



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Consorzio di Bonifica d'Ogliastra

**REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CONDOTTA DI ADDUZIONE PER L'IRRIGAZIONE
DEL COMPENSORIO SUD DEL CONSORZIO DI BONIFICA D'OGLIASTRA**

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA - ECONOMICA

Titolo elaborato: RELAZIONE TECNICA	Elaborato: EA-02
	scala:

Redatto da

Mandataria:



Ing. Umberto Pautasso
Sardegna Ingegneria S.c.a.r.l.

Mandanti:



Ing. Domenico Castelli
STECI S.r.l.

Ing. Pino Frau

Archeologa Marta Macri

Geologo Alessandro Melis

Agronomo Massimo Cuccu



Consorzio di Bonifica D'Ogliastra

Il Responsabile del Procedimento
Ing. Marcello Giacobbe

Rev.	DATA	DESCRIZIONE/MODIFICA	REDATTO DA	VERIFICATO DA	APPROVATO DA
00	18/02/2022	Prima emissione	C.P.	U.P.	U.P.
01	28/03/2022	Nota RP del 23/03/2022	C.P.	U.P.	U.P.

RELAZIONE TECNICA

Sommario

1. Premessa	3
2. Descrizione delle opere in progetto	3
2.1. Schema idraulico	3
2.2. Scelta dei materiali	4
3. Studi eseguiti per il dimensionamento delle opere	5
3.1. Aspetti agronomici	5
3.1.1. Il comprensorio.....	5
3.1.2. Il comprensorio attualmente irrigato	5
3.1.3. Il comprensorio di Bari Sardo e Cardedu.....	8
3.2. Il bilancio idrologico.....	9
3.2.1. L'acqua utile.....	10
3.2.2. L'altezza di adacquamento	11
3.2.3. Efficienza dell'adacquamento	14
3.2.4. L'evapotraspirazione	14
3.2.5. Turno, orario e corpo d'acqua	17
3.3. Il dimensionamento irriguo	18
3.4. Studio di dimensionamento idraulico	28
4. Studi e approfondimenti sui principali aspetti tecnici:.....	29
5. Conclusioni	34

1. Premessa

Il progetto in esame nasce dall'esigenza di ampliare le aree irrigabili del comprensorio gestito dal Consorzio di Bonifica d'Ogliastra nel territorio a sud dell'abitato di Tortolì attualmente non attrezzato per l'irrigazione.

L'intervento è stato programmato nell'ambito della Delibera della Giunta Regionale n° 69/10 che ha approvato l'Accordo Quadro del Programma di sviluppo "Ogliastra, percorsi di lunga vita". Gli interventi previsti consentiranno di estendere le condotte di distribuzione irrigua a sud del territorio di Tortolì, già servito dal Consorzio, comprendendo il territorio della piana di Barisardo e più a sud, quello dell'agro di Cardedu, al fine di valorizzare le attività agricole e zootecniche già presenti che costituiscono una parte rilevante dell'economia del territorio indicato.

Con determinazione n. 17 del 08/04/2021 del Direttore dell'Area Tecnica-agraria, sono stati affidati definitivamente al R.T.P. Società Sardegna Ingegneria S.c.a.r.l., Società Steci S.r.l., Dott. Agronomo. Massimo Cuccu, Geol. Alessandro Melis, Archeol. Marta Macrì, Ing. Pino Frau, i seguenti servizi professionali: Progetto di fattibilità tecnica ed economica, definitivo, esecutivo, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione dei lavori di "Realizzazione di una nuova condotta di adduzione per l'irrigazione del comprensorio del Consorzio di Bonifica d'Ogliastra"

La presente progettazione è relativa alla fase di "PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA".

2. Descrizione delle opere in progetto

2.1. *Schema idraulico*

Attualmente la infrastrutturazione irrigua esistente si estende a partire dall'accumulo della risorsa nell'invaso di S.Lucia in territorio di Villagrande, verso la piana di Tortolì, a nord verso la piana di Lotzorai, a sud verso località Cea in territorio di Barisardo.

Lo schema irriguo attuale risulta alquanto articolato, estendendosi con varie diramazioni fino alla piana di Lotzorai a nord e verso la zona di Cea a sud-est, essendo comunque disconnesso da una vasca di carico ubicata sulle alture a ovest dell'abitato di Tortolì in località Monte Attu. Tale vasca di carico costituisce il serbatoio di alimentazione dello schema della parte sud ed è alimentata da un importante impianto di sollevamento ubicato nell'abitato di Tortolì in zona cimitero. Tale impianto solleva la risorsa fino alla quota di 85 m.slm sufficiente alla distribuzione a gravità sia nella piana di Tortolì che fino all'area di Cea verso la costa di Barisardo. Peraltro in previsione dell'estendimento dello schema a sud, sono stati realizzati nei primi anni '80 un impianto di sollevamento in località S.Giovanni, ed una ulteriore vasca di carico in località Perda 'e Mirai. Tale vasca di carico realizzata a quota 109 m slm garantisce la quota piezometrica necessaria ad alimentare lo schema a valle completamente a gravità.

L'assetto progettuale assume l'ipotesi del corretto funzionamento del sistema impianto di sollevamento S.Giovanni/vasca di carico Perda 'e Mirai, che sarà riattato a cura del Consorzio e non è oggetto della presente progettazione.

La soluzione progettuale individuata prevede la realizzazione di un estendimento dello schema irriguo esistente attraverso la realizzazione di una nuova condotta dorsale di adduzione irrigua che si estenderà da nord a sud per circa 19 km dal territorio di Tortolì all'agro dei comuni di Barisardo e Cardedu.

E' previsto l'utilizzo di tubazioni in ghisa sferoidale DN 700.

Il tracciato delle condotte sarà in gran parte parallelo alla viabilità locale ma all'interno di aree private da acquisire, a parte alcune eccezioni legate a questioni di opportunità tecnica, nelle quali si è cercato di utilizzare i tracciati delle vecchie strade pubbliche, oggi in disuso, per evitare di realizzare nuove piste e stradelli di servizio per la esecuzione della linea e per la sua futura manutenzione.

Lo schema irriguo così proposto sarà alimentato a gravità da una vasca di carico esistente posta a quota 109 m slm in loc. Perda Mirai. La vasca è alimentata a sua volta da un impianto di sollevamento già realizzato in previsione proprio dell'ampliamento dello schema irriguo.

Le condotte saranno dotate degli opportuni pozzetti di sfiato e scarico, nonché dei pozzetti di alloggiamento degli organi di manovra e sezionamento dello schema. I pozzetti saranno realizzati in opera in cls C 28/35 classe di esposizione XC2 armato con acciaio B450C e chiusi da copertina carrabile dotata di chiusino in ghisa sferoidale DN 600 per l'accesso e la manutenzione. Lungo linea la condotta sarà inoltre corredata degli opportuni blocchi di ancoraggio in calcestruzzo in corrispondenza delle deviazioni planimetriche ed altimetriche.

2.2. Scelta dei materiali

Considerate le caratteristiche e l'importanza dell'opera la scelta del materiale delle tubazioni è ricaduta sulla ghisa sferoidale per i seguenti motivi:

- migliore affidabilità nel tempo di vita utile;
- maggiore velocità di posa in opera dei giunti rapidi rispetto alla esecuzione delle saldature per i tubi in acciaio e conseguente minore necessità di maestranze specializzate per la esecuzione delle stesse saldature;
- migliore resistenza meccanica rispetto alle tubazioni plastiche che, sottoposte ai carichi stradali, tendono ad ovalizzarsi;
- migliore risposta alla aggressività dei terreni con necessità di protezione meno onerosa rispetto alle condotte in acciaio.

D'altra parte, come noto, la ghisa sferoidale è il materiale maggiormente utilizzato per le tubazioni in pressione in Sardegna e ha sempre garantito la massima affidabilità.

In definitiva, data l'importanza dell'opera, si ritiene opportuno optare per la ghisa sferoidale in quanto è senza dubbio il materiale che offre le maggiori garanzie di affidabilità nel tempo.

Si utilizzeranno tubazioni in ghisa sferoidale conformi alla norma UNI EN 545:2010 con giunto elastico rapido tipo standard dotato di guarnizione in EPDM, rivestimento interno in malta cementizia, rivestimento esterno con zinco-alluminio 400 g/mq.

3. Studi eseguiti per il dimensionamento delle opere

3.1. *Aspetti agronomici*

3.1.1. *Il comprensorio*

L'estensione territoriale di operatività del Consorzio interessa 17 Comuni della provincia dell'Ogliastra ed ha superficie territoriale pari a 31.334 ha,

Esso, dal punto di viste del comprensorio irriguo può essere distinto in due macro aree:

- il comprensorio attualmente servito con irrigazione consortile che interessa una superficie di circa 5.000 ha nei territori di 9 comuni del Nord Ogliastra che sono Baunei, Triei, Lotzorai, Talana, Girasole, Villagrande, Tortoli, Bari Sardo e Ilbono;
- il comprensorio ancora sprovvisto del servizio d'irrigazione consortile che interessa una superficie di oltre 2.500 ha nei territori dei comuni di Bari Sardo e Cardedu.

Quest'ultimo costituisce l'oggetto del presente progetto di estensione del servizio irriguo.

Attualmente il consorzio eroga l'acqua tutto l'anno per caduta dal bacino S. Lucia, mentre nelle aree più periferiche e in quota, dove è necessario un sollevamento, l'acqua è erogata solo da settembre a maggio.

La dotazione idrica proveniente dalla succitata diga (a gestione idroelettrica da parte di Enel) è attualmente sotto sfruttata in quanto per la maggior parte dell'anno la diga sfiora a mare gran parte dell'acqua turbinata e solo una frazione minore è utilizzata per l'attività irrigua.

3.1.2. *Il comprensorio attualmente irrigato*

Il territorio attualmente irrigato, posizionato nella porzione nord del comprensorio consortile è suddiviso in due macroaree: quella di maggiore estensione e più pianeggiante di Tortoli, Girasole e Lotzorai e quella di Villagrande.

Nella zona di Villagrande, secondaria per superficie ed intensità colturale, il sistema di coltivazione è semplificato con ordinamenti foraggero-zootecnici e oliveti tradizionali caratterizzati anche dalla presenza di piante di olivastro innestate e spesso coltivate in consociazione con seminativi annuali o prati permanenti pascolati dove solo il 20-30% di quest'area viene irrigato esclusivamente per la produzione di erbai estivi di sorgo, medica, prati polifiti e mais da granella.

