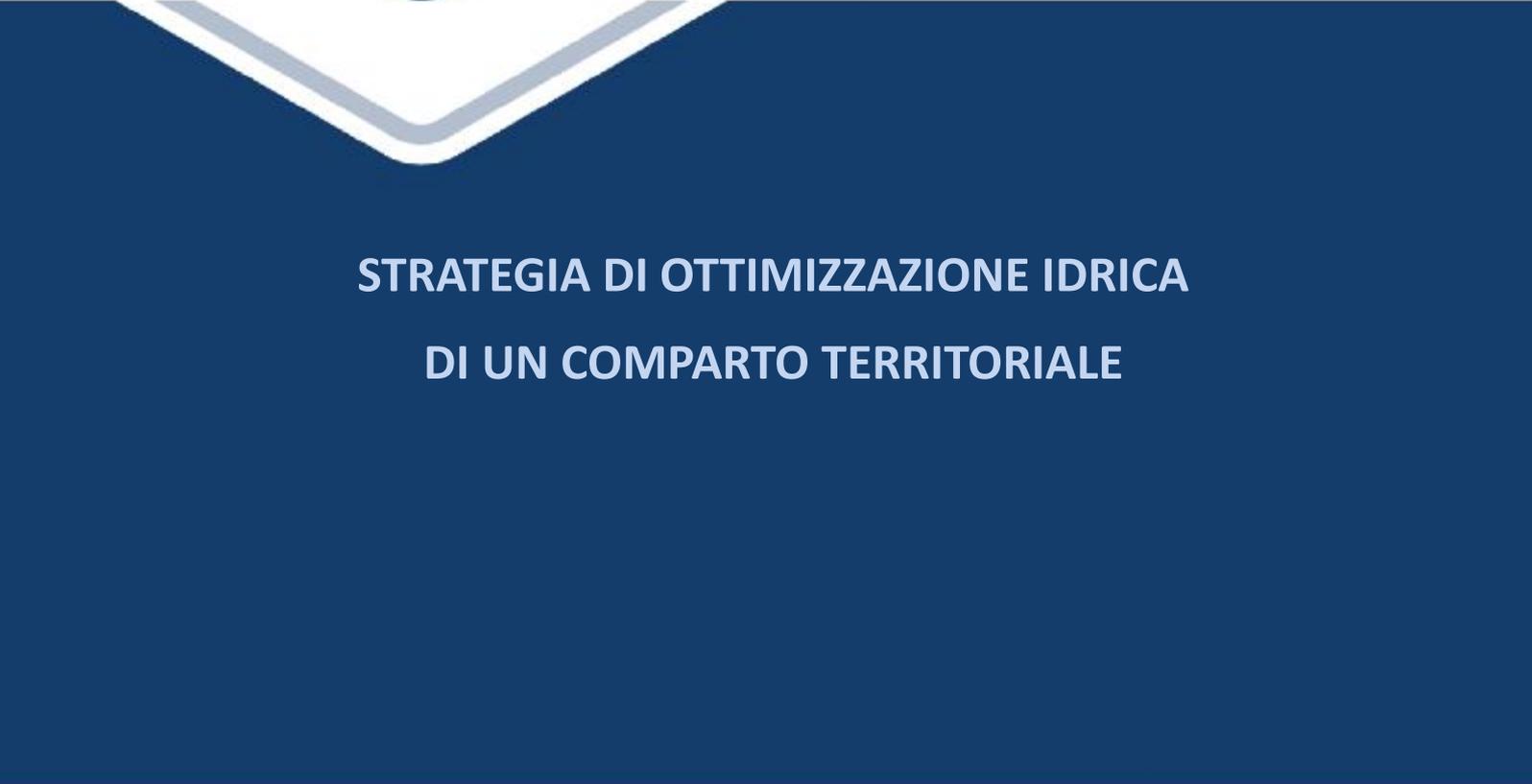


12 febbraio 2025



Assoreca

ASSOCIAZIONE AMBIENTE . ENERGIA
SICUREZZA . RESPONSABILITA' SOCIALE



STRATEGIA DI OTTIMIZZAZIONE IDRICA DI UN COMPARTO TERRITORIALE

Sede legale e operativa: Via Copernico, 38 - 20125 Milano
Email: segreteria@assoreca.it • tel: 02 30556848 • web: www.assoreca.it • C.F. 97142760152



ADERENTE A
CONFINDUSTRIA SERVIZI
INNOVATIVI E TECNOLOGICI

HANNO PARTECIPATO ALLA STESURA DEL PRESENTE DOCUMENTO,
LE AZIENDE ASSOCIATE:

AECOM ITALIA S.p.A.

ERM ITALIA S.p.A.

PROGER S.p.A.

SINERGEO S.r.l.

SODAI S.p.A.

WSP ITALIA S.r.l.

Coordinamento a cura di

Marco Sandrucci e Davide Talamini (PROGER S.p.A.)

Revisione finale a cura di

Alessandro Battaglia e Giancarlo Olivetti (Assoreca)

Con il Patrocinio di



SOMMARIO

1. PREMESSA	6
2. LE LINEE GUIDA	7
2.1. DIVULGAZIONE DELLE LINEE GUIDA.....	7
3. IMPOSTAZIONE E PRINCIPI DEL PROGETTO PILOTA	8
4. IL TERRITORIO DI APPLICAZIONE DEL PROGETTO PILOTA	9
4.1 INTRODUZIONE	9
4.2 LA CRISI IDRICA NEL COMPARTO RISICOLO DEL PIEMONTE.....	10
4.3 CERANO E TRECATE: NEL CUORE DELLA CRISI	12
4.4 CONSIDERAZIONI AGGIUNTIVE.....	14
4.5 IL COINVOLGIMENTO DEGLI ENTI GESTORI DELL'ACQUA	15
4.6 LA RACCOLTA DEI DATI	15
5. CARATTERIZZAZIONE DEI COMPARTI TERRITORIALI E SOCIO-ECONOMICI	16
5.1. IL COMPARTO CIVILE	16
5.2. IL COMPARTO AGRICOLO E ZOOTECNICO	16
5.3. IL COMPARTO INDUSTRIALE.....	17
6. GLI ASSET DI INTERVENTO PER LA GESTIONE CIRCOLARE E SOSTENIBILE DELL'ACQUA 17	
6.1. ALIMENTAZIONE IDRICA DI SUPPORTO ALLE COLTIVAZIONI AGRICOLE MEDIANTE ACQUE RIUTILIZZATE DA IMPIANTI DI DEPURAZIONE	18
6.2. ALIMENTAZIONE IDRICA DI SUPPORTO ALLE COLTIVAZIONI AGRICOLE MEDIANTE REALIZZAZIONE DI INVASI SUPERFICIALI.....	18
6.3. RECUPERO IDRICO DA DUE AZIENDE CAMPIONE ED ANALISI COMPARATIVA.....	19
6.4. RICARICA ARTIFICIALE DELLA FALDA.....	19
7. REPLICABILITÀ DEL MODELLO	20
7.1. REPLICABILITÀ IN ALTRE AREE DEL TERRITORIO ITALIANO	20
7.2. POSSIBILI APPLICAZIONI DEL MODELLO IN CONTESTI TERRITORIALI E SOCIO- ECONOMICI EXTRAEUROPEI.....	23
8. L'ASSET FINANZIARIO FINALIZZATO ALL'ATTUAZIONE DEI PROGETTI DI SOSTENIBILITÀ IDRICA	24
8.1. ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DELLA BANCABILITÀ DI UN PROGETTO – PREVIEW	25

8.2. ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DELLA BANCABILITÀ DI UN PROGETTO – PROJECT FINANCING..... 26

8.3. ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DELLA BANCABILITÀ DI UN PROGETTO – FINANZA ORDINARIA..... 27

ALLEGATO A - ALIMENTAZIONE IDRICA DI SUPPORTO ALLE COLTIVAZIONI AGRICOLE MEDIANTE ACQUE RIUTILIZZATE DA IMPIANTI DI DEPURAZIONE 32

1. INTRODUZIONE 32

1.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE..... 32

1.2. DECRETO LEGISLATIVO SICCIÀ..... 35

1.2.1 ART. 7 D.L SICCIÀ – RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE..... 36

2. DEPURATORE CERANO 36

2.1. ANALISI QUANTITATIVA DELLE PORTATE DI OUTPUT..... 37

2.2. ANALISI QUALITATIVA DELLE PORTATE DI OUTPUT..... 38

2.2.1 QUADRO NORMATIVO..... 38

2.2.2 DATI DEL MONITORAGGIO QUALITATIVO..... 43

2.3. STAZIONE DI SOLLEVAMENTO E CANALE DI ADDUZIONE..... 47

3. BACINO VOLANO..... 50

3.1. DESTINO SECONDARIO ATTIVITÀ DI CAVA 52

3.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICA DELL'AREA..... 54

3.3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA..... 57

3.3.1 FALDA FREATICA 57

3.4. IMPERMEABILIZZAZIONE DEL BACINO..... 58

3.4.1 GEOCOMPOSITO BENTONITICO 58

3.5. ANALISI DELL'AREA DA SERVIRE..... 59

4. MODELLO AFFLUSSI - DEFLUSSI..... 60

4.1 MODELLO DI CALCOLO 60

4.2 CALCOLO DEL DEFICIT IDRICO TERRITORIALE..... 60

4.3 EVAPORAZIONE 61

4.4 CONTRIBUTO PLUVIOMETRICO 62

4.5 BILANCIO VOLUMETRICO..... 63

4.5.1 EFFETTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO 64

4.6 SOLLEVAMENTO E STAZIONE DI RECAPITO 65

4.6.1 ALIMENTAZIONE IMPIANTO IDROELETTRICO DI SALTO MARANZINO	68
5. STIMA ECONOMICA.....	69
ALLEGATO B - ALIMENTAZIONE IDRICA DI SUPPORTO ALLE COLTIVAZIONI AGRICOLE MEDIANTE REALIZZAZIONE DI INVASI SUPERFICIALI	73
1. INTRODUZIONE	73
1.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	73
1.2 DECRETO LEGISLATIVO SICCIÀ.....	76
1.2.1 PIANO LAGHETTI – ANBI E COLDIRETTI	77
2. DIRAMATORE VIGEVANO.....	77
2.1 ANALISI QUANTITATIVA DELLE PORTATE DI OUTPUT.....	77
2.2 DERIVAZIONE SUPERFICIALE	79
2.2.1 RIQUALIFICAZIONE CANALE DI ALIMENTAZIONE	79
3. BACINO VOLANO	80
3.1 DESTINO SECONDARIO ATTIVITÀ DI CAVA.....	81
3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA.....	84
3.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA	86
3.3.1 FALDA FREATICA	86
3.4 IMPERMEABILIZZAZIONE DEL BACINO	87
3.4.1 GEOCOMPOSITO BENTONITICO	87
3.5 ANALISI DELL'AREA DA SERVIRE.....	88
4. MODELLO AFFLUSSI-DEFLUSSI.....	89
4.1 MODELLO DI CALCOLO	89
4.2 CALCOLO DEL DEFICIT IDRICO TERRITORIALE.....	90
4.3 EVAPORAZIONE	90
4.4 CONTRIBUTO PLUVIOMETRICO	91
4.5 BILANCIO VOLUMETRICO.....	92
4.5.1 EFFETTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO	94
4.6 SOLLEVAMENTO E STAZIONE DI RECAPITO	95
4.6.1 EFFETTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO	97
5. STIMA ECONOMICA.....	100

ALLEGATO C - CASO STUDIO: UTILIZZO E RECUPERO DELLA RISORSA IDRICA DI DUE AZIENDE CAMPIONE ED ANALISI COMPARATIVA CON UTILIZZO CIVILE..... 104

1. INTRODUZIONE.....	104
1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	104
1.2 QUADRO NORMATIVO.....	106
1.3 ACQUA NOVARA.VCO – ANALISI COMPARATIVA.....	107
2. CASI DI STUDIO.....	108
2.1 AZIENDA CAMPIONE N° 1.....	108
2.2 AZIENDA CAMPIONE N° 2.....	112
3. POSSIBILI APPROFONDIMENTI E FOLLOW-UP.....	120

ALLEGATO D - ACCUMULO ED ALIMENTAZIONE IDRICA DI SUPPORTO ALLE COLTIVAZIONI AGRICOLE MEDIANTE RICARICA DEGLI ACQUIFERI SOTTERRANEI..... 123

1. INTRODUZIONE.....	123
2. ORDINE DI GRANDEZZA DEI FLUSSI IDRICI IN GIOCO.....	124
3. GESTIRE LA CRISI: LA RICARICA ARTIFICIALE DELLA FALDA.....	125
3.1 INQUADRAMENTO TEORICO.....	125
3.2 FATTIBILITÀ DEGLI INTERVENTI DI MAR.....	130
3.3 IL CONTESTO IDROGEOLOGICO DI TRECATE E CERANO.....	130
3.4 SVILUPPO DI UN MODELLO NUMERICO IDROGEOLOGICO COME STRUMENTO PROGETTUALE.....	135
3.5 AREE DI POSSIBILE REINIEZIONE.....	137
3.6 TIPOLOGIA DI OPERE IDRAULICHE PER LA REINIEZIONE.....	141
3.7 STIMA DI MASSIMA DEI COSTI DELLE OPERE.....	141
3.8 VALUTAZIONE DI COSTI E BENEFICI DELLA TECNOLOGIA.....	143
4. CONCLUSIONI.....	144
5. BIBLIOGRAFIA.....	144

1. PREMESSA

A tutt'oggi, la quantità complessiva di acqua presente su un dato territorio viene suddivisa tra le diverse categorie di utilizzo (civile e potabile, industriale, agricola e zootecnica, idroelettrica) in maniera competitiva, riducendo (e a volte annullando) la fornitura ad una o più di tali categorie quando le portate disponibili diventano insufficienti.

Nelle more di complessi, onerosi e lunghi processi di incremento degli approvvigionamenti e di riduzione delle perdite risulta quindi necessario, se non proprio indispensabile, approcciare una diversa modalità di gestione della risorsa "acqua" che sia basata su una nuova modalità di gestione circolare ed efficiente della risorsa idrica. Un approccio circolare che persegua un utilizzo multiplo e sinergico della risorsa idrica per massimizzarne l'uso "in cascata", attuando quindi una modifica non solo tecnica, ma soprattutto culturale, rispetto all'attuale utilizzo concorrenziale tra le diverse tipologie di fruizione e di utilizzo.

Agli inizi del 2023, Assoreca (Associazione che rappresenta le aziende che operano nei settori dell'ambiente, sicurezza, energia, salute e responsabilità sociale in Italia, riunendo le 3 aree di business "Ingegneria e Consulenza", "Imprese di Servizi" e "Laboratori" per promuovere e condividere le competenze tecnico-scientifiche prioritarie per il settore) ha attivato un Gruppo di Lavoro dedicato al tema della sostenibilità idrica, impostato e coordinato da Proger, al quale hanno aderito (in rigoroso ordine alfabetico) i seguenti soci: AECOM, Anthemis, ERM, GM-Ambiente, Gruppo Stante, Italferr, Sinergeo, Sodai, WSP. Si tratta di un Gruppo di Lavoro che coniuga la rappresentatività su scala nazionale delle società coinvolte (comprendenti alcuni dei soggetti apicali nel ranking delle società di ingegneria italiane), con l'eshaustività degli expertises che un tema complesso quale quello della gestione della risorsa idrica comporta.

Il Gruppo di Lavoro ha avuto fin dalle fasi di impostazione e avvio una duplice finalità:

- redigere Linee Guida volte a sviluppare un modello di sostenibilità idrica territoriale in tutti i suoi aspetti: verifica di fattibilità, approvvigionamento, utilizzo, recupero e riutilizzo idrico.
- Sviluppare un Progetto Pilota, di diretta derivazione dalle linee guida (per testarne e dimostrarne la reale applicabilità in una situazione "vera") che potesse costituire un modello di comparto territoriale ad elevata sostenibilità idrica, replicabile in contesti socioeconomici e territoriale tra loro diversi.

Prima di entrare nel merito tecnico del lavoro svolto, è doveroso dare piena evidenza di un processo che si è sviluppato durante la fase di approntamento del progetto Pilota, relativo al fatto che i consorzi di gestione delle acque che erano stati fino ad allora considerati "controparte" e una sorta di "fonte dati" hanno invece chiesto di entrare a pieno titolo nel Gruppo di Lavoro, capendone e condividendone non solo le finalità, ma soprattutto la reale e concreta applicabilità degli aspetti che si voleva e che si stava faticosamente sviluppando proprio in un territorio di loro competenza.

È così che con grande soddisfazione e gradimento da parte di Assoreca, i due Consorzi “Est Sesia” e “ACQUA NOVARA.VCO” sono diventati “soci territoriali” inseriti a pieno titolo nel Gruppo di Lavoro, al quale hanno garantito quel valore aggiunto identificabile non solo in termini di dati, ma soprattutto di ragionamenti, richieste e valutazioni che hanno consentito di incrementare in maniera significativa la reale concretezza e applicabilità di quanto sviluppato nell’ambito del Progetto Pilota stesso.

“Last but no least”, anche la Regione Piemonte è voluta entrare nel Progetto Pilota, concedendo il proprio patrocinio al progetto in corso fino a tutto il 2024. Un patrocinio che, a tutti gli effetti, costituisce un vero e proprio “bollino di qualità” del quale gli estensori del Progetto Pilota si fregiano con enorme soddisfazione.

2. LE LINEE GUIDA

Il know-how del Gruppo di Lavoro Assoreca, unito alla multidisciplinarietà delle conoscenze a disposizione, ha portato alla redazione di un documento denominato “*Linee guida: sostenibilità idrica territoriale*” avente come obiettivo quello di sviluppare un manuale in grado di comprendere innumerevoli temi legati all’acqua: partendo dall’approvvigionamento, passando per i vari utilizzi e concludendo con il recupero e riutilizzo della risorsa idrica.

Il documento, messo a disposizione sul sito Assoreca (<https://assoreca.it/>), si compone quattro capitoli riconducibili ai vari step del processo gestionale dell’acqua di seguito riportati:

1. Analisi di sostenibilità del contesto territoriale;
2. Approvvigionamento idrico;
3. Utilizzo dell’acqua;
4. Trattamento e riutilizzo dell’acqua.

L’articolazione del documento ha come scopo quella di accompagnare il lettore in un processo logico consequenziale nel quale, oltre a proporre un’istantanea della situazione idrica e tecnologica, il focus del redattore è stato incentrato nella ricerca di BAT (Best Available Techniques) e soluzioni innovative volte ad enfatizzare le modalità di utilizzo multiplo e sinergico della risorsa idrica, che ne massimizzi l’uso “in cascata” al posto della competizione tra le diverse tipologie di fruizione ed utilizzo.

2.1. DIVULGAZIONE DELLE LINEE GUIDA

Le Linee Guida sopra sinteticamente illustrate hanno trovato un primo momento di divulgazione nell’ambito della manifestazione “ECOMONDO” del 2023, allorché in data 7.11.2023 il coordinatore del Gruppo di Lavoro (Dott. Marco Sandrucci di Proger) ha tenuto una comunicazione dal titolo “Approccio metodologico per una sostenibilità idrica territoriale”

all'interno della sezione tematica "la gestione delle emergenze - le nuove frontiere della sostenibilità ambientale".

Un secondo e ancora più significativo momento di divulgazione delle Linee Guida è identificabile nella pubblicazione open source sul sito di Assoreca, al fine di mettere a disposizione di Enti e professionisti del settore il know-how acquisito dal Gruppo di Lavoro, in merito all'intera filiera legata alla gestione della risorsa idrica.

Definito un approccio metodologicamente corretto e ottimizzato, l'attuabilità e l'efficacia dello stesso è demandata allo sviluppo di un progetto pilota, che dimostri la reale fattibilità di un "comparto territoriale ad elevata resilienza e sostenibilità idrica".

3. IMPOSTAZIONE E PRINCIPI DEL PROGETTO PILOTA

Come anticipato in premessa, la redazione di un Progetto Pilota per lo sviluppo di un comparto territoriale ad elevata sostenibilità idrica non è un qualche cosa che è venuto in mente al gruppo di Progetto nel corso della redazione delle Linee Guida, ma è un'idea fondante del Gruppo di Lavoro stesso, in quanto fin dalla sua attivazione è stata messa sul tavolo e definita come obiettivo e momento di applicazione delle Linee Guida stesse.

Il workflow di questo Progetto Pilota può essere sintetizzato come segue:

- identificazione e definizione di un territorio ristretto (nel contesto nazionale, ma non rientrante in quelle aree storicamente e cronicamente affette da criticità idriche), che è affetto da situazioni di deficit idrico intercorse negli ultimi anni;
- coinvolgimento degli enti pubblici e privati che sono parte del sistema di gestione ed utilizzo della risorsa acqua;
- raccolta dei dati che caratterizzano tutta la gestione dell'acqua sul territorio dell'area test;
- caratterizzazione idrica e territoriale dei 4 comparti territoriali e socioeconomici idroesigenti: civile, agricolo, industriale e zootecnico;
- analisi dei dati e definizione di nuove strategie di circolarità idrica;
- creazione di un modello basato ed articolato su diversi asset di intervento e gestione circolare e sostenibile delle acque nel territorio, che risulti replicabile in altre aree critiche del territorio italiano ed estero;
- individuazione di un asset finanziario specificatamente finalizzato all'attuazione dei progetti di sostenibilità idrica.

4. IL TERRITORIO DI APPLICAZIONE DEL PROGETTO PILOTA

4.1 INTRODUZIONE

Come anticipato nel precedente capitolo, nell'ambito del Gruppo di Lavoro si è deciso che, per testare la reale applicabilità delle Linee guida, sarebbe stato preferibile e più interessante non andare a ricercare tale conferma nell'ambito di contesti territoriali, purtroppo, atavicamente affetti da situazioni di criticità idrica, tipicamente e facilmente identificabili in molte aree dell'Italia meridionale e insulare. Questo anche per tenere intrinsecamente in debito conto anche i processi in atto di estensione del tema della criticità della risorsa idrica ricollegabili al Climate Change.

Con queste premesse, tenendo debitamente conto del fatto che l'attuale crisi idrica è risultata gravosa anche nel Nord-Italia, dove sussiste uno scenario di severità idrica media (ISPRA, aprile 2023) ed anche del baricentro territoriale di Assoreca, lo screening si è quindi focalizzato particolarmente sul territorio piemontese. Un territorio recentemente molto interessato dal problema della siccità (Joint Research Center, fine marzo 2023) e nel quale sussistono diverse aree caratterizzate dalla necessaria compresenza dei diversi settori idroesigenti in territori sufficientemente ridotti per essere oggetto di un Progetto Pilota.

In Piemonte, è stato alla fine selezionato un territorio in grado di garantire la compresenza di tutte le tipologie di idroesigenza necessarie, per poter essere ritenuto esemplificativo come caso studio per dimostrare l'applicabilità del modello circolare virtuoso.

Alla fine di questo processo di screening, si è arrivati alla scelta del territorio di Trecate e di Cerano, nel basso novarese; si tratta infatti di un territorio superficialmente compatto (aspetto utile ai fini delle verifiche proprie di un progetto pilota, in quanto ne favorisce il contenimento delle variabili), ma caratterizzato dalla compresenza dei necessari comparti civile, industriale, agricolo e ittiogenico con differenti entità e modalità di utilizzo (ad oggi necessariamente competitivo) della risorsa idrica.

