficienti a , b , b' e il coefficiente di correlazione ρ della retta di regressione dell'interpolazione lineare eseguita in funzione del diametro delle tubazioni secondo l'Eq. (2.39).

Il coefficiente di correlazione per alcune classi di diametri (DN82, DN125, DN140) ha un valore prossimo all'unità, mentre per altri diametri se ne discosta sensibilmente. Il parametro a rappresenta il contributo dovuto alla portata, il quale diminuisce all'aumentare della dimensione del tubo stesso. Il parametro b' rappresenta il contributo relativo al peso della condotta, il quale invece aumenta con l'aumentare del diametro. Alcuni coefficienti riportati in tabella, che non presentavano un elevato grado di correlazione ρ , sono stati ricostruiti mediante interpolazione.

| $D[mm]$ | a | b | b' | ρ |
|---------|-------------|---------|--------|--------|
| 75 | 102829.5182 | 0.2640 | 0.0008 | 0.6180 |
| 82 | 88592.9445 | 4.7100 | 0.0157 | 0.9861 |
| 90 | 64623.0875 | 7.4700 | 0.0249 | 0.7148 |
| 100 | 40254.3928 | 10.6750 | 0.0305 | 0.6608 |
| 110 | 22100.8386 | 13.8000 | 0.0345 | 0.7921 |
| 125 | 6523.8959 | 13.0680 | 0.0363 | 0.8685 |
| 140 | 4931.0194 | 9.4250 | 0.0377 | 0.9491 |

Tab. 2.1 Coefficienti di regressione e coefficiente di correlazione variabili in funzione del diametro della condotta. I dati in corsivo sono stati ricostruiti mediante interpolazione, dato il non elevato grado di correlazione presente nei dati sperimentali.

Sostituendo le Eq. (2.38) e (2.39) nell'Eq. (2.37), è possibile ricavare la pressione all'idrante poderale in funzione della lunghezza della tubazione adottata, una volta fissati i valori del diametro della tubazione, della portata e della gittata, ossia del tipo di boccaglio:

$$h_{idr.} = h_{bocc} + \frac{f}{D} \frac{v^2}{2g} \cdot L + a \cdot q^2 + b' \cdot L \quad (2.40)$$

2.7 Parametri di progetto dell'irrigazione

Dopo aver eseguito un'attenta analisi relativa alla configurazione attuale del comprensorio e, soprattutto, tenendo presente le consuetudini di organizzazione dell'irrigazione normalmente adottate dal Consorzio di Bonifica Brenta, è stato deciso di suddividere il comprensorio stesso in comizi di superficie 10.0 [ha] ciascuno.

In tale ipotesi, dall'Eq. (2.29) si ottiene un modulo distributivo pari a:

$$Q_m = q' \cdot S = 0.56 \left[\frac{l}{s \cdot ha} \right] \cdot 10.0 [ha] = 5.6 \left[\frac{l}{s} \right].$$

In base alle dimensioni dei poderi, si è fissata una lunghezza dei rotoloni L pari a 300 [m], mentre la gittata degli irrigatori R è stata posta pari a 35.0 [m].

Tenendo conto delle indicazioni del costruttore dei rotoloni, la pressione all'idrante poderale H_{bocc} è stata posta pari a 4.0 [atm]. Per ottenere la gittata desiderata, lo stesso costruttore indica come ideale un boccaglio D_{bocc} pari a 16 [mm].

In tali ipotesi progettuali, è possibile determinare la velocità del fluido v_{bocc} uscente dall'ugello del boccaglio:

$$v_{bocc} = \frac{Q}{A_{bocc}} = 27.85 [m/s]$$

mentre, utilizzando l'Eq. (2.32), è possibile ricavare un'indicazione sul grado di orientazione dell'irrigatore sul piano orizzontale:

$$\alpha = \frac{90}{\pi} \arcsin \left(\frac{R \cdot g}{v_{bocc}} \right) = 13.13 [^\circ]$$

La gittata del getto di progetto, che in aria calma è stata assunta pari a 35.0 [m], si riduce del 15 [%] per tener conto di agenti perturbativi in sede operativa. Dall'Eq. (2.31) si perviene perciò a una larghezza utile dell'irrigazione pari a:

$$B' = 1.70 \cdot R = 1.70 \cdot 35.0 = 59.5 [m].$$

La velocità di avanzamento del rotolone v_i è infine calcolata utilizzando l'Eq. (2.35):

$$v_i = \frac{S}{B' \cdot T} = \frac{100000 \left[\frac{m^2}{h} \right]}{59.5 [m] \cdot 24 \left[\frac{h}{d} \right] \cdot 10.25 [d]} = 6.8 \left[\frac{m}{h} \right].$$

Si considerino ancora altri due parametri che caratterizzano un impianto irriguo ossia:

- **Indice di efficienza:** è un indice che dipende dalla gittata e dalla pressione all'erogatore, che comunque risultano fortemente collegati tra loro. Infatti, all'aumentare della pressione cresce la gittata, con conseguente riduzione del numero di irrigatori (nel caso di ali mobili con più irrigatori) e delle postazioni irrigue. Allo stesso tempo aumenta il consumo di energia in relazione all'accresciuta pressione imposta. Si è voluto inserire il calcolo di questo indice, in quanto questo non costituisce un parametro costante dipendente dalle caratteristiche meccaniche dell'irrigatore, ma varia con il mutare delle condizioni di impiego. A parità di inclinazione comunque, l'indice varia in funzione del diametro dell'ugello e diminuisce all'aumentare della pressione. Per una più corretta valutazione di questo indice si rimanda alla Tab. 2.2.
- **Indice di polverizzazione:** l'effetto battente delle gocce d'acqua sul terreno determina un deterioramento della struttura degli strati superficiali del terreno, con conseguenze sicuramente poco desiderate: riduzione della permeabilità con possibile insorgenza di ruscellamento superficiale o di formazione di condizioni di ristagno idrico. L'effetto battente aumenta con l'incremento della gittata e diminuisce rapidamente con l'aumento della pressione. Per evitare questo è necessario che le gocce che raggiungono il suolo siano sufficientemente minute e che quindi l'irrigatrice conferisca al getto un opportuno grado di polverizzazione. Questo indice che lega la pressione di esercizio con la portata fornisce una indicazione di merito relativamente a quest'aspetto. Si deve notare che in termini generali un basso valore dell'*indice di efficienza* è collegato con una più elevata polverizzazione. Quindi condizioni di funzionamento che permettono una buona efficienza non necessariamente rappresentano la migliore utilizzazione dell'impianto da un punto di vista complessivo della pratica irrigua. Si veda la Tab. 2.2.