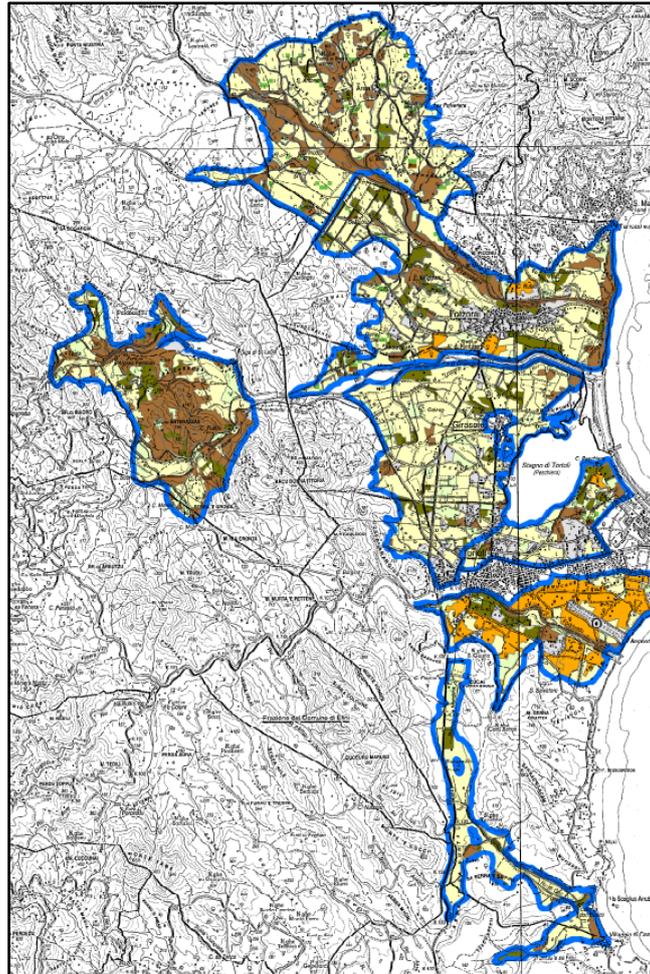
L'area più estesa dell'agro di Lotzorai, Tortoli e Baunei può essere suddivisa in due sottozone contigue: una (Lotzorai e Baunei) caratterizzata dalla compresenza di vigneti e seminativi (asciutti e irrigui in rotazione) l'altra (Tortoli e Girasole) da frutteti e ortive. La viticoltura, diffusa e di radicata tradizione, ha come sistema colturale l'alberello sardo spesso attrezzato con impalcature e strutture d'appoggio. Sono comunque diffusi i sistemi di allevamento a spalliera. Il ricorso all'irrigazione nei vigneti è scarso e si limita a quella di soccorso nel periodo compreso tra la fioritura e l'allegagione, ovvero un unico intervento, talvolta effettuato per scorrimento, tra la fine di giugno e la prima settimana di luglio. Sono presenti anche vigneti di estensione

medio grande di nuovo impianto, irrigui, con maggiori esigenze idriche e irrigati con sistemi ad elevata efficienza. Le superfici vitate di nuovo impianto sono in incremento.

Gli oliveti razionali di recente impianto (es. circa 40 ha in agro di Lotzorai) sono irrigui e negli ultimi anni hanno avuto un incremento di superfici superiore agli stessi vigneti. L'irrigazione è effettuata con interventi di soccorso nel periodo estivo. Nelle aree collinari periferiche più marginali, sia in termini agronomici che territoriali, insiste un'olivicultura tradizionale con piante innestate su olivastro spontaneo, consociate con seminativi di miscugli di leguminose e foraggiere irrigate saltuariamente con impianti ad aspersione o scorrimento. L'orticoltura si è sviluppata prevalentemente nella zona pianeggiante di Tortolì-Girasole, ma è caratterizzata da piccoli appezzamenti a conduzione familiare, seppure sia presente una cooperativa ortofrutticola locale. In ogni caso la sommatoria degli appezzamenti coltivati con ortaggi misti consociati, sia autunno-invernali che estivi (es. anguria, melone, ecc.) è di oltre 300 ettari. I frutteti (peschi, susini, albicocchi, meli, peri ecc.), in purezza e consociati, sono irrigui e, seppure suddivisi in appezzamenti medio piccoli, assommano oltre un centinaio di ettari. Gli agrumeti superano complessivamente i 300 ettari ma si registra una contrazione di superfici agrumicole per effetto dell'andamento dei prezzi del mercato e della diffusione delle virosi. Tutti i frutteti sono irrigui e potenzialmente irrigabili tutto l'anno poiché in questo areale l'acqua è costantemente erogata in pressione. Le serre sono poche e coltivate quasi esclusivamente a pomodoro.

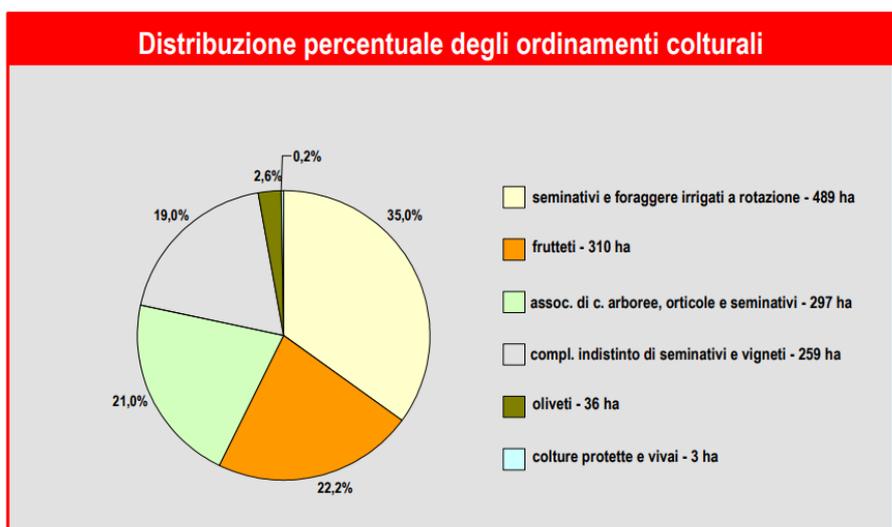
Di tutti i seminativi e i prati presenti nell'area attrezzata vengono irrigati solo quelli destinati alla produzione di scorte di foraggio fresco (200 ha di prati e 150 ha di medica, 80 ha di mais da granella) e insilati per il consumo aziendale o per il mercato locale (aziende zootecniche di montagna). Le superfici a grano sono limitate ad un massimo di 100 ettari circa per anno e sono spesso pascolate. I sistemi di distribuzione irrigua utilizzati sono quelli fissi ad aspersione mentre sono poco diffusi i rotoloni e le ali piovane o pivot. La produzione di sorgo da foraggio, granella di mais, medica, miscugli di specie consociate si estende generalmente su appezzamenti di 2-3 ettari, fino ad un massimo di 5, sebbene le superfici siano ben più ampie e pianeggianti (zone di Girasole e Lotzorai), che potrebbero essere interamente convertite in frutteti, oliveti o vigneti irrigui di superficie medio-estesa, oltre i 20 ettari. L'accorpamento aziendale e la dimensione media per azienda è, in questo consorzio, molto superiore alla media regionale, superando i 5 ettari e con molte aziende con oltre 50 ha di SAU, ad eccezione delle aree vicine ai centri abitati. Infatti in queste zone caratterizzate dalla vicinanza al mare e dalla potenziale conversione turistica, nonostante permanga la destinazione produttiva agricola, si sta assistendo ad un eccessivo frazionamento ed a una speculazione edilizia in agro (appezzamenti di agrumeti di 4-5 ettari divisi in lotti di 2000-3000 m²).

Malgrado residuali problematiche organizzative e gestionali, l'agricoltura irrigua nell'ambito del Consorzio d'Ogliastra riveste un'importanza notevole e significativa per l'intero sistema economico e produttivo di tutto il territorio locale.



La porzione nord del comprensorio attualmente irrigato

Superfici	ettari	%
superficie totale	30.846	
distretto irriguo	5.225	
- aree attrezzate, di cui	5.225	
- aree effettivamente irrigate	1.394	27
- aree non irrigate	3.831	73

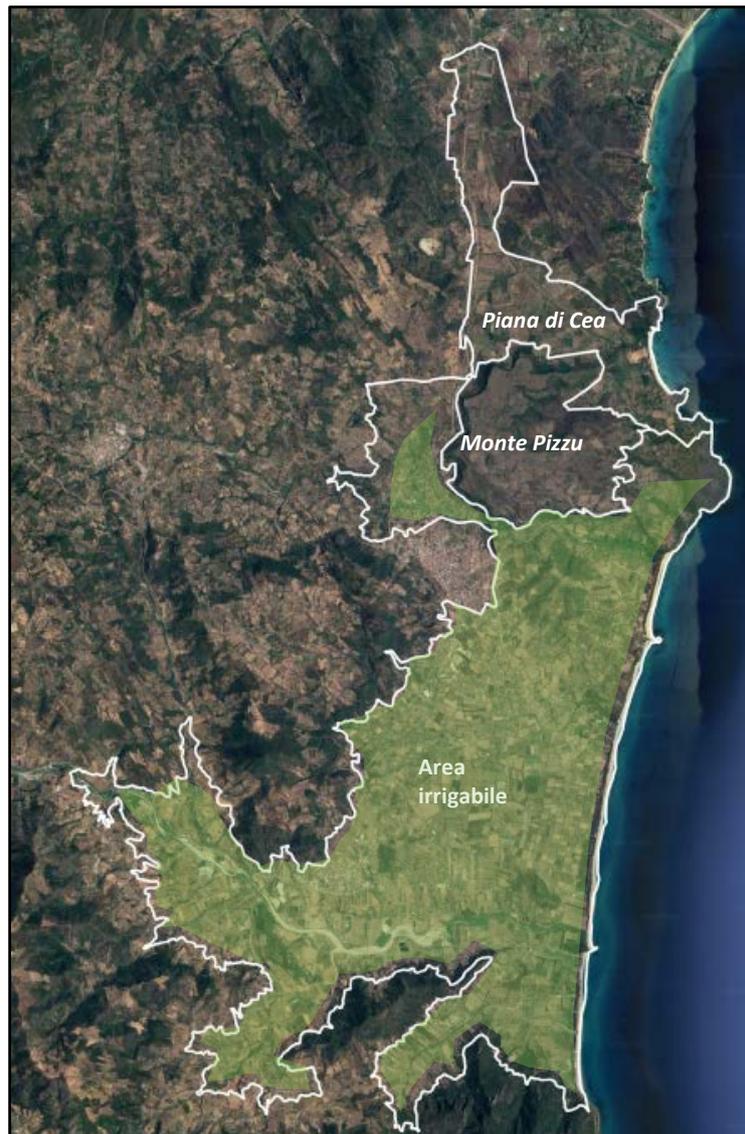


Superfici e ordinamento culturali

3.1.3. *Il comprensorio di Bari Sardo e Cardedu*

Il comprensorio di Bari Sardo e Cardedu rappresenta, come già riportato, l'oggetto della presente progettazione di estensione del servizio irriguo.

Si tratta di una superficie irrigabile di oltre 2.500 ha dove la parte pianeggiante è prevalentemente sviluppata nella porzione meridionale compresa tra i due abitati.



Il comprensorio di Bari Sardo e Cardedu

Si tratta di territori compresi tra il cuneo di salinità del fronte mare e le immediate alture dell'Ogliastrrese. A nord il comprensorio è, di fatto, delimitato dal cono plutonico del monte Pizzu oltre il quale si apre la piana di Cea già servita dall'irrigazione consortile.

Le colture sono prevalentemente di tipo seminativo con presenza significativa di sistemi colturali e parcellari complessi per alternanza e dimensione del fondo. Sono presenti con superfici meno rappresentate colture

orticole a pieno campo e di olivi e colture di seconda posta associate. La coltivazione della vigna risulta meno diffusa con superfici inferiori a 50 ha mentre prati e colture foraggere interessano gli ambiti più elevati del mote Pizzu con superfici dell'ordine di poco più di 100 ettari.

I terreni più costieri caratterizzati da suoli sciolti vedono la prevalenza di colture a frutta anche se non intensiva. Tra queste angurie e meloni trovano buona diffusione in quanto di buona qualità.

L'intero comprensorio in questione è attualmente sprovvisto di servizi d'irrigazione collettiva. L'irrigazione, quando praticata, è organizzata su scala individuale con tecnica ad aspersione mediante attingimento da falda con i relativi oneri di sollevamento.

Al comprensorio di Bari Sardo – Cardedu, come sviluppato nel corrispondente capitolo della presente relazione, è rivolta la progettazione in argomento per la realizzazione di una nuova condotta di adduzione irrigua.