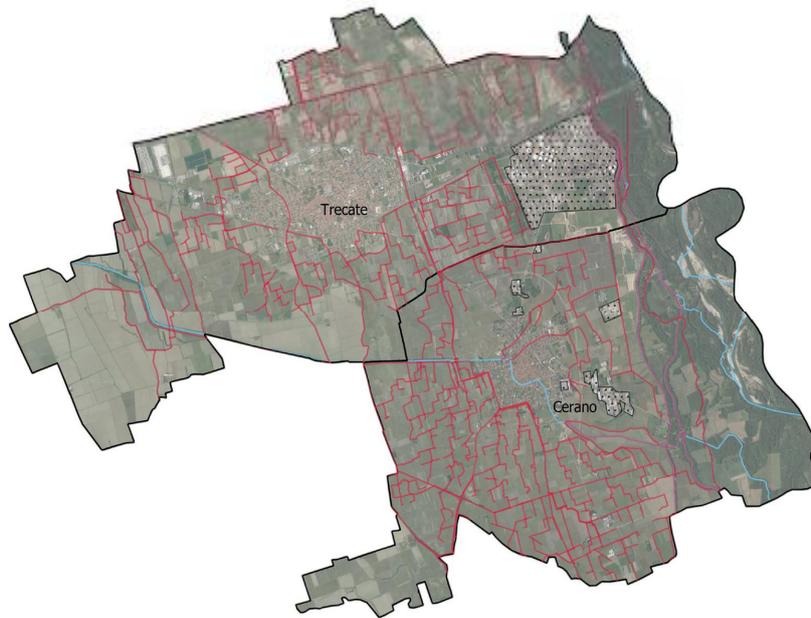


Figura 1 - Inquadramento territoriale

I paragrafi successivi descrivono la situazione di stress idrico relativa alla zona oggetto del caso studio discusso in questo documento.

4.2 LA CRISI IDRICA NEL COMPARTO RISICOLO DEL PIEMONTE

La crisi di produzione dovuta del comparto risicolo piemontese, dovuta come visto alla carenza idrica, non ha precedenti.

Le recenti valutazioni effettuate da Ente Risi indicano, in oltre 42.000 ettari, l'estensione dei campi di riso spariti nel 2022 e nel 2023. Di questi, 8.500 ettari un tempo utilizzati per la coltura del riso non sono stati seminati nel 2022 e 7.500 nel 2023. A queste estensioni di terreno, destinate a colture meno idroesigenti, vanno aggiunte quelle dei campi seminati, ma che negli ultimi due anni non hanno prodotto raccolto, indicati da Ente Risi in 26.000 ettari. L'effetto di questa situazione non può che ripercuotersi sulla produzione del cereale, calata del 17% nel solo 2022 rispetto agli anni precedenti. I danni economici sono enormi, con perdite di guadagno delle aziende agricole coinvolte, che vanno dal 50 all'80% rispetto agli anni precrisi. Oltre alla perdita di produzione, si assiste anche ad una perdita di qualità del prodotto, dovuta alle temperature troppo elevate. Le rese agronomiche, valutate in termini di produzione di riso per ettaro, sono risultate ampiamente al di sotto della media e anche la resa di trasformazione (vale a dire la percentuale di chicchi interi rispetto ai chicchi spezzati) è risultata molto bassa e al di sotto della media.

La figura seguente, tratta da un documento tecnico della Regione Piemonte, presenta l'anomalia della precipitazione cumulata nell'estate del 2019, rispetto alla media del periodo

1971 - 2000. Come si nota dalla figura, le aree che hanno registrato un maggiore calo nelle precipitazioni sono ubicate nel settore nord-est della regione, in corrispondenza delle province di Novara e Vercelli, cuore della produzione risicola del nostro paese.

La fotografia effettuata dagli organi tecnici di Regione Piemonte è chiara: le precipitazioni hanno subito un calo quantificabile fino al 13-14% negli ultimi sessant'anni, le temperature sono salite di più di 2°C rispetto al 1958, le piogge intense sono in evidente aumento e la lunghezza massima dei periodi siccitosi sono in aumento, in particolare nelle aree di pianura, come illustrato nella Figura 3.

A ciò bisogna aggiungere che il Piemonte presenta un aumento di temperatura più elevato rispetto alla media globale dello stesso periodo; è presente, inoltre, una marcata tendenza all'accelerazione del riscaldamento, secondo i più attuali modelli climatici.

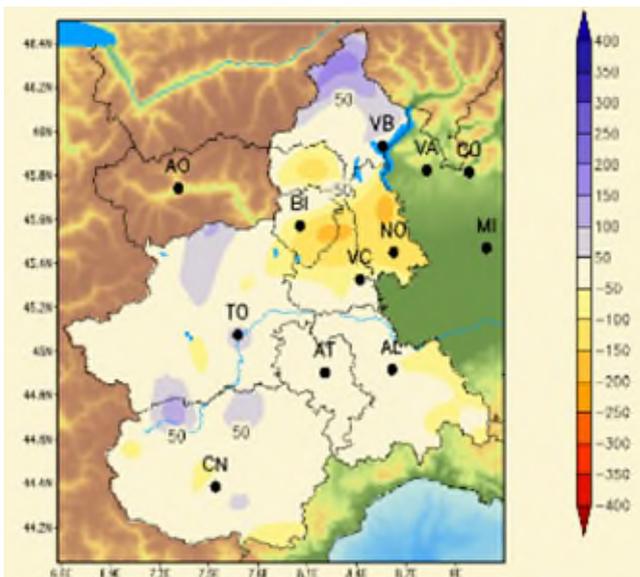


Figura 2 - Anomalia della precipitazione cumulata dell'estate 2019 rispetto alla media del periodo 1971-2000



Figura 3 - I dati che illustrano i trend climatici della regione Piemonte

4.3 CERANO E TRECATE: NEL CUORE DELLA CRISI

Tra i comuni della provincia di Novara, Cerano e Trecate sono stati particolarmente colpiti dalla crisi idrica del 2022 e 2023, determinando conseguenti danni economici nei due Comuni.

I dati forniti dal consorzio di bonifica Est Sesia non lasciano dubbi: nel Comune di Cerano, tra il 2020 e il 2022 si è assistito ad una riduzione del 50% nei volumi di acqua irrigua distribuiti sul territorio, che sono passati da quasi 20 milioni di metri cubi a circa 10 milioni di metri cubi all'anno. A Trecate la situazione non è dissimile, con un volume distribuito che è sceso da 15 milioni di metri cubi a 10 milioni di metri cubi tra il 2022 e il 2023, come dimostra la figura successiva.

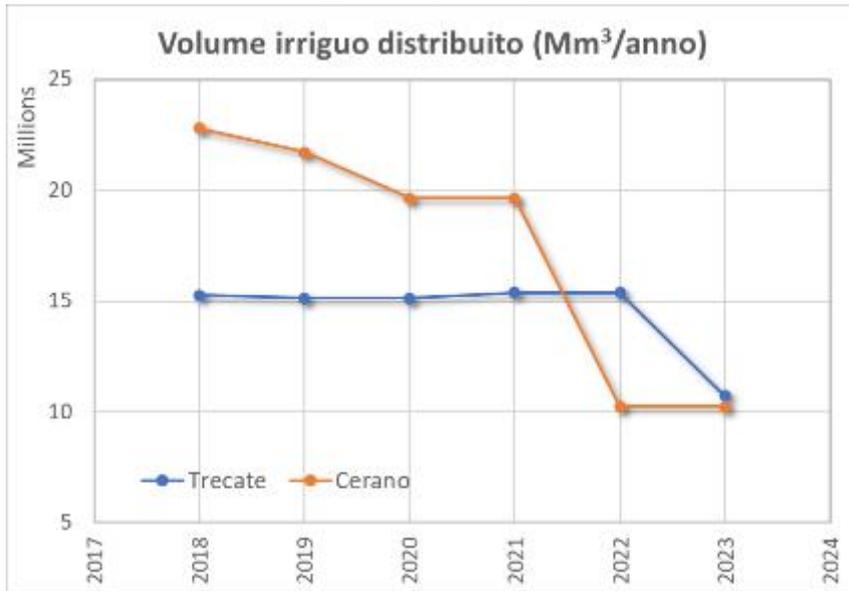


Figura 4 - Volume irriguo distribuito nei comuni di Cerano e Treocate

I dati sopra riportati sono correlabili ai dati meteorici registrati nell'area. La figura successiva illustra lo scarto cumulato dalla media delle precipitazioni registrate dalla stazione meteo di Cerano nel periodo compreso tra il 2019 e il 2023. Il grafico mostra che, da gennaio 2021 fino a tutto il 2023, le precipitazioni giornaliere si sono mantenute quasi costantemente al di sotto della media di lungo periodo, fotografando in modo chiaro la principale causa della crisi idrica verificatasi nell'area.

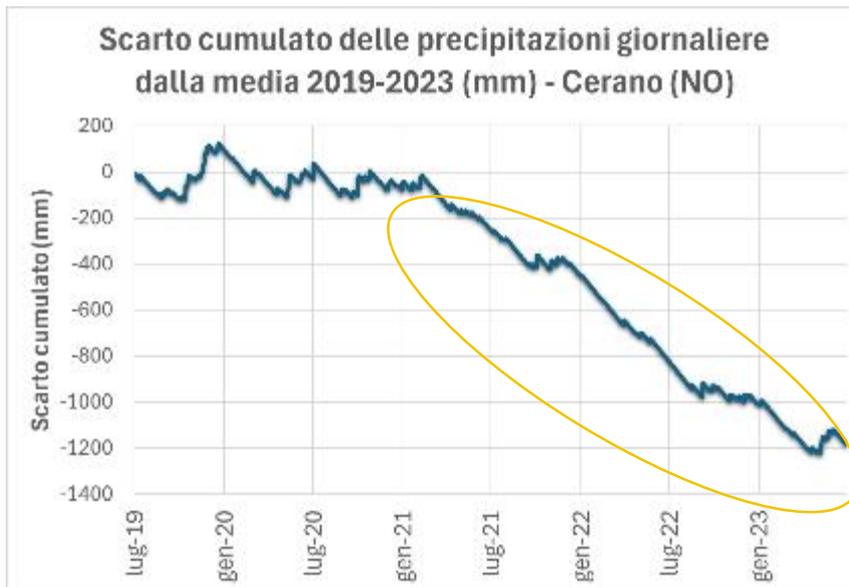


Figura 5 - Scarto cumulato delle precipitazioni dalla media di lungo periodo

Nel 2022, quindi, la riduzione delle portate distribuite è stata determinata da una conclamata situazione di siccità. Nel 2023, in una situazione in cui il fenomeno siccitoso era ancora in essere, gli agricoltori hanno optato per colture meno idroesigenti e hanno attuato, in alcuni casi, una riduzione parziale e volontaria delle superfici irrigabili, determinando una ulteriore riduzione del volume irriguo distribuito. Questi dati fotografano l'esito della crisi idrica, innescata dalle ridotte precipitazioni e gestita in modo proattivo e resiliente da parte delle aziende agricole, con il supporto dei consorzi irrigui.

4.4 CONSIDERAZIONI AGGIUNTIVE

In aggiunta alle considerazioni sopra esposte, il territorio di Trecate e Cerano presenta i seguenti elementi di notevole interesse, ai fini delle possibili strategie di ciclicità della risorsa idrica:

- la presenza di un depuratore di acque civili (da 120.000 ab.eq.);
- la vicinanza di un territorio protetto (Parco del Ticino);
- la presenza di un importante corpo idrico superficiale come ricettore finale di quota parte dell'attuale circo idrico (il Fiume Ticino);
- la presenza di una fitta (ma molto complessa) rete di canali a prevalente utilizzo irriguo;
- la presenza di coltivazioni fortemente idroesigenti (risaie in entrambi i territori comunali);
- la presenza di centri abitati, tra loro differenziati come classe dimensionale.

Tutti elementi valutati e, almeno in parte, suffragati dagli esiti di primi incontri con le Amministrazioni pubbliche e con i consorzi di gestione delle acque.

4.5 IL COINVOLGIMENTO DEGLI ENTI GESTORI DELL'ACQUA

I due Enti che sono risultati fondamentali ai fini del raggiungimento degli obiettivi preposti (talmente fondamentali da essere diventati soci territoriali del Progetto Pilota) sono il Consorzio Est Sesia e la società "ACQUA NOVARA.VCO", con i quali Assoreca ha stipulato una apposita convenzione.

Il "Consorzio di irrigazione e bonifica Est Sesia" è un ente privato di interesse pubblico di irrigazione e bonifica. Est Sesia ha in concessione la quasi totalità delle acque superficiali utilizzate nel Novarese e nella Lomellina, svolgendo un ruolo fondamentale nella gestione delle risorse idriche, tramite un'imponente rete di canali di oltre 10.000 km.

La società "ACQUA NOVARA.VCO" gestisce il servizio idrico integrato in 140 Comuni delle Province di Novara e della Provincia di Verbanio-Cusio-Ossola. Un territorio ampio e ricco di caratteristiche specifiche, che si estende da nord a sud per oltre 100 km, con una popolazione di 450 mila abitanti, che utilizza oltre 3,7 miliardi di metri cubi l'anno.



Figura 6 - Enti gestori locali

4.6 LA RACCOLTA DEI DATI

La possibilità di calare il know-how ingegneristico del Gruppo di Lavoro in un comparto territoriale reale è stata possibile mediante il prezioso contributo messo a disposizione dai partner territoriali presentati nel precedente paragrafo.

In particolare, sono state fornite molteplici informazioni necessarie per l'impostazione del modello concettuale, grazie a dati e serie storiche legate ai principali elementi e recettori idrici del territorio: partendo dai dati di portata del reticolo consortile Est Sesia, passando ai dati legati alle recenti crisi idriche, che hanno interessato il territorio oggetto del caso di studio negli ultimi anni, per concludere con i volumi gestiti dall'impianto di depurazione di Cerano, gestito da ACQUA NOVARA.VCO.

Per garantire una migliore riuscita della contestualizzazione delle scelte progettuali al contesto territoriale, il coordinamento tecnico Proger del Gruppo di Lavoro ha effettuato diversi

sopralluoghi nel Novarese, volti ad apprendere le peculiarità, criticità ed esigenze del territorio, mediante dibattiti pubblici con la comunità locale e con i tecnici dei partner territoriali.

La moltitudine di dati scientifici, nonché la ricchezza di informazioni storico-pratiche messe a disposizione dalla comunità locale, ha permesso lo sviluppo del Caso Studio con un livello di inserimento nel contesto territoriale particolarmente valido ed attendibile, al netto degli inevitabili miglioramenti che solo una progettazione di dettaglio può fornire.

5. CARATTERIZZAZIONE DEI COMPARTI TERRITORIALI E SOCIO-ECONOMICI

5.1. IL COMPARTO CIVILE

Il comparto civile caratterizzante l'area di Trecate e Cerano risulta un buon compromesso tra le grandi realtà cittadine del piemontese ed i piccoli centri sparsi sul territorio, con la presenza di un importante impianto di depurazione.

Il Comune di Trecate ha una estensione superficiale di circa 38km² ed una popolazione, secondo i più aggiornati dati ISTAT, che ammonta a circa 20.000 abitanti, con una vocazione maggiormente industriale.

Il Comune di Cerano, il più piccolo tra i due, ha una estensione superficiale di circa 32km² ed una popolazione, secondo i più aggiornati dati ISTAT, che ammonta a circa 7.000 abitanti, con una vocazione maggiormente agricola.

Di particolare rilevanza nel perimetro comunale di Cerano vi è un depuratore, gestito da ACQUA NOVARA.VCO, con una capacità di gestione pari a circa 122.000 abitanti equivalenti. Questo impianto tratta le acque dei comuni di: Cameri, Cerano, Galliate, Romentino e Trecate.

5.2. IL COMPARTO AGRICOLO E ZOOTECNICO

L'area di studio è caratterizzata da una vocazione storica agricola importante, con molteplici ettari destinati all'agricoltura: in particolare, l'estensione agricola è quasi totalmente coperta da risaie, con sporadici appezzamenti destinati a colture di secondaria importanza.

Particolarmente interessante è il fatto che il territorio oggetto del caso studio risulta essere, vista la presenza di risaie, particolarmente idroesigente. Tuttavia, negli ultimi anni, proprio a causa delle recenti crisi idriche che hanno caratterizzato il novarese, si sta assistendo ad una lenta, ma non trascurabile, riconversione delle colture verso tipologie meno suscettibili alla carenza di acqua, come ad esempio in foraggio.

Dal punto di vista zootecnico, si evidenzia la presenza di alcune zone adibite a itticoltura: si tratta, in particolare, di un allevamento di storioni, presente sul territorio di Cerano.

5.3. IL COMPARTO INDUSTRIALE

Sulla base dell'Analisi dei Distretti Industriali identificati da ISTAT, la Provincia di Novara ed in particolare i comuni di Trecate e Cerano presentano diversi ed importanti distretti industriali, con una particolare preponderanza della tipologia petrolchimica e della farmaceutica.

Il principale riferimento è il Polo Industriale di San Martino di Trecate, che influenza fortemente i bilanci idrici del territorio oggetto del presente caso studio.

6. GLI ASSET DI INTERVENTO PER LA GESTIONE CIRCOLARE E SOSTENIBILE DELL'ACQUA

L'approccio olistico che si è dato al presente progetto pilota ha dovuto necessariamente tenere però conto della variabilità di contesti e situazioni, che hanno ovviamente portato alla scomposizione della complessa pluralità e compenetrazione delle diverse situazioni, arrivando ad individuare alcuni asset principali di intervento.

Asset che sono stati selezionati in funzione delle specificità del territorio di analisi, ma anche tenendo conto dei più volte dichiarati fini di esportabilità e replicabilità del progetto stesso. Questo vuol dire che si è cercato di individuare gli asset principali su cui lavorare, anche in funzione della loro rilevanza su scala nazionale, con particolare attenzione alle criticità del comparto agricolo, nonché ai temi molto discussi dei piccoli invasi, della reiniezione in falda e, infine, del recupero circolare delle acque di processo industriale e produttivo.

In funzione di quanto sopra, il Progetto Pilota individua e dettaglia 4 differenti azioni: riciclo acque da un depuratore, creazione di invasi di stoccaggio idrico, reiniezione in falda di acque in eccesso e riutilizzo di acque industriali.

Quattro azioni i cui livelli di approfondimento e sviluppo sono risultati diversi in funzione anche della disponibilità di dati, delle valenze territoriali e infrastrutturali idriche presenti e finanche della possibilità di mettere a punto un modello più o meno completo del singolo approccio disciplinare.

Da questa situazione difforme è quindi scaturita la possibilità di spingere alcuni asset al livello di vera e propria fattibilità tecnica (con risvolti anche economici relativi ai costi di investimento per l'esecuzione dei lavori e delle opere necessarie), mentre altri asset sono rimasti ad un livello più di impostazione e definizione metodologica, per quanto applicativa e calata sullo specifico territorio di intervento del progetto pilota.

6.1. ALIMENTAZIONE IDRICA DI SUPPORTO ALLE COLTIVAZIONI AGRICOLE MEDIANTE ACQUE RIUTILIZZATE DA IMPIANTI DI DEPURAZIONE

In linea con l'Articolo 7 – “Riutilizzo delle acque reflue depurate a scopo irriguo” del Decreto Legislativo Siccità, si è provveduto a proporre una soluzione progettuale volta a garantire il riutilizzo diretto della portata annua in uscita da un potenziale depuratore consortile disponibile.

L'immagazzinamento di questi volumi permetterebbe contribuire all'idroesigenza delle colture agricole locali, sempre più frequentemente in difficoltà, a causa degli effetti del cambiamento climatico; in particolare, nel territorio comunale di Cerano è stato osservato una diminuzione della disponibilità idrica del 55% nel periodo compreso tra il 2018 e 2023.

Si prevede di movimentare suddetti volumi in corrispondenza di una delle numerose cave presenti nel territorio novarese, in particolare nella limitrofa cava dismessa denominata “Cascina Nuova”. A valle di valutazioni geologiche ed idrogeologiche, si è ritenuto opportuno prevedere l'impermeabilizzazione della cava mediante l'utilizzo di geocompositi bentonitici del tutto ecosostenibili, al fine di disporre di un bacino avente un volume utile massimo pari a 260.000 m³.

Il dimensionamento è stato effettuato sulla base di un bilancio afflussi-deflussi, cercando di minimizzare l'entità dell'intervento, sfruttando al massimo la continuità del contributo del depuratore durante l'intero anno.

I volumi invasati vengono messi a disposizione delle aree agricole locali nei periodi di scarsità idrica, permettendo un azzeramento del deficit idrico di 465ha di risaie.

Per una completa descrizione dell'intervento progettuale, in linea con gli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'ONU e di resilienza al cambiamento climatico, si rimanda all'Allegato A.

6.2. ALIMENTAZIONE IDRICA DI SUPPORTO ALLE COLTIVAZIONI AGRICOLE MEDIANTE REALIZZAZIONE DI INVASI SUPERFICIALI

In linea con i dettami del Decreto Legislativo Siccità e con particolare riferimento al Piano Laghetti di ANBI e Coldiretti, si è provveduto a proporre una soluzione progettuale volta a garantire l'immagazzinamento di acqua all'interno di invasi, in modo da disporre di importanti volumi idrici, al fine di far fronte alla idroesigenza delle colture agricole locali, sempre più frequentemente in difficoltà a causa degli effetti del cambiamento climatico.

L'intervento prevede la derivazione dal Diramatore Vigevano della rete consortile Est Sesia di un volume pari a circa il 0,3% della portata media annua.

Si prevede di movimentare suddetti volumi in corrispondenza di una delle numerose cave presenti nel territorio novarese, in particolare nella limitrofa cava dismessa denominata "Cascina Invernizzi". A valle di valutazioni geologiche ed idrogeologiche si è ritenuto opportuno prevedere l'impermeabilizzazione della cava mediante l'utilizzo di geocompositi bentonitici del tutto ecosostenibili al fine di disporre di un bacino avente un volume utile massimo pari a 1.170.000 m³.

I volumi invasati vengono messi a disposizione delle aree agricole locali nei periodi di scarsità idrica permettendo un azzeramento del deficit idrico (-30% nel periodo dal 2018 al 2023) di 560ha di risaie.

Per una completa descrizione dell'intervento progettuale, in linea con gli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'ONU e di resilienza al cambiamento climatico, si rimanda all'Allegato B.

6.3. RECUPERO IDRICO DA DUE AZIENDE CAMPIONE ED ANALISI COMPARATIVA

La finalità del caso studio è esaminare l'utilizzo della risorsa idrica in due stabilimenti facenti parte del polo industriale di S. Martino, nel comparto territoriale di Trecate e Cerano (NO), e valutare la possibilità di recupero e riutilizzo di acqua da processi di depurazione in linea con gli obiettivi del quadro normativo ed i principi di circolarità e sostenibilità del sistema.

In particolare, l'analisi basata sui dati disponibili forniti dagli stabilimenti e da ACQUA NOVARA. VCO è stata orientata a verificare l'ipotesi di recupero di quota parte delle acque trattate in uscita dagli impianti industriali del polo industriale di S. Martino o dagli stessi impianti industriali e riutilizzo a scopo di raffreddamento e/o altri usi con l'obiettivo di ridurre il consumo di acque dolci mediante emungimento da falda.

L'analisi del bilancio idrico degli stabilimenti esaminati ha permesso di individuare alcune potenziali iniziative di recupero idrico che consistono nella sostituzione dell'emungimento di risorsa idrica da falda superficiale (utilizzata come acqua di raffreddamento) con acque da riuso industriale.

Per una completa descrizione degli interventi progettuali si rimanda all'Allegato C.

6.4. RICARICA ARTIFICIALE DELLA FALDA

Sulla base della stima preliminare effettuata e in base all'ordine di grandezza della quantità di acqua da reperire a valle degli interventi di recupero idrico da invasi artificiali (Cascina Invernizzi ed Elmit San Martino) e da ottimizzazioni del ciclo idrico delle aziende operanti nel comparto industriale di Trecate, si è provveduto a sviluppare un intervento progettuale volto a ricaricare l'acquifero locale tramite reiniezione di acqua già disponibile nella rete di Est Sesia.

Le operazioni di reiniezione andranno effettuate durante i mesi non irrigui (indicativamente tra ottobre e marzo), quando l'altezza idrometrica del fiume sarà più elevata.