| Coltura | Tipo di gocce | Indice di efficienza | Indice di polverizzazione |
|--|---------------|----------------------|---------------------------|
| Orti e giardini | Finissime | < 0.625 | 24 |
| Campi colture varie | Fini | 0.750 - 0.656 | 22 |
| Colture stabili che non temono ristagni temporanei | Medie | 0.875 - 0.781 | 18 |
| Prati e pascoli | Grosse | 1 - 0.906 | 14 |
| Nessuna coltura | Molto grosse | 1.125 - 1.031 | 10 |

Tab. 2.2 *Tabella riportante gli indici di efficienza e di polverizzazione ottimali al variare della coltura presente. Fonte: P.G. Megale - Irrigatori ed irrigazione a pioggia. Quaderni di irrigazione e drenaggio Ed. Facoltà di Agraria, Università di Pisa - 1992.*

Con gli irrigatori proposti si ha un indice di efficienza variabile tra 0.75 e 0.85 e quindi si ricade nel tipo di gocce da fini a medie valutate ottime per le colture presenti.

Un parametro fondamentale per il calcolo della rete idraulica del Consorzio è relativo alla pressione nel punto di consegna in corrispondenza dell'idrante poderale per ottenere un corretto funzionamento dell'impianto. Nella Tab. 2.3 è mostrato, al variare del diametro della condotta, il valore da imporre a tale pressione.

| $D[mm]$ | $h_{idrante} [m]$ | $\Delta h_{tot} [m]$ | $\Delta h_{cond} [m]$ | $\Delta h_{turb} [m]$ | $h_{bocc} [m]$ |
|---------|-------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|
| 75 | 57.12 | 15.80 | 12.34 | 3.46 | 41.32 |
| 82 | 56.50 | 15.18 | 7.69 | 7.49 | 41.32 |
| 90 | 55.52 | 14.20 | 4.71 | 9.50 | 41.32 |
| 100 | 54.43 | 13.11 | 2.70 | 10.41 | 41.32 |
| 110 | 54.00 | 12.68 | 1.64 | 11.04 | 41.32 |
| 125 | 53.25 | 11.93 | 0.84 | 11.09 | 41.32 |
| 140 | 53.24 | 11.92 | 0.46 | 11.46 | 41.32 |

Tab. 2.3 *Calcolo della pressione all'idrante poderale in funzione del diametro della condotta e delle perdite relative alla condotta stessa ed alla turbina, avendo mantenuto costante la lunghezza di 300[m] e la portata di 5.6[l/s].*

Tenendo conto, da un lato, al consumo energetico per il sollevamento continuo della portata necessaria all'irrigazione durante i mesi estivi e, dall'altro, al costo dei rotoloni, sarà a questo punto possibile effettuare la scelta ponderata del diametro del rotolone più indicato. Il Consorzio, considerando i costi di esercizio dell'impianto e i costi relativi all'acquisto dei rotoloni ha optato per la scelta di rotoloni DN100.

Il progetto sarà sviluppato considerando i dati seguenti, nel caso il consorzio utilizzi diametri e lunghezze diverse si rimanda all'Allegato A per la scelta del diametro del boccaglio più corretto e per il calcolo della velocità di avanzamento.

Riassumendo, quindi, i parametri del progetto sono elencati:

Tipologia di rotolone:

| | |
|--------------------|----------|
| Lunghezza Tubo | 300 [m] |
| Diametro Tubo | 100 [mm] |
| R gittata nominale | 35 [m] |
| DN Boccaglio | 16 [mm] |

Caratteristiche di funzionamento:

| | |
|--------------------------|-----------|
| Portata all'irrigatore | 5.6 [l/s] |
| Pressione all'irrigatore | 4.0 [atm] |
| Pressione all'idrante | 5.3 [atm] |

2.8 Verifiche idrauliche

La distribuzione avverrà attraverso una rete di adduttori dai quale si dipartiranno i vari rami. Per il calcolo delle portate si è fatto riferimento all'utilizzo di irrigatori a pioggia mobili, ognuno dei quali eroga una portata da calibrare in base alla dimensione del comizio attraverso un irrigatore, in rotazione sul settore stesso.

Gli adduttori si dividono in adduttori primari ed adduttori secondari; gli adduttori primari collegano la centrale di pompaggio con gli adduttori secondari che, attraversanti le proprietà lungo le capezzagne o fossi, danno la possibilità agli utenti di collegare, tramite idranti sporgenti in superficie, i propri impianti d'irrigazione.

Come indicato nell'Allegato B è stata effettuata la verifica idraulica della rete per ogni idrante terminale di linea al fine di verificare la pressione minima prevista all'idrante poderale e all'irrigatore.

CARATTERISTICHE IMPIANTO:

Dati di Progetto:

| | |
|--|-----------|
| Superficie comprensorio | 810 [ha] |
| Portata complessiva alla stazione di pompaggio | 595 [l/s] |

| | |
|--|-----------------|
| Carico al pompaggio | 69.0 [m] |
| Quota piano di pompaggio | 52.9 [m s.l.m.] |
| Rete di tubazione: P.R.F.V. (vetroresina) e P.V.C. | PN 10 |
| <u>Tipologia di rotolone:</u> | |
| DN Tubo | 100 [mm] |
| Lunghezza Tubo | 300 [m] |
| DN Boccaglio | 16 [mm] |
| <u>Caratteristiche di funzionamento:</u> | |
| Portata all'irrigatore | 5.6 [l/s] |
| Pressione all'irrigatore | 4.0 [atm] |
| Pressione all'idrante | 5.3 [atm] |

Il calcolo idraulico è stato effettuato utilizzando un programma di calcolo ottimizzato SuperNet, il quale è in grado di calcolare la configurazione dei diametri che minimizza il costo complessivo della rete, soddisfacendo i vincoli di pressione minimi imposti in corrispondenza degli idranti poderali.