3.2. *Il bilancio idrologico*

Il bilancio idrologico complessivo del ciclo dell'acqua nel terreno può essere riepilogato come segue:

$$I + N = Tr + Ev + Pca$$

dove:

I=apporto idrico artificiale dovuto all'irrigazione (dotazione irrigua);

N=apporti idrici naturali, dovuti alle precipitazioni, alle risalite capillari dalla falda, alle condense, alle riserve idriche, ecc.

Tr=acqua ceduta all'ambiente per traspirazione vegetale (consumo idrico della coltura);

Ev=acqua evaporata direttamente dal terreno;

Pca=le perdite idriche di varia natura sul campo, dovute a percolazione, ruscellamento, evaporazione della superficie fogliare, ecc.

Richiamando il concetto di evapotraspirazione, la relazione precedente si scrive anche:

$$I + N = E + Pca$$

essendo E il consumo idrico colturale per evapotraspirazione.

Si definisce "fabbisogno idrico" (Fi) di una coltura in una determinata condizione ambientale quella parte del suo consumo idrico colturale per evapotraspirazione (E) che, in quel ambiente, non viene soddisfatta dagli apporti idrici naturali (N) (in particolare dalle piogge); è quindi:

$$Fi = E - N$$

Ovviamente, il fabbisogno idrico di una coltura in un certo ambiente è nullo quando gli apporti naturali N (piogge, risalite della falda, ecc.) sono uguali o superiori al consumo idrico per evapotraspirazione E di quella stessa coltura in quello stesso ambiente.

Si definisce "dotazione irrigua" (I) di una coltura in un determinato ambiente, la quantità di acqua irrigua che si deve dare a quella coltura in quelle condizioni ambientali per soddisfare il suo fabbisogno idrico; poiché praticando l'irrigazione si va inevitabilmente incontro a perdite d'acqua sul campo Pca (per percolazione, ruscellamento, ecc.), la dotazione in irrigua, conformemente a quanto si può dedurre anche dalla predetta relazione che esprime il bilancio idrologico dell'irrigazione, risulta:

$$I = Fi + Pca = E - N + Pca$$

Se si tiene conto del fatto che l'acqua irrigua viene data con successive adacquature di altezza "ha" (altezza di adacquamento in mm) o di volume "Va" (volume di adacquamento, in m³/ha), la dotazione irrigua, stagionale mensile, risulta anche:

$$I = \Sigma ha \text{ oppure } I \Sigma Va$$

Essendo Σha o ΣVa la sommatoria degli adacquamenti praticati in quella stagione irrigua o in quel mese.

Immaginando di assegnare la dotazione irrigua, anziché – come viene in realtà – per successivi adacquamenti distanziati nel tempo, come potata continua per tutto il periodo considerato (stagione irrigua o mese) di giorni T*, si ottiene la "dotazione irrigua continua" o "portata specifica di adacquamento":

$$d = I/T^*$$

La dotazione irrigua continua d si esprime in l/s ha.

Posto dunque che:

d=dotazione irrigua continua, in l/s ha;

T*=durata del periodo considerato (stagione o mese) in giorni;

ha=altezza di adacquamento, in mm;

risulta:

$$d = \frac{10.000}{86.400} \cdot \frac{\Sigma ha}{T^*} = 0,1157 \cdot \frac{\Sigma ha}{T^*}$$

3.2.1. L'acqua utile

Come noto un suolo è considerato irriguo allorché le caratteristiche del terreno sono tali da consentire all'acqua apportata di permearlo utilmente. Tessitura, porosità e permeabilità del terreno assicurano il grado di interazione tra la micella argillosa, l'acqua irrigua e l'aria in modo tale da rendere disponibile all'apparato radicale della pianta i componenti organici, i sali ed i minerali presenti nel terreno o apportati mediante concimazione. Quest'ultima acquisisce una specifica utilità per la cosiddetta "aggrumazione" del suolo agrario, caratteristica quest'ultima che facilita la presenza temporanea di acqua di tipo gravitazionale (o di percolazione) all'interno dei macropori del terreno. Essa per effetto del moto di filtrazione dall'alto verso il basso può essere utilizzata dalle piante, ma solo temporaneamente, in quanto il suo eccessivo permanere all'interno del terreno limiterebbe i processi ossidativi dell'aria con gravi conseguenze di ordine agronomico.

In effetti l'apparato radicale di una pianta necessita di un suolo dotato di un giusto grado di umidità che non sia troppo scarso portando la pianta verso la sofferenza ($U_a = \text{umidità di appassimento}$) o eccessivamente elevato con possibile asfissia radicale ($U_{st} = \text{umidità di saturazione totale}$).

L'acqua temporaneamente disponibile per le piante corrisponde in genere all'acqua gravitazionale presente nel suolo, la quale – com'è noto – può essere utilizzata dalle piante essendo trattenuta nel terreno con forza inferiore a quella di suzione delle radici. Essa deve essere però eliminata – per drenaggio naturale o artificiale – ad evitare condizioni di asfissia nel terreno. Questa frazione acquosa corrisponde quindi all'acqua di eccesso (o eccesso di umidità) che insieme alla frazione idrica prossima al punto di saturazione capillare definisce lo stato di "umidità massima ottimale" (U_{mo}) del suolo che è il grado di umidità ottimale che si vuole perseguire con l'apporto irriguo.

Di contro l'umidità del suolo non deve mai raggiungere il punto di appassimento che ingenererebbe sofferenza alla pianta ma deve fermarsi a valori appena superiori di umidità definita U_{cc} (umidità critica culturale) cioè quell'umidità del suolo tale per cui la pianta risulta economicamente conveniente, per le esigenze della produzione agricola, intervenire con l'irrigazione

Si può quindi definire come "acqua utile alla piante" quella porzione di "acqua disponibile" compresa tra il punto massimo ottimale ed il punto critico colturale; con riferimento alla relativa frazione di umidità, si ha che l'umidità utile (U_u) è cioè:

in generale:

$$U_u = U_{mo} - U_{cc}$$

ed anche che l'irrigazione ha come scopo la somministrazione di una quantità d'acqua al terreno (volume di adacquamento) tale da far passare l'umidità del terreno stesso dal valore (U_{cc}) corrispondente al punto critico colturale a quello (U_{mo}) corrispondente al punto massimo ottimale.

3.2.2. L'altezza di adacquamento

In termini generali l'umidità (U_v) di un campione di terreno indisturbato, di volume V e peso P , può essere espressa in per cento rispetto al campione secco (il cui volume è rimasto V ed il cui peso si è ridotto a P_s , cioè al peso della fase solida) con riferimento ai volumi oppure ai pesi; si ha cioè:

$$U_v = \frac{V_1}{V} \cdot 100 \quad \text{ed anche} \quad U_p = \frac{P_1}{P_s} \cdot 100$$

dove V_1 e P_1 sono il volume e il peso della fase liquida.

È pure noto che è:

$$U_v = U_p \cdot \delta_{ra}$$

essendo δ_{ra} la densità relativa apparente del terreno.

Se anziché ad un campione si fa riferimento ad uno strato di terreno di superficie S e di spessore h_t , il volume totale da considerare sarà:

$$V = h_t \cdot S$$

Analogamente, il volume d'acqua presente nello strato di terreno sarà:

$$V_l = h_1 \cdot S$$

essendo h_1 l'altezza d'acqua sul terreno, cioè l'altezza che sarebbe raggiunta dall'acqua se anziché essere distribuita nei pori dello strato di terreno fosse raccolta tutta sulla superficie del terreno stesso, in modo da formare uno spessore costante.

È quindi:

$$U_v = \frac{h_1 \cdot S}{h_t \cdot S} \cdot 100$$

ed anche:

$$h_l = \frac{U_v}{100} \cdot h_t = \frac{U_p}{100} \cdot \delta_{ra} \cdot h_t$$

Poiché, come si è già detto, irrigare significa sostanzialmente somministrare una quantità di acqua al terreno tale che l'umidità dello strato di terreno (di spessore h_t) che si prevede di inumidire passi dall'umidità critica colturale (U_{cc}) all'umidità massima ottimale (U_{mo}); tale quantità di acqua, che corrisponde all'umidità utile ($U_u = U_{mo} - U_{cc}$), può essere espressa come "altezza di adacquamento" (h_a).

$$h_a = \frac{U_{mo} - U_{cc}}{100} \cdot \delta_{ra} \cdot h_t$$

analogamente, in termini di volume:

$$V_a = 10 \cdot h_a$$

con h_a e h_t espresse in [mm] e U_{mo} e U_{cc} in per cento del peso e V_a in [mc/ha].

In terreni di medio impasto si può assumere in generale:

- per le colture ortive e sarchiate $h_t = 300 \div 700$ mm
- per le foraggere e la piante da frutto $h_t = 700 \div 1200$ mm

Colture	Profondità delle radici in terreno di medio impasto [mm]
Lattuga	300
Arachide	450
Prato di graminacee	450
Cocomero	600
Soia	600
Trifoglio	600
Patata	600
Bietola	750
Grano	750
Sorgo	750
Mais	750
Tabacco	750
Melone	750
Pomodoro	900
Piante da frutto	1000
Vite	1000
Erba medica	1200
Cotone	1200

3.2.3. Efficienza dell'adacquamento

L'altezza di adacquamento h_a o il volume d'adacquamento V_a deve tenere in debito conto le inefficienze d'ordine organizzativo imposta dall'irrigazione collettiva (*perditempo*) e soprattutto per le inevitabili "perdite di acqua" che sempre si verificano, in misura più o meno rilevante.

In particolare, incidono in maniere significativa sull'efficienza dell'irrigazione:

- il metodo di distribuzione irrigua adottato (scorrimento, aspersione, ecc.);
- la sistemazione superficiale del terreno, dalle sue condizioni strutturali in superficie ed in profondità e dalle caratteristiche geometriche degli appezzamenti;
- il grado di perizia del personale addetto all'irrigazione sul campo;
- le condizioni climatiche.

Per le suddette ragioni, nella pratica irrigua, dalla consegna si deve erogare per ogni adacquamento un volume complessivo $V_c > V_a$ tale che $V_c - V_a = P_{ca}$ corrisponda alla "perdita sul campo per adacquamento."

Si definisce, quindi, "efficienza dell'adacquamento" (E_a) il rapporto percentuale (con V_a/V_c sempre minore di 1):

$$E_a = \frac{V_a}{V_c} \cdot 100$$

I valori dell'efficienza E_a sono molto variabili e a titolo approssimativo si possono assumere i seguenti valori rilevati dall'esperienza in funzione delle caratteristiche dei suoli e del clima:

- per lo scorrimento su piante: $E_a = 40\% \div 60\%$
- per l'infiltrazione da solchi: $E_a = 60\% \div 80\%$
- per l'irrigazione ad aspersione: $E_a = 80\% \div 90\%$

3.2.4. L'evapotraspirazione

Per *evapotraspirazione effettiva* si definisce la quantità di acqua consumata per evaporazione e per traspirazione da una superficie di terreno coperta da una coltura in normali condizioni di fittezza, di vigoria vegetativa e di alternanza del rifornimento idrico.

Per *evapotraspirazione potenziale* si definisce la quantità di acqua consumata per evaporazione e per traspirazione da una superficie di terreno coperta da una coltura in condizioni ottimali di fittezza, di vigoria vegetativa e di rifornimento idrico. In tali condizioni ottimali l'evapotraspirazione è meno influenzata dalla specie vegetale e dalla natura del terreno e dipende quasi esclusivamente dal potere evaporante dell'atmosfera che, a sua volta, è legato ai fattori climatici ed in particolare alla radiazione solare e alla temperatura.

In assenza della possibilità di misurazioni dirette mediante lisimetri la valutazione dell'evapotraspirazione è affidata all'utilizzo di formule empiriche tra le quali trova buona diffusione nelle regioni mediterranee quella di Blaney e Criddle.