Ciò consentirà di immagazzinare le acque superficiali del bacino idraulico del Ticino all'interno dell'acquifero, sfruttando la capacità di accumulo idrico dell'acquifero.

L'iniezione delle acque in falda determinerà un aumento del livello piezometrico, e conseguentemente un possibile aumento della portata di deflusso del sistema dei fontanili, che contribuiscono ad alimentare il sistema di canali superficiali ad uso irriguo.

L'iniezione di acqua nell'acquifero costituirà un sistema di ricarica artificiale controllata della falda, che sarà potenzialmente in grado di fornire al sistema idrico acqua sufficiente a compensare il deficit idrico calcolato.

Tali sistemi vengono chiamati MAR (Managed Aquifer Recharge) e permettono di restituire acqua alla falda, che poi potrà essere utilizzata per scopi irrigui nei periodi siccitosi, dato che la velocità di flusso dell'acqua di falda è di più ordini di grandezza inferiore rispetto a quella dei corpi idrici superficiali.

Per una completa descrizione dell'intervento progettuale di rimanda all'Allegato D.

7. REPLICABILITÀ DEL MODELLO

Il Progetto Pilota è stato impostato, fin dalle sue prime fasi ideative, in maniera da poter costituire un elemento di impostazione e verifica metodologica, partendo dal quale è possibile estrapolarne le azioni per applicazioni a contesti territoriali, climatici, agronomici e socioeconomici diversi.

Proprio per questo, la fase di ricerca e individuazione del territorio di sviluppo del progetto pilota ha assunto una fondamentale importanza, in quanto doveva trattarsi di un'area comprendente al suo interno tutte le principali valenze in termini di idroesigenza, così da essere applicato in altri contesti senza perdere di rappresentatività.

Per questo motivo, le soluzioni del progetto pilota sono modulari (quindi scalabili) e diversamente aggregabili (quindi replicabili in contesti socioeconomici e territoriali tra loro diversi).

7.1. REPLICABILITÀ IN ALTRE AREE DEL TERRITORIO ITALIANO

La replicabilità di un modello di sostenibilità idrica territoriale a diversi contesti geografici e socioeconomici comporta un adattamento delle strategie in base alle specifiche condizioni

economiche, sociali e culturali di ciascun contesto territoriale ed infine una accurata calibrazione delle esigenze e condizioni rispetto alle diverse tipologie e dimensioni consortili e aziendali delle realtà gestionali presenti sul territorio di applicazione.

Partendo quindi dall'approccio del progetto pilota, i passaggi chiave per garantire che tale modello di sostenibilità idrica possa essere adattato e implementato efficacemente per altre aree del territorio italiano sono sintetizzate ed elencate a seguire.

Analisi del contesto socioeconomico

- Valutazione delle condizioni economiche con analisi del livello di sviluppo economico, delle principali attività economiche e della disponibilità di risorse finanziarie;
- Studio delle condizioni sociali, comprensivo della disamina della struttura demografica, del livello di istruzione e del contesto culturale e sociale;
- Caratterizzazione dell'economia locale, identificando le principali attività economiche e il relativo consumo idrico;
- Valutazione degli aspetti culturali e tradizionali, prendendo in esame pratiche e tradizioni locali legate all'uso dell'acqua.

Analisi delle condizioni ambientali e climatiche

- Raccolta dei dati climatici storici (temperature, precipitazioni, e tassi di evaporazione);
- Messa a punto di modelli previsionali climatici per valutare l'impatto futuro dei cambiamenti climatici sulla disponibilità idrica.

Valutazione delle risorse idriche

- Inventario delle risorse idriche attraverso la mappatura delle risorse idriche superficiali e sotterranee disponibili e l'identificazione delle fonti di approvvigionamento idrico (pozzi, fiumi, laghi, raccolta di acqua piovana) effettivamente utilizzate e/o utilizzabili, nonché la loro potenziale capacità d'uso;
- Analisi della domanda, valutando le modalità di utilizzo dell'acqua per vari settori (agricoltura, industria, uso domestico) presenti sul territorio;
- Monitoraggio del consumo d'acqua per le differenti attività presenti.

Valutazione delle infrastrutture idriche esistenti

- Stato delle infrastrutture idriche, valutando le opere esistenti per la distribuzione e il trattamento dell'acqua;
- Reti di distribuzione, valutando lo stato delle reti idriche e fognarie;
- Impianti di depurazione e trattamento, valutando la capacità e l'efficienza degli impianti di trattamento presenti sul territorio.

Studio delle caratteristiche del suolo

- Analisi del suolo con identificare delle caratteristiche pedologiche e valutazione della struttura e della capacità di ritenzione idrica;
- Identificazione delle possibili pratiche per migliorare la capacità di ritenzione idrica (come la copertura del suolo e la rotazione delle colture).

Verifica delle tecnologie e delle pratiche di conservazione dell'acqua

- Analisi dei sistemi di raccolta dell'acqua in essere, in riferimento al contesto economico e tecnologico locale;
- Verifica delle tipologie e dei dimensionamenti dei sistemi di trattamento e riutilizzo delle acque reflue, con particolare focus sulle modalità di riutilizzo delle acque depurate non contesto irriguo o altro.

Analisi delle colture agronomiche

- Verifica delle colture presenti, identificandone le idroesigenze e le caratteristiche di resistenza alla siccità;
- Verifica delle tecniche agricole in essere, con particolare riguardo ai relativi aspetti di sostenibilità.

Ovviamente, quanto più differiscono tra loro le caratteristiche macroscopiche e connotative delle aree dove sviluppare un progetto idrico secondo gli obiettivi e con le modalità richiamate nel presente progetto pilota, tanto più sarà necessario, a monte dei passaggi operativi sopra richiamati, mettere in atto dei correttivi a livello macro. Si tratta di adattamenti che consentano di tenere conto, a livello di impostazione del progetto, di una valenza generale a livello di condizionamenti ambientali e climatici, passando per la valenza socioeconomica del contesto geografico per arrivare alle caratteristiche, dimensionali e operative, delle aziende agricole che dovranno operare come players nell'attuazione e nella gestione di quanto disciplinato dal progetto di ottimizzazione della sostenibilità idrica di un dato territorio italiano.

A seguire, sono in estrema sintesi, riassunte queste tre macrocategorie di adattamenti tendenziali da attuare nella fase di impostazione del progetto idrico.

Adattamenti territoriali di area vasta

Ogni contesto territoriale di area vasta presenta caratteristiche peculiari che richiedono adattamenti specifici del modello, riconducibili alle seguenti macrocategorie:

- regioni aride: priorità alla conservazione dell'acqua, tecniche avanzate di irrigazione, desalinizzazione;
- regioni umide: gestione delle acque piovane, prevenzione delle inondazioni, controllo della qualità dell'acqua;
- regioni montuose: gestione delle risorse idriche provenienti da ghiacciai e nevai, infrastrutture resilienti a frane e smottamenti.

Adattamenti per contesti a differente connotazione socioeconomica

Ogni contesto socioeconomico fortemente connotato presenta specifiche caratteristiche che richiedono adattamenti del modello, quali:

- aree a basso reddito: focus su tecnologie a basso costo e accessibili, formazione diretta e sostegno comunitario;

- aree rurali: priorità alla formazione degli agricoltori e all'implementazione di tecnologie agricole sostenibili;
- aree urbane: gestione efficiente dell'acqua potabile e delle acque reflue, coinvolgendo le autorità municipali;
- regioni industrializzate: monitoraggio rigoroso dell'uso dell'acqua industriale e incentivi per pratiche di conservazione.

Adattamenti specifici in funzione delle caratteristiche prevalenti delle aziende agricole

I diversi territori possono differire anche per quanto riguarda la tipologia prevalente di aziende agricole. In funzione di queste caratteristiche prevalenti, anche gli specifici adattamenti da apportare alla strategia di approccio del progetto dovranno essere modulati in funzione di aspetti caratterizzanti il territorio, quali:

- piccole aziende familiari: focus su tecnologie a basso costo e formazione diretta;
- grandi aziende agricole commerciali: investimenti in tecnologie avanzate e sistemi di monitoraggio complessi;
- aziende agricole in territori aridi: priorità alle tecnologie di conservazione dell'acqua e colture resistenti alla siccità;
- aziende agricole in territori con abbondanza di acqua: gestione efficiente dell'abbondanza, per evitare sprechi e preservare le risorse per il futuro.

In conclusione, l'efficace replicabilità del modello di sostenibilità idrica territoriale qui proposto dipende:

- dalla capacità di calare, adattare e dimensionare sullo specifico territorio le strategie e le metodologie del presente progetto pilota, in base alle specifiche caratteristiche ambientali, economiche e sociali di ogni contesto geografico di applicazione;
- dall'adozione di un approccio flessibile e mirato in maniera che ogni comunità, Ente gestionale o azienda produttiva coinvolte possano implementare un modello di sostenibilità idrica adeguato, migliorando la resilienza e l'efficienza delle pratiche di riutilizzo circolare della risorsa idrica, in considerazione delle caratteristiche territoriali e dei contesti climatici d'intervento.

Coinvolgere attivamente le comunità locali, utilizzare tecnologie appropriate e monitorare continuamente i risultati sono elementi chiave per il successo di un progetto di sostenibilità idrica, garantendo che le strategie di gestione sostenibile dell'acqua siano realmente efficaci e sostenibili a lungo termine, nella specifica realtà socioeconomica.

7.2. POSSIBILI APPLICAZIONI DEL MODELLO IN CONTESTI TERRITORIALI E SOCIO-ECONOMICI EXTRAEUROPEI

La replicabilità di un progetto di sostenibilità idrica dall'Italia a un contesto extraeuropeo (traguardando soprattutto il Medio Oriente e l'Africa magrebina e sub-sahariana) richiede una pianificazione meticolosa e l'adattamento alle diverse condizioni ambientali, climatiche, socioeconomiche e culturali di un altro continente. Di seguito, sono elencati i passaggi chiave per garantire il successo di tale replicabilità, con particolare riguardo al doppio contesto medio-

orientale e africano, assunti come mercati di particolare rilevanza per le tematiche di sostenibilità idrica territoriale.

Stante l'enorme variabilità insita in un discorso da calare a livello continentale o quanto meno sub-continentale, a livello di impostazione generale di un eventuale progetto applicativo in un contesto quale quello medio-orientale, una prima schematizzazione di larghissima massima, con finalità di puro approccio concettuale al tema non può non partire da una schematizzazione volta a definire la tipologia del contesto di intervento, distinguendo proprio fin dalla fase di impostazione degli adattamenti del modello proposto in funzione di contesti quali:

- territori con accesso al mare: concentrare l'attenzione sulle tecnologie di desalinizzazione per trasformare l'acqua marina in acqua potabile;
- aree desertiche: focus su tecnologie di conservazione dell'acqua;
- regioni con risorse petrolifere: utilizzare le risorse economiche disponibili per investire in infrastrutture idriche avanzate e sostenibili;
- aree rurali e agricole: promuovere pratiche agricole sostenibili e tecnologie di irrigazione efficienti.

Nel caso, invece, di progetti dedicati ai Paesi africani (ogni regione dell'Africa presenta caratteristiche uniche che richiedono adattamenti specifici del modello proposto) i principali adattamenti specifici per diversi contesti territoriali e socioeconomici possono essere come di seguito metodologicamente impostati:

- Regioni del Sahel e desertiche: priorità alle tecnologie di conservazione dell'acqua e alle colture resistenti alla siccità;
- Regioni tropicali e umide: gestione delle risorse idriche per gestire e ottimizzare le enormi differenze stagionali e migliorare la qualità dell'acqua;
- aree rurali e agricole: promuovere pratiche agricole sostenibili e tecnologie di irrigazione efficienti;
- aree urbane: gestione efficiente dell'acqua potabile e delle acque reflue.

8. L'ASSET FINANZIARIO FINALIZZATO ALL'ATTUAZIONE DEI PROGETTI DI SOSTENIBILITÀ IDRICA

Il Gruppo di Lavoro impegnato nella redazione del presente Progetto Pilota ha potuto avvalersi del contributo, fornito a titolo di collaborazione spontanea, dal Banco Popolare di Milano (BPM) in merito alla messa a punto dell'asset finanziario finalizzato all'attuazione dei progetti di sostenibilità idrica.

L'interessamento del Banco Popolare di Milano è avvenuto a partire da una partecipazione ad una delle riunioni tenutesi a Novara, al termine della quale il BPM ha espresso interesse per questa tipologia di progetti e ha chiesto di poterne sapere di più, entrando più nel merito del progetto stesso e della sua prassi autorizzativa.

È così cominciato uno scambio di contatti tra il coordinamento del progetto pilota e BPM (articolato tra call e una riunione a Milano c/o la Direzione del BPM stesso) al termine del quale BPM ha ribadito il proprio interesse per l'iniziativa di Assoreca, che si è concretizzato nel successivo invio di un contributo sui temi finanziari, che di seguito si introduce integralmente.

Si tratta di un quadro finanziario che definisce aspetti e parametri finanziari con i quali un Istituto Bancario "qualsiasi"; BPM ha infatti fornito un contributo non "personalizzato", ma (come la valenza di un progetto pilota richiede) con un taglio e un'impostazione che lo rende idoneo a fungere da riferimento per qualsiasi intervento di sostenibilità idrica che debba essere finanziato ricorrendo ai players attivi sul mercato.

Il contributo fornito costituisce pertanto un valido e trasversale documento utile per orientarsi sul mercato finanziario per quei proponenti (Ente e/o Consorzi di gestione, azienda agricola o vinicola e quant'altro) che intendessero dare seguito ad un'iniziativa quale quella sviluppata nell'ambito del presente progetto pilota, declinando ovviamente la finanza di progetto sulla specifica configurazione, articolazione e budgettizzazione messe a punto per il singolo e specifico progetto.

8.1. ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DELLA BANCABILITÀ DI UN PROGETTO - PREVIEW

Nell'identificare l'approccio per finanziare un progetto, una banca prende in considerazione diversi elementi, relativi a:

- Progetto (dimensioni, caratteristiche, soggetti coinvolti, mercato di riferimento);
- Fabbisogno finanziario associato (durata, importo, vincoli);
- Parametri economico-finanziari del progetto (capacità di generazione di flussi, grado di indebitamento);
- Disponibilità di garanzie e collaterali.

A seconda della natura di questi elementi, la scelta può ricadere in uno dei seguenti schemi contrattuali:

	Project Financing	Finanza ordinaria
Caratteristiche del Progetto	Progetto in grado di generare autonomi e prevedibili flussi di rimborso del debito	Qualsiasi investimento
Tempistiche di processo	Maggiori vs. Fin. Ordinaria	Contenute
Importo finanziato	Elevato	Minore rispetto al Project

Durata	Elevata (anche > 10 anni)	Contenuta a seconda del tipo di prodotto (BT < 12 mesi; MLT <7 anni da prassi)
Soggetto debitore	SPV dedicato allo sviluppo e gestione dello specifico progetto	Azienda richiedente
Flessibilità modalità di finanziamento	Elevata: totale personalizzazione in base alle caratteristiche del progetto	Contenuta: utilizzo prodotti standardizzati con possibilità di personalizzazione di alcune caratteristiche
Grado di indebitamento consentito	Elevato (anche 100% dell'investimento)	Minore rispetto al Project (< 80% da prassi)
Costi e pricing	Maggiore vs. Fin. Ordinaria	Minore rispetto al Project
Garanzie	Sempre presenti, invasive e atte a "isolare" i flussi del progetto a servizio del debito	Non sempre presenti, meno invasive

8.2. ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DELLA BANCABILITÀ DI UN PROGETTO - PROJECT FINANCING

Il Project Financing è una forma di finanziamento strutturato, utilizzata per finanziare specifici progetti di investimento, come la costruzione di infrastrutture, in cui il rimborso è garantito dai flussi di cassa previsti dalla attività di gestione o esercizio dell'opera stessa.

In questo tipo di finanziamento, il denaro è solitamente fornito da una combinazione di fonti, tra cui banche, istituzioni finanziarie, investitori privati e agenzie governative e prevede schemi di finanziamento altamente personalizzati e complessi, definiti su base negoziale tra le parti.

Lo schema abituale prevede la creazione di una società di progetto, nota in inglese come SPV, con lo scopo di separare i capitali destinati al progetto (ed i flussi che saranno da esso generati) da quelli dei soggetti promotori dell'iniziativa.

A tutela del progetto, la struttura di Project Financing prevede, inoltre, una serie di tutele ed obblighi contrattuali molto invasivi, volti a segmentare i rischi del progetto per fasi di vita (progettazione, sviluppo, gestione) e ripartirli su una pluralità di soggetti, ivi incluse assicurazioni, clienti finali, sponsor dell'iniziativa.

In termini di tipologia di finanziamenti, il Project Financing non fa riferimento a prodotti standardizzati, ma individua volta per volta, in base alle necessità e caratteristiche di progetti, le modalità di finanziamento più adeguate e personalizzate.

A livello finanziario, la sostenibilità economica del progetto è valutata sulla base del piano finanziario dello specifico progetto ed al netto di obblighi contrattuali e garanzie, non vi sono

fonti di rimborso esterne (es: derivanti da altre attività dei promotori del progetto o dei soggetti che lo realizzano).

8.3. ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DELLA BANCABILITÀ DI UN PROGETTO - FINANZA ORDINARIA

Progetti di dimensioni anche rilevanti, ma che non presentino le caratteristiche di una autonoma produzione di flussi di cassa identificabili separatamente dalle attività dei promotori sono solitamente finanziati tramite il ricorso a strumenti di finanza "ordinaria", in cui viene valutata la complessiva capacità del soggetto richiedente di produrre flussi di rimborso piuttosto che quella del singolo bene finanziato.

La tendenziale "standardizzazione" degli strumenti disponibili rende questa tipologia di interventi banca particolarmente adatta ad operazioni di importo contenuto e dalle caratteristiche riconducibili a dei fabbisogni ordinari.

Per quanto riguarda i principali elementi e parametri oggetto di valutazione per questo tipo di richieste, si tratta di:

- Solidità finanziaria dell'azienda;
- Caratteristiche e finalità del progetto nell'ambito delle attività del richiedente;
- Durata;
- Flussi di cassa per rimborsare il finanziamento richiesto;
- Tipologia di finanziamento richiesto (anticipi, mutui, fidejussioni, cassa);
- Garanzie e collaterali.

A seconda della natura degli elementi, l'offerta viene poi guidata su categorie di prodotto più adeguate, con gradi di personalizzazione crescenti a seconda della dimensione e complessità dell'operazione.

In particolare, le categorie di prodotto abitualmente disponibili corrispondono a:

	BT	MLT	Garanzie
Durata	< 12 mesi	< 7 anni (di norma)	< 12 mesi (di norma)
Fabbisogno finanziario	Tipicamente anticipo di futuri incassi (contratti, fatture, contributi pubblici) o di fabbisogni di cassa (es: fornitori)	Finanziamento progetti di medio-periodo	Emissione fidejussioni o garanzie a favore di terzi

8.3.1 EROGAZIONE DI FINANZA AD ENTI PUBBLICI

Nei casi in cui un istituto bancario deve finanziare direttamente un soggetto pubblico nell'ambito di prodotti di finanza ordinaria, è necessario tenere in considerazione anche il particolare regime normativo a cui essi sono sottoposti in ambito di assegnazione di finanziamenti a supporto della propria attività.

In particolare, una Pubblica Amministrazione per l'assunzione di un finanziamento deve adottare una delle procedure previste dagli artt. dal 70 al 76 del D.Lgs 36/2023 (Codice dei Contratti) in ossequio ai principi di concorrenza, di imparzialità, di non discriminazione, di pubblicità e trasparenza, di proporzionalità (art. 3 comma 1), perseguendo il migliore rapporto possibile tra qualità e prezzo, nel rispetto dei principi di legalità.

Per la scelta della procedura per l'assegnazione del finanziamento la PA deve tenere conto anche dell'importo stimato dell'appalto e delle soglie di rilevanza europea (art. 14).

Ne consegue che le PA è tenuta a porre in essere delle procedure al fine di permettere ad una pluralità di operatori economici la possibilità di partecipare all'assegnazione del finanziamento.

Solo in alcuni casi e per importi modesti (sottosoglia) la PA potrebbe decidere di assegnare il finanziamento direttamente ad un singolo operatore economico ma, nella maggior parte dei casi, per cautela e per rispetto dei principi sopra enunciati, la richiesta viene effettuata ad una pluralità di operatori.

8.3.2 EROGAZIONE DI FINANZA CORRELATA A PROGETTI PER "SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS"

Nell'ambito del sostegno a progetti finalizzati a specifici obiettivi Green o a supporto della transizione delle imprese, esistono finanziamenti specifici.

In particolare, l'offerta degli Istituti Bancari può risultare articolata in:

- Green Loan: finanziamenti i cui proventi sono utilizzati esclusivamente a finanziare "progetti Green" in coerenza con la tassonomia EU o, nei casi in cui la tassonomia non indica valori, con altri standard di mercato;
- Sustainability Linked Loan (SLL): finanziamenti i cui proventi sono utilizzati per finanziare esigenze di liquidità, investimenti materiali ed immateriali, scorte e magazzino ed a cui è associabile un indicatore che esprima il miglioramento della sostenibilità ESG del cliente.

In entrambi i casi, possono essere previste certificazioni di parte terza: per l'allineamento alla Tassonomia UE, in caso di progetti green che possano ricadere nelle definizioni in essere ma anche per le operazioni di SLL. In questo secondo caso, le certificazioni devono riguardare sia la baseline (valori di partenza del KPI individuato) che le rilevazioni periodiche (tipicamente annuali) ovvero la performance rispetto al dato di partenza.

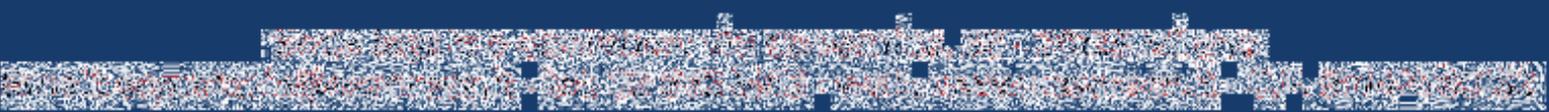
La presenza di certificatori terzi costituisce un elemento chiave per la gestione di questa tipologia di operazioni, soprattutto se queste riguardano interventi di medie e grandi dimensioni.

Ai sensi del Regolamento UE 2020/852 e dei relativi atti delegati, l'attività economica è allineata alla Tassonomia EU se in linea con i requisiti previsti per l'attività economica 5. (Water supply, sewerage, waste management and remediation), in particolare 5.1 e 5.2 dell'Atto Delegato sulle attività sostenibili che contribuiscono all'obiettivo della mitigazione del cambiamento climatico o con i requisiti previsti per l'attività economica 2.1. (Water supply) dell'Atto Delegato sulle attività che contribuiscono all'obiettivo dell'uso sostenibile e la protezione delle acque e delle risorse marine.