Per il calcolo della rete è stata utilizzata la formula di Gauckler-Strickler:

$$Q = A \cdot K_s \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (2.41)$$

dove:

- A area della sezione della condotta [m^2];
 K_s coefficiente di Strickler [$m^{1/3}s^{-1}$];
 R_H raggio idraulico, dato dal rapporto tra l'area e il contorno bagnato [m];
 i cadente piezometrica [].

Nella Eq. 2.41 si è imposto un valore del coefficiente di Strickler pari a $K_s = 85m^{1/3}s^{-1}$ per tener conto di fenomeni d'invecchiamento della condotta e quindi di possibili incrostazioni che si dovessero depositare.

Il modello SuperNet è in grado di simulare contemporaneamente diverse condizioni di carico, in modo da considerare qualunque modalità di utilizzo della rete. Questo particolare programma si è reso necessario in quanto una condotta secondaria spesso serviva più

comizi e più comizi erano asserviti da più condotte secondarie. Il calcolo, utilizzando degli strumenti tradizionali, sarebbe quindi diventato estremamente complicato.

Capitolo 3 DESCRIZIONE DEI LAVORI

3.1 Rete distributrice:

3.1.1 Scelta dei materiali

La scelta del tipo di materiale per le tubazioni è stata effettuata in funzione dei diametri utilizzati, della ubicazione prevista per le condotte e sulla scorta dell'esperienza maturata dal Consorzio di Bonifica Brenta a fronte di impianti simili realizzati sia recentemente che nel passato.

Nel dettaglio si possono distinguere tre diverse tipologie di tubazioni:

1. Per i diametri maggiori, da DN350 a DN700, tubazioni in P.R.F.V. (vetroresina), classe PN10, con rigidità trasversale minima pari a 10.000 [N/m²]. Tali tipi di tubazioni presentano un buon rapporto qualità/prezzo, in quanto le tubazioni in vetroresina risultano meno costose delle corrispondenti tubazioni in polietilene, garantendo comunque la tenuta idraulica necessaria. Inoltre presentano minori problemi delle tubazioni in P.V.C., che nel caso di grandi diametri sono soggetti ad ovalizzazione, con conseguenti perdite di tenuta.
2. Per i diametri minori, da DN110 a DN315, tubazioni in P.V.C., classe PN10. Tali tubazioni risultano le più economiche e per tali diametri non presentano i problemi di ovalizzazione evidenziati nel caso di diametri maggiori.
3. Per tratti di condotte ricadenti in corrispondenza ad attraversamenti stradali e di canali, tubazioni in acciaio. Tale tipo di materiale presenta un costo maggiore, ma l'ubicazione ove ne è previsto l'utilizzo ne giustifica l'onere. In questo modo si ha infatti la certezza di porre in opera un materiale altamente resistente ai carichi derivanti dal transito di veicoli, garantendo pertanto l'assenza di rotture in corrispondenza a siti ove le eventuali riparazioni diventerebbero estremamente onerose.

Per quanto concerne poi la derivazione a T per l'installazione degli idranti, si prevede di utilizzare pezzi speciali in ghisa, in quanto l'esperienza maturata nel Consorzio di Bonifica Brenta ha dimostrato essere questa la migliore soluzione. L'analogo pezzo speciale in

materiale plastico P.V.C. e/o polietilene, infatti, non garantisce la resistenza meccanica necessaria per resistere agli urti cui possono essere soggetti tali derivazioni in campagna, mentre quelli in acciaio hanno dimostrato nel tempo problemi di corrosione, in particolare in corrispondenza delle saldature, seppur protette, con relativi costi di manutenzione e/o sostituzione. Il maggior onere per i pezzi in ghisa è pertanto compensato dalla minore esigenza di manutenzione.

3.1.2 Descrizione dei lavori e rete irrigua

La rete distributrice sotterranea interessa una superficie lorda di 810 [ha] ed è formata da tubi in P.R.F.V. (vetroresina) e P.V.C. classe PN 10, ampiamente sufficiente per resistere alle pressioni di esercizio. Come già sopra specificato, si prevede inoltre l'utilizzo di tubazioni in acciaio per gli attraversamenti stradali ed in sub alveo, dove si rende necessaria una resistenza meccanica maggiore.

Per effettuare il dimensionamento dei diametri è stata prevista una modalità di irrigazione turnata all'interno di ciascun comizio, sulla base delle portate calcolate in relazione ad una dotazione specifica media di 0.56 [l/(s ha)] e tenendo conto dei valori imposti alle perdite idrauliche nelle stesse tubazioni per garantire un carico piezometrico minimo di 4.0 [atm] agli irrigatori posti nei punti più sfavorevoli.

Lo schema della rete è a pettine, con le condotte adduttrici primarie aventi diametri decrescenti a partire da quello iniziale Ø 700 [mm], corrispondente ad una portata iniziale di 595 [l/s], fino a quello di Ø 110 [mm] in corrispondenza delle appendici terminali della rete. In particolare, l'intera rete di irrigazione si presenta suddivisa in due linee principali: la prima linea, costituita dalla tubazione denominata ramo A, presenta un diametro variabile da Ø 700 [mm] a Ø 110 [mm] e serve la zona ovest di Vamporazze, altimetricamente più elevata, con una portata di 272 [l/s]; la seconda linea, costituita dalla tubazione denominata ramo D, presenta invece un diametro variabile da Ø 600 [mm] a Ø 110 [mm] e serve la zona est di Vamporazze, altimetricamente meno elevata, con una portata di 323 [l/s].

La rete è completata da saracinesche, idranti con limitatori di portata a 5.6 [l/s], pozzetti in calcestruzzo di protezione degli idranti, saracinesche, pezzi speciali in acciaio di raccordo, sfiati automatici, scarichi di fondo e tubi in acciaio per attraversamenti stradali e canali.