Tale formula si basa sulla relazione:

$$E = K \cdot F = \sum k \cdot f$$

in cui:

E = evapotraspirazione potenziale (in pollici) per il periodo considerato (stagione irrigua o periodo vegetativo);

K = coefficiente empirico colturale valido per l'intera stagione irrigua o per l'intero periodo vegetativo, variabile per ambiente e coltura:

COLTURE	COEFFICIENTE K	
	in zona arida	in zona costiera
Riso	1,20	1,00
Medica, trifoglio bianco	0,85	0,80
Mais, grano, orzo, avena	0,85	0,75
Pomodoro, sorgo	-	0,70
Patata, barbabietola da zucchero	0,75	0,65
Colture ortive, fagiolo, fruttiferi	0,70	0,60
Agrumi	0,65	0,50

F="forza traspirante" pari alla somma dei fattori mensili di evapotraspirazione (f);

$$f = \text{fattore mensile di evapotraspirazione} = \frac{t_f^{\circ} \cdot P}{100};$$

t_f° = temperatura media mensile in gradi Fahrenheit;

p = percentuale media mensile delle ore diurne sulle complessive ore diurne annuali.

Per il calcolo secondo il metodo decimale e in gradi centigradi essendo: 1 cm = 0,394 pollici (inches) e

$$t_f^{\circ} = 32 + 1,8 \cdot t_c^{\circ} \text{ si ha:}$$

$$E^* = \sum k_i \cdot f^* \quad \text{con} \quad f^* = \frac{32,0 + 1,8 t_c^{\circ}}{39,4} \cdot p$$

essendo E* l'evapotraspirazione potenziale in cm.

Il valore della percentuale media mensile delle ore diurne è stata tabellata in funzione della latitudine:

Mesi	26° %	28° %	30° %	32° %	34° %	36° %	38° %	40° %	42° %	44° %
Gennaio	7,49	7,40	7,30	7,20	7,10	6,99	6,87	6,76	6,62	6,49
Febbraio	7,12	7,07	7,03	6,97	6,91	6,86	6,79	6,73	6,65	6,58
Marzo	8,40	8,39	8,38	8,37	8,36	8,85	8,34	8,33	8,31	8,30
Aprile	8,64	8,63	8,72	8,75	8,80	8,85	8,90	8,95	9,00	9,05
Maggio	9,38	9,46	9,53	9,63	9,72	9,81	9,92	10,02	10,14	10,20
Giugno	9,30	9,38	9,49	9,60	9,70	9,83	9,95	10,08	10,21	10,38
Luglio	9,49	9,58	9,67	9,77	9,88	9,99	10,10	10,22	10,35	10,49
Agosto	9,10	9,16	9,22	9,28	9,33	9,40	9,47	9,54	9,62	9,70
Settembre	8,31	8,32	8,34	8,34	8,3	8,36	8,38	8,38	8,40	8,41
Ottobre	8,06	8,02	7,99	7,93	7,90	7,85	7,80	7,75	7,70	7,63
Novembre	7,36	7,27	7,19	7,11	7,02	6,92	6,82	6,72	6,62	6,49
Dicembre	7,35	7,27	7,14	7,05	6,92	6,79	6,66	6,52	6,38	6,22
Totale	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Percentuale media mensile delle ore diurne sulle complessive ore diurne annuali in funzione della latitudine

Per la determinazione del bilancio idrologico su scala mensile si possono introdurre, in luogo del coefficiente colturale medio K, i diversi coefficienti colturali mensili K_i ;

I singoli valori mensili dell'evapotraspirazione così calcolati debbono ancora essere corretti in dipendenza dell'altezza d'acqua erogata sul campo con ogni adacquamento (altezza d'adacquamento "ha") da cui è significativamente condizionata attraverso il concetto di "punta di massimo consumo giornaliero" del mese di massima esigenza:

Altezza di acqua applicata per adacquamento. [mm]	Consumo idrico per E del mese di punta (mm)					
	100	120	140	160	180	200
	Punta di consumo giornaliero (mm)					
25	5,4	6,6	7,6	8,6	9,7	10,8
50	4,6	5,5	6,4	7,3	8,2	9,1
75	4,1	4,9	5,7	6,6	7,4	8,2
100	3,8	4,6	5,4	6,2	6,9	7,3
125	3,6	4,3	5,0	5,7	6,5	7,2
150	3,5	4,2	4,8	5,5	6,2	6,9
175	3,4	4,0	4,6	5,3	5,9	6,5

Valori di massimo consumo giornaliero nel mese di punta in funzione dell'altezza d'adacquamento

Il fattore correttivo "d", variabile da 1 a 1,6, consente di passare dai valori mensili dell'evapotraspirazione potenziale così calcolati, in dipendenza dell'altezza di ha agli effettivi consumi idrici per evapotraspirazione attraverso il noto abaco di Guyon per la cui consultazione si rinvia alla relativa bibliografia.

3.2.5. Turno, orario e corpo d'acqua

E' definito "turno colturale" o "ruota colturale" T_c l'intervallo di tempo, in giorni, che intercorre tra due adacquamenti successivi, considerando nulli gli apporti idrici naturali (piogge ecc.); in tal caso, il tempo T_c che l'evapotraspirazione E impiega a consumare l'umidità del terreno corrispondente all'altezza "ha" risulta:

$$T_c = h_a/E$$

con "ha" in mm, "E" mm/giorno e quindi T_c in giorni.

E' definito "turno distributivo" o "ruota distributiva" o semplicemente "turno" T l'intervallo di tempo, in giorni, che intercorre tra due adacquamenti successivi, tenendo conto anche degli apporti idrici naturali; in tal caso, il tempo T è quello che impiega l'evapotraspirazione E ridotta per gli apporti idrici naturali N , e cioè il fabbisogno idrico $F_i = E - N$, a consumare l'umidità del terreno corrispondente all'altezza "ha"; è quindi:

$$T = \frac{h_a}{E - N} = \frac{h_a}{F_i}$$

con "ha" in mm; "Fi", "E" e "N" in mm/giorno e, conseguentemente, T in giorni; se gli apporti idrici naturali sono rappresentati dalle piogge, occorre pertanto considerare tali apporti come uniformemente distribuiti nel numero di giorni del turno T ; ad esempio, per una pioggia di altezza h_p si deve introdurre $N = h_p/T$, per cui risulta:

$$T = \frac{h_a}{E - \frac{h_p}{T}}$$

$$T = \frac{h_a + h_p}{E}$$

il turno T si può pertanto considerare come il tempo che l'evapotraspirazione E impiega a consumare l'umidità del terreno corrispondente all'altezza di adacquamento "ha" aumentato dell'altezza di pioggia "hp" caduta (o che si prevede che cada) nello stesso turno T .

Ricordando che l'altezza di adacquamento:

$$ha = 1/100 (U_{mo} - U_{cc}) \cdot \delta ra \cdot ht$$

è la quantità d'acqua necessaria per passare, nello strato di terreno di spessore h_t , dall'umidità critica colturale U_{cc} a quella massima ottimale U_{mo} , il turno T rappresenta quindi il numero di giorni che l'evapotraspirazione impiega per far nuovamente scendere l'umidità del terreno da U_{mo} a U_{cc} , tenuto conto degli apporti idrici naturali e in particolare delle piogge.

Nel caso delle irrigazioni collettive, l'erogazione dell'acqua ai vari utenti deve seguire un turno di consegna, detto anche turno distributivo che, pur non contrastando con il turno colturale, di fatto se ne discosta in relazione ai vari vincoli organizzativi connessi con il buon funzionamento dell'intera rete irrigua di adduzione e di distribuzione; in questo caso si impone una semplificazione del piano di erogazione dell'acqua ottenibile attraverso un opportuno "gradonamento" della curva dei fabbisogni idrici sulla base di valori medi validi per periodi di tempo sufficientemente lunghi .

Per ogni periodo, il turno viene quindi determinato sulla base del valore medio del fabbisogno idrico relativo al periodo stesso

$$T = h_a / F_i$$

Poiché per motivi pratici si deve irrigare i numerosi appezzamenti di terreno (comizio) di un comprensorio con una stessa portata di adacquamento, detta "corpo d'acqua" o "modulo", consegnata periodicamente (cioè in base ad un turno distributivo) ai singoli appezzamenti per un tempo, detto "orario", proporzionale alla loro estensione, ricordando l'equazione base del bilancio idrologico :

$$d = I/T$$

$$d = 0,1157 \cdot \frac{\Sigma h_a}{T} \quad \text{e} \quad Va = 10 \cdot ha$$

$$d = I/T = 0,1157 \cdot ha/T = 0,01157 \cdot Va/T$$

$$Va = d \cdot 10^{-3} \cdot T \cdot 24 \cdot 3600$$

$$Va = C \cdot 10^{-3} \cdot 0 \cdot 3600$$

$$d \cdot T \cdot 24 = C \cdot 0$$

dove:

C = corpo d'acqua o modulo, in l/s e

T = turno distributivo o ruota, in giorni,

0 = orario specifico di adacquamento, in ore/ha;

d = la dotazione irrigua continua specifica, o portata specifica di adacquamento in l/s ha.

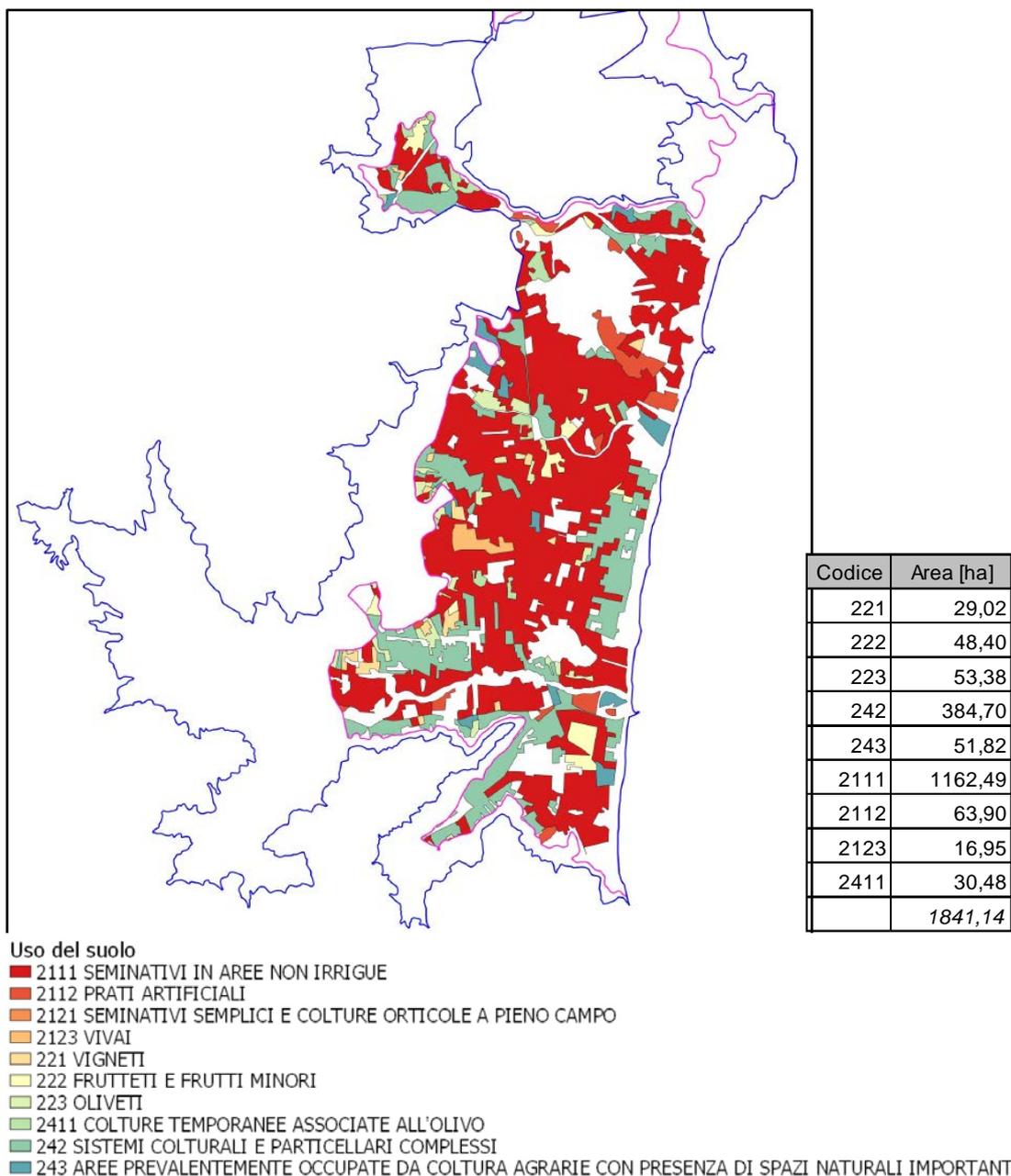
3.3. Il dimensionamento irriguo

Come già riportato nel precedente capitolo 3.1.3) le attenzioni progettuali per la realizzazione di una nuova condotta finalizzata all'estensione dell'utilizzo irriguo dell'acqua dell'invaso di S. Lucia sono motivate dalla volontà del Consorzio di Bonifica Dell'Ogliastra di organizzare un servizio d'irrigazione collettiva nella porzione meridionale del proprio comprensorio di Barisardo – Cardedu.