STRATEGIA DI OTTIMIZZAZIONE IDRICA DI UN COMPARTO TERRITORIALE

ALL. A - ALIMENTAZIONE IDRICA DI SUPPORTO ALLE COLTIVAZIONI
AGRICOLE MEDIANTE ACQUE RIUTILIZZATE DA IMPIANTI DI
DEPURAZIONE



SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	32
1.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	32
1.2. DECRETO LEGISLATIVO SICCIÀ.....	35
1.2.1 ART. 7 D.L SICCIÀ – RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE	36
2. DEPURATORE TRECATE	36
2.1. ANALISI QUANTITATIVA DELLE PORTATE DI OUTPUT	37
2.2. ANALISI QUALITATIVA DELLE PORTATE DI OUTPUT	38
2.2.1 QUADRO NORMATIVO	38
2.2.2 DATI DEL MONITORAGGIO QUALITATIVO	43
2.3. STAZIONE DI SOLLEVAMENTO E CANALE DI ADDUZIONE	47
3. BACINO VOLANO	50
3.1. DESTINO SECONDARIO ATTIVITÀ DI CAVA.....	52
3.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICA DELL'AREA	54
3.3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA.....	57
3.3.1 FALDA FREATICA	57
3.4. IMPERMEABILIZZAZIONE DEL BACINO	58
3.4.1 GEOCOMPOSITO BENTONITICO	58
3.5. ANALISI DELL'AREA DA SERVIRE.....	59
4. MODELLO AFFLUSSI - DEFLUSSI.....	60
4.1 MODELLO DI CALCOLO.....	60
4.2 CALCOLO DEL DEFICIT IDRICO TERRITORIALE.....	60
4.3 EVAPORAZIONE.....	61
4.4 CONTRIBUTO PLUVIOMETRICO	62
4.5 BILANCIO VOLUMETRICO	63
4.5.1 EFFETTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO	64
4.5 SOLLEVAMENTO E STAZIONE DI RECAPITO	65
4.5.1 ALIMENTAZIONE IMPIANTO IDROELETTRICO DI SALTO MARANZINO	68
5. STIMA ECONOMICA.....	69

ALLEGATO A - ALIMENTAZIONE IDRICA DI SUPPORTO ALLE COLTIVAZIONI AGRICOLE MEDIANTE ACQUE RIUTILIZZATE DA IMPIANTI DI DEPURAZIONE

1. INTRODUZIONE

L'effetto dei cambiamenti climatici ed il conseguente manifestarsi di periodi siccitosi, sempre più frequenti e di rilevante entità, oltreché alternati ad eventi intensi di precipitazioni, impone un cambio di approccio sia tecnico che culturale nelle modalità di utilizzo della risorsa idrica su scala territoriale.

A tutt'oggi, la quantità complessiva di acqua presente su un dato territorio viene suddivisa tra le diverse categorie di utilizzo (civile e potabile, industriale, agricola e zootecnica, idroelettrica) in maniera competitiva, riducendo e a volte annullando la fornitura ad una o più di tali categorie, quando le portate disponibili diventano insufficienti. Nelle more di complessi, onerosi e lunghi processi di incremento degli approvvigionamenti e di riduzione delle perdite è quindi necessario gestire la risorsa acqua in modo circolare ed efficiente, attuando un utilizzo multiplo e sinergico, che ne massimizzi l'uso "in cascata" al posto della competizione tra le diverse tipologie di fruizione e utilizzo.

Il presente elaborato si pone l'obiettivo di descrivere una possibile strategia di ottimizzazione idrica del comparto territoriale di Trecate e Cerano (NO); in particolar modo l'intervento ha come fine quello di proporre il riutilizzo di quota parte delle acque in uscita dal depuratore di Cerano di proprietà della società ACQUA NOVARA.VCO (partner progettuale). La strategia progettuale prevede la derivazione di quota parte dei volumi di output dell'impianto di depurazione con successivo stoccaggio in un bacino volano, generato in corrispondenza di un'area di cava estrattiva. Suddetti volumi idrici verranno successivamente resi disponibili per le attività agricole a sud del depuratore, in corrispondenza di periodi di deficit idrico nei quali i contributi d'acqua a disposizione dei canali consortili di Est Sesia (partner progettuali) non siano sufficienti a garantire il fabbisogno minimo delle colture.

1.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio comunale di Cerano si estende nella zona sud-orientale della provincia di Novara, bagnato ad est dal fiume Ticino, e in prossimità con la provincia di Milano e Pavia (Figura 1). I comuni limitrofi sono i seguenti: a nord il comune di Trecate (NO), a nord-est il comune di Boffalora (MI), a sud il comune di Cassolnovo (PV), a ovest il comune di Sozzago (NO) e ad est i comuni di Magenta (MI), Robecco sul Naviglio (MI) ed Abbiategrosso (MI).

La località di Cerano è situata in un'area prevalentemente pianeggiante, di formazione alluvionale, e in un'area valliva formata dal fiume Ticino. La superficie amministrativa si sviluppa

distintamente in un ristretto complesso urbano, in un'ampia sezione agricola, aspetto dominante del territorio, e una zona naturale (Parco Naturale della Valle del Ticino). Queste identità territoriali sono rispettivamente separate e attraversate da una fitta rete idrografica: il fiume Ticino (al limite del quadrante occidentale), le rogge Cerana e Mora, il sistema dei navigli Sforzesco e Langosco, dal canale Diramatore Vigevano e da altre diramazioni minori.

La configurazione territoriale di Cerano può quindi essere articolata in tre sub aree omogenee, dinamiche e sinergiche tra di loro, ma fondamentalmente ben distinte in termini paesaggistici. Due di queste si sviluppano nel terrazzo alluvionale pianeggiante: un'area agricola (Piana irrigua) occupata da coltivazioni intensive e un'area urbanizzata (Piana "asciutta" baraggiva) costituita da insediamenti a carattere produttivo e dalla rete di infrastrutture. La terza sub area è il solco vallivo del fiume Ticino, caratterizzata principalmente da aspetti boschivi e ripariali.

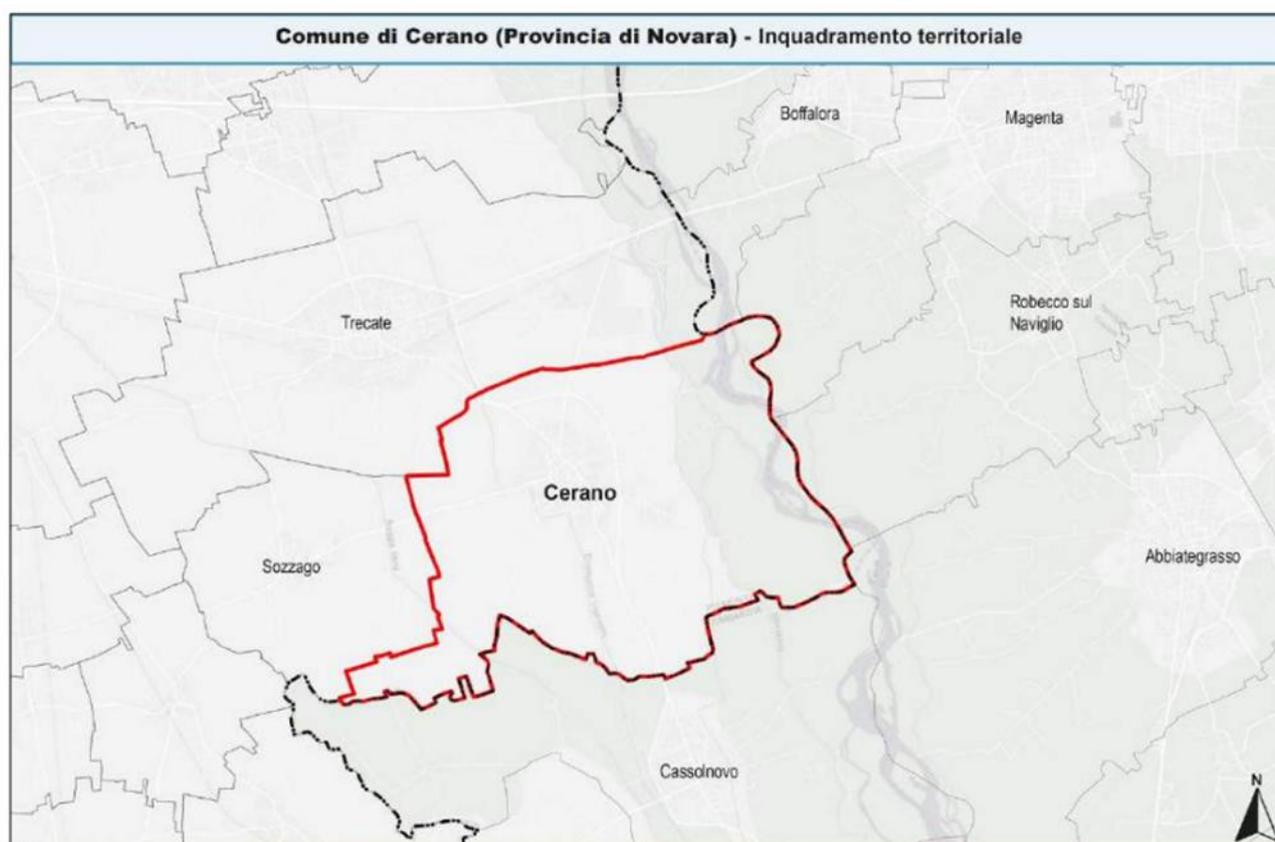


Figura 1 - Inquadramento territoriale Comune di Cerano

L'economia del comune si basa soprattutto sulla rendita derivante dai terreni agricoli e dagli insediamenti di carattere produttivo sparsi sul territorio: un consistente addensamento industriale in contiguità con il centro urbano ad est, alcuni insediamenti isolati ad est della fascia baraggiva tra il centro e la valle del Ticino, e un addensamento minore in prossimità della direttrice per il Polo Industriale San Martino di Trecale.

Il secondo comune, oggetto di studio ma non interessato direttamente dall'intervento, è quello di Trecate si estende nella zona sud-orientale della provincia di Novara, bagnato ad est dal fiume Ticino, e in prossimità con la provincia di Milano e Pavia (Figura 1). I comuni limitrofi sono i seguenti: a nord il comune di Romentino (NO), a nord-est il comune di Bernate Ticino (MI), a sud i comuni di Sozzago (NO) e Cerano (NO), a ovest i comuni di Novara e Garbagna Novarese (NO) e ad est il comune di Boffalora sopra Ticino (MI).

La località di Trecate è situata in un'area prevalentemente pianeggiante, di formazione alluvionale, e in un'area valliva formata dal fiume Ticino. La superficie amministrativa si sviluppa distintamente in un ristretto complesso urbano, in un'ampia sezione agricola, aspetto dominante del territorio, e una zona naturale (Parco Naturale della Valle del Ticino). Queste identità territoriali sono rispettivamente separate e attraversate da una fitta rete idrografica: il fiume Ticino (al limite del quadrante occidentale), il torrente Terdoppio, la roggia Cerana, il sistema dei navigli Sforzesco e Langosco, dal canale Diramatore Vigevano e da altre diramazioni minori.

L'economia del comune ha carattere essenzialmente industriale, segnata dalla presenza di diversi insediamenti industriali operanti nel settore petrolchimico, racchiusi nel polo industriale di San Martino, situato ad est del centro cittadino. Tuttavia, buoni redditi derivano dall'agricoltura e dall'allevamento, e permane un'attività dedicata all'acquacoltura.

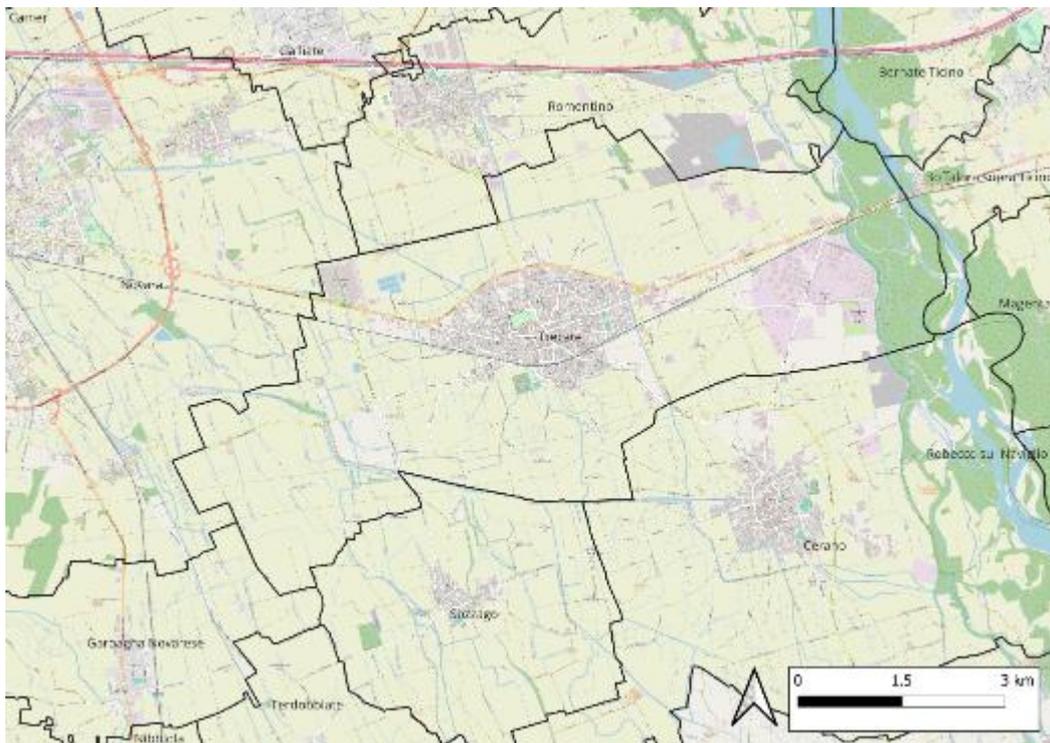


Figura 2 - Inquadramento territoriale Comune di Treiate

1.2. DECRETO LEGISLATIVO SICCIÀ

Dopo il voto di fiducia del Senato e della Camera sul DL Siccità, è stata pubblicata in Gazzetta Ufficiale la legge 68/2023 di conversione del dl 39/2023 contenete "disposizioni urgenti per il contrasto della scarsità idrica e per il potenziamento e l'adeguamento delle infrastrutture idriche". La legge è in vigore da mercoledì 14 giugno 2023.

Scendono in campo nuove misure urgenti per fronteggiare l'emergenza idrica in agricoltura, nonché il potenziamento e l'adeguamento delle infrastrutture idriche; molto importante, inoltre, la possibilità di riutilizzare le acque reflue (soprattutto in agricoltura).

In considerazione delle gravi ripercussioni che la persistente situazione di scarsità idrica potrebbe determinare sul tessuto economico e sociale, il provvedimento in esame introduce misure specifiche, finalizzate ad aumentare la resilienza dei sistemi idrici ai cambiamenti climatici e a ridurre le dispersioni di risorse idriche.

In particolare, il testo individua specifiche misure volte a prevenire la siccità, con attenzione alla resilienza dei sistemi idrici, le dispersioni idriche, aumento degli invasi, riutilizzo delle acque.

1.2.1 ART. 7 D.L SICITÀ – RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE

L'articolo 7 disciplina l'utilizzo delle acque reflue depurate in agricoltura, prodotte dagli impianti di depurazione già in esercizio. Sempre con l'obiettivo di fronteggiare la crisi idrica, garantendone una gestione razionale e sostenibile, sono previste semplificazioni anche per le attività di riutilizzo delle acque reflue depurate.

In particolare, è autorizzato fino al 31 dicembre 2023, dalla regione o dalla provincia autonoma territorialmente competente, il riutilizzo a scopi irrigui in agricoltura delle acque reflue depurate prodotte dagli impianti di depurazione già in esercizio alla data del 15 aprile 2023 (data di entrata in vigore del decreto), nel rispetto delle prescrizioni minime di cui all'Allegato A al decreto e della predisposizione di un piano di gestione dei rischi.

L'autorizzazione è rilasciata a seguito di un procedimento unico semplificato, al quale partecipano l'agenzia regionale per la protezione ambientale e l'ASL territorialmente competenti, nonché ciascuna amministrazione interessata.

Entro il 30 settembre 2023, le Regioni potranno intervenire per mettere in efficienza gli invasi esistenti, in particolare attraverso le attività di manutenzione da fanghi e sedimenti.

2. DEPURATORE CERANO

Il depuratore di Cerano è gestito da ACQUA NOVARA.VCO, società responsabile del servizio idrico integrato in 140 Comuni delle Province di Novara e del Verbano-Cusio-Ossola. L'impianto è progettato per una capacità di 122.000 abitanti equivalenti e tratta le acque dei Comuni di Cameri, Cerano, Galliate, Romentino e Trecate, per poi restituirle al Fiume Ticino attraverso un sistema di canali.

Il depuratore opera secondo un processo a fanghi attivi, costituito da una linea di pretrattamenti (grigliatura, dissabbiatura e disoleatura), seguita da una vasca di denitrificazione, una fase di sedimentazione primaria, una vasca di aerazione e dal sedimentatore secondario; conclude il processo uno step di disinfezione delle acque in uscita dal depuratore.



Figura 3 - Localizzazione dell'impianto di depurazione nel Comune di Cerano (NO)

2.1. ANALISI QUANTITATIVA DELLE PORTATE DI OUTPUT

L'impianto di depurazione posto nel Comune di Cerano rappresenta un recettore idraulico importante, in quanto ad esso vengono convogliati volumi di acque reflue rilevanti.

Grazie al partner territoriale ACQUA NOVARA.VCO, gestore dell'impianto di depurazione, è stato possibile venire a conoscenza delle serie storiche relative alle portate di acqua depurata in uscita dall'impianto.

I valori forniti, afferenti agli anni 2020, 2021, 2022, 2023, sono suddivisi mensilmente, permettendo uno specifico focus sugli andamenti stagionali e mensili delle portate di deflusso. È possibile quantificare in circa 5.135.000 m³ il volume di output medio annuale dell'impianto, soggetto ad oscillazioni dell'ordine del $\pm 10\%$. Si riporta in Tabella 1 dettaglio della serie storica analizzata.

Di particolare interesse risulta essere il fisiologico incremento delle portate riscontrabile nel periodo estivo (giugno, luglio, agosto), dovuto ad un maggior utilizzo della risorsa idrica per scopi civili ed industriali. Questo incremento, quantificabile in un incremento del 34% dei volumi rispetto alla media annuale basata sui restanti mesi, risulta incoraggiante in quanto temporalmente coincidente con i periodi di maggior criticità idrica per le colture locali.

Tabella 1 - Serie storica impianto di depurazione Cerano

VOLUMI IN USCITA DALL'IMPIANTO DI CERANO [m3]					
-	2020	2021	2022	2023	Media mensile
Gennaio	386.719	414.585	363.205	336.645	375.289
Febbraio	312.660	337.320	340.453	264.583	313.754
Marzo	435.062	420.881	363.929	306.874	381.687
Aprile	373.574	456.058	376.068	384.530	397.558
Maggio	350.793	467.345	464.302	497.360	444.950
Giugno	426.887	483.881	463.878	591.798	491.611
Luglio	515.976	543.038	435.254	683.784	544.513
Agosto	519.739	566.121	428.113	689.132	550.776
Settembre	403.347	443.592	361.843	596.965	451.437
Ottobre	434.279	416.458	315.435	461.229	406.850
Novembre	361.246	415.408	350.563	398.180	381.349
Dicembre	441.558	396.805	381.312	361.091	395.192
Somma annuale	4.961.840	5.361.492	4.644.355	5.572.171	

2.2. ANALISI QUALITATIVA DELLE PORTATE DI OUTPUT

2.2.1 QUADRO NORMATIVO

Il trattamento e riutilizzo delle acque reflue sono regolati da un sistema normativo complesso a livello nazionale, che può essere in alcuni casi dettagliato a livello regionale (Puglia, Sardegna e Liguria). Per quanto riguarda il contesto nazionale, il riutilizzo delle acque reflue depurate in agricoltura è regolato dal Decreto 2 maggio 2006, che ai sensi dell'articolo 99, comma 1, del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, definisce le norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue, domestiche, urbane ed industriali attraverso la regolamentazione delle destinazioni d'uso e dei relativi requisiti di qualità. Si riportano in seguito le norme tecniche principali afferenti al riutilizzo delle acque reflue in ambito irriguo, ovvero "per l'irrigazione di colture destinate sia alla produzione di alimenti per il consumo umano ed animale sia a fini non alimentari, nonché per l'irrigazione di aree destinate al verde o ad attività ricreative o sportive":

- il riutilizzo deve avvenire in condizioni di sicurezza ambientale, evitando alterazioni agli ecosistemi, al suolo ed alle colture, nonché rischi igienico-sanitari per la popolazione esposta e comunque nel rispetto delle vigenti disposizioni in materia di sanità e sicurezza e delle regole di buona prassi industriale e agricola;

- le acque reflue recuperate destinate al riutilizzo irriguo o civile devono possedere, all'uscita dell'impianto di recupero, requisiti di qualità chimico-fisici e microbiologici conformi ai limiti riportati in Tabella 1.
- con riferimento alla Tabella 1: nelle acque all'uscita dell'impianto di recupero, i limiti per pH, azoto ammoniacale, conducibilità elettrica specifica, alluminio, ferro, manganese, cloruri, solfati di cui alla Tabella 2 rappresentano valori guida. Per tali parametri, le regioni possono autorizzare limiti diversi da quelli di cui alla tabella, previo parere conforme del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, per le specifiche destinazioni d'uso, comunque, non superiori ai limiti per lo scarico in acque superficiali di cui alla tabella 3 dell'allegato 5 della Parte Terza del decreto legislativo n. 152/2006. Per la conducibilità elettrica specifica, non deve essere superato il valore di 4000 microS/cm. Per i restanti parametri chimico-fisici, le regioni possono prevedere, sulla base di consolidate conoscenze acquisite per i diversi usi e modalità di riutilizzo a cui le acque reflue sono destinate, limiti diversi da quelli previsti nella tabella, purché non superiori i limiti per lo scarico in acque superficiali di cui alla Tabella 3 della Allegato 5 della Parte Terza del decreto legislativo n. 152/2006, previo parere del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio;
- nel caso di riutilizzo irriguo, i limiti per fosforo e azoto totale possono essere elevati rispettivamente a 10 e 35 mg/l;
- per tutti i parametri chimico-fisici, i valori limite sono da riferirsi a valori medi su base annua o, nel solo caso del riutilizzo irriguo, della singola campagna irrigua. Il riutilizzo deve comunque essere immediatamente sospeso ove, nel corso dei controlli, il valore puntuale di qualsiasi parametro risulti superiore al 100% del valore limite;
- per il parametro Escherichia coli, il valore limite indicato in tabella (10 UFC/100 ml) è da riferirsi all'80% dei campioni, con un valore massimo di 100 UFC/100 ml. Il riutilizzo deve comunque essere immediatamente sospeso ove nel corso dei controlli il valore puntuale del parametro in questione risulti superiore a 100 UFC/ 100 ml.

Tabella 2 - Valori limite delle acque reflue all'uscita dal depuratore (Allegato, D.lgs. 2 maggio 2006)

	Parametro	Unità di misura	Valore limite
Parametri chimico-fisici	pH		6-9,5
	SAR		10
	Materiali grossolani		Assenti
	Soldi sospesi totali	mg/L	10
	BOD ₅	mgO ₂ /L	20
	COD	mgO ₂ /L	100
	Fosforo totale	mgP/L	2
	Azoto totale	mgN/L	15
	Azoto ammoniacale	mgNH ₄ /L	2
	Conducibilità elettrica	μS/cm	3000
	Alluminio	mg/L	1
	Arsenico	mg/L	0,02

Parametro	Unità di misura	Valore limite
Bario	mg/L	10
Berillio	mg/L	0,1
Boro	mg/L	1,0
Cadmio	mg/L	0,0005
Cobalto	mg/L	0,05
Cromo totale	mg/L	0,1
Cromo VI	mg/L	0,005
Ferro	mg/L	2
Manganese	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Nichel	mg/L	0,2
Piombo	mg/L	0,1
Rame	mg/L	1
Selenio	mg/L	0,01
Stagno	mg/L	3
Tallio	mg/L	0,001
Vanadio	mg/L	0,1
Zinco	mg/L	0,5
Cianuri totali (come CN)	mg/L	0,05
Solfuri	mgH ₂ S/L	0,5
Solfiti	mgSO ₃ /L	0,5
Solfati	mgSO ₄ /L	500
Cloro attivo	mg/l	0,2
Cloruri	mgCl/L	250
Fluoruri	mgF/L	1,5
Grassi e olii animali/vegetali	mg/L	10
Oli minerali Nota 1	mg/L	0,05
Fenoli totali	mg/L	0,1
Pentaclorofenolo	mg/L	0,003
Aldeidi totali	mg/L	0,5
Tetracloroetilene, tricloroetilene (somma delle concentrazioni dei parametri specifici)	mg/L	0,01
Solventi clorurati totali	mg/L	0,04
Triometani (somma delle concentrazioni)	mg/L	0,03
Solventi organici aromatici totali	mg/L	0,01
Benzene	mg/L	0,001
Benzo(a)pirene	mg/L	0,00001
Solventi organici azotati totali	mg/L	0,01
Tensioattivi totali	mg/L	0,5
Pesticidi clorurati (ciascuno) Nota 2	mg/L	0,0001

	Parametro	Unità di misura	Valore limite
	Pesticidi fosforati (ciascuno)	mg/L	0,0001
	Altri pesticidi totali	mg/L	0,05
Parametri microbiologici	Escherichia coli	UFC/100mL	10 (80% dei campioni) 100 valore puntuale max
	Salmonella	-	assente

Si dovrà, inoltre, valutare l'applicabilità del Regolamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 maggio 2020, recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua: con riferimento a quanto riportato nell'articolo 2, comma 1, il regolamento "si applica ogni volta che le acque reflue urbane trattate sono riutilizzate, in conformità dell'articolo 12, paragrafo 1, della direttiva 91/271/CEE, a fini irrigui in agricoltura, come specificato nell'Allegato I, sezione 1".