Le quantità di progetto sono le seguenti:

Tubi in P.R.F.V. (vetroresina) PN 10:

| PRFV | | | | |
|------|-----|-----|------|------|
| ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ |
| 700 | 600 | 500 | 400 | 350 |
| m | m | m | m | m |
| 1616 | 774 | 893 | 1178 | 1487 |

Tubi in P.V.C. PN 10:

| PVC | | | | | | | | | |
|------|-----|------|-----|------|------|------|------|------|-------|
| ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ |
| 300 | 280 | 250 | 225 | 200 | 180 | 160 | 140 | 125 | 110 |
| m | m | m | m | m | m | m | m | m | m |
| 3924 | 725 | 2842 | 504 | 1775 | 1111 | 2837 | 4562 | 7010 | 22321 |

Tubi in acciaio per attraversamenti:

| ACCIAIO per attraversamenti | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ |
| 700 | 600 | 500 | 400 | 350 | 300 | 250 | 200 | 150 | 125 | 110 |
| m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m |
| 70 | 75 | 25 | 20 | 190 | 110 | 100 | 30 | 70 | 170 | 380 |

Tubi in ca per attraversamenti:

| CA | | | |
|------|-----|-----|-----|
| ∅ | ∅ | ∅ | ∅ |
| 1000 | 600 | 400 | 200 |
| m | m | m | m |
| 80 | 170 | 115 | 340 |

Tubi in acciaio per attraversamenti con spingitubo:

| ACCIAIO | |
|---------|-----|
| ∅ | ∅ |
| 800 | 350 |
| m | m |
| 20 | 70 |

Saracinesche di chiusura n°tot 100:

| SARACINESCHE | | | | | | | | | | |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ |
| 700 | 600 | 500 | 400 | 350 | 300 | 250 | 200 | 150 | 125 | 100 |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 6 | 3 | 5 | 12 | 17 | 51 |

Altri pezzi speciali:

- n. 624 idranti con limitatore di portata da 5.6 [l/s];
- n. 4 scarichi di fondo. da 3”;
- n. 34 scarichi di fondo. da 1”;
- n. 36 sfiati automatici;
- n. 823 pozzetti in c.a. per saracinesche ed idranti.

Completano i lavori:

- 15600 [Kg] di pezzi speciali in ghisa di raccordo nelle tubazioni;
- 463.10 [m³] di ghiaione misto a calce idraulica negli attraversamenti stradali;
- 505.65 [m²] di rifacimento manto stradale;
- Blocchi di ancoraggio condotte in calcestruzzo.

3.2 Stazione di pompaggio:

La centrale di pompaggio a funzionamento automatico, che sorgerà in Comune di Sandrigo - Foglio 21° - Mappale n. 36, sarà in grado di alimentare la rete di distribuzione idrica a media pressione con una portata complessiva di 595 [l/s]. Tale portata, derivata dalla roggia dei Boieroni e dalla Roggia Molino mediante un apposito manufatto di derivazione, sarà atta a soddisfare la richiesta relativa a tutta la superficie da irrigare, pari a 780 [ha] di terreno coltivato. L'ubicazione della centrale nel comprensorio è stata individuata proprio nel punto di attuale confluenza dei due corsi d'acqua sopra citati, presentando per questo motivo il minore impatto ambientale possibile.

Il progetto prevede la realizzazione di tutte le opere murarie per la costruzione del nuovo manufatto di derivazione dalla roggia dei Boieroni e dalla Roggia Molino, la vasca di pompaggio sopra la quale verrà costruito un idoneo fabbricato realizzato con elementi in prefabbricati e muri di tamponamento, adatto a contenere la cabina di arrivo ENEL, tutte le apparecchiature elettriche di M.T. e B.T., nonché i quadri elettrici di comando e protezione

delle pompe e delle altre apparecchiature accessorie.

Nel progetto si prevede la realizzazione di una paratoia a stramazzo sulla Roggia Molino per deviare la portata sulla roggia Boieroni, tale da garantire il minimo deflusso vitale per la fauna ittica presente. La portata dalla Roggia Molino confluirà attraverso una condotta preesistente nella roggia Boieroni, sulla quale si prevede la costruzione di due paratoie: la prima limiterà il flusso verso sud-est nel canale che oltrepassa la Roggia Molino; la seconda limiterà il flusso verso sud-ovest.

Si prevede di effettuare un espurgo del canale per un tratto di 50 [m]. L'acqua verrà grigliata attraverso uno sgrigliatore automatico che, nel caso di intasamento, verrà bypassato attraverso un doppio sfioratore. Dopodiché attraverserà un canale della lunghezza di 12.5[m] e larghezza 3.0[m], per arrivare a un filtro a tamburo rotante autopulente con maglie di 2[mm].

La portata totale dell'impianto, pari a circa 595 [l/s], sarà frazionata mediante n. 4 elettropompe principali e n. 1 pompa base, del tipo ad asse verticale, ubicate all'interno del fabbricato e protette contro le intemperie. Le pompe pescano nella vasca interrata in calcestruzzo armato di forma rettangolare delle dimensioni interne di 8.45 [m] x 4.10 [m] alta 3.0 [m].

Le apparecchiature elettro-idrauliche saranno ubicate in un apposito fabbricato, che comprende anche la vasca di pompaggio, realizzato in elementi prefabbricati e muri di tamponamento, a pianta rettangolare delle dimensioni di 15.70 [m] x 12.15 [m] con tetto a due falde in coppi, suddiviso internamente in 4 locali, più un porticato:

- locale di consegna ENEL;
- locale misure;
- locale M.T. trasformatore;
- locale pompe e quadri elettrici di b.t.;

La fornitura e posa in opera delle apparecchiature elettro-idrauliche della stazione di pompaggio sarà oggetto di apposita gara secondo quanto previsto nel presente progetto.