Nell'attuale livello progettuale, per motivi anche di carattere economico, la delimitazione del comprensorio agricolo da infrastrutturare per la nuova irrigazione è stata condizionata da alcune scelte progettuali:

- la miglior vocazione produttiva dei suoli con limitazione delle fasce eccessivamente sabbiose e/o salinizzate;
- l'individuazione come unica tecnica irrigua possibile quella aspersione sia in termini di economia idrica che di lavorazione dei suoli;
- il contenimento dei rilanci piezometrici per evidenti ragioni di gestione economica dei bilanci aziendali.

In tal senso la superficie complessiva, ripartita nelle colture esistenti, è stata limitata a poco più di 1.800 ha come di seguito illustrato (dati da censimento Regione Sardegna 2008).



La definizione dell'entità della superficie cui estendere il servizio irriguo ad opera del presente progetto deve essere sottoposta alle necessarie valutazioni discendenti dalle consuetudini agronomiche consortili che la influenzano in maniera non poco significativa: la pratica della messa a riposo alternata dei suoli e la diffusa marginalizzazione dei reliquati di difficile lavorazione per pezzatura o giacitura cui devono essere aggiunte le conseguenze derivanti dalla presenza di superfici agricole lasciate incolte per l'irreperibilità dei proprietari. Tali aspetti, secondo informazioni assunte presso gli amministratori del Consorzio, incidono in maniera non trascurabile sulla reale S.A.U. che, stagionalmente, è oggetto del servizio irriguo ed è valutabile in maniera variabile tra il 10% ed il 25% a seconda delle colture praticate con l'eccezione delle piccole coltivazioni secondarie associate ad ai terreni condotti ad olivo e vigneto dove l'incidenza raggiunge il 50% (comunque poco significative).

Con riferimento a quanto sopra riportato, rinviando alla specifica relazione agronomica per quanto afferisce agli aspetti più generali del comprensorio agricolo all'esame ed alle valutazioni di carattere agronomico dei suoli insistenti, in termini stagionali il corpo idrico complessivo che dovrà essere reso disponibile dall'invaso di S. Lucia per il progetto in argomento è pari a poco più di 4.600.000 di metri cubi come di seguito indicato.

CODICE	TIPO DI COLTURA - CENSIMENTO REGIONE SARDEGNA 2008	SUPERFICIE IRRIGABILE [Ha]	SUPERFICIE IRRIGABILE CORRETTA [Ha]	CORPO IDRICO COLTURALE [mm/mq]	CORPO IDRICO ANNUO [mc/anno]
221	VIGNETI	29,02	23,21	460	106.786,61
222	FRUTTETI E FRUTTI MINORI	48,40	38,72	550	212.962,20
223	OLIVETI	53,38	40,04	420	168.159,60
242	SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	384,70	288,52	600	1.731.129,30
243	AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	51,82	38,86	600	233.170,65
2111	SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	1.162,49	871,86	200	1.743.729,45
2112	PRATI ARTIFICIALI	63,90	47,93	650	311.516,40
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	0,00	0,00	500	-
2123	VIVAI	16,95	15,26	200	30.515,94
2411	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	30,48	15,24	420	64.017,03
2412	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO	0,00	0,00	460	-
	TOTALE	1.841,14	1.379,65		4.601.987,18

Richiamando qui la relazione di bilancio idrologico tale per cui la dotazione idrica complessiva I è:

$$I = Fi + Pca = E - N + Pca$$

sulla scorta delle simulazioni effettuate si è potuto riscontrare come l'evapotraspirazione (E) sia massima nel mese di luglio così come le precipitazioni naturali (N) siano minime (4 mm) nello stesso mese dell'anno.

Il progetto in argomento, secondo quelle che sono le normali buone procedure di sostenibilità economica della progettazione delle opere irrigue, definisce quale obiettivo quello di integrare il comprensorio oggetto di studio mediante un apporto irriguo di soccorso che assicuri una fornitura d'acqua di entità pari al 75% della dotazione idrica ottimale I, apporto che anche in condizioni di crisi idrica è comunque tale da garantire le necessarie condizioni di vigoria delle coltivazioni anche nei periodi fenologicamente determinanti. Tale assunzione, tra l'altro, è anche da riferirsi alla presenza sul territorio Bari Sardo e Cardedu di pozzi freatici che già costituiscono un elemento di disponibilità idrica sebbene di difficile quantificazione.

L'altezza di adacquamento che sarà necessaria nel mese di luglio quale mese di massimo consumo della pratica irrigua, consentirà di definire la portata di dimensionamento idraulico della condotta d'adduzione in progetto.

L'apporto idrico da conferire al suolo per elevare le condizioni della sua umidità dallo stato di criticità colturale (punto prima della condizione di appassimento) a quella massima ottimale (condizione antecedente allo stato di saturazione) è approssimabile in assenza di prove dirette in campo quale il 70% del volume d'acqua accumulabile nello strato di terreno radicale secondo la relazione:

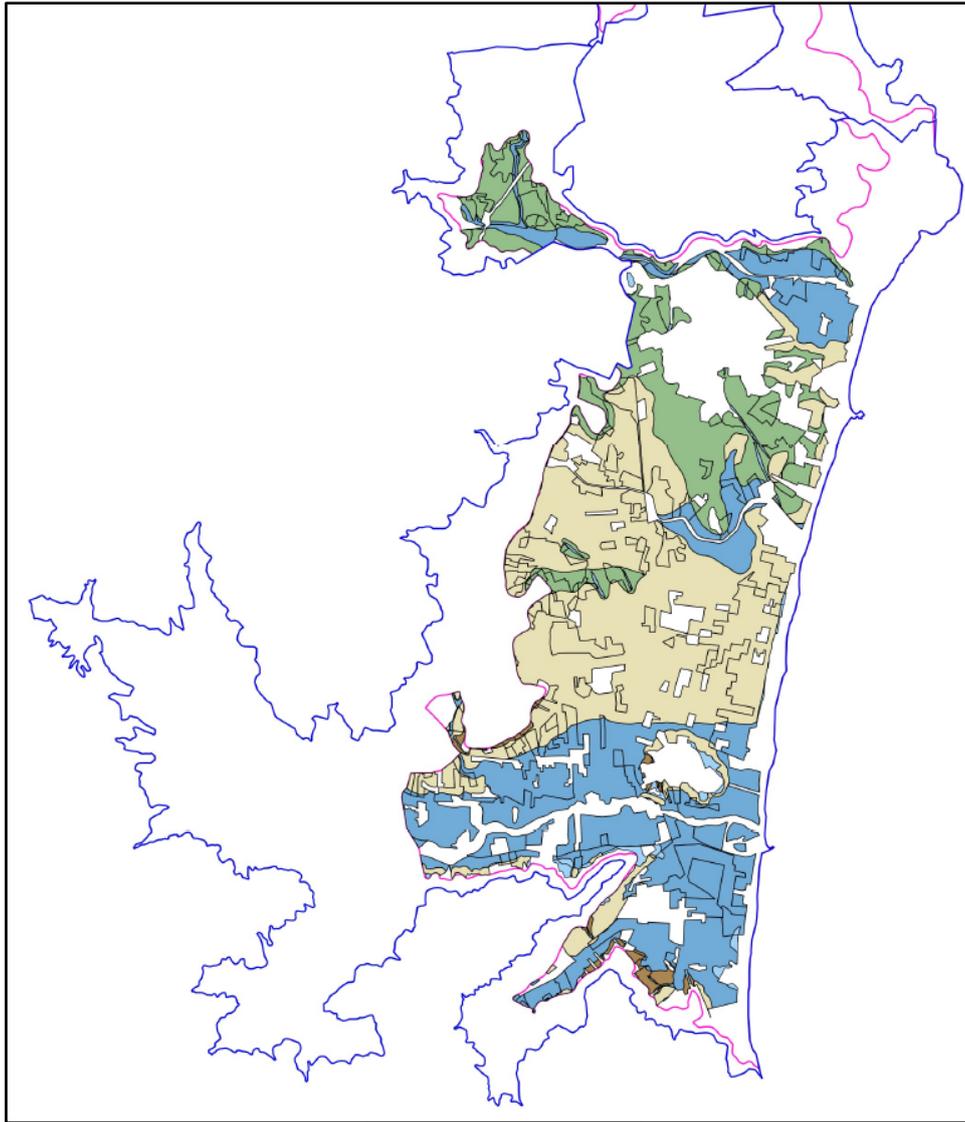
$$h_a = 0,7 \cdot H_r \cdot k \quad [mm]$$

dove:

H_r = altezza radicale della coltura espressa in [m]

k = permeabilità del suolo espressa in [mm/m]

A tal fine è possibile ricorrere al dato della permeabilità del suolo reperibile dalla cartografia a cura dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna (ARPAS) 2019 come di seguito riportato cui sono stati corrisposti i valori numerici dalla corrente bibliografia.