All'interno del contesto nazionale, il sopracitato regolamento è stato recepito con il DL 14 aprile 2023, n.39, recante "Disposizioni urgenti per il contrasto della scarsità idrica e per il potenziamento e l'adeguamento delle infrastrutture idriche". In particolare, con l'art. 7 e il relativo allegato A, sono definiti i possibili utilizzi delle acque reflue affinate e le prescrizioni di qualità da soddisfare per ottenere l'autorizzazione al riutilizzo a scopi irrigui in agricoltura delle acque reflue depurate fino al 31 dicembre 2023, ai sensi del regolamento (UE) 2020/741 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 maggio 2020. Di seguito sono riportate le classi di qualità delle acque affinate e le relative prescrizioni di qualità (Tabella 3 e Tabella 4).

Tabella 3 - Classi di qualità delle acque affinate e tecniche di irrigazione e utilizzi agricoli consentiti

(Regolamento (UE) 2020/741)

Classe di qualità delle acque affinate	Categoria di coltura	Tecniche di irrigazione
A	Colture alimentari da consumare crude la cui parte commestibile è a diretto contatto con le acque affinate e le piante da radice da consumare crude	Tutte
B	Colture alimentari da consumare crude la cui parte commestibile è prodotta al di sopra del livello del terreno e non è a diretto contatto con le acque affinate; colture alimentari trasformate; colture per alimentazione animale (pascolo e colture da foraggio); colture non alimentari.	Tutte
C	Colture alimentari da consumare crude la cui parte commestibile è prodotta al di	Irrigazione a goccia o altra tecnica di

Classe di qualità delle acque affinate	Categoria di coltura	Tecniche di irrigazione
	sopra del livello del terreno e non è a diretto contatto con le acque affinate; colture alimentari trasformate; colture alimentari non trasformate, comprese le colture utilizzate per l'alimentazione di animali da latte o da carne.	irrigazione che eviti il contatto diretto con la parte commestibile della coltura
D	Colture industriali, da energia e da sementi	Tutte le tecniche di irrigazione

Tabella 4 - Classi di qualità e prescrizioni di qualità delle acque affinate a fini irrigui in agricoltura (DL 14 aprile 2023)

Classi di qualità	Obietti tecnologico indicativo	Prescrizioni di qualità									
		E. Coli (numero/100ml)	BOD ₅ (mgO ₂ /L)	TSS (mg/L)	Torbidità (NTU)	Legionella spp. (ufc/L)	Nematodi intestinali	N _{tot} (mg/L)	P _{tot} (mg/L)	Salinità (psu)	Salmonella spp.
A	Trattamento secondario, terziario, filtrazione e disinfezione	≤10	≤10	≤10	≤5	≤1000	≤1 uovo/L	In conformità al d.lgs 152/2006	In conformità al d.lgs 152/2006	≤10	assente
B	Trattamento secondario, terziario e disinfezione	≤100	In conformità alla direttiva	In conformità alla direttiva	-	≤1000	≤1 uovo/L	(tabella 2 ove applicabile, tabella 3, allegato 5, parte III)	(tabella 2 ove applicabile, tabella 3, allegato 5, parte III)	≤10	assente
C	Trattamento secondario, terziario e disinfezione	≤1000	91/271/CE (allegato 1, tabella 1)	91/271/CE (allegato 1, tabella 1)	-	≤1000	≤1 uovo/L			≤10	assente

Classi di qualità	Obietti vo tecnologico indicativo	Prescrizioni di qualità									
		E. Coli (numero/100ml)	BOD ₅ (mgO ₂ /L)	TSS (mg/L)	Torbidità (NTU)	Legionella spp. (ufc/L)	Nematodi intestinali	N _{tot} (mg/L)	P _{tot} (mg/L)	Salinità (psu)	Salmone nella spp.
D	Trattamento secondario, terziario e disinfezione	≤10.000			-	≤1000	≤1 uovo/L			≤10	assente

2.2.2 DATI DEL MONITORAGGIO QUALITATIVO

Al fine di procedere con l'attivazione di un piano di riutilizzo irriguo in agricoltura delle acque affinate dal depuratore di Cerano, ACQUA NOVARA.VCO (società che si occupa della sua gestione) ha fornito due serie di dati relativi ai campionamenti sulle acque in uscita dal depuratore, per gli anni 2021 e 2022. Le due serie di dati sono stati analizzati in relazione ai due riferimenti normativi di cui sopra:

- D.Lgs 2 maggio 2006: dall'analisi dei dati forniti da ACQUA NOVARA.VCO (Tabella 5 e Tabella 6), risulta che le acque in uscita dal depuratore di Cerano sono conformi al riutilizzo irriguo in agricoltura per tutti i parametri analizzati;
- DL 14 aprile 2023: la ripetizione dell'analisi dei dati, ha evidenziato come le acque in uscita dal depuratore siano conformi al riutilizzo irriguo in agricoltura per classi di qualità B, C e D. Risultano invece non conformi al riutilizzo per la classe di qualità A, a causa di un superamento del parametro BOD₅ nel 2021 e di due superamenti del parametro SST durante l'anno 2022.

Nel caso durante il riutilizzo delle acque reflue affinate si rilevassero dei superamenti, il riutilizzo sarebbe interrotto, fino a che il valore puntuale del parametro (o dei parametri) per cui è stato sospeso sia rientrato al disotto del valore limite in almeno tre controlli successivi e consecutivi.

Tabella 5 - Dati monitoraggio in uscita dal depuratore Cerano (anno 2021). In rosso sono evidenziati i superamenti da cui deriva la non conformità al riutilizzo in classe di qualità A (DL 14 aprile 2023)

Depuratore	Data campionamento	COD uscita (mgO ₂ /L)	BOD ₅ uscita (mgO ₂ /L)	SST uscita (mg/L)	N uscita (mg/L)	P uscita (mg/l)
CERANO	04/01/2021	29	7	13	6.43	0.45
CERANO	12/01/2021	45.5	29	4	15.2	0.48
CERANO	19/01/2021	23	8	4	9.24	0.24
CERANO	25/01/2021	28.7	14	4	5.32	0.22

Depuratore	Data campionamento	COD uscita (mgO ₂ /L)	BOD ₅ uscita (mgO ₂ /L)	SST uscita (mg/L)	N uscita (mg/L)	P uscita (mg/l)
CERANO	01/02/2021	30	10	4	6.85	0.33
CERANO	09/02/2021	23	9	4	4.3	0.33
CERANO	15/02/2021	51.2	17	7	7.27	0.27
CERANO	23/02/2021	25	12	6	6.43	0.3
CERANO	01/03/2021	26	6	5	5.51	0.32
CERANO	09/03/2021	38	10	4	11	0.49
CERANO	16/03/2021	23	7	4	5.89	0.34
CERANO	22/03/2021	13	5	4	7.3	0.34
CERANO	30/03/2021	33	10	7	7.61	0.35
CERANO	06/04/2021	27	9	7	6.58	0.32
CERANO	13/04/2021	20	5	4	4.41	0.29
CERANO	19/04/2021	23	9	4	6.7	0.35
CERANO	27/04/2021	33	7	13	7.2	0.48
CERANO	03/05/2021	32.8	5	10	3.34	0.21
CERANO	11/05/2021	22	8	4	6.71	0.33
CERANO	17/05/2021	21.2	7	4	4.7	0.32
CERANO	25/05/2021	17	5	6	4.58	0.51
CERANO	31/05/2021	23	8	4	4.74	0.35
CERANO	08/06/2021	21	8	4	4.57	0.29
CERANO	14/06/2021	26.8	8	5	6.28	0.3
CERANO	21/06/2021	28.4	9	8	4.85	0.5
CERANO	28/06/2021	25.6	9	4	5.28	0.33
CERANO	05/07/2021	22	7	4	6.1	0.37
CERANO	13/07/2021	23	7	4	5.81	0.39
CERANO	19/07/2021	12	5	4	4.24	0.3
CERANO	27/07/2021	16	9	4	5.03	0.46
CERANO	02/08/2021	26.6	10	4	3.46	0.42
CERANO	10/08/2021	19	6	4	4.29	0.6
CERANO	16/08/2021	14.8	5	4	4.43	0.64
CERANO	24/08/2021	17	7	4	8.46	1.31
CERANO	30/08/2021	17.3	5	8	4.99	0.5
CERANO	07/09/2021	20	8	4	6.23	0.61
CERANO	13/09/2021	18.8	5	4	5.31	1

Depuratore	Data campionamento	COD uscita (mgO ₂ /L)	BOD ₅ uscita (mgO ₂ /L)	SST uscita (mg/L)	N uscita (mg/L)	P uscita (mg/l)
CERANO	21/09/2021	24	9	4	5.68	0.36
CERANO	27/09/2021	25.1	8	4	4.46	0.45
CERANO	05/10/2021	14	5	13	1.8	0.23
CERANO	11/10/2021	27.4	10	5	5.39	0.56
CERANO	19/10/2021	21	6	4	6.36	0.37
CERANO	25/10/2021	16.5	7	4	4.02	0.18
CERANO	03/11/2021	11	5	4	4.03	0.29
CERANO	08/11/2021	17.1	5	4	4.78	0.27
CERANO	16/11/2021	16	6	5	8.58	0.32
CERANO	22/11/2021	25	8	4	4.7	0.38
CERANO	29/11/2021	28.5	12	5	4.31	0.23
CERANO	06/12/2021	14.9	5	4	3.13	0.2
CERANO	14/12/2021	15	7	4	6.52	0.22
CERANO	20/12/2021	21.5	6	10	8.59	0.19
CERANO	28/12/2021	19	6	4	11.8	0.38
Media annua 2021		23.30	8.08	5.25	5.98	0.39

Tabella 6 - Dati monitoraggio in uscita dal depuratore Cerano (anno 2022). In rosso sono evidenziati i superamenti da cui deriva la non conformità al riutilizzo in classe di qualità A (DL 14 aprile 2023)

Depuratore	Data Campionamento	COD uscita (mgO ₂ /L)	BOD ₅ uscita (mgO ₂ /L)	SST uscita (mg/L)	N uscita (mg/L)	P uscita (mg/l)
CERANO	02/01/2022	10.5	5	23	4.37	0.22
CERANO	10/01/2022	15	5	4	4.18	0.25
CERANO	23/01/2022	43	15	4	7.95	0.41
CERANO	30/01/2022	33.7	10	8	6.55	0.28
CERANO	07/02/2022	15.5	5	4	4.96	0.23
CERANO	13/02/2022	35.3	12	13	13	0.52
CERANO	27/04/2022	29.6	9	6	4.14	0.29
CERANO	02/05/2022	28.7	8	7	7.22	0.4
CERANO	10/05/2022	20	6	10	4.92	0.35
CERANO	16/05/2022	21.7	6	4	4.41	0.43
CERANO	24/05/2022	26	9	21	6.34	0.76

CERANO	30/05/2022	53.8	15	5	5.97	0.99
CERANO	07/06/2022	25	10	9	5.01	0.6
CERANO	13/06/2022	21	5	6	8.05	1.45
CERANO	20/06/2022	14	5	4	3.78	0.9
CERANO	21/06/2022	14	5	4	6.01	0.85
CERANO	27/06/2022	25.6	8	6	6.42	0.88
CERANO	04/07/2022	19	5	8	6.61	1.11
CERANO	11/07/2022	22.7	8	5	6.57	0.64
CERANO	12/07/2022	20	6	5	6.1	0.8
CERANO	18/07/2022	17	5	5	4.87	0.63
CERANO	25/07/2022	18.9	6	4	5.66	0.79
CERANO	26/07/2022	21	7	5	6.41	1.19
CERANO	01/08/2022	23	8	4	4.2	0.48
CERANO	02/08/2022	18	7	6	5.28	1.23
CERANO	09/08/2022	13	5	4	10.1	1.17
CERANO	16/08/2022	11	5	10	5.68	1.31
CERANO	17/08/2022	14	5	10	13.8	1.55
CERANO	23/08/2022	11	5	14	9.61	0.98
CERANO	29/08/2022	13	5	5	6.29	0.68
CERANO	06/09/2022	17	6	10	7.13	1.11
CERANO	07/09/2022	16	7	5	6.1	1.07
CERANO	12/09/2022	16	4	4	6.68	0.63
CERANO	19/09/2022	26.4	11	4	9.01	0.88
CERANO	20/09/2022	16.5	8	4	9.12	0.77
CERANO	26/09/2022	15.1	5	5	4.03	1
CERANO	04/10/2022	9	5	4	4.57	0.57
CERANO	10/10/2022	20.6	7	5	6.9	1
CERANO	11/10/2022	5	5	5	3.77	0.72
CERANO	18/10/2022	15.9	5	4	7.77	0.96
CERANO	24/10/2022	12.1	5	4	6.41	1.11
CERANO	31/10/2022	15	5	13	9.73	1.43
CERANO	02/11/2022	15	5	14	11.2	1.48
CERANO	07/11/2022	20.7	6	5	5.83	0.8
CERANO	15/11/2022	10	5	4	9.65	0.95
CERANO	21/11/2022	11	5	4	7.01	0.76

CERANO	28/11/2022	18	6	4	4.85	0.87
CERANO	05/12/2022	27	10	11	3.5	0.32
CERANO	13/12/2022	16	6	4	9.01	0.54
CERANO	19/12/2022	11	5	19	7.36	0.27
CERANO	28/12/2022	18	6	15	7.96	0.71
Media annua 2022		19.32	6.71	7.25	6.71	0.79

La verifica del rispetto dei limiti Normativi per il riutilizzo a scopo irriguo delle acque depurate viene attuato in differenti forme: prelievo di campioni periodici nel rispetto dei doveri legislativi riconducibili all'impianto di depurazione (sulla falsa riga di quanto riportato nel presente paragrafo) ed un monitoraggio in continuo delle sole acque rimandate all'invaso. In particolare, il monitoraggio in continuo prevederà l'implementazione dei seguenti strumenti di monitoraggio:

- Sonde multiparametriche: queste sonde misurano diversi parametri contemporaneamente, come pH, temperatura, conducibilità, ossigeno disciolto, torbidità e solidi sospesi. Sono spesso utilizzate perché forniscono un monitoraggio dettagliato e in tempo reale della qualità dell'acqua.
- Spettrofotometri online: utilizzati per misurare il contenuto di composti organici (BOD, COD) e altri parametri chimici, gli spettrofotometri lavorano analizzando l'assorbimento di luce da parte dei campioni d'acqua. Questi strumenti sono molto efficaci nel rilevare variazioni rapide nella qualità delle acque.
- Analizzatori di azoto e fosforo: specifici per il monitoraggio di nutrienti, questi strumenti misurano i livelli di azoto ammoniacale, nitrati e fosfati, che sono parametri critici per evitare eutrofizzazione nei corpi idrici riceventi.
- Misuratori di Ossigeno Dissolto (OD): essenziali per valutare l'efficienza del processo di ossigenazione e la qualità dell'acqua, questi strumenti misurano il livello di ossigeno disponibile nelle acque trattate, che è un indicatore della loro qualità biologica.
- Sensori di torbidità e solidi sospesi: questi sensori misurano la trasparenza dell'acqua e la quantità di particelle solide in sospensione, fornendo un'indicazione della qualità fisica dell'acqua e dell'efficacia del processo di chiarificazione.
- Strumenti di monitoraggio del cloro residuo: in impianti che utilizzano clorazione come processo di disinfezione finale, questi strumenti misurano la quantità di cloro rimasto nell'acqua per garantire che sia adeguatamente disinfettata ma senza eccessi che potrebbero risultare dannosi.

2.3. STAZIONE DI SOLLEVAMENTO E CANALE DI ADDUZIONE

L'impianto di depurazione di Cerano è posto ad una quota di circa 120 m s.l.m., mentre il bacino di recapito delle acque ha la sezione di ingresso al canale posta alla quota approssimativa di 122 m s.l.m.

Per questo motivo, risulta necessario predisporre una stazione di sollevamento idraulica delle acque, dotata di un piccolo volume di invaso temporaneo in corrispondenza del canale di output dell'impianto di depurazione. Il sistema sarà opportunamente dotato di derivatore di portata in grado di suddividere, in base all'esigenza, la portata da recapitare al bacino oggetto di intervento rispetto alla portata destinata al corpo idrico recettore finale.

Come visibile in Figura 4, è possibile prevedere l'alimentazione del bacino mediante una condotta in pressione in acciaio avente una lunghezza di circa 635m, da disporre interrata in corrispondenza delle viabilità di servizio. La suddetta rete sarà completa di manufatti puntuali di gestione quali valvole saracinesche, appositi diramatori e strumenti di sicurezza.



Figura 4 - Ortofoto della rete di adduzione al bacino

Per il dimensionamento della stazione di sollevamento, è necessario provvedere alla quantificazione della portata e prevalenza della pompa da prevedere nella stazione di sollevamento. Più precisamente verranno disposte due pompe, di cui una da dimensionamento ed una di riserva.

La quantificazione della portata è dipendente dalla massima portata di output dell'impianto di depurazione che deve essere adottata al bacino di stoccaggio, tale valore risulta essere pari a 358.000 m^3 ossia $0.14 \text{ m}^3/\text{s}$.

La quantificazione della prevalenza risulta più complessa, in quanto derivante da diversi contributi, in particolare:

- Prevalenza geodetica: data dalla differenza di quota tra la stazione di rilancio ed il punto di scarico nel bacino, quantificabile in circa 4.5m;
- Perdite di carico distribuite della condotta: dovute alla viscosità dell'acqua per tutto il tratto della condotta e calcolabili mediante la formula di Darcy-Weisback:

$$y_c = C_{ATTRITO} \cdot \frac{L}{d} \cdot \left(\frac{v^2}{2 \cdot g} \right)$$

Dalla risoluzione della precedente equazione si possono quantificare in circa 8,5m le perdite di carico distribuite;

- Perdite di carico concentrate: dovute alla presenza di manufatti come valvole, diramatori di flusso (curve), restringimenti, allargamenti ecc. Tutte queste perdite sommate tra loro contribuiscono per un valore di perdite di circa 1,25m.

Complessivamente è, quindi, possibile quantificare la prevalenza geodetica minima da attribuire alle pompe pari a circa 14m.

Di seguito si riporta in Tabella 7 un riepilogo dei valori minimi di dimensionamento da garantire all'impianto di sollevamento.

Tabella 7 - Parametri impianto di sollevamento depuratore

IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO		
Prevalenza	[m]	14
Portata	[m ³ /s]	0,14

L'impianto di sollevamento sarà dotato di una batteria di tre pompe, di cui due di progetto ed una di riserva.

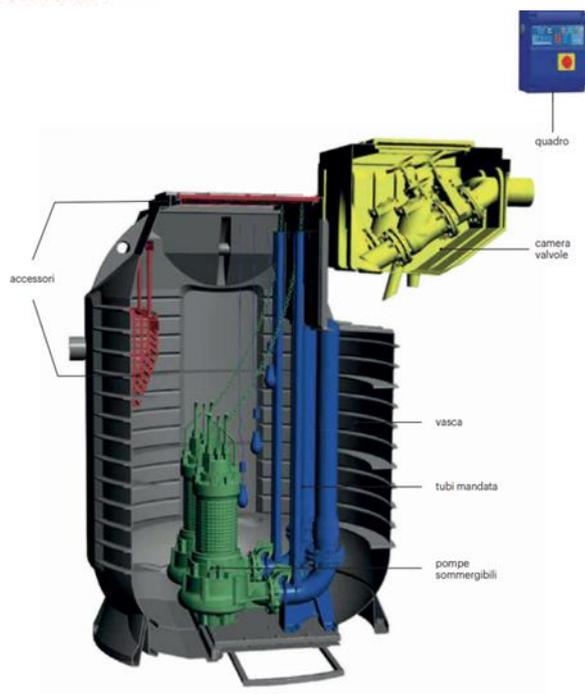


Figura 5 - Tipologico impianto di sollevamento depuratore

La grande attenzione verso i temi della sostenibilità ambientale del Progettista ha portato a valutazioni circa l'installazione, nelle vicinanze della stazione di sollevamento, di un mini-impianto fotovoltaico in grado di garantire una produzione energetica continua durante l'anno.

Il surplus energetico non sfruttato dalla stazione di sollevamento nel periodo di non attività potrà essere reimmesso nel sistema energetico dell'impianto di depurazione del Comune di Cerano, migliorandone l'efficiamento energetico da fonti rinnovabili.

D'altro canto, nel periodo di utilizzo, questa scelta progettuale ha come obiettivo quello di rendere la stazione di sollevamento ad "impatto zero", mediante l'uso di energia rinnovabile.

3. BACINO VOLANO

L'area di estrazione soggetta a possibile realizzazione dell'invaso è ubicata nel Comune di Cerano e denominata Cascina Nuova d'Agrò. In particolare, in Figura 6, troverete il preciso inquadramento territoriale con indicazione degli estremi perimetrali dell'area. L'area estrattiva risulta caratterizzata da una estensione superficiale pari a circa 135.000 m².



Figura 6 - Superficie destinabile ad invaso

In Tabella 8, si riportano le coordinate geografiche degli estremi A, B, C, D di Figura 5, con sistema di riferimento WGS 84/UTM zone 33N.

Tabella 8 - Coordinate estremali bacino volano

	ESTREMO A	ESTREMO B	ESTREMO C	ESTREMO D
Coordinata X	484717	485151	485229	484736
Coordinata Y	5026943	5027061	5026826	5026630

La progettazione del bacino è stata effettuata prendendo in considerazione la "Guida Tecnica per invasi a uso irriguo" redatta dalla Regione Piemonte, la quale tratta le caratteristiche, gestione e manutenzione degli invasi artificiali.

Si riporta in Figura 7 un esempio di sezione trasversale dell'invaso in questione.

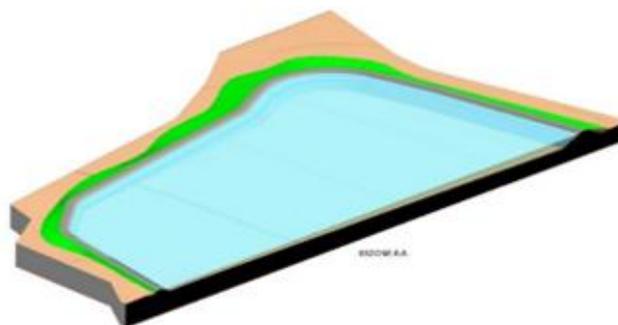


Figura 7 - Sezione tipo di invaso ad uso agricolo

3.1. DESTINO SECONDARIO ATTIVITÀ DI CAVA

L'area individuata per la realizzazione del bacino volano è la ex cava di Cascina Nuova nel Comune di Cerano. La cava di proprietà del consorzio ARGO (parte del gruppo Gavio) è caratterizzata dall'estrazione di materiale alluvionale ed è localizzata a Sud del depuratore di Cerano, ad una distanza di circa 400 m (Tabella 9).