Sommariamente l'attrezzatura del pompaggio è costituita:

- n. 1 sgrigliatore automatico, ubicato a monte;
- n. 1 filtro a tamburo rotante, ubicato prima dell'ingresso nella vasca pompe;
- n. 5 elettropompe principali, ognuna da 150 [l/s], con prevalenza di 69[m], di cui una verrà considerata in dotazione al magazzino;
- n. 1 elettropompa base, da 80 [l/s];

- collettore di mandata e pezzi speciali in acciaio, con tutte le apparecchiature di collegamento (saracinesche, valvole di ritegno, ecc), il tutto fino al pozzettone generale ubicato ai limiti dell'area dell'impianto;
- carroponete di servizio per la manutenzione dell'impianto;
- dispositivo per lo smorzamento dei colpi d'ariete che si verificano all'avviamento ed arresto delle pompe e la distribuzione automatica dei minimi consumi;
- misuratore di portata elettromagnetico e trasmettitore elettrico di pressione;
- apparecchiature elettriche di M.T.;
- quadro elettrico di comando e controllo dell'impianto;
- impianto di illuminazione interno ed esterno;
- impianto generale di messa a terra;
- sistema di rifasamento, cavi elettrici di collegamento tra le varie utenze;
- opere murarie accessorie necessarie all'installazione di tutto il macchinario sopra descritto;

L'impianto funzionerà automaticamente senza bisogno di sorveglianza e presidio continuo.

3.3 ELENCO PREZZI REGIONALE

Il 10 Gennaio 2004, è entrata in vigore la Legge regionale n. 27 del 7 novembre 2003, recante "Disposizioni in materia di lavori pubblici di interesse regionale e per la costruzione in zone classificate sismiche".

La nuova norma prevede la disposizione ed utilizzo di documenti comuni a livello regionale quali capitolati, contratti ed altri atti amministrativi "tipo", che consentono di ridurre i motivi di contenzioso e permettono l'uniformità di comportamento delle stazioni appaltanti.

L'art. 12, comma 2 della medesima norma prevede che la Giunta Regionale predisponga ed approvi prezzari dei lavori pubblici di interesse regionale e parametri per l'incidenza minima ed il costo unitario della manodopera per ogni singola categoria d'intervento.

Con Deliberazione in data 30 dicembre 2003, n. 4282 e con altri successivi provvedimenti, la Giunta Regionale ha provveduto all'aggiornamento dei prezzari già precedentemente approvati, integrandoli con l'elenco ed analisi relative alle opere di difesa del suolo. Esso costituisce, ai sensi dell'art. 12 comma 2 della citata LR 27/2003, riferimento obbligatorio per tutti i lavori pubblici di competenza regionale e di interesse regionale da realizzare nel territorio del Veneto.

Gli elenchi prezzi e le relative analisi dei prezzi, approvati dalla Regione Veneto, costituiscono quindi un riferimento a livello regionale per la realizzazione al grezzo di opere edili, stradali, fognarie, acquedottistiche e di difesa del suolo; considerando le lavorazioni principali e più comunemente usate nell'esecuzione dei lavori. E' implicito che in capo al progettista incombe l'onere di integrare gli elenchi prezzi dei progetti con le necessarie voci di dettaglio da ragguagliare ai prezzi base; è evidente infatti che il prezzario regionale si riferisce a condizioni ambientali ed operative normali e medie. Eventuali situazioni particolari possono essere quindi considerate dal progettista che, con decisione motivata, può applicare globalmente o alle singole voci dei coefficienti correttivi; a loro volta detti coefficienti possono variare all'interno di una fascia prefissata in relazione a particolari situazioni ambientali. Si avranno quindi aumenti dei prezzi in particolari condizioni connesse all'ubicazione dell'opera, esempio:

- la lontananza dai cantieri dai centri di produzione degli inerti;
- ubicazione del cantiere in centri storici, in zone montane e collinari di difficile accesso;
- il condizionamento delle attività per vincoli esterni (paesaggistici e monumentali);
- limitazioni ad un razionale armamento del cantiere.

Si hanno altresì riduzioni in particolari condizioni, ad esempio:

- la vicinanza dei centri di produzione degli inerti;
- la ripetitività di alcune lavorazioni;
- entità dell'opera (superiore a condizioni medie);
- la semplicità di esecuzione.

Secondo i vincoli imposti dalla Normativa Regionale la somma dei coefficienti correttivi in generale potrà comportare riduzioni non superiori al 15% o potrà comportare incrementi non superiori al 10%.

I prezzi utilizzati nel progetto derivano in gran parte dal prezzario regionale di riferimento per opere di difesa del suolo e per opere edili, fognarie, stradali ed acquedottistiche. Alcuni prezzi derivano dal prezzario della stazione appaltante (in linea comunque con le modificazioni ammissibili sopraccitate). Nel corso dell'allestimento del presente progetto è emersa inoltre la necessità di creare nuove voci di prezzo, qualche volta priva di riferimento alle voci dei prezzari regionali.

3.4 SOMME A DISPOSIZIONE

Oltre alle opere previste in appalto, nel quadro economico di spesa sono inseriti i seguenti interventi:

- la sistemazione a verde dell'area esterna alla centrale di pompaggio con sistemazione dei piazzali, formazione di aiule perimetrali a verde con piantumazione di piante autoctone e semina a prato delle aree non occupate da piazzali di manovra ed installazione di impianto di irrigazione; la spesa prevista per la sistemazione a verde delle centrali è di € 20.000,00.
- per l'alimentazione elettrica della centrale da parte di Enel Distribuzione S.p.A., è stato stimato un costo di complessivi € 70.000,00.
- per imprevisti e arrotondamento nel quadro economico del progetto è stata accantonata la somma di € 49.922,22.

3.5 ESPROPRI E SERVITÙ

La spesa prevista per il pagamento dell'indennizzo per l'esproprio dell'area della nuova centrale di pompaggio, costituzione servitù di passaggio, servitù della rete tubata è così suddivisa:

- Centrale di pompaggio

La spesa prevista per l'acquisizione dell'area necessaria alla costruzione della centrale di pompaggio di complessivi mq 1.675,00 in comune di Sandrigo (VI) e della servitù di passaggio per l'accesso dalla strada comunale di via Tesina, risulta pari a € 49.412,50 come evidenziato nel piano particellare allegato al progetto.

- Servitù sulle condotte principali e secondarie

L'onere per la costituzione di servitù di acquedotto, per il risarcimento dei danni a frutti pendenti delle aree interessate dai lavori di posa delle condotte principali e secondarie dell'impianto in progetto risulta così ripartito:

- sulle condotte adduttrici principali € 113.480,30
- sulle condotte adduttrici secondarie € 150.419,06

L'onere per le servitù e per il risarcimento dei danni ai frutti pendenti è stato calcolato per le condotte adduttrici primarie considerando una larghezza di 3,00 m per la servitù di acquedotto e di 8,00 m per danni ai frutti pendenti. L'onere per le servitù e per il risarcimento dei danni ai frutti pendenti è stato calcolato per le condotte secondarie considerando una larghezza di 2,00 m per la servitù di acquedotto e di 5,00 m per danni ai frutti pendenti.