Permeabilità
■ Permeabilità alta
■ Permeabilità bassa
■ Permeabilità media
■ Permeabilità medio alta
■ Permeabilità medio bassa

PERMEABILITA'	
[mm/m]	
Alta	60
Bassa	180
Media	120
Medio alta	90
Medio bassa	150

CODICE	COLTURA- STATO DI FATTO	ALTEZZA DI ADACQUAMENTO ha PER TIPO DI SUOLO IN FUNZIONE DEL VOLUME D'ACQUA DISPONIBILE										
		H _r [m]	Ka [mm/m]	ha [mm]	Kb [mm/m]	ha [mm]	Km [mm/m]	ha [mm]	Kma [mm/m]	ha [mm]	Kmb [mm/m]	ha [mm]
221	VIGNETI	0,60	60,0	25,2	180,0	75,6	120,0	50,4	90,0	37,8	150,0	63,0
222	FRUTTE E FRUTTI MINORI	0,80	60,0	33,6	180,0	100,8	120,0	67,2	90,0	50,4	150,0	84,0
223	OLIVETI	0,80	60,0	33,6	180,0	100,8	120,0	67,2	90,0	50,4	150,0	84,0
242	SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	0,60	60,0	25,2	180,0	75,6	120,0	50,4	90,0	37,8	150,0	63,0
243	AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	0,60	60,0	25,2	180,0	75,6	120,0	50,4	90,0	37,8	150,0	63,0
2111	SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	0,45	60,0	18,9	180,0	56,7	120,0	37,8	90,0	28,4	150,0	47,3
2112	PRATI ARTIFICIALI	0,50	60,0	21,0	180,0	63,0	120,0	42,0	90,0	31,5	150,0	52,5
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	0,60	60,0	25,2	180,0	75,6	120,0	50,4	90,0	37,8	150,0	63,0
2123	VIVAI	0,80	60,0	33,6	180,0	100,8	120,0	67,2	90,0	50,4	150,0	84,0
2411	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	0,60	60,0	25,2	180,0	75,6	120,0	50,4	90,0	37,8	150,0	63,0
2412	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO	0,60	60,0	25,2	180,0	75,6	120,0	50,4	90,0	37,8	150,0	63,0

dove:

H_r = altezza radicale della coltura espressa in [m]

ha = altezza d'adacquamento espressa in [mm]

ka = valore della permeabilità in terreno sciolto espresso in [mm/m]

kb = valore della permeabilità in terreno argilloso espresso in [mm/m]

km = valore della permeabilità in terreno a medio impasto in [mm/m]

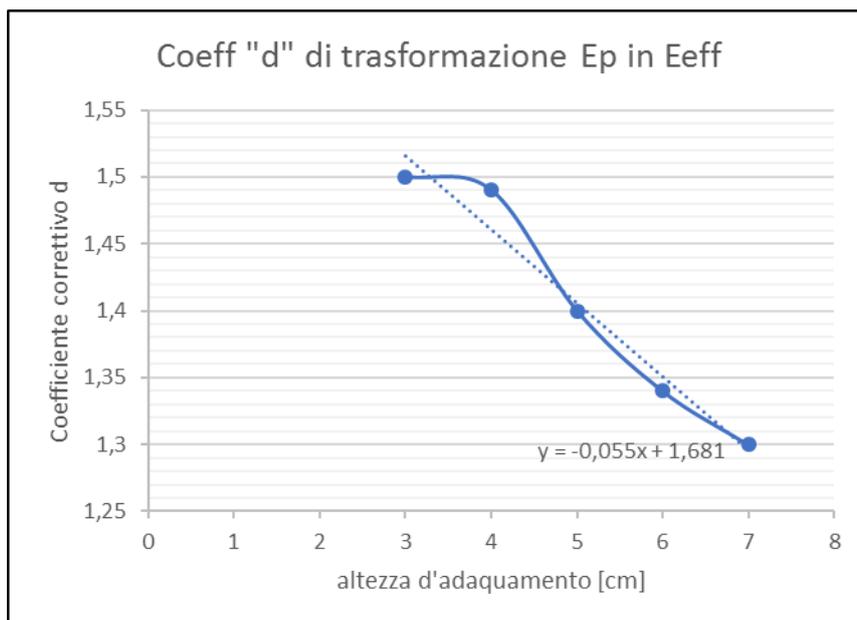
kma = valore della permeabilità in terreno ad impasto medio sciolto espresso in [mm/m]

kmb = valore della permeabilità in terreno ad impasto medio argilloso espresso in [mm/m]

Per quanto riguarda il valore dell'evapotraspirazione, ricordando che secondo la relazione di Blaney - Criddle:

$$E^* = \sum k_i \cdot f^* \quad \text{con} \quad f^* = \frac{32,0 + 1,8 t_c^0}{39,4} \cdot p$$

che percentuale p della media mensile delle ore diurne sulle complessive ore diurne annuali alla latitudine di Bari Sardo è pari a 10,22% e che la temperatura media giornaliera nel mese di luglio è pari a 28°, essa è stata calcolata secondo la procedura illustrata con riferimento alle diverse tipologie di terreno e colturali e tenuto conto del parametro correttivo "d" di trasformazione dell'evapotraspirazione potenziale in quella effettiva per effetto del carico idrico.



CODICE	TIPO DI COLTURA - CENSIMENTO REGIONE SARDEGNA 2008	EVAPOTRASPIRAZIONE (Formula di Blaney-Criddle)						
		f	k	Ea [mm]	Eb [mm]	Em [mm]	Ema [mm]	Emb [mm]
221	VIGNETI	21,374	0,8	263,74	227,86	241,73	248,67	234,79
222	FRUTTETI E FRUTTI MINORI	21,374	0,7	223,86	187,23	203,42	211,51	195,33
223	OLIVETI	21,374	0,6	191,88	160,49	174,36	181,30	167,42
242	SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	21,374	0,7	234,22	205,44	215,56	220,62	210,50
243	AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	21,374	0,7	230,77	199,37	211,51	217,59	205,44
2111	SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	21,374	0,75	252,81	223,37	233,13	238,00	228,25
2112	PRATI ARTIFICIALI	21,374	0,9	305,59	271,95	282,35	287,56	277,15
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	21,374	0,6	200,76	176,10	184,77	189,10	180,43
2123	VIVAI	21,374	0,7	230,77	199,37	211,51	217,59	205,44
2411	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	21,374	0,7	230,77	199,37	211,51	217,59	205,44
2412	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO	21,374	0,7	230,77	199,37	211,51	217,59	205,44

dove:

f = fattore mensile di evapotraspirazione relativo a luglio ($f = \frac{32,0 + 1,8 t_c^0}{39,4} \cdot p$)

k = coefficiente empirico colturale del mese di luglio

Ea = valore dell'evapotraspirazione in terreno sciolto espresso in [mm]

kb = valore dell'evapotraspirazione in terreno argilloso espresso in [mm]

km = valore dell'evapotraspirazione in terreno a medio impasto in [mm]

kma = valore dell'evapotraspirazione in terreno ad impasto medio sciolto espresso in [mm]

kmb = valore dell'evapotraspirazione in terreno ad impasto medio argilloso espresso in [mm]

Poiché il turno irriguo è definito come il tempo, espresso in giorni, in cui l'evapotraspirazione consuma l'acqua utile apportata alla coltura, esso è esprimibile secondo la relazione:

$$T = \frac{h_a}{E - N}$$

dove:

ha = altezza d'adacquamento del mese di luglio espressa in [mm]

E = evapotraspirazione del mese di luglio espressa in [mm],

N = pioggia media del mese di luglio espressa in [mm];

Il turno irriguo differenziato in funzione del tipo di coltura e suolo del comprensorio assume le seguenti entità temporali:

CODICE	TIPO DI COLTURA - CENSIMENTO REGIONE SARDEGNA 2008	TURNO IRRIGUO				
		Ta [gg]	Tb [gg]	Tm [gg]	Tma [gg]	Tmb [gg]
221	VIGNETI	3,01	10,47	6,98	4,79	8,46
222	FRUTTETI E FRUTTI MINORI	4,74	17,05	11,37	7,53	13,61
223	OLIVETI	5,54	19,97	13,31	8,81	15,93
242	SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	2,83	9,69	6,46	4,51	7,88
243	AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	3,44	12,00	8,00	5,49	9,69
2111	SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	2,35	8,01	5,34	3,76	6,53
2112	PRATI ARTIFICIALI	1,73	5,83	3,89	2,76	4,77
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	3,31	11,35	7,57	5,28	9,22
2123	VIVAI	3,44	12,00	8,00	5,49	9,69
2411	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	3,44	12,00	8,00	5,49	9,69
2412	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO	3,44	12,00	8,00	5,49	9,69

Nota il turno irriguo del mese di luglio per le diverse colture presenti nel territorio è possibile valutare la dotazione idrica colturale ottimale "d" da assicurare al comprensorio in funzione delle diverse strutture dei suoli:

$$d = 0,1157 \cdot \frac{h_a}{T}$$

CODICE	TIPO DI COLTURA - CENSIMENTO REGIONE SARDEGNA 2008	DOTAZIONE IDRICA COLTURALE				
		da [l/s ha]	db [l/s ha]	dm [l/s ha]	dma [l/s ha]	dmb [l/s ha]
221	VIGNETI	0,97	0,84	0,84	0,91	0,86
222	FRUTTETI E FRUTTI MINORI	0,82	0,68	0,68	0,77	0,71
223	OLIVETI	0,70	0,58	0,58	0,66	0,61
242	SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	0,86	0,75	0,75	0,81	0,77
243	AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	0,85	0,73	0,73	0,80	0,75
2111	SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	0,93	0,82	0,82	0,87	0,84
2112	PRATI ARTIFICIALI	1,13	1,00	1,00	1,06	1,02
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	0,73	0,64	0,64	0,69	0,66
2123	VIVAI	0,85	0,73	0,73	0,80	0,75
2411	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	0,85	0,73	0,73	0,80	0,75
2412	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO	0,85	0,73	0,73	0,80	0,75

La definizione del corpo idrico di soccorso passa, infine, attraverso la relazione fondamentale dell'irrigazione consortile che lega i parametri

$$C = \frac{d \cdot T \cdot 24}{O} \cdot S_i \cdot c_i$$

dove:

C = corpo d'acqua o modulo, in l/s

T = turno distributivo o ruota, in giorni,

O = orario specifico di adacquamento, in ore/ha;

d = la dotazione irrigua continua specifica, o portata specifica di adacquamento in l/s ha.

S_i = superficie agraria considerata in ha

c_i = percentuale del corpo idrico ottimale assicurata alla S.A.U. corretta del comprensorio mediante l'apporto irriguo di soccorso in progetto = 75%

e considerando un orario di adacquamento O pari a 4 ore si ottengono i seguenti corpi idrici per turno relativamente alle singole colture e tipologie di suolo:

CODICE	TIPO DI COLTURA - CENSIMENTO REGIONE SARDEGNA 2008	SUPERFICIE IRRIGABILE CORRETTA [Ha]	ORARIO ADACQAM. [ore]	CORPO IDRICO DI SOCCORSO IRRIGUO CORRISPONDENTE ALLA PERCENTUALE DEL CORPO IDRICO OTTIMALE DEL:				75%
				Ca [mc/s]	Cb [mc/s]	Cm [mc/s]	Cma [mc/s]	Cmb [mc/s]
221	VIGNETI	23,21	4,00	0,06	-	0,08	0,30	0,00
222	FRUTTETI E FRUTTI MINORI	38,72		0,35	-	0,25	0,30	0,00
223	OLIVETI	40,04		0,15	0,01	0,14	0,70	0,02
242	SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	288,52		1,29	0,27	0,76	1,96	0,23
243	AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	38,86		0,17	0,05	0,35	0,22	-
2111	SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	871,86		3,00	0,28	2,93	5,94	0,14
2112	PRATI ARTIFICIALI	47,93		0,11	0,06	0,49	0,06	0,01
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	-		-	-	-	-	-
2123	VIVAI	15,26		-	-	-	0,30	-
2411	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	15,24		0,01	0,00	0,23	0,12	-
2412	COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO	-		-	-	-	-	-
		1.379,65			5,15	0,66	5,24	9,89
								21,35

Introducendo un'operatività pari a 5 turni giornalieri al fine di rispettare la turnazione sopra determinata dovrà essere derivata dalla diga di S. Lucia una portata pari a:

$$Q = \frac{C \cdot O}{T \cdot 24 \cdot 5} = 0,686 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Gli ulteriori parametri irrigui d'interesse risultano essere:

NUMERO DI TURNI/GIORNO	5	
SUPERFICIE IRRIGATA CONTEMP.	36,21	ha
PORTATA SPECIFICA PER TURNO	18,93	l/s ha
INTENSITA' DI PIOGGIA	6,82	mm/h

3.4. Studio di dimensionamento idraulico

Sulla base della determinazione dei fabbisogni irrigui derivata dallo studio agronomico è stata valutata la portata necessaria al servizio irriguo continuo di un comparto di estensione pari a circa 36 ha. Tale estensione è quella stabilita dallo studio agronomico che definisce i turni di irrigazione sulla base delle esigenze del periodo di maggiore fabbisogno (mese di luglio) del terreno con caratteristiche medie.