Tabella 9 - Scheda di identificazione della cava

SCHEDA IDENTIFICAZIONE CAVA	
Codice cava	M1904N
Bacino di riferimento	Ticino - 01017
Provincia	Novara
Comune	Cerano
Nome località	Cascina Nuova
Latitudine (WGS84)	45.395140
Longitudine (WGS84)	8.807583
Estensione	264.245 m ²
Quota media	122 m s.l.m.
Litotipo	Materiale alluvionale
Profondità di scavo (max)	7 m
Vincoli	NO
Tipologia recupero	Agricolo

Il progetto per il recupero della cava Cascina Nuova si struttura in due parti principali: la realizzazione di un bacino volano su quota a parte della superficie interessata dalla cava dismessa e la rinaturalizzazione del sito. Si sottolinea come la proposta di intervento risulti potenzialmente coerente con quanto previsto dal progetto approvato di recupero della cava.

I dettagli del progetto riguardante la possibile realizzazione del bacino volano sono riportati nei successivi paragrafi, che descrivono rispettivamente le attività e i materiali necessari per l'impermeabilizzazione del bacino ed il suo dimensionamento. Per quanto riguarda gli aspetti ambientali e naturalistici del progetto di recupero, sono al vaglio diverse possibili soluzioni progettuali, che si riportano di seguito:

- la delimitazione dell'intero sito tramite la piantumazione di specie arboreo-arbustive autoctone idonee all'ecologia del sito. Questa misura può essere ripetuta anche lungo il perimetro dell'invaso per ridurre il possibile l'impatto di automezzi e personale di controllo sulla fauna presente all'interno del bacino.
- Il recupero dei pendii esterni dell'invaso, tramite l'impianto di specie idonee alla creazione di un habitat ripariale sulle sponde dell'invaso.
- Il posizionamento, all'interno del bacino, di una o più isole artificiali galleggianti, che possano risultare attrattive per alcune specie faunistiche. L'utilizzo di isole galleggianti ancorate al fondo del bacino può ovviare alle criticità dovute alle possibili marcate oscillazioni del livello del battente nell'invaso durante il suo esercizio. Al fine naturalistico

di queste installazioni, si può aggiungere una potenziale funzionalità fitodepurativa, che sarà analizzata nelle fasi progettuali successive.

- La realizzazione di un percorso attrezzato o ciclopedonale, nella porzione del sito non interessata dai lavori di impermeabilizzazione, allo scopo di garantire al sito una funzionalità ricreativa di carattere pubblico, permettendo alla cittadinanza di fruire liberamente dell'area.
- La creazione di un'area umida, nella porzione del sito non interessata dai lavori di impermeabilizzazione, tale da aumentare il valore naturalistico del sito e instaurare un habitat dall'importanza fondamentale per la conservazione della biodiversità, rendendo il sito interessante anche da un punto di vista didattico e scientifico.

Si rimarca che le opzioni riportate sopra non sono da ritenersi obbligatoriamente eseguibili, ma laddove sia possibile si riserva la possibilità di offrire soluzioni per la loro realizzazione complessiva o parziale.

Dalla descrizione climatologica del sito sul quale sorgerà il bacino, si riporta che la classificazione climatica Köppen-Geiger identifica questa area come appartenente alla categoria Cfa (climi temperati con estate umida e temperatura media del mese più caldo superiore a 22 C).

La temperatura media prevalente nella città di Cerano (il Comune più prossimo al sito) è registrata come 13,4 °C, secondo i dati statistici. La media annuale di piovosità è di 1301 mm.

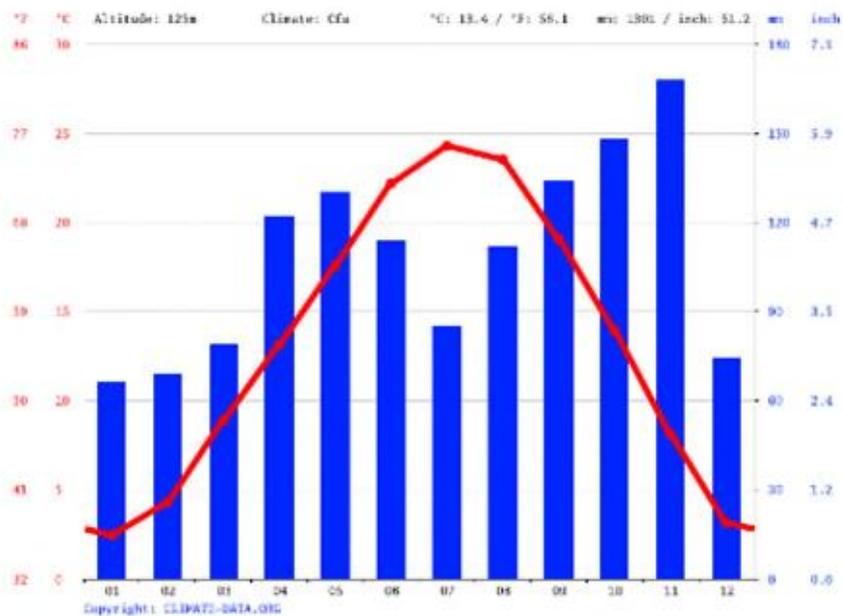


Figura 8 - Climate data per inserimento paesaggistico

Alla luce delle condizioni climatiche evidenziate, si è proceduto a scegliere quelle che sono le specie autoctone ritenute tra le più adatte a questo tipo di ambiente. Al fine di donare un

paesaggio in linea con l'attuale ambiente, si è proceduto alla selezione di specie erbacee ed arbustive per la zona perimetrale e specie arboree per la zona di accesso all'area e parcheggio.

In merito alle specie erbacee sono inseribili: *Iris pseudacorus*, *Lythrum salicaria*, *Molinia caerulea*, *Phragmites australis*, *Saponaria officinalis* e *Verbena officinalis*.

In merito alle specie arbustive sono inseribili: *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Euonymus europaeus*, *Frangola alnus*, *Sambucus nigra* e *Viburnum opulus*.

In merito alle specie arboree sono inseribili: *Alnus glutinosa*, *Fraxinus ornus*, *Prunus spinosa*, *Populus alba*, *Salix caprea* e *Sorbus acuparia*.

Le specie autoctone proposte sono perfettamente adattate al clima e alle condizioni specifiche del Piemonte, rendendole ideali per un ambiente di bordo lago artificiale. Grazie alla loro capacità di tollerare le variazioni stagionali dell'umidità, riescono a prosperare in un contesto in cui il livello d'acqua può variare notevolmente durante l'anno.

Oltre alla loro adattabilità, queste specie offrono un contributo importante alla biodiversità. Tra le specie proposte, alcune attraggono fauna locale, come insetti impollinatori, uccelli e piccoli mammiferi, favorendo un ecosistema ricco e diversificato. In questo modo, il bordo lago non solo diventa un habitat più vivace e sostenibile, ma contribuisce anche alla conservazione della fauna selvatica.

Dal punto di vista estetico, il connubio tra questi piccoli alberi e le specie arbustive ed erbacee contribuiscono a variegare il paesaggio durante tutto l'arco dell'anno. Le loro fioriture ornamentali, l'alternarsi dei colori delle foglie nelle stagioni e i frutti decorativi che maturano nel corso dell'anno arricchiscono visivamente il paesaggio circostante, rendendolo non solo funzionale, ma anche piacevole e armonioso per i fruitori dell'area.

La scelta di queste specie permette quindi di creare un ambiente naturale, resiliente e che esalta la bellezza e la biodiversità del territorio.

3.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICA DELL'AREA

Il territorio comunale si inserisce nell'ambito della pianura novarese, geologicamente caratterizzata dalla presenza di depositi fluvioglaciali e fluviali di età quaternaria (Pleistocene-Olocene). Tali depositi derivano dal rimaneggiamento dei depositi glaciali più antichi avvenuto nei periodi interglaciali, caratterizzati da forti variazioni climatiche, con ritiro dei fronti glaciali in seguito a notevoli innalzamenti termici, ed impostazione di un ricco sistema di drenaggio.

Le glaciazioni ed i periodi interglaciali hanno determinato inoltre l'assetto morfologico, in diretta relazione all'alternarsi di fenomeni di deposizione ed erosione e l'impostazione di un ricco reticolato idrografico.

La geologia di superficie che caratterizza il territorio è rappresentata da depositi alluvionali fluvioglaciali e fluviali wurmiani (Pleistocene sup.), in associazione alla serie dei terrazzi alluvionali prodotti dall'attività erosionale del fiume Ticino, anch'essi di età quaternaria

(Olocene antico, recente ed attuale), presenti nella porzione di territorio adiacente il corso del fiume.

I depositi costituenti le alluvioni fluvioglaciali rappresentano il livello fondamentale della pianura e sono costituiti prevalentemente da materiali grossolani, essenzialmente ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi, in associazione a depositi limoso-argillosi, di colore giallo-rossiccio, poco potenti, ad andamento lenticolare. Dalla cartografia geologica di riferimento (Carta Geologica d'Italia - scala 1:100000), è segnalata localmente in superficie la presenza di un paleosuolo limoso, di colore bruno, con spessore massimo pari ad 1 metro.

Le Alluvioni oloceniche antiche costituiscono la zona di "vallata" del fiume. Individuano sul territorio antichi tracciati del corso d'acqua attualmente abbandonati, ma riattivabili, e piane alluvionali ancora interessate dalla dinamica fluviale, in corrispondenza di eventi di piena eccezionali. Tali depositi sono costituiti essenzialmente da ciottoli, ghiaie e sabbie grossolane, associati in eteropia di facies a limi, limi sabbiosi, limi argillosi.

Le Alluvioni oloceniche recenti ed attuali costituiscono l'alveo attivo del fiume Ticino ed i tratti abbandonati ma riattivabili durante eventi di piena. Sono depositi ghiaiosi e sabbiosi, a costituire isole, barre e lanche abbandonate.

La Banca Dati Geotecnica del Piemonte di ARPA Piemonte mette a disposizione, in formato open source, informazioni su sondaggi geognostici effettuati nel territorio regionale. Come visibile in Figura 9, nei dintorni dell'area di interesse progettuale sono collocati tre sondaggi realizzati con rotazione a carotaggio continuo.



Figura 9 - Posizionamento indagini geognostiche

Di seguito si riporta una disamina dei tre sondaggi:

- **Sondaggio 107971:** collocato geograficamente ad ovest dell'area di interesse ad una quota piano campagna pari a 122 m s.l.m. ed effettuato per una profondità di 20m. La formazione geologica intercettata risulta essere "Depositi alluvionali ghiaiosi, sabbiosi, limosi; depositi fluvioglaciali ghiaioso-ciottolosi e fluviali sabbioso-limosi (Pleistocene)" con un livello di falda freatica posto a 9,10m al di sotto del piano campagna.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
Pz2	Cerano	NO	loc. Cascina Nuova -Cerano (No)
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
20/4/2009	21/4/2009	20.00	Indagini geognostiche per apertura nuova cava di inerti

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
107971	0.80	terreno di riporto costituito da sabbia limosa con ghiaia sparsa poco addensata
107971	1.20	limo sabbioso con ghiaia , discreto grado di alterazione ossidazione , moderatamente consistente
107971	7.00	ghiaia eterometrica e/o grossolana in abbondante matrice sabbiosa addensata con rari livelli cementati , rari ciottoli
107971	10.40	ghiaia eterometrica passante a sabbia debolmente ghiaiosa moderatamente addensata
107971	20.00	sabbia medio fine a volte limosa con raro ghiaietto sparso , da moderatamente addensata a poco addensata

Figura 102 - Stratigrafia sondaggio 107971 Regione Piemonte

- **Sondaggio 107970:** collocato geograficamente ad nord dell'area di interesse ad una quota piano campagna pari a 122 m s.l.m. ed effettuato per una profondità di 20m. La formazione geologica intercettata risulta essere "Depositi alluvionali ghiaiosi, sabbiosi, limosi; depositi fluvioglaciali ghiaioso-ciottolosi e fluviali sabbioso-limosi (Pleistocene)" con un livello di falda freatica posto a 8,30m al di sotto del piano campagna.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
Pz1	Cerano	NO	loc. Cascina Nuova -Cerano (No)
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
9/4/2009	14/4/2009	20.00	Indagini geognostiche per apertura nuova cava di inerti

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
107970	0.80	terreno di riporto costituito da sabbia ghiaiosa frammenti a residui plastici e legno
107970	5.00	ghiaia eterometrica e rari ciottoli in matrice sabbiosa moderatamente addensata
107970	9.00	sabbia medio fine con rara ghiaia e ciottoli sparsi da poco a moderatamente addensata
107970	16.50	sabbia medio fine debolmente limosa con subordinata frazione ghiaiosa da moderatamente addensata a poco addensata
107970	20.00	sabbia medio fine debolmente limosa con raro ghiaietto sparso da poco addensato a sciolto

Figura 31 - Stratigrafia sondaggio 107970 Regione Piemonte

- *Sondaggio 107972*: collocato geograficamente ad est dell'area di interesse ad una quota piano campagna pari a 122 m s.l.m. ed effettuato per una profondità di 20m. La formazione geologica intercettata risulta essere "Depositi alluvionali ghiaiosi, sabbiosi, limosi; depositi fluvio-glaciali ghiaioso-ciottolosi e fluviali sabbioso-limosi (Pleistocene)".

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
Pz3	Cerano	NO	loc. Cascina Nuova - Cerano (No)
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
15/4/2009	17/4/2009	20.00	Indagini geognostiche per apertura nuova cava di inerti

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
107972	2.00	terreno rimaneggiato costituito da ghiaia sabbioso limosa alternata a livelli di terreno vegetale con radici moderatamente addensata
107972	3.00	ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa addensata
107972	5.00	ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa a tratti debolmente limosa , rari ciottoli , addensata
107972	9.00	ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa a tratti debolmente limosa addensata con rari livelli cementati
107972	15.00	ghiaia eterometrica con ciottoli in matrice sabbiosa a tratti debolmente limosa moderatamente addensata
107972	20.00	sabbia medio fine a tratti limosa con raro ghiaietto sparso poco addensata

Figura 42 - Stratigrafia sondaggio 107972 Regione Piemonte

3.3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA

Dal punto di vista idrogeologico, si osserva la presenza di:

- una falda freatica caratterizzata da una soggiacenza strettamente legata alla morfologia di superficie, in comunicazione idraulica con i livelli acquiferi sottostanti, originati dalla compartimentazione locale del primo complesso individuato, a prevalenza ghiaioso - sabbiosa ed ascrivibili ai depositi quaternari più antichi (Fg Riss - Mindel). Questa prima unità idrogeologica risulta essere sicuramente la più ricca, essendo d'altro canto la più esposta a possibili fenomeni di contaminazione.
- Un secondo complesso con livelli acquiferi pressurizzati, mediamente caratterizzati da una conducibilità idraulica inferiore rispetto ai livelli produttivi del primo orizzonte, e da una produttività generalmente più modesta.

3.3.1 FALDA FREATICA

La caratterizzazione piezometrica locale viene ripresa dall'indagine effettuata per il PRGC vigente. I valori di soggiacenza rilevati sono variabili sul territorio, denotando un aumento progressivo in direzione E, in corrispondenza dell'orlo di terrazzo che marca il passaggio alla zona di fondovalle del Ticino. Le quote rilevate, corrispondenti al minimo assoluto dell'anno idrologico medio, sono comprese tra 4 e 10 metri circa. Facendo riferimento all'area oggetto di intervento, sulla base degli esiti delle indagini geologiche a disposizione, si evidenzia la presenza della falda ad una quota compresa tra gli 8 e 10m.

La superficie piezometrica, ottenuta per interpolazione lineare, presenta isolinee circa parallele ed orientate secondo la direzione N-S. La direzione di deflusso risulta prevalentemente verso

E, con locali variazioni. L'andamento piezometrico è fortemente condizionato dalla presenza del Ticino, che effettua il drenaggio sistematico della falda superficiale.

3.4. IMPERMEABILIZZAZIONE DEL BACINO

L'area individuata per la realizzazione del bacino risulta caratterizzata da una condizione geologica poco affine allo stoccaggio di acqua, in quanto a causa di una granulometria piuttosto elevata si verificherebbero importanti perdite per infiltrazione di acqua al suolo. Di conseguenza, è necessario prevedere un opportuno pacchetto impermeabilizzante in grado di azzerare la perdita idrica, dovuta all'infiltrazione mediante un geocomposito bentonitico.

3.4.1 GEOCOMPOSITO BENTONITICO

Sul mercato esistono numerosi geocompositi bentonitici, che si differenziano per capacità impermeabilizzanti, finiture superficiali, resistenze al taglio, resistenze meccaniche e certificazioni rilasciate da istituti indipendenti a confermarne le caratteristiche prestazionali.

Dal punto di vista tecnico, il materiale ottimale per la realizzazione di strati impermeabili in bacini imbriferi per lo stoccaggio di acque è il *NaBento RL-C* (Figura 13), un geocomposito bentonitico riempito con bentonite calcica e con uno speciale irruvidimento superficiale, che incorpora al suo interno una membrana in polietilene leggera con funzione di protezione nei confronti delle radici.



Figura 53 - Geocomposito bentonitico NaBento RL-C

La scelta del NaBento RL-C (WB) è figlia dalle sue caratteristiche tecniche, di seguito riassunte:

- la bentonite calcica fa sì che le proprietà del geocomposito restino costanti nel tempo e senza alcun decadimento dovuto a fenomeni di scambio ionico, a cui invece la bentonite sodica è inevitabilmente soggetta e che ne fa decadere le prestazioni (ne causa un aumento della permeabilità);

- la bentonite calcica inoltre ha una capacità di assorbimento d'acqua e un rigonfiamento in volume minori rispetto a quella sodica e, di conseguenza, un contenuto d'acqua proporzionalmente minore; ciò implica che il NaBento RL-C (WB) necessita di meno acqua per rigonfiarsi ed è, per logica, meno sensibile alla riduzione di contenuto della stessa. L'effetto finale è quello di avere una tendenza al ritiro e alla fessurazione minori rispetto ai geocompositi bentonitici a base sodica;
- il NaBento RL-C (WB) è in possesso della certificazione LAGA che garantisce le prestazioni impermeabilizzanti per una vita utile fino a 100 anni;
- la particolare struttura del NaBento gli conferisce una notevole resistenza al taglio interno (l'angolo di resistenza al taglio interno è superiore a 38°) e pertanto ne consente l'utilizzo anche su scarpate molto acclivi senza rischio di rotture interne del geocomposito;
- il NaBento RL-C (WB) è prodotto con un irruvidimento superficiale che aumenta l'angolo di attrito con i materiali con cui è a contatto e quindi permette la realizzazione di scarpate più pendenti senza la necessità di una geogriglia di rinforzo. L'angolo di attrito da un terreno sabbioso/argilloso e un geocomposito bentonitico normale (senza irruvidimento) è pari a circa 20°, mentre tra lo stesso terreno e un geocomposito bentonitico irruvidito è pari a circa 30°. Ciò significa che, nel caso di geocomposito bentonitico normale, se le scarpate hanno una pendenza superiore a 20°, risulta necessaria una geogriglia di rinforzo per il trattenimento del terreno. Nel caso di geocomposito bentonitico irruvidito questo limite è spostato a 30°;
- l'irruvidimento superficiale fornisce inoltre un'ulteriore barriera all'acqua che permette la posa del materiale anche in presenza di pioggia. Il particolare trattamento superficiale aiuta inoltre a prevenire l'essiccazione della bentonite che potrebbe causare fenomeni di ritiro e creare fessurazioni dello stesso e quindi una notevole riduzione della sua capacità impermeabilizzante.

3.5. ANALISI DELL'AREA DA SERVIRE

Al fine di procedere con il dimensionamento del bacino (cfr. Cap. 4), il primo step intrapreso è stata la definizione dell'area agricola comunale servibile dal depuratore e dal bacino volano.

Per fare ciò, a partire dalla rete consortile del consorzio Est Sesia, è stato individuato il punto ottimale per lo scarico delle acque provenienti dal bacino volano nei canali della rete (Figura 9): il punto selezionato è uno snodo a 3, da cui le acque proseguono in direzione Sud, Est e Ovest, garantendo la massima copertura areale. Quindi, l'area servita dal bacino è stata delimitata analizzando l'andamento a gravità dei canali tramite strumenti software quali Google Earth Pro e Qgis, oltre alle informazioni reperite durante il sopralluogo effettuato sul territorio. Il risultato di questa analisi ha portato ad identificare un'area agricola servibile pari a circa 150 ha, coltivato quasi interamente a riso.

4. MODELLO AFFLUSSI - DEFLUSSI

Per il dimensionamento del bacino, si è ricercata una soluzione di ottimo in modo da massimizzare la resa del bacino, garantendo i volumi idrici di deficit dell'area geografica ad essa sottesa e minimizzando gli oneri relativi alla realizzazione dell'invaso.

Tale approccio scaturisce da valutazioni di carattere differente, come:

- *Valutazioni ambientali*: ridurre al minimo gli impatti relativi alla realizzazione di un vaso, scongiurando alterazioni al reticolo idrografico locale.
- *Valutazioni economiche*: prevedere un intervento economicamente sostenibile e con un margine di rientro dell'investimento nel medio-breve periodo.
- *Valutazioni tecniche*: provvedere ad un dimensionamento che tenga conto dell'andamento molteplice e differenziato dalle varie portate di input e output senza incorrere in sovradimensionamenti, ma tenendo in considerazione gli effetti del cambiamento climatico.

4.1 MODELLO DI CALCOLO

Il dimensionamento del volume del bacino volano si basa sui concetti legati ai modelli afflusso-deflusso, in particolar modo tenendo conto di un bilancio delle portate discretizzato nel tempo con riferimento alla seguente equazione di continuità:

$$dW = Q_i \cdot dt - Q_u \cdot dt$$

dove dW è il volume invasato nell'intervallo di tempo dt , mentre Q_i e Q_u sono rispettivamente la portata in ingresso e quella in uscita dalla vasca.

La portata in ingresso dipende dai contributi di portata derivanti dagli eventi pluviometrici e dalla parziale derivazione delle acque dallo scarico dell'impianto di depurazione.

La portata in uscita dipende dai contributi di portata derivante dalle portate di compensazione del deficit idrico e dai contributi di evaporazione.

4.2 CALCOLO DEL DEFICIT IDRICO TERRITORIALE

La quantificazione del deficit idrico per il Comune di Cerano è stata effettuata facendo riferimento ai dati messi a disposizione del Consorzio Est Sesia, i quali palesano una importante diminuzione dei volumi disponibili nelle recenti stagioni irrigue (da aprile a settembre) rispetto agli anni antecedenti alle crisi idriche e riconducibili, esemplificativamente, alla stagione irrigua del 2018.

Tabella 10 - Deficit idrico Comune di Cerano

Comune di Cerano	STAGIONE IRRIGUA		DEFICIT
	Anno 2018	Anno 2023	Anni 2018-2023
	22.811.767 m ³	10.246.590 m ³	77.500 [m³/gg]

Come precedentemente espresso, essendo il sistema consortile basato su canali con scorrimento a gravità, l'area alimentabile mediante i volumi idrici recuperati dall'impianto di depurazione è quella a sud del punto di recapito del Diramatore Vigevano.