3.6 SPESE GENERALI

L'importo previsto ammonta a complessivi € 640.807,64 pari al 16% dell'importo previsto per i lavori in appalto.

3.7 QUADRO ECONOMICO DI SPESA

Si riporta di seguito il quadro economico del progetto, dell'importo di complessivi € 6.000.000,00 così suddivisi:

A) LAVORI IN APPALTO

a.1 Rete tubata pluvirrigua

| | | |
|---|----------------|-----------------------|
| - Importo lavori rete tubata pluvirrigua | € 3.159.451,28 | |
| - Oneri della sicurezza rete tubata pluvirrigua | € 55.596,49 | |
| Sommano | | € 3.215.047,77 |

a.2 Centrale di pompaggio

| | | |
|---|--------------|---------------------|
| - Importo lavori centrale di pompaggio | € 780.000,00 | |
| - Oneri della sicurezza centrale di pompaggio | € 10.000,00 | |
| Sommano | | € 790.000,00 |

TOTALE A € 4.005.047,77

B) SOMME A DISPOSIZIONE

| | |
|--|-------------|
| b.1 Sistemazione area verde centrale di pompaggio | € 20.000,00 |
| b.2 Allacciamento elettrico della centrale di pompaggio | € 70.000,00 |

b.3 Espropri e servitù

| | |
|---|--------------|
| - Indennizzi per esproprio centrale di pompaggio e servitù di passaggio | € 49.412,50 |
| - Indennizzi per servitù condotte adduttrici principali | € 113.480,30 |
| - Indennizzi per servitù condotte adduttrici secondarie | € 150.419,06 |

b.4 Imprevisti

€ 49.922,22

TOTALE B

€ 453.234,08

C) SPESE GENERALI (16 % sull'importo A)**TOTALE C**

€ 640.807,64

D) I.V.A. (22% sugli importi A+b.1+b.2)**TOTALE D**

€ 900.910,51

TOTALE COMPLESSIVO A + B + C + D**€ 6.000.000,00**

Cittadella, 15 giugno 2021

IL PROGETTISTA
 dr. Ing. Andrea Garzon

IL CAPO SETTORE LAVORI PUBBLICI
 geom. Franco Svegliado

Appendice A Irrigatori

A.1 Irrigatori attuali

Attualmente sono già presenti nel comprensorio alcune attrezzature utilizzate per l'irrigazione:

- i) rotolone con tubazione DN125 [mm]
 lunghezza 340 [m]

- irrigatore ugello 38 [mm]
- ii) rotolone con tubazione DN140 [mm]
- lunghezza 280 [m]
- irrigatore ugello 40 [mm].

Ai fini di un corretto funzionamento di tali tipologie di rotolone e di un loro adeguamento alle condizioni di pressione della rete di nuova progettazione, sarà sufficiente sostituire il boccaglio esistente con un DN16 [mm] e imporre una velocità di avanzamento adeguata, come riportato in Tab. A.1 per il DN125 e in Tab. A.2 per il DN140.

| $L[m]$ | $h_{idran.}[m]$ | $\Delta h_{tot}[m]$ | $\Delta h_{cond}[m]$ | $\Delta h_{turb}[m]$ | $h_{bocc.}[m]$ | $R[m]$ | $v_{avan.}[m/h]$ |
|--------|-----------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------|--------|------------------|
| 100 | 54.43 | 4.11 | 0.28 | 3.83 | 50.32 | 42.7 | 5.6 |
| 200 | 54.43 | 8.02 | 0.56 | 7.46 | 46.41 | 39.4 | 6.1 |
| 300 | 54.43 | 11.93 | 0.84 | 11.09 | 42.50 | 36.0 | 6.6 |
| 340 | 54.43 | 13.50 | 0.95 | 12.55 | 40.93 | 34.7 | 6.9 |
| 400 | 54.43 | 15.84 | 1.12 | 14.72 | 38.59 | 32.7 | 7.3 |

Tab. A.1 *Calcolo della pressione in corrispondenza del boccaglio e delle perdite relative alla condotta ed alla turbina in funzione della lunghezza della condotta, avendo fissato il diametro DN125 [mm] e il diametro del boccaglio DN16 [mm]. Dalla tabella si ricava la velocità di avanzamento del rotolone.*

| $L[m]$ | $h_{idrate} [m]$ | $\Delta h_{tot} [m]$ | $\Delta h_{cond} [m]$ | $\Delta h_{turb} [m]$ | $h_{bocc.} [m]$ | $R[m]$ | $v_{avan.} [m/h]$ |
|--------|------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|--------|-------------------|
| 100 | 54.43 | 4.08 | 0.15 | 3.92 | 50.35 | 42.7 | 5.6 |
| 200 | 54.43 | 8.00 | 0.31 | 7.69 | 46.43 | 39.4 | 6.1 |
| 280 | 54.43 | 11.14 | 0.43 | 10.71 | 43.29 | 36.7 | 6.5 |
| 300 | 54.43 | 11.92 | 0.46 | 11.46 | 42.50 | 36.0 | 6.6 |
| 400 | 54.43 | 15.85 | 0.62 | 15.23 | 38.58 | 32.7 | 7.3 |

Tab. A.2 *Calcolo della pressione in corrispondenza del boccaglio e delle perdite relative alla condotta ed alla turbina in funzione della lunghezza della condotta, avendo fissato il diametro DN140 [mm] e il diametro del boccaglio DN16 [mm]. Dalla tabella si ricava la velocità di avanzamento del rotolone.*

L'uso dei boccagli attualmente in possesso dei consorziati, con queste condizioni di funzionamento, porta ad avere un indice di efficienza elevato ed un bassissimo indice di polverizzazione. Questo provoca i problemi accennati precedentemente di riduzione della permeabilità con possibile insorgenza di ruscellamento superficiale o di formazione di condizioni di ristagno idrico. Per evitare tali problemi si consiglia il semplice acquisto di pezzi speciali, ossia di boccagli DN16 [mm].