Determinata tale turnazione la portata relativa al fabbisogno irriguo stimato è risultata pari a 686 l/s, ossia quella richiesta ad ogni turno da un comparto di circa 36 ha.

Il progetto prevede la realizzazione di uno schema irriguo costituito da una condotta dorsale principale del diametro DN 700 in ghisa sferoidale.

Il diametro prescelto pari al Dn 700 è stato determinato in modo da non avere valori anomali delle velocità in condotta che si attestano su un valore di 1,77 m/s in linea per un corretto funzionamento dello schema, e in modo che le pressioni assicurate come servizio all'utenza non siano mai al di sotto del valore di 3 bar.

Le perdite di carico sono state determinate con l'utilizzo di diverse formule idrauliche di corrente applicazione in modo da poter paragonare i risultati ed operarne un confronto così da selezionare la formula più adatta.

La cadente J individua le perdite di carico per ogni metro lineare della condotta.

Le formule utilizzate sono state le seguenti:

$$\text{formula di CHEZY: } J = \beta \frac{Q^2}{D^5}$$

$$\text{dove } \beta = 0,000648 \left(1 + \frac{2\gamma}{\sqrt{D}}\right)^2$$

$\gamma = 0,10$ coefficiente di scabrezza di Bazin per le tubazioni di ghisa con rivestimento mediamente scabro

Q=portata della condotta

D=diametro della tubazione

$$\text{formula di DARCY-WEISBACH: } J = \beta \frac{Q^2}{D^5}$$

$$\text{dove } \beta = 0,00164 + \frac{0,000042}{D}$$

Q= portata della condotta

D= diametro della tubazione.

$$\text{formula di HAZEN-WILLIAMS: } J = \frac{10,675 * Q^{1,852}}{C^{1,892} * D^{4,8704}}$$

dove

C=130 coefficiente di scabrezza di Hazen per tubazioni di ghisa usate

Q= portata della condotta

D= diametro della tubazione.

I risultati ottenuti per la cadente di tubazioni in ghisa sferoidale con rivestimento interno in malta cementizia sono in generale paragonabili tra le varie formule anche se la formula di DARCY offre in generale valori più cautelativi rispetto alle altre due analizzate. Anche sulla base delle prove eseguite dai produttori delle tubazioni si è ritenuto più consono al valore reale il valore di cadente determinato con la formula di Darcy.

Dal punto di vista idraulico è stato condotto un predimensionamento dello schema irriguo che ha consentito di determinare le principali grandezze idrauliche quali diametri delle tubazioni, pressioni ai nodi dello schema, portate derivabili ai punti di utilizzo.

E' stato impiegato a tale scopo il software Idracad che utilizza per i calcoli un motore Epanet.

Per ognuna delle soluzioni progettuali ipotizzate è stata verificata la funzionalità dello schema irriguo rilevando se nei punti più distanti da raggiungere con il servizio irriguo si possa garantire un carico idraulico minimo di circa 3 bar alla bocchetta di presa.

I risultati ottenuti per la soluzione adottata hanno evidenziato che le quote piezometriche si mantengono su valori consoni a tale finalità in modo che qualunque modalità di sistema di irrigazione venga adottata siano garantiti i carichi necessari al suo funzionamento.

Sono allegati al presente progetto i profili schematici con i carichi piezometrici ai nodi che dimostrano la congruità dei calcoli eseguiti.

4. Studi e approfondimenti sui principali aspetti tecnici:

Trattandosi di un intervento di estendimento dello schema irriguo esistente, con la realizzazione delle opere sarà raggiunto l'obiettivo di rendere più efficiente la produzione agricola e zootecnica di un territorio molto più vasto di quello attualmente servito.

Naturalmente allo scopo di definire le scelte progettuali più opportune in termini di funzionalità dell'opera, minimizzazione dei costi e di inserimento nel contesto socio-economico, sono stati approfonditi, in riferimento allo stato di fatto, i seguenti aspetti: geologici, idraulici, idrogeologici, di traffico, strutturali/impiantistici. Si è inoltre analizzato il quadro generale degli aspetti inerenti l'inserimento ambientale, urbanistico, archeologico e vincolistico.

Il Progetto di fattibilità tecnico-economica, nella presente *Relazione Tecnica*, intende dar conto delle valutazioni derivanti dai seguenti studi preliminari volti a caratterizzare il progetto dal punto di vista dell'inserimento nel territorio e a motivare le scelte tecniche effettuate:

- valutazioni geologiche
- inserimento urbanistico e vincoli
- verifica preventiva dell'interesse archeologico
- valutazione sulla gestione delle materie
- valutazione sulle interferenze
- aspetti legati agli espropri o asservimenti
- funzionalità dell'intervento
- tracciato plano-altimetrico e sezioni tipo
- valutazioni sulla sicurezza
- valutazioni sulla idrologia, idraulica
- implicazioni della realizzazione delle opere sul traffico.

Nel presente progetto sono stati pertanto sviluppati, ad un livello di approfondimento consono alla fase di progetto di fattibilità tecnico-economica, tutti gli studi e le indagini inerenti i seguenti aspetti:

a) geologia -L'inquadramento geologico dell'area oggetto di intervento è ampiamente descritto nell'apposito elaborato specifico *Relazione Geologica* cui si rimanda per approfondimenti.

Il geologo dott. Alessandro Melis ha provveduto alla redazione degli studi preliminari con la finalità di inquadrare l'area di intervento dal punto di vista geologico. Lo studio ha preso come base la documentazione bibliografica disponibile, la cartografia geologica aggiornata e le risultanze dei sopralluoghi eseguiti per l'acquisizione di ulteriori dati. E' stato inoltre valutato l'aspetto relativo al Piano delle indagini geognostiche finalizzato alla determinazione delle caratteristiche geologiche in situ ed alla caratterizzazione delle materie di scavo.

In sintesi la esecuzione delle opere non comporta particolari problematiche dal punto di vista geologico o geomorfologico, in considerazione della profondità degli scavi da eseguire e della localizzazione degli stessi in aree che non presentano problemi di dissesto, come evidenziato nelle conclusioni della Relazione Geologica allegata. Dal punto di vista idrogeologico e geomorfologico, allo stato attuale, non si rilevano interferenze di rilevanza.

Il rilevamento geologico di superficie non ha evidenziato la presenza di movimenti gravitativi in atto o segni che ne presagiscano il potenziale innesco. Tuttavia date le incertezze connesse alla determinazione della reale consistenza puntuale dei terreni nel sottosuolo, cautelativamente si è previsto di inserire apposite protezioni delle pareti degli scavi nella eventualità che si verificano in sede esecutiva cedimenti originati da scalzamenti al piede per cause di presenza di falda o scarsa coesione delle terre. La necessità di idonee indagini da definire nella successiva fase progettuale sarà finalizzata ad approfondire tutti gli aspetti geologico-tecnici e ambientali ed in particolare a definire gli spessori e la tessitura delle coperture, l'eventuale presenza di terreni di difficile scavabilità ed una precisa ed esaustiva valutazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dalle operazioni in progetto.

Per quanto concerne la scavabilità dei terreni interessati si ipotizza in sede preliminare un'incidenza di roccia pari a circa il 40%, suddivisa in roccia aggredibile con i normali mezzi (escavatore con benna) pari al 20% e roccia da martellone pari al 20%.

b) inserimento urbanistico e vincoli - Le aree interessate dall'intervento si trovano prevalentemente in zone urbanistiche E (zone agricole) evidenziate negli strumenti urbanistici dei singoli comuni: l'intervento risulta conforme alla destinazione urbanistica delle aree interessate dai lavori.

Sono allegate al presente progetto le sovrapposizioni dei tracciati delle condotte alle mappe degli strumenti urbanistici vigenti, dai quali si evince che le aree interessate dai tracciati non occupano aree vincolate urbanisticamente e sono quindi compatibili con la pianificazione vigente. In particolare all'interno dell'abitato di Barisardo sono interessate alcune aree urbane in zona C ma la dislocazione delle condotte è limitata alla posa sulla viabilità comunale di piano.

Come evidenziato negli elaborati grafici nessuna area soggetta ad intervento nel presente progetto è interessata da aree a vincolo idrogeologico, mentre sussiste un interessamento di aree di pericolosità idraulica in corrispondenza degli attraversamenti dei corsi d'acqua censiti dal Piano di Assetto Idrogeologico Regionale. Gli attraversamenti del reticolo idrografico ufficiale censiti sono circa dieci e riguardano per la maggior parte corsi d'acqua minori, ad eccezione di alcuni rii di maggiore importanza tra i quali il rio Foddeddu all'estremo sud dell'abitato di Tortolì, il rio Mannu a nord dell'abitato di Barisardo, il rio Pelau a sud

dell'abitato di Cardedu. Gli attraversamenti saranno realizzati in subalveo nel pieno rispetto delle attuali prescrizioni impartite dagli enti di competenza per le autorizzazioni idrauliche.

Tuttavia non risulta necessaria l'approvazione di uno studio di compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 27 comma 3 lett. g) delle NTA del PAI.

Per quanto riguarda l'aspetto paesaggistico le opere ricadono nella tipologia di cui al punto A.15 dell'allegato A del DPR 31/2017: non sono pertanto soggette ad autorizzazione paesaggistica. Le uniche opere fuori terra oggetto di intervento sono rappresentate dai pozzetti di sfiato e scarico lungo linea che non generano modifica dell'assetto paesaggistico attuale.

c) archeologia: le tematiche archeologiche sono state trattate in questa fase di progetto di fattibilità tecnico-economica in elaborato specifico. *E' stata condotta la prescritta verifica preventiva dell'interesse archeologico i cui risultati hanno concluso che non vi sono sostanziali problematiche di interferenza con i siti archeologici censiti in quanto il tracciato delle condotte si mantiene in generale distante dalle rilevanze archeologiche note. Sono state peraltro segnalate alcune emergenze archeologiche di rilievo in pochi punti del tracciato, per le quali occorrerà prestare la dovuta attenzione in fase realizzativa degli scavi.*

d) censimento delle interferenze: Per l'individuazione e gestione delle interferenze con le opere in progetto è stato condotto l'accertamento della presenza di infrastrutture esistenti lungo i tracciati delle condotte sulla base delle mappe e cartografie disponibili e sulla base di una ricognizione sulle aree di intervento.

Le interferenze rilevate riguardano le strutture viarie statali, provinciali e comunali lungo le quali è posizionato il tracciato delle condotte, gli attraversamenti del reticolo idrografico censito su base regionale dall'Autorità di Bacino, la presenza di eventuali sottoservizi nel sottosuolo in corrispondenza dei sedimi di posa delle condotte, la presenza di manufatti o vincoli lungo i tracciati. Sui cavi elettrici aerei o interrati le implicazioni riguardano anche gli aspetti della distanza di sicurezza da mantenere in fase di esecuzione delle posa delle condotte.

Per quanto attiene le interferenze con le infrastrutture viarie sono state considerate le sezioni di posa e ripristino prescritte dalle Amministrazioni competenti ai fini della definizione della soluzione tecnica da realizzare e della determinazione del relativo onere. In relazione agli attraversamenti dei corsi d'acqua, saranno definite le singole soluzioni sulla base delle prescrizioni normative vigenti, tenendo presente che l'attraversamento in subalveo è genericamente indicato come soluzione da perseguire rispetto ad altre soluzioni tecniche. Si contano diverse interferenze con i corsi d'acqua del reticolo idrografico ufficiale, delle quali le più rilevanti riguardano l'attraversamento del rio Foddeddu in territorio di Tortolì, l'attraversamento del rio Mannu in territorio di Barisardo, l'attraversamento del rio Pelau in territorio di Cardedu.