Il deficit idrico di questa porzione di territorio è stimabile rapportando le seguenti grandezze:

$$\Delta_{CERANO} : S_{CERANO} = \Delta_{AI} : S_{AI}$$

Dove:

- Δ_{CERANO} è il deficit idrico, pari a 77.500m³/gg, registrato per il comune di Cerano;
- S_{CERANO} è la superficie agricola del comune di Cerano, pari a circa 1030ha;
- S_{AI} è la superficie agricola dell'area alimentabile dal bacino, pari a 150ha.

Conseguentemente, è possibile ottenere un deficit idrico per la superficie agricola alimentata dal bacino (Δ_{AI}) pari a circa 11.000m³/gg. Tale valore è preso a riferimento nello sviluppo del modello afflussi-deflussi.

4.3 EVAPORAZIONE

L'evaporazione, definibile come la trasformazione dell'acqua liquida in vapore che interessa la superficie libera a contatto con l'aria, rappresenta una perdita del modello idraulico per il dimensionamento del bacino.

Per quantificare i volumi interessati si è fatto utilizzo della Formula di Conti in quanto tarata per lo studio dell'evaporazione da laghi artificiali. Questa formulazione lega l'evaporazione in maniera diretta alla temperatura dell'aria, all'irraggiamento solare ed all'umidità.

$$E_j = k_j \cdot T_j \cdot \frac{p_n}{p_j}$$

Dove:

- E_j rappresenta l'altezza di evaporazione del mese j-esimo;
- T_j rappresenta la temperatura media del mese j-esimo reperita dalla banca dati messa a disposizione dalla Regione Piemonte;
- p_n rappresenta la pressione normale a livello del mare;
- p_j rappresenta la pressione atmosferica media del mese j-esimo;

- k_j rappresenta un coefficiente sperimentale che dipende dal mese che si considera. In Tabella 11, si riportano i contributi mensili di output per evaporazione.

Tabella 11 - Evaporazione mensile

MESE	EVAPORAZIONE
-	[m3/mese]
Ottobre	-2.763
Novembre	-1.206
Dicembre	-279
Gennaio	-323
Febbraio	-495
Marzo	-1.554
Aprile	-2.639
Maggio	-4.673
Giugno	-4.926
Luglio	-5.310
Agosto	-4.973
Settembre	-3.892

4.4 CONTRIBUTO PLUVIOMETRICO

Al fine di determinare i volumi idrici precipitati sullo specchio del bacino, è necessario provvedere ad una analisi pluviometrica sviluppata a partire dalle serie storiche messe a disposizione dalla Regione Piemonte.

Per far ciò, si è fatto uso degli Annali Idrologici della Regione Piemonte, in particolar modo si è scelta come stazione pluviometrica di riferimento quella del comune di Cerano, in quanto è risultata essere la più vicina all'area di interesse. Inoltre, da studi di carattere territoriale e morfologico la localizzazione del pluviometro è tale da garantire uniformità meteo-climatica con l'area di progetto.

Per lo studio pluviometrico, sono stati presi in considerazione gli ultimi 5 anni di osservazioni pluviometriche disponibili, che hanno riportato un andamento di carattere stagionale ad assimilabile al *regime sublitorale alpino*.

In Tabella 12, si riportano i contributi mensili di input pluviometrico per il bacino di interesse.

Tabella 12 - Pluviometria mensile

MESE	PIOGGE
-	[m3/mese]
Ottobre	3.024
Novembre	2.319

Dicembre	1.946
Gennaio	2.128
Febbraio	821
Marzo	956
Aprile	1.570
Maggio	3.684
Giugno	1.290
Luglio	1.274
Agosto	922
Settembre	2.368

4.5 BILANCIO VOLUMETRICO

Sulla base di quanto riportato nei precedenti paragrafi, è stato possibile ottenere una soluzione di ottimo mediante metodo iterativo, cercando di minimizzare le dimensioni del bacino garantendo, però, i volumi necessari per compensare il deficit idrico.

In maniera cautelativa, si è ipotizzato che il bacino debba elargire la portata massima di deficit per tutta la stagione irrigua (aprile, maggio, giugno, luglio, agosto e settembre). Questa

situazione risulta essere difficilmente verificabile, in quanto i trend degli ultimi anni mostrano evidenti diminuzioni solo nei mesi estivi dell'anno.

Il depuratore di Cerano rappresenta una fonte di approvvigionamento idrico molto importante, tuttavia la derivazione di acqua dal suo scarico potrebbe causare problemi nella zona di valle del reticolo idrografico, in quanto potrebbe venir meno il deflusso minimo vitale dei corsi acqua.

Per questo motivo, il processo di dimensionamento si è basato sulla necessità di derivare solo una quota parte del contributo di output del depuratore. In particolare, nello scenario di ottimo, la derivazione risulta esse:

- nulla nei mesi di ottobre, novembre, dicembre, gennaio, febbraio;
- pari al 25% del volume di output del depuratore nel mese di marzo. Questo contributo è necessario, ad inizio stagione irrigua, per riempire parzialmente il bacino e renderlo in grado di gestire una situazione di totale deficit idrico già dal mese di aprile;
- pari al 75% del volume di output del depuratore nel mese di aprile, maggio e giugno. Questo contributo è necessario per garantire il fabbisogno mensile e per riempire ulteriormente il bacino per i mesi più caldi;
- pari al 65% del volume di output del depuratore nel mese di luglio e agosto;
- pari al 55% del volume di output del depuratore nel mese di settembre. La diminuzione del contributo derivato rispetto ai mesi precedenti è dovuta alla necessità di iniziare il processo di svuotamento del bacino.

Sulla base di queste percentuali di derivazione, è possibile dedurre che nel corso dell'anno viene derivato, per l'immagazzinamento del bacino, solamente il 36% delle portate uscenti dall'impianto.

Si riporta in Figura 14 un grafico esemplificativo dell'andamento delle portate di input e output, sulla base delle quali si è avviato il processo iterativo per il dimensionamento ottimale del bacino.

La soluzione di ottimo, sviluppata sulla base del suddetto bilancio, porta ad un volume utile complessivo del bacino pari a 140.000 m³ riconducibile ad una estensione superficiale pari a circa 35.000 m² con un tirante idrico massimale pari a 4m.

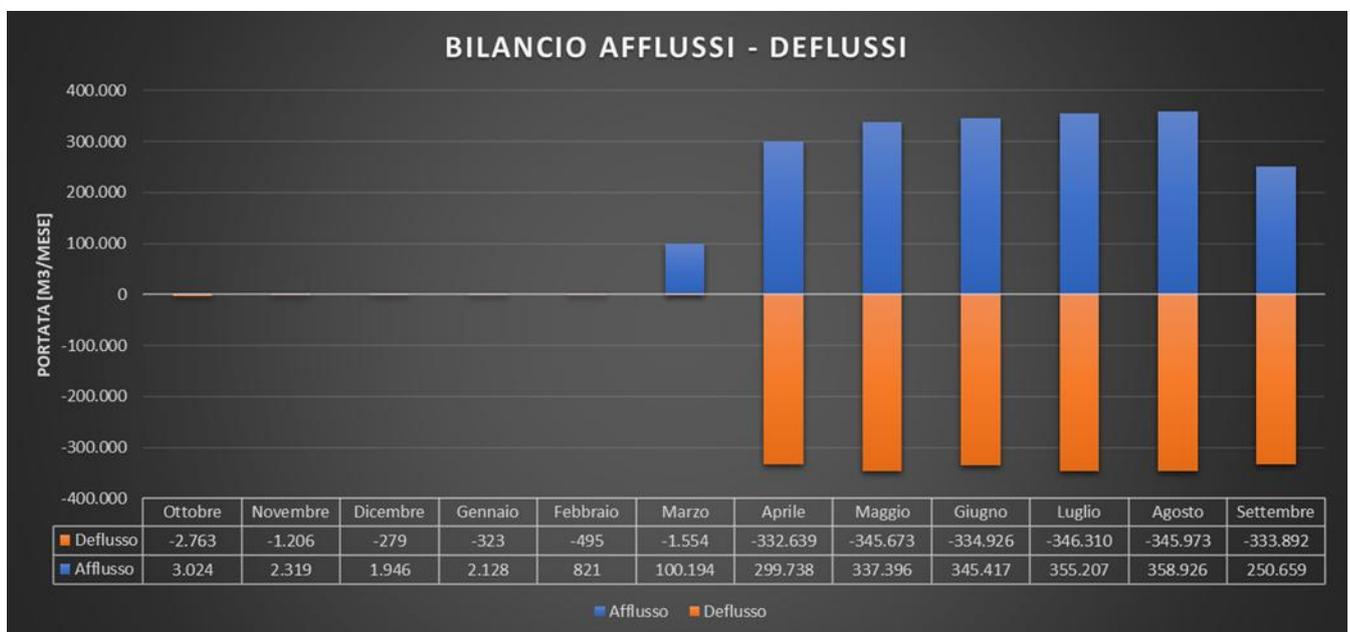


Figura 64 - Bilancio afflussi - deflussi

4.5.1 EFFETTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

I Cambiamenti Climatici (CC) rappresentano una delle più grandi sfide per l'umanità e sono strettamente interconnessi alla sostenibilità dello sviluppo ambientale. Si riportano di seguito le valutazioni effettuate per garantire la resilienza dell'opera progettata.

In linea con le direttive del "Rapporto delle Commissioni di studio sull'impatto dei cambiamenti climatici" del MISM, la progettazione di un intervento di rilevanza notevole sugli equilibri sociali, economici, ambientali ed idrografici non può non assumere, in fase di dimensionamento, un coefficiente cautelativo in grado di rendere l'opera resiliente al cambiamento climatico.

Al fine di tener conto degli sviluppi termo-pluviometrici futuri, si è deciso di assumere un valore di residuo cautelativo di acqua nel bacino non inferiore a 50.000 m³ garantito durante tutta la

stagione irrigua. Tale valore è stato ritenuto idoneo per garantire l'idoneità dell'opera soggetta alle seguenti possibili alterazioni, dovute al cambiamento climatico:

- incremento del deficit idrico dell'area servibile dal bacino;
- incremento dell'entità dell'evaporazione a seguito di un aumento delle temperature e dell'irraggiamento;
- diminuzione dei contributi pluviometrici.

4.6 SOLLEVAMENTO E STAZIONE DI RECAPITO

Il bacino volano è caratterizzato da una quota di circa 114 m s.l.m., mentre il canale consortile di recapito delle acque è posto alla quota approssimativa di 124 m s.l.m.

Per questo motivo, risulta necessario predisporre una stazione di sollevamento idraulica delle acque dotata di centralina di controllo da remoto, in grado di cadenzare le portate in uscita dal bacino in virtù delle esigenze territoriali.

Come visibile in Figura 15, è possibile prevedere l'alimentazione del bacino mediante una condotta in pressione in acciaio, avente una lunghezza di circa 1.900m, da disporre interrata in corrispondenza delle viabilità di servizio. La suddetta rete sarà completa di manufatti puntuali di gestione quali valvole saracinesche, appositi diramatori e strumenti di sicurezza.

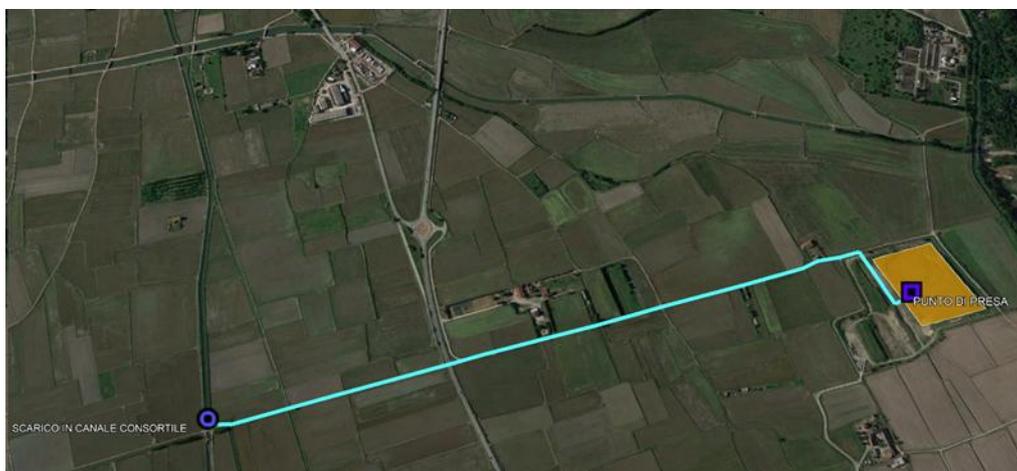


Figura 15 - Ortofoto della rete di adduzione al canale consortile

Per il dimensionamento della stazione di sollevamento, è necessario provvedere alla quantificazione della portata e prevalenza della pompa da prevedere nella stazione di sollevamento. Più precisamente verranno disposte due pompe, di cui una da dimensionamento ed una di riserva.

La quantificazione della portata è dipendente dalla massima portata di output dell'impianto di depurazione che deve essere addotta al bacino di stoccaggio, tale valore risulta essere pari a 341.000 m³ ossia 0.13 m³/s.

La quantificazione della prevalenza risulta più complessa in quanto derivante da diversi contributi, in particolare:

- Prevalenza geodetica: data dalla differenza di quota tra la stazione di rilancio ed il punto di scarico nel bacino, quantificabile in circa 12m;
- Perdite di carico distribuite della condotta: dovute alla viscosità dell'acqua per tutto il tratto della condotta e calcolabili mediante la formula di Darcy-Weisback:

$$y_c = C_{ATTRITO} \cdot \frac{L}{d} \cdot \left(\frac{v^2}{2 \cdot g} \right)$$

Dalla risoluzione della precedente equazione si possono quantificare in circa 18m le perdite di carico distribuite;

- Perdite di carico concentrate: dovute alla presenza di manufatti come valvole, diramatori di flusso (curve), restringimenti, allargamenti ecc. Tutte queste perdite sommate tra loro contribuiscono per un valore di perdite di circa 3,75m.

Complessivamente è, quindi, possibile quantificare la prevalenza geodetica minima da attribuire alle pompe pari a circa 30m.

Di seguito si riporta in Tabella 13 un riepilogo dei valori minimi di dimensionamento da garantire all'impianto di sollevamento.

Tabella 13 - Parametri impianto di sollevamento bacino

IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO		
Prevalenza	[m]	30
Portata	[m ³ /s]	0,13

L'impianto di sollevamento sarà dotato di una batteria di due pompe, di cui due di progetto ed una di riserva.

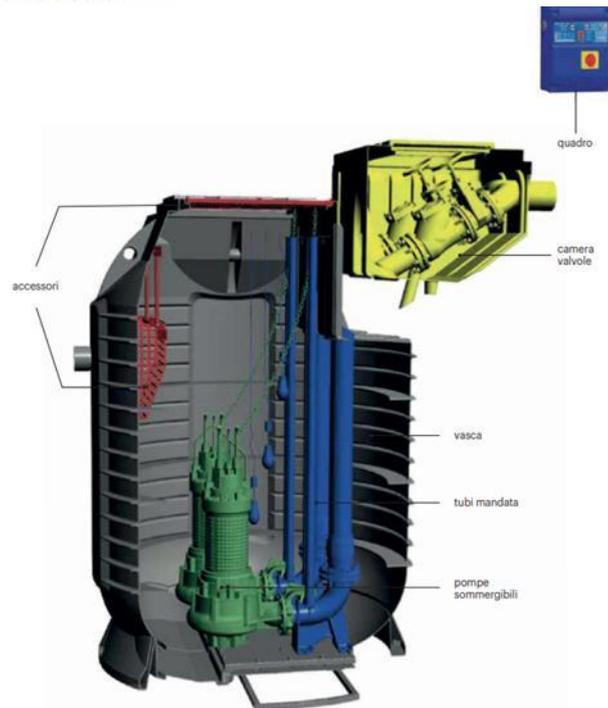


Figura 76 - Tipologico impianto di sollevamento bacino

La grande attenzione verso i temi della sostenibilità ambientale del Progettista ha portato a valutazioni circa l'installazione, nelle vicinanze dell'invaso, di un mini-impianto fotovoltaico, in grado di garantire una produzione energetica continua durante l'anno.

Il surplus energetico non sfruttato dalla stazione di sollevamento nel periodo di non attività potrà essere reimmesso nel sistema energetico delle limitrofe urbanizzazioni.

D'altro canto, nel periodo di utilizzo, questa scelta progettuale ha come obiettivo quello di rendere la stazione di sollevamento ad "impatto zero" mediante l'uso di energia rinnovabile.

Per il tratto collegante il bacino di stoccaggio ed il Diramatore Vigevano non si esclude l'adozione di un impianto di sollevamento ridotto al fine di innalzare le acque fino alla quota di riferimento del canale consortile in terra presente nella vicina viabilità esistente. Questo permetterebbe il deflusso a superficie libera delle acque fino al Diramatore Vigevano con un risparmio economico non trascurabile.

D'altro canto, lo sfruttamento di un canale in terra introdurrebbe delle inevitabili perdite per infiltrazione e la necessità di rivalutare le pendenze longitudinali del canale. Si rimanda a futuri sviluppi progettuali per la definizione della migliore soluzione a valle di una Analisi Benefici-Costi.

4.6.1 ALIMENTAZIONE IMPIANTO IDROELETTRICO DI SALTO MARANZINO

Lo scarico previsto nei canali consortili avviene in corrispondenza del Diramatore Vigevano, a monte di una turbina idraulica posta ad una quota di 124 m s.l.m., caratterizzata da un salto idraulico quantificabile in circa 2m.



Figura 87 - Impianto idroelettrico di Salto Maranzino (Cerano - NO)

Si definiscono:

- salto utile lordo: il dislivello tra il pelo d'acqua nella vasca di carico (o nel pozzo piezometrico) e il pelo d'acqua nel canale di restituzione immediatamente a valle dei motori idraulici.
- Salto utile netto (o motore): è quella parte del salto utile lordo che viene effettivamente utilizzata dai motori idraulici; è pertanto la differenza fra il carico totale della corrente all'entrata e il carico totale della corrente all'uscita della turbina.

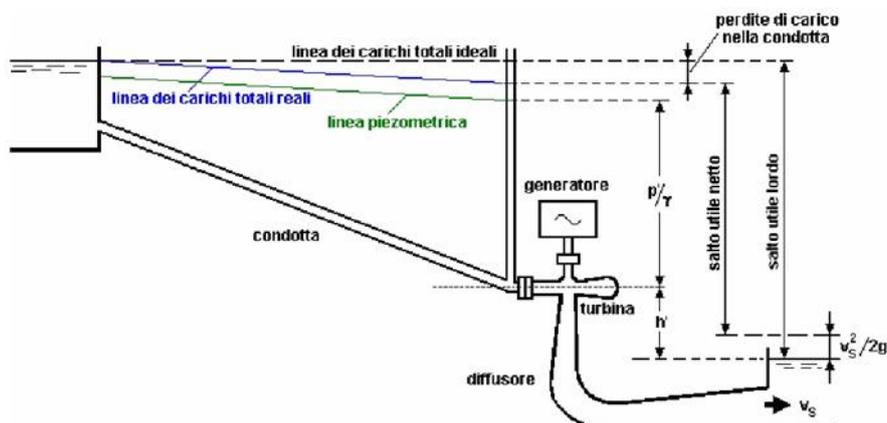


Figura 98 - Semplificazione di un impianto sulla base del teorema di Bernoulli

Per il teorema di Bernoulli, è costante la somma dell'energia di posizione, dell'energia di pressione e dell'energia cinetica in ogni punto di un medesimo filetto fluido. Il trinomio di somma costante rappresenta l'energia che l'unità di peso del liquido in moto possiede ad una quota h , avendo velocità v e pressione p .

$$E = h + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

A seguito di necessarie semplificazioni relative al termine cinetico e di pressione, è possibile quantificare la potenza idroelettrica reale (espressa in W) con la formula:

$$E = 9,81 \cdot \gamma \cdot Q \cdot S_n \cdot \eta_i$$

dove:

- η_i è il rendimento del sistema idroelettrico ed è determinato dalla tipologia e dall'efficienza della turbina, dall'alternatore, da eventuali trasmissioni meccaniche e da tutti i componenti elettromeccanici che riducono la potenza teorica;
- S_n è il salto, ossia la differenza di quota tra il serbatoio a monte e la turbina.

Tabella 14 - Dati della turbina idraulica di Salto Maranzino (Cerano - NO)

DATI DEL SISTEMA	
Q Portata dell'acqua (m ³ /s)	0,13
S _n salto netto dell'acqua (m)	2,00
Peso Specifico (kg/m ³)	1.000
η_i rendimento del sistema idroelettrico	0,6
Accelerazione di gravità (m/s ²)	9,81

La potenza idroelettrica prodotta ammonta a circa 1,53 kW, che nel periodo di utilizzo può garantire una energia, generata da fonti rinnovabili, pari a 1.102 kWh/mese.

5. STIMA ECONOMICA

La presente soluzione di ottimizzazione del comparto territoriale afferente al Comune di Cerano implica dei costi di varia tipologia, che sono stati stimati in questo paragrafo.

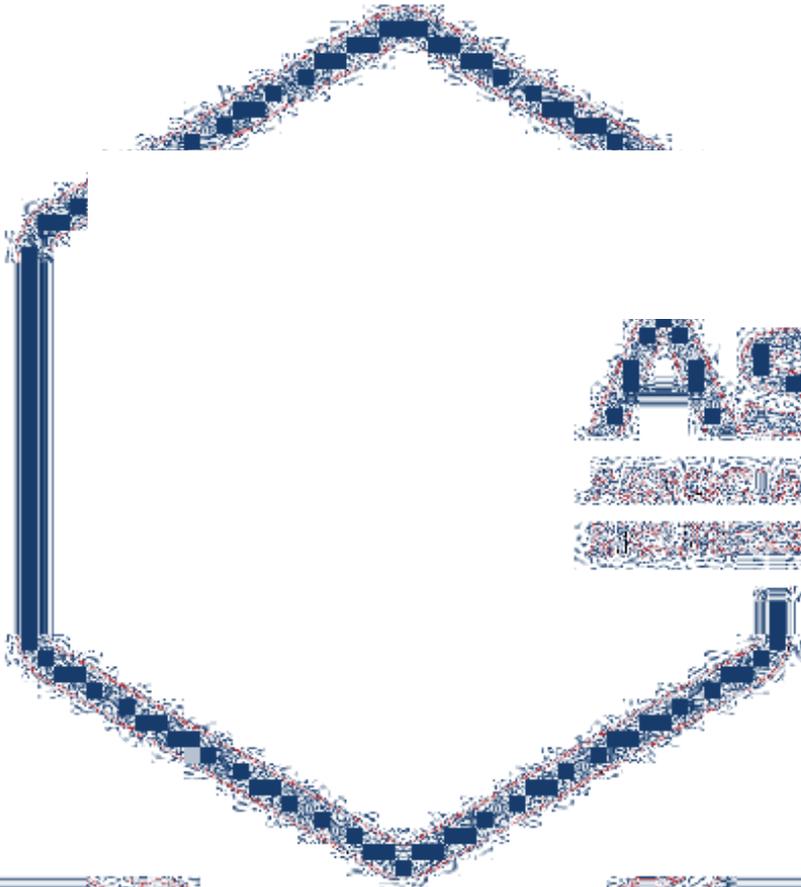
È opportuno specificare che le valutazioni economiche apportate sono unicamente relative alla componente infrastrutturale necessarie per la realizzazione dell'intervento. Molte lavorazioni di dettaglio, con le relative voci di prezzo, non sono state prese in considerazione in quanto necessariamente rimandabili ad uno sviluppo di dettaglio dell'intervento. Conseguentemente gli importi, di seguito riportati, sono da intendersi indicativi ed afferenti solo alle macro-voci di costo.

In Tabella 15, viene riportato un quadro economico di riferimento che porta ad una stima preliminare di importo valori che si aggira nell'intorno di 3.632.000 €, afferente alle voci di fornitura delle principali parti componenti il sistema di recupero, stoccaggio e riutilizzo idrico.