A.2 Irrigatori di progetto

Il progetto è stato sviluppato adottando dei rotoloni di diametro DN100 per una lunghezza pari a 300[m], valutata considerando la massima estensione dei poderi presenti nel comprensorio. Il singolo proprietario, a seconda dell'estensione del proprio appezzamento, potrà scegliere di acquistare un rotolone di lunghezza inferiore a 300[m], di diametro DN100 e sempre con un boccaglio DN16[mm]. A seconda della lunghezza del rotolone acquistato varierà la pressione che si avrà in corrispondenza del boccaglio e quindi la velocità di avanzamento da imporre al rotolone.

Nella Tab. A.3 viene riportata la velocità di avanzamento da adottare al variare della lunghezza del rotolone per ottenere delle condizioni ideali di funzionamento.

| $L[m]$ | $h_{idran.}[m]$ | $\Delta h_{tot}[m]$ | $\Delta h_{cond}[m]$ | $\Delta h_{turb}[m]$ | $h_{bocc.}[m]$ | $R[m]$ | $v_{avan.}[m/h]$ |
|--------|-----------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------|--------|------------------|
| 50 | 54.43 | 3.24 | 0.45 | 2.79 | 51.19 | 43.4 | 5.5 |
| 75 | 54.43 | 4.23 | 0.68 | 3.55 | 50.20 | 42.6 | 5.6 |
| 100 | 54.43 | 5.21 | 0.90 | 4.31 | 49.22 | 41.7 | 5.7 |
| 125 | 54.43 | 6.20 | 1.13 | 5.07 | 48.23 | 40.9 | 5.8 |
| 150 | 54.43 | 7.19 | 1.35 | 5.84 | 47.24 | 40.1 | 6.0 |
| 175 | 54.43 | 8.18 | 1.58 | 6.60 | 46.25 | 39.2 | 6.1 |
| 200 | 54.43 | 9.16 | 1.80 | 7.36 | 45.27 | 38.4 | 6.2 |
| 225 | 54.43 | 10.15 | 2.03 | 8.12 | 44.28 | 37.6 | 6.4 |
| 250 | 54.43 | 11.14 | 2.25 | 8.89 | 43.29 | 36.7 | 6.5 |
| 275 | 54.43 | 12.13 | 2.48 | 9.65 | 42.30 | 35.9 | 6.7 |
| 300 | 54.43 | 13.11 | 2.70 | 10.41 | 41.32 | 35.0 | 6.8 |

Tab. A.3 *Calcolo della pressione in corrispondenza del boccaglio e delle perdite relative alla condotta ed alla turbina in funzione della lunghezza della condotta, avendo fissato il diametro DN100 [mm] e il diametro del boccaglio DN16 [mm]. Dalla tabella si ricava la velocità di avanzamento del rotolone.*

Appendice B Calcolo modalità di adacquamento per ciascun utente

B.1 Calcolo Turno di adacquamento per ciascun utente

Poiché la durata dell'adacquamento spettante al singolo proprietario risulta fissata in base al turno di irrigazione T , essa risulta proporzionale alla dimensione del singolo podere:

$$T_a = \frac{S_a}{S} T$$

dove:

- T_a durata dell'adacquamento spettante al singolo proprietario [h];
 S_a superficie da irrigare del singolo proprietario [ha];
 T turno di adacquamento del comizio [h];
 S superficie del comizio da irrigare durante il singolo turno [ha].

B.2 Calcolo velocità di avvolgimento del rotolone

La velocità di avanzamento del rotolone da imporre all'organo di regolazione della macchina è data, (oppure si può desumere direttamente dalla Tab. B.1):

$$v_i = \frac{S_a}{T_a \cdot B'}$$

dove:

- T_a durata dell'adacquamento spettante al singolo proprietario [h];
 S_a superficie da irrigare del singolo proprietario [ha];
 B' larghezza irrigata effettivamente, considerando i fenomeni perturbativi come la ventosità [m].

La larghezza effettivamente irrigata, tenendo conto che la larghezza massima consigliata per l'effettiva irrigazione B' è pari all'85 [%] di quella in aria calma B , si ottiene:

$$B' = 0.85 \cdot 2 \cdot R = 1.70 \cdot R$$

dove:

- B larghezza irrigata in aria calma [m];
 R gittata reale in aria calma fornita dal costruttore [m].

La gittata reale in aria calma si può desumere dalla Tab. B.1 in base alla lunghezza del rotolone acquistato dal singolo proprietario. Dalla medesima tabella è possibile ricavare direttamente il valore della velocità di avanzamento consigliata in base alla lunghezza del rotolone acquistato dal singolo proprietario.

| $L[m]$ | $h_{idrate} [m]$ | $\Delta h_{tot} [m]$ | $\Delta h_{cond} [m]$ | $\Delta h_{urb} [m]$ | $h_{bocc.} [m]$ | $R[m]$ | $v_{avan.} [m/h]$ |
|--------|------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|--------|-------------------|
| 50 | 54.43 | 3.24 | 0.45 | 2.79 | 51.19 | 43.4 | 5.5 |
| 75 | 54.43 | 4.23 | 0.68 | 3.55 | 50.20 | 42.6 | 5.6 |
| 100 | 54.43 | 5.21 | 0.90 | 4.31 | 49.22 | 41.7 | 5.7 |
| 125 | 54.43 | 6.20 | 1.13 | 5.07 | 48.23 | 40.9 | 5.8 |
| 150 | 54.43 | 7.19 | 1.35 | 5.84 | 47.24 | 40.1 | 6.0 |
| 175 | 54.43 | 8.18 | 1.58 | 6.60 | 46.25 | 39.2 | 6.1 |
| 200 | 54.43 | 9.16 | 1.80 | 7.36 | 45.27 | 38.4 | 6.2 |
| 225 | 54.43 | 10.15 | 2.03 | 8.12 | 44.28 | 37.6 | 6.4 |
| 250 | 54.43 | 11.14 | 2.25 | 8.89 | 43.29 | 36.7 | 6.5 |
| 275 | 54.43 | 12.13 | 2.48 | 9.65 | 42.30 | 35.9 | 6.7 |
| 300 | 54.43 | 13.11 | 2.70 | 10.41 | 41.32 | 35.0 | 6.8 |