La presenza di sottoservizi nel sottosuolo interessato dalla posa delle condotte deve essere approfondita lungo i tratti del tracciato ma in base ad una ricognizione speditiva eseguita risultano presenti linee telefoniche lungo un tratto della S.S. 125 (rilevata presenza di chiusini in banchina), condotte fognarie di acque bianche e nere lungo le strade urbane attraversate nell'abitato di Barisardo (rilevata presenza di chiusini circolari), linee fognarie lungo alcuni tratti della Strada Provinciale di Buoncammino, linee elettriche e telefoniche aeree sempre lungo la Strada Provinciale di Buoncammino, dove risulta presente per un tratto anche un grosso cunettone rivestito in pietra. Con la definizione dei tracciati preliminari si è fatto in modo di evitare le aree dove risulta evidente la presenza di possibili ostacoli alla posa delle condotte. Sarà comunque necessario un approfondimento della tematica nelle successive fasi di progettazione, in quanto il censimento dei sottoservizi è opportuno che venga confermato dai vari gestori.

e) piano di gestione delle materie: si sono analizzate le possibili implicazioni relative alla gestione delle materie di scavo prevedendo per ora nella stima dei lavori di non utilizzare i materiali di risulta in attesa di determinarne la loro idoneità al riutilizzo sulla base della prescritta caratterizzazione dei terreni.

I materiali scavati sono da considerarsi materiali di rifiuto e devono essere conferiti a discarica autorizzata se non espressamente previsto il loro riutilizzo attraverso apposito piano da sottoporre ad approvazione degli uffici competenti.

Considerata la mole delle materie provenienti dagli scavi è necessario individuare i siti delle discariche autorizzate presenti in zona. Si è rilevata l'attività di alcune aziende autorizzate al riciclo di inerti nel territorio di Tortolì.

Per quanto riguarda le cave di materiale per i ripristini sono presenti nel Catasto Cave Regionale diversi siti in esercizio in territorio di Cardedu in loc. Pelau.

f) espropri e asservimenti: Le opere in progetto saranno realizzate in gran parte secondo tracciati paralleli alla viabilità pubblica, generalmente nelle aree private immediatamente confinanti alla stessa viabilità e solo in misura limitatissima su aree di pertinenza delle carreggiate stradali. Nella scelta del tracciato di progetto si è adottato il criterio di utilizzare, laddove già esistente, la fascia di pertinenza delle condotte esistenti, e in alcuni tratti, la sede delle vecchie strade pubbliche, anche se oggi in disuso. Si tratta comunque di aree immediatamente disponibili che non necessitano di particolari procedure per la loro acquisizione. In tutti gli altri casi le aree private da asservire per la posa delle nuove condotte dovranno essere acquisite mediante regolare procedura in conformità a quanto stabilito dal D.P.R. 8 giugno 2001 n° 327 e ss.mm.ii.

g) funzionalità dell'intervento: L'intervento in oggetto prevede la infrastrutturazione irrigua del territorio attualmente non servito a nord ed a sud dell'abitato di Barisardo, fino ad oltre la loc. di Buoncammino nel territorio di Cardedu. Lo schema irriguo trova alimentazione nell'invaso di Santa Lucia in agro di Villagrande. Attualmente lo schema esistente alimenta il distretto irriguo di Villagrande e quello di Tortolì estendosi a nord fino all'agro di Triei-Baunei e a sud fino all'agro di Cea nel territorio di Barisardo. A sud di Barisardo il territorio risulta completamente sprovvisto di infrastrutture di irrigazione con conseguenti limitate possibilità di valorizzare le attività agricole e zootecniche presenti. L'intervento si inserisce in un contesto territoriale attualmente attrezzato da pozzi privati per la irrigazione, con la conseguente recrudescenza del fenomeno della salinizzazione dei terreni per via dell'emungimento continuo della falda d'acqua dolce. Lo schema in progetto è inoltre congruente con la programmazione dell'Amministrazione Appaltante che prevede la prospettiva di futuro ampliamento nei territori a sud degli attuali distretti.

h) tracciato plano-altimetrico e sezioni tipo: Come evidenziato, l'intervento in progetto prevede la realizzazione di una nuova condotta consortile che servirà i territori a nord e a sud dell'abitato di Barisardo. Il tracciato planimetrico della condotta oggetto di intervento ha uno sviluppo complessivo di circa 19 km prevalentemente parallelo alla viabilità locale statale, provinciale e comunale. Per la quasi totalità del tracciato la condotta sarà posata a profondità media di poco superiore agli 1,80 m ma in alcune sezioni potrà raggiungere profondità superiori. Sono allegate al presente progetto le sezioni tipo di scavo, posa e ripristino per le varie situazioni tecniche che si presenteranno. Per maggiori dettagli sull'andamento plano-altimetrico del tracciato si rimanda agli elaborati grafici specifici:

i) impianti e sicurezza: Le opere in progetto prevedono la realizzazione di scavi funzionali alla posa delle condotte ed alla realizzazione dei pozzetti di sfiato e scarico e dei blocchi di ancoraggio. Pertanto sussistono possibili rischi relativi all'interferenza con impianti in tensione nella fase di esecuzione delle opere suddette, ma solo in prossimità della viabilità pubblica interessata.

Per quanto riguarda altri aspetti della sicurezza nella fase di esecuzione dei lavori, si sottolinea che gli aspetti di maggior rilevanza verranno dai rischi tipici dell'ubicazione del cantiere per i tratti in adiacenza alla viabilità urbana ed extraurbana, in particolare dalla presenza del traffico veicolare e dalla presenza di linee elettriche in tensione interrate o aeree. Inoltre in base alle conoscenze storiche sui luoghi risulta che le aree in esame siano state oggetto di bombardamento bellico. Il rischio relativo alla presenza di ordigni bellici inesplosi deve intendersi riferito alle attività di scavo, di qualsiasi profondità e tipologia, come espressamente previsto dall'art. 284 del d.lgs. n. 81/2008. In considerazione della specificità dell'opera, che prevede la localizzazione degli scavi in gran parte lungo il sedime dei terreni privati adiacenti alla viabilità, che sono per la maggior parte rimaneggiati da interventi antropici di varia natura, si ritiene molto improbabile il rischio relativo alla presenza di ordigni bellici inesplosi. Si esclude pertanto la necessità di attivare la bonifica degli ordigni bellici.

l) idrologia e idraulica: Le considerazioni idrologiche hanno rilevanza nello studio agro-pedologico dei terreni interessati dall'irrigazione in quanto determinano i fabbisogni reali e quindi la richiesta della risorsa. Lo studio allegato al presente progetto ha tenuto conto di tale fattispecie nella determinazione delle portate da destinare allo schema irriguo.

Dal punto di vista idraulico è stato condotto un predimensionamento dello schema irriguo che ha consentito di determinare le principali grandezze idrauliche quali diametri delle tubazioni, pressioni ai nodi dello schema, portate derivabili ai punti di utilizzo. I calcoli sono stati eseguiti con l'ausilio del software Idracad che utilizza il motore Epanet.

Si ipotizza l'utilizzo di una tubazione in ghisa sferoidale di diametro DN 700, calibrata sul deflusso della portata di progetto stabilita in 686 l/s. E' stato rilevato che con tale diametro e materiale le velocità in condotta si attestano su un valore di 1,77 m/s che, seppur rappresentando un valore non ottimale, sono in linea per un corretto funzionamento dello schema, e che le pressioni assicurate nei punti di innesto delle condotte comoziali non sono mai al di sotto del valore di 3 bar, confermando che le tubazioni sono adeguatamente dimensionate per garantire il servizio richiesto.

Si rileva un'eccezione nel tratto di condotta che, aggirando l'altopiano di Teccu, volge in direzione sud verso Barisardo superando l'esistente dosso a quota 88 m slm, dove i carichi sono limitati dalle quote altimetriche del terreno e consentono appena lo scollinamento della condotta senza che si origini un funzionamento in depressione.

In tale zona non è però prevista alcuna area da distrettualizzare con servizio irriguo.

m) traffico: Una delle principali implicazioni del presente progetto, che influenzerà soprattutto la fase realizzativa, è rappresentata dall'intensità del traffico veicolare che caratterizza le strade di accesso alle aree nelle quali saranno eseguiti gli interventi, e che dovranno essere utilizzate dai mezzi di trasporto dei materiali. Per limitare i rallentamenti al traffico veicolare ed i disagi alla cittadinanza in generale, il cantiere per la realizzazione della condotta sarà suddiviso per tratte di lunghezza ben definita significando che l'impresa procederà per tratti definiti in funzione della esigenza di non intralciare il traffico ed in funzione

della operatività del cantiere. Per quanto attiene la gestione della sicurezza in fase di esecuzione, si darà disposizione affinché tutti i lavori e le aree limitate al traffico siano adeguatamente segnalate anche di notte tramite cartellonistica conforme al vigente Codice della Strada. Tempistiche, localizzazione e modalità delle limitazioni al traffico saranno concordate sempre con l'ente proprietario della strada, con il quale dovrà tenersi un rapporto di continua comunicazione, interfacciandosi e concordando preventivamente un programma condiviso delle restrizioni al traffico.

5. Conclusioni

La presente fase progettuale ha inteso individuare, anche attraverso l'analisi di soluzioni alternative, gli aspetti tecnici dell'intervento indicato che garantiscano la maggiore funzionalità ed efficienza del servizio irriguo. E' stata individuata, di concerto con l'Amministrazione committente, la soluzione che consente l'ottimale gestione dei costi e la più efficace distribuzione della risorsa idrica ai fini del migliore utilizzo della stessa, considerando il valore assunto negli ultimi anni dall'acqua per via della non sempre certa disponibilità.

Nella stesura del presente progetto sono state considerate le indicazioni fornite dalla Committenza nel Documento Preliminare della Progettazione, in merito alle esigenze manifestate, all'estensione del territorio da servire, al contenimento dei costi realizzativi e della futura gestione.

Sono stati condotti appositi studi preliminari per il dimensionamento delle opere, a partire dall'analisi agronomica e pedologica delle aree di intervento, per la determinazione dei fabbisogni irrigui dei terreni e delle conseguenti portate necessarie.

Il dimensionamento dello schema irriguo è stato condotto con l'utilizzo di formule idrauliche di calcolo i cui dati di input sono le portate derivanti dai fabbisogni stimati e le pressioni da garantire in corrispondenza delle utenze, mentre i dati di output consentono la verifica del funzionamento della rete in ogni singolo ramo e nodo della stessa.

Le tematiche geologiche e geotecniche sono state implementate con la stesura delle specifiche carte geologica, geomorfologica, idrogeologica che hanno consentito di inquadrare l'intervento dal punto di vista delle caratteristiche dei terreni. E' stato prodotto anche un Piano delle indagini geognostiche, l'esecuzione del quale consentirà di determinare la caratterizzazione delle materie di scavo ed i parametri litologici dei terreni interessati dal tracciato.

Lo studio della valutazione preventiva dell'interesse archeologico ha portato alla definizione dell'inquadramento dell'opera in relazione alla presenza di siti di rilevanza nel territorio di intervento. E' stato individuato un rischio archeologico medio su gran parte dei tracciati esaminati, con poche situazioni nelle quali il rischio assume valori alti che potranno essere oggetto di un più attento controllo da parte della Soprintendenza Beni Ambientali e Culturali.

Infine è stato allegato il prescritto elaborato Prime indicazioni e prescrizioni per la stesura dei piani di sicurezza tenendo conto dell'analisi dei possibili rischi connessi all'esecuzione dell'intervento.