Tab. B.4 *Calcolo della pressione in corrispondenza del boccaglio e delle perdite relative alla condotta ed alla turbina in funzione della lunghezza della condotta, avendo fissato il diametro DN100 [mm] e il diametro del boccaglio DN16 [mm]. Dalla tabella si ricava la velocità di avanzamento del rotolone..*

ELENCO ALLEGATI PROGETTO ESECUTIVO

A. Relazione tecnica generale

B. Rete pluvirrigua

- B.1: Relazione tecnica rete tubata e calcoli idraulici
- B.2: Relazione ambientale
- B.3: Documentazione fotografica
- B.4: Disegni:
 - Tav. B.4.1.1: Inquadramento territoriale C.T.R. - Stato di fatto
 - Tav. B.4.1.2: Inquadramento territoriale ortofoto - Stato di fatto
 - Tav. B.4.2.1: Planimetria condotte C.T.R.
 - Tav. B.4.2.2: Planimetria condotte Ortofoto
 - Tav. B.4.3: Planimetria condotte sovrapposizione Carta dei Vincoli
 - Tav. B.4.4: Schema elementi di calcolo
 - Tav. B.4.5: Planimetria condotte – Comizi irrigui
 - Tav. B.4.6.1: Planimetria condotte - Particolare 1
 - Tav. B.4.6.2: Planimetria condotte - Particolare 2
 - Tav. B.4.6.3: Planimetria condotte - Particolare 3
 - Tav. B.4.6.4: Planimetria condotte - Particolare 4
 - Tav. B.4.6.5: Planimetria condotte - Particolare 5
 - Tav. B.4.7.1: Particolari attraversamenti fiumi
 - Tav. B.4.7.2: Particolari attraversamenti strade
 - Tav. B.4.8: Particolari costruttivi
- B.5: Riepilogo Quantità Rete
- B.6: Elenco descrittivo delle voci
- B.7: Elenco prezzi unitari
- B.8: Analisi dei prezzi
- B.9: Lista delle categorie e delle forniture previste per l'appalto
- B.10: Computo metrico estimativo
- B.11: Cronoprogramma
- B.12: Capitolato speciale d'appalto
- B.13: Schema di contratto d'appalto
- B.14: Piano di sicurezza e coordinamento

C. Centrale di pompaggio

ELABORATI DI CARATTERE GENERALE

- EG R 01 00 Elenco elaborati
- EG R 02 00 Relazione generale
- EG R 03 00 Relazione geologica

STATO DI FATTO

- SDF T 01 00 Inquadramento territoriale 1:5000 - 1:2000
- SDF T 02 00 Documentazione fotografica

PROGETTO ARCHITETTONICO

- ART 01 00 Planimetria 1:100
- ART 02 00 Pianta piano interrato 1:50
- ART 03 00 Pianta piano terra 1:50
- ART 04 00 Sezione 1:50
- ART 05 00 Prospetti 1:50
- ART 06 00 Particolari costruttivi 1:20

PROGETTO STRUTTURE

- STR 01 00 Relazione illustrativa, geotecnica e sulle fondazioni e di calcolo
- STR 02 00 Piano di manutenzione delle strutture
- STT 03 00 Pianta fondazioni 1:50
- STT 04 00 Pianta primo solaio 1:50
- STT 05 00 Pianta copertura 1:50
- STT 06 00 Sezione 1:50
- STT 07 00 Particolari costruttivi 1 - fondazioni e muri 1:20
- STT 08 00 Particolari costruttivi 2 - fondazioni, muri, travi e pilastri 1:10-1:20-1:50
- STT 09 00 Particolari costruttivi 3 - copertura e muro di sostegno 1:20

PROGETTO IMPIANI ELETTROMECCANICI

- EM R 01 00 Relazione tecnica impianti elettromeccanici
- EM R 02 00 Calcoli rete e quadri MT e BT
- EM R 03 00 Relazione illuminotecnica
- EM T 04 00 Sottoservizi 1:100
- EM T 05 00 Layout sistema di pompaggio 1:100
- EM T 06 00 Layout impianti elettrici 1:100
- EM T 07 00 Sezione 1:10-1:20-1:50
- EM R 08 00 Schede tecniche imp. elettromeccanici

DOCUMENTAZIONE TECNICO-ECONOMICA

- DTE R 01 00 Computo metrico estimativo opere edili
- DTE R 02 00 Computo metrico estimativo opere elettromeccaniche
- DTE R 03 00 Elenco dei prezzi unitari opere edili
- DTE R 04 00 Elenco dei prezzi unitari opere elettromeccaniche
- DTE R 05 00 Lista delle lavorazioni opere edili
- DTE R 06 00 Lista delle lavorazioni opere elettromeccaniche
- DTE R 07 00 Capitolato speciale d'appalto - parte 1°
- DTE R 08 00 Capitolato speciale d'appalto - parte 2°: opere edili
- DTE R 09 00 Capitolato speciale d'appalto - parte 2°: impianti
- DTE R 10 00 Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti
- DTE R 11 00 Cronoprogramma
- DTE R 12 00 Schema di contratto

SICUREZZA

- SIC R 01 00 Piano di Sicurezza e Coordinamento
- SIC R 02 00 Fascicolo dell'opera

D. Piani particellari espropri e servitù

D.1: Planimetrie catastali rete tubata

- D.1.1: Planimetria catastale servitù – Particolare 1
- D.1.2: Planimetria catastale servitù – Particolare 2
- D.1.3: Planimetria catastale servitù – Particolare 3
- D.1.4: Planimetria catastale servitù – Particolare 4
- D.1.5: Planimetria catastale servitù – Particolare 5

D.2: Rete tubata pluvirrigua:

- D.2.1: Piano particellare servitù e occupazione temporanea – rete tubata principale
- D.2.2: Piano particellare servitù e occupazione temporanea – rete tubata secondaria

D.3: Planimetria catastale espropri e servitù centrale di pompaggio

- D.3.1: Piano particellare espropri e servitù di passaggio

E. Quadro economico