Si sottolinea come non siano stati presi in considerazione i costi relativi alla manodopera, mezzi tecnici, costi della sicurezza, costi della progettazione, cantierizzazione e opere accessorie.

Tabella 15 - Stima economica fornitura

VOCE DI COSTO	DESCRIZIONE VOCE	UNITÀ	IMPORTO UNITARIO	QUANTITÀ	IMPORTO TOTALE
VC.1	Deviatore di flusso con predisposizione di stazione di accumulo	cad	4.250 €	1	4.250 €
VC.2	Stazione di sollevamento con software di gestione in remoto per la modulazione delle portate da inviare all'invaso	cad	46.250 €	1	46.250 €
VC.3	Condotta in pressione per addurre l'acqua dal depuratore all'invaso con relative opere di scavo e ritombamento	[m]	394 €	635	250.031 €
VC.4	Manufatti di regolazione e gestione della condotta in pressione	cad	1.638 €	1	1.638 €
VC.5	Manufatto di scarico nell'invaso con rinforzo anti erosivo del fondo composto da Geotessile "nontessuto" in poliestere o in polipropilene e geostuoia tridimensionale "grimpante" in Polipropilene	[mq]	62 €	49	3.050 €
VC.6	Piano di indagini di caratterizzazione ambientale	cad	631 €	15	9.469 €
VC.7	Piano di indagini di caratterizzazione geognostica	cad	6.406 €	15	96.094 €
VC.8	Attività di scavo e ritombamento per livellazione del terreno e delle scarpate del bacino	[mq]	13 €	52.500	656.250 €
VC.9	Strato impermeabilizzante di fondo con NaBento RL-C	[mq]	31 €	35.000	1.085.000 €
VC.10	Geocomposito bentonitico con superficie irruvidente Na Bento RL-C	[mq]	18 €	35.000	623.438 €
VC.11	Sensoristica di monitoraggio della qualità delle acque e sistema di gestione dei massimi livelli idrici con software di gestione in remoto da predisporre all'uscita del depuratore	cad	21.250 €	1	21.250 €
VC.12	Stazione di sollevamento con software di gestione in remoto per la modulazione delle portate da inviare al corpo idrico ricettore	cad	76.250 €	1	76.250 €
VC.13	Condotta in pressione per addurre l'acqua dall'invaso al corpo idrico ricettore con relative opere di scavo e ritombamento	[m]	394 €	1.900	748.125 €
VC.14	Manufatti di regolazione e gestione della condotta in pressione	cad	4.900 €	1	4.900 €
VC.15	Manufatto di scarico nel Diramatore Vigevano con rinforzo anti-erosivo del fondo composto da Geotessile "non tessuto" in poliestere o in polipropilene e geostuoia tridimensionale "grimpante" in Polipropilene	cad	62 €	96	5.976 €
					TOTALE
					3.631.970 €



ASSOreca

ASSOCIAZIONE ITALIANA
RISERVA NATURA

STRATEGIA DI OTTIMIZZAZIONE IDRICA DI UN COMPARTO TERRITORIALE

ALL. B - ALIMENTAZIONE IDRICA DI SUPPORTO ALLE COLTIVAZIONI
AGRICOLE MEDIANTE REALIZZAZIONE DI INVASI SUPERFICIALI



ASSOreca

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	733
1.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	733
1.2 DECRETO LEGISLATIVO SICCIÀ.....	766
1.2.1 PIANO LAGHETTI – ANBI E COLDIRETTI	777
1.3 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI – REGIONE PIEMONTE....	Errore. Il segnalibro non è definito.
2. DIRAMATORE VIGEVANO	778
2.1 ANALISI QUANTITATIVA DELLE PORTATE DI OUTPUT	778
2.2 DERIVAZIONE SUPERFICIALE	799
2.2.1 RIQUALIFICAZIONE CANALE DI ALIMENTAZIONE	80
3. BACINO VOLANO	801
3.1 DESTINO SECONDARIO ATTIVITÀ DI CAVA	812
3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA	845
3.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA.....	867
3.3.1 FALDA FREATICA	867
3.4 IMPERMEABILIZZAZIONE DEL BACINO	878
3.4.1 GEOCOMPOSITO BENTONITICO	878
3.5 ANALISI DELL'AREA DA SERVIRE.....	889
4. MODELLO AFFLUSSI-DEFLUSSI	890
4.1 MODELLO DI CALCOLO.....	890
4.2 CALCOLO DEL DEFICIT IDRICO TERRITORIALE	901
4.3 EVAPORAZIONE.....	901
4.4 CONTRIBUTO PLUVIOMETRICO	912
4.5 BILANCIO VOLUMETRICO	923
4.5.1 EFFETTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO	945
4.6 SOLLEVAMENTO E STAZIONE DI RECAPITO	955
4.6.1 EFFETTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO	978
5. STIMA ECONOMICA	100

ALLEGATO B - ALIMENTAZIONE IDRICA DI SUPPORTO ALLE COLTIVAZIONI AGRICOLE MEDIANTE REALIZZAZIONE DI INVASI SUPERFICIALI

1. INTRODUZIONE

L'effetto dei cambiamenti climatici ed il conseguente manifestarsi di periodi siccitosi, sempre più frequenti e di rilevante entità oltreché alternati ad eventi intensi di precipitazioni, impone un cambio di approccio sia tecnico che culturale nelle modalità di utilizzo della risorsa idrica su scala territoriale.

A tutt'oggi, la quantità complessiva di acqua presente su un dato territorio viene suddivisa tra le diverse categorie di utilizzo (civile e potabile, industriale, agricola e zootecnica, idroelettrica) in maniera competitiva, riducendo e a volte annullando la fornitura ad una o più di tali categorie quando le portate disponibili diventano insufficienti. Nelle more di complessi, onerosi e lunghi processi di incremento degli approvvigionamenti e di riduzione delle perdite è quindi necessario gestire la risorsa acqua in modo circolare ed efficiente, attuando un utilizzo multiplo e sinergico che ne massimizzi l'uso "in cascata" al posto della competizione tra le diverse tipologie di fruizione e utilizzo.

Il presente elaborato si pone l'obiettivo di descrivere una possibile strategia di ottimizzazione idrica del comparto territoriale di Trecate e Cerano (NO); in particolar modo, l'intervento ha come fine quello di proporre la derivazione dal Diramatore Vigevano di portate nei periodi di abbondanza idrica destinandoli ad un invaso realizzato in corrispondenza di una cava dismessa. Questa cava, a valle di opportuni interventi di impermeabilizzazione, fungerà da bacino di stoccaggio mettendo a disposizione importanti volumi idrici alle coltivazioni locali, in corrispondenza di periodi di deficit idrico nei quali i contributi d'acqua a disposizione dei canali consortili di Est Sesia (partner progettuati) non siano sufficienti a garantire il fabbisogno minimo delle colture.

1.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio comunale di Cerano si estende nella zona sud-orientale della provincia di Novara, bagnato ad est dal fiume Ticino, e in prossimità con la provincia di Milano e Pavia (Figura 1). I comuni limitrofi sono i seguenti: a nord il comune di Trecate (NO), a nord-est il comune di Boffalora (MI), a sud il comune di Cassolnovo (PV), a ovest il comune di Sozzago (NO) e ad est i comuni di Magenta (MI), Robecco sul Naviglio (MI) ed Abbiategrasso (MI).

La località di Cerano è situata in un'area prevalentemente pianeggiante, di formazione alluvionale, e in un'area valliva formata dal fiume Ticino. La superficie amministrativa si sviluppa distintamente in un ristretto complesso urbano, in un'ampia sezione agricola, aspetto dominante del territorio, e una zona naturale (Parco Naturale della Valle del Ticino). Queste identità territoriali sono rispettivamente separate e attraversate da una fitta rete idrografica: il

fiume Ticino (al limite del quadrante occidentale), le rogge Cerana e Mora, il sistema dei navigli Sforzesco e Langosco, dal canale Diramatore Vigevano e da altre diramazioni minori.

La configurazione territoriale di Cerano può quindi essere articolata in tre sub aree omogenee, dinamiche e sinergiche tra di loro, ma fondamentalmente ben distinte in termini paesaggistici. Due di queste si sviluppano nel terrazzo alluvionale pianeggiante: un'area agricola (Piana irrigua) occupata da coltivazioni intensive e un'area urbanizzata (Piana "asciutta" baraggiva) costituita da insediamenti a carattere produttivo e dalla rete di infrastrutture. La terza sub area è il solco vallivo del fiume Ticino, caratterizzata principalmente da aspetti boschivi e ripariali.

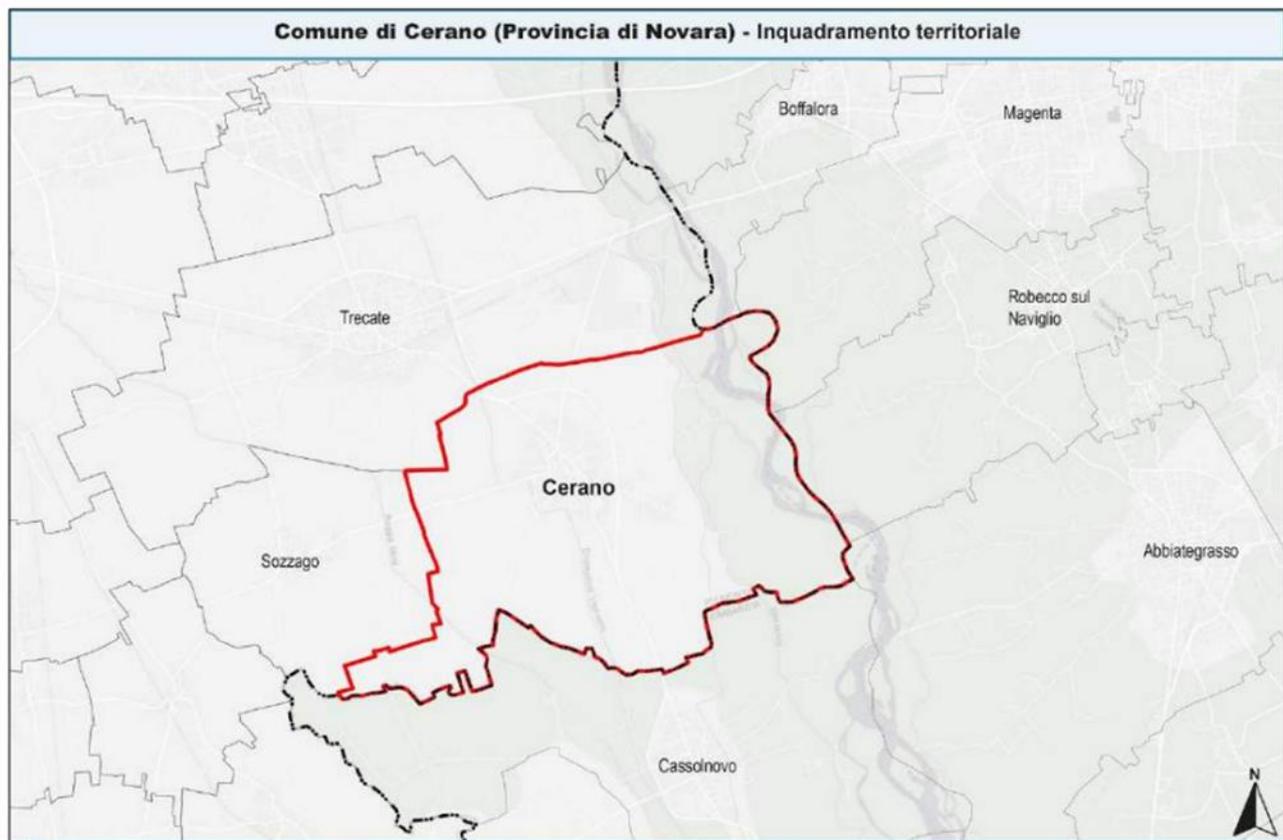


Figura 1 - Inquadramento territoriale Comune di Cerano

L'economia del comune si basa soprattutto sulla rendita derivante dai terreni agricoli e dagli insediamenti di carattere produttivo sparsi sul territorio: un consistente addensamento industriale in contiguità con il centro urbano ad est, alcuni insediamenti isolati ad est della fascia baraggiva tra il centro e la valle del Ticino, e un addensamento minore in prossimità della direttrice per il Polo Industriale San Martino di Trecale.

Il secondo comune, oggetto di studio ma non interessato direttamente dall'intervento, è quello di Trecale si estende nella zona sud-orientale della provincia di Novara, bagnato ad est dal fiume Ticino, e in prossimità con la provincia di Milano e Pavia (Figura 1). I comuni limitrofi sono i seguenti: a nord il comune di Romentino (NO), a nord-est il comune di Bernate Ticino (MI), a

sud i comuni di Sozzago (NO) e Cerano (NO), a ovest i comuni di Novara e Garbagna Novarese (NO) e ad est il comune di Boffalora sopra Ticino (MI).

La località di Trecate è situata in un'area prevalentemente pianeggiante, di formazione alluvionale, e in un'area valliva formata dal fiume Ticino. La superficie amministrativa si sviluppa distintamente in un ristretto complesso urbano, in un'ampia sezione agricola, aspetto dominante del territorio, e una zona naturale (Parco Naturale della Valle del Ticino). Queste identità territoriali sono rispettivamente separate e attraversate da una fitta rete idrografica: il fiume Ticino (al limite del quadrante occidentale), il torrente Terdoppio, la roggia Cerana, il sistema dei navigli Sforzesco e Langosco, dal canale Diramatore Vigevano e da altre diramazioni minori.

L'economia del comune ha carattere essenzialmente industriale, segnata dalla presenza di diversi insediamenti industriali operanti nel settore petrolchimico, racchiusi nel polo industriale di San Martino, situato ad est del centro cittadino. Tuttavia, buoni redditi derivano dall'agricoltura e dall'allevamento, e permane un'attività dedicata all'acquacoltura.

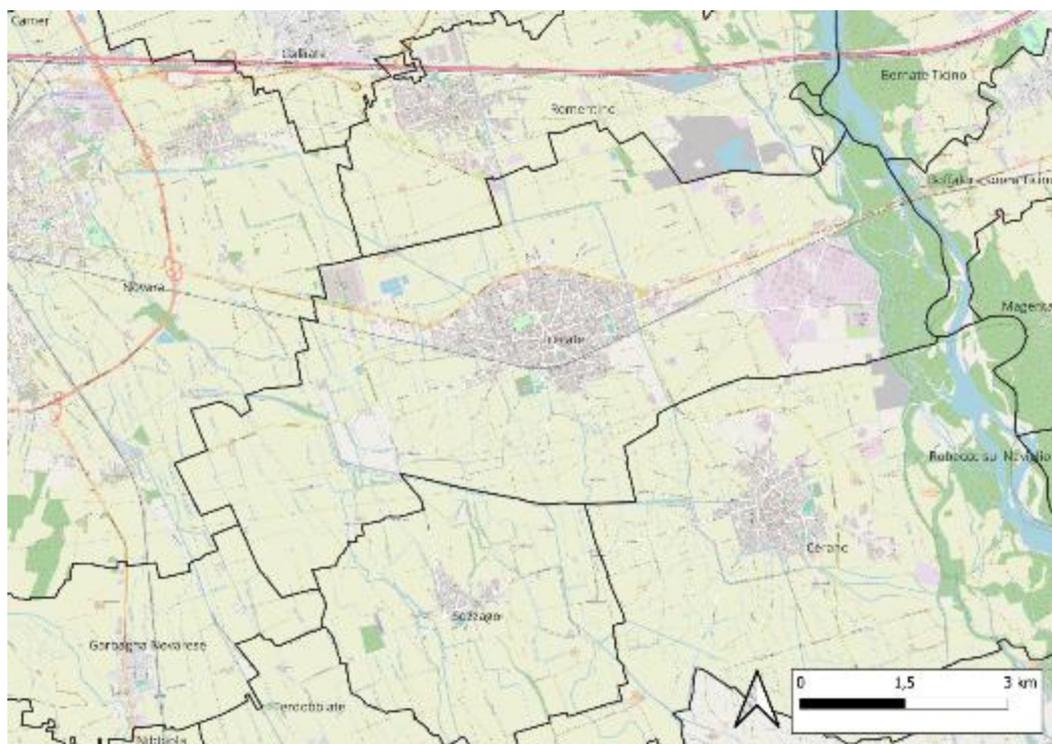


Figura 10 - Inquadramento territoriale Comune di Trecate

1.2 DECRETO LEGISLATIVO SICCIÀ

Dopo il voto di fiducia del Senato e della Camera sul DL Siccità, è stata pubblicata in Gazzetta Ufficiale la legge 68/2023 di conversione del dl 39/2023 contenete “disposizioni urgenti per il contrasto della scarsità idrica e per il potenziamento e l’adeguamento delle infrastrutture idriche”. La legge è in vigore da mercoledì 14 giugno 2023.

Scendono in campo nuove misure urgenti per fronteggiare l’emergenza idrica in agricoltura, nonché il potenziamento e l’adeguamento delle infrastrutture idriche, diretto anche verso la creazione di bacini destinati allo stoccaggio di acque per utilizzi agricoli.

In considerazione delle gravi ripercussioni che la persistente situazione di scarsità idrica potrebbe determinare sul tessuto economico e sociale, il provvedimento in esame introduce misure specifiche finalizzate ad aumentare la resilienza dei sistemi idrici ai cambiamenti climatici e a ridurre le dispersioni di risorse idriche.

In particolare, il testo individua specifiche misure volte a prevenire la siccità, con attenzione alla resilienza dei sistemi idrici, le dispersioni idriche, aumento degli invasi, riutilizzo delle acque.

1.2.1 PIANO LAGHETTI – ANBI E COLDIRETTI

Oggi il sistema nazionale di gestione delle acque è in grado di accumulare e rendere disponibili per gli usi irrigui in agricoltura, ma anche per gli usi industriali e civili, appena l'11% dell'acqua che cade sul territorio italiano (in media tra i 300 e i 320 miliardi di metri cubi l'anno).

L'associazione dei consorzi di bonifica e gestione del territorio e delle acque irrigue (ANBI) e Coldiretti, hanno presentato, in parallelo rispetto al Decreto Siccità, un piano per la realizzazione di 10.000 invasi di piccola e media dimensione da mettere in opera entro il 2030 che, se realizzati, consentirà di portare quella percentuale dell'11% al 30%, forse 35%.

Un piano che non prevede la posa di cemento, ma che punta in gran parte sul riutilizzo di cave inattive, ossia di aree che, talvolta, si trasformano in luoghi di abbandono incontrollato.

L'opera oggetto di questo studio ricalca alla perfezione l'ideologia per proposta avanzata da ANBI e Coldiretti al governo italiano.

2. DIRAMATORE VIGEVANO

Il diramatore Vigevano è un importante canale artificiale che scorre in Piemonte e in Lombardia, attraversando rispettivamente la provincia di Novara e la provincia di Pavia. La sua funzione principale è quella di irrigare un vasto comprensorio a sud della città di Vigevano, dalla quale trae il nome.

Il diramatore Vigevano trae origine dal canale Cavour in comune di Galliate. Subito dopo pochi chilometri di corso viene intersecato dall'Autostrada Torino-Milano ed entra in comune di Romentino. Successivamente scorre nei territori di Trecate e di Cerano, dove vi è lo scaricatore nella roggia Cerana.

Il Diramatore Vigevano risulta idoneo per poter prevedere una derivazione per l'alimentazione per l'invaso oggetto di intervento, in quanto le notevoli portate defluenti rendono l'entità della derivazione poco influente.

2.1 ANALISI QUANTITATIVA DELLE PORTATE DI OUTPUT

Il diramatore Vigevano rappresenta un canale artificiale di grande importanza per il territorio, in quanto grazie ad esso vengono convogliati volumi d'acqua rilevanti alle svariate attività agricole (irrigue e non) sia in Piemonte sia in Lomellina.

Grazie al partner territoriale Est Sesia, consorzio di irrigazione e bonifica, è stato possibile venire a conoscenza delle serie storiche relative alle portate di acqua all'imbocco del diramatore.

I valori forniti, afferenti agli anni che vanno dal 2018 al 2023, sono suddivisi mensilmente permettendo uno specifico focus sugli andamenti stagionali e mensili delle portate di deflusso.

È possibile quantificare in circa 7,8 miliardi di m³ il volume che transita annualmente all'imbocco del diramatore vigevano, con oscillazioni annuali dell'ordine del $\pm 5\%$, ad esclusione dell'annata 2022 caratterizzata da forti fenomeni siccitosi: in questo caso il volume d'acqua recapitato attraverso il diramatore si è fermato a 5,6 miliardi di m³, con una diminuzione di circa il 28% rispetto all'anno precedente. Si riporta in Tabella 1 il dettaglio della serie storica analizzata.

Di particolare interesse, oltre al fisiologico incremento delle portate riscontrabile durante la stagione estiva (aprile – settembre) dovuto ad un maggior utilizzo della risorsa idrica per scopi irrigui, risulta la consistenza e la stabilità dei valori delle portate durante il periodo invernale. Ad eccezione del mese di febbraio, infatti, l'andamento delle portate nei mesi invernali fornisce buone prospettive per quanto concerne il loro sfruttamento attraverso l'accumulo di quota parte dei volumi recapitati in vista della stagione irrigua, a fronte di una pianificazione che consenta di modulare le portate derivate sulla base delle portate disponibili all'imbocco del diramatore Vigevano.

Tabella 16 - Serie storica imbocco diramatore Vigevano

Portata all'imbocco del diramatore vigevano						
Qtot (mc) imbocco	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Gennaio	410'866'560	369'217'440	363'458'880	402'563'520	283'642'560	407'116'800
Febbraio	67'093'920	13'927'680	129'232'800	63'210'240	253'406'102	315'783'360
Marzo	304'159'104	189'764'640	543'715'200	-	70'575'840	200'344'320
Aprile	1'128'276'000	1'106'447'040	1'326'343'680	1'120'452'394	533'815'834	463'898'880
Maggio	1'206'753'120	1'182'486'816	1'350'588'557	1'359'555'840	865'123'200	1'048'325'760
Giugno	1'246'125'600	1'338'391'123	1'338'594'682	1'230'175'728	611'617'997	1'288'042'560
Luglio	1'278'416'390	1'349'029'728	1'306'121'760	1'365'134'947	562'062'240	1'419'016'320
Agosto	1'250'946'720	1'135'231'805	1'100'739'370	1'192'155'840	688'413'082	1'065'467'520
Settembre	455'328'000	460'684'800	451'760'371	692'982'432	674'075'606	617'371'200
Ottobre	346'317'120	399'863'693	164'116'282	38'193'984	376'583'040	402'563'520

Novembre	320'068'800	329'041'440	272'928'960	43'068'672	313'372'800	401'760'000
Dicembre	370'020'960	383'680'800	377'994'557	283'452'394	398'545'920	415'152'000

2.2 DERIVAZIONE SUPERFICIALE

Eseguendo un'analisi della rete canalizia consortile Est Sesia emerge un manufatto di sbarramento con conseguente paratoia regolabile che permette la derivazione di quota parte dei volumi idrici del Diramatore Vigevano verso la zona ad Est in cui è posizionata l'area di cava destinata alla realizzazione dell'invaso.

Verificata la funzionalità del manufatto si può concludere che verrà fatto uso di quanto già in sito al fine di permettere l'alimentazione dell'invaso di progetto.



Figura 311 - Derivazione superficiale dal Diramatore Vigevano e ubicazione su ortofoto (il rombo in giallo indica il punto di derivazione)

2.2.1 RIQUALIFICAZIONE CANALE DI ALIMENTAZIONE

Subito a valle della derivazione dal Diramatore Vigevano è presente un canale in terra di forma trapezoidale attualmente usato, durante la stagione irrigua, per condurre le acque nella zona ad est della derivazione.

Tale canale esistente, con la garanzia di una costante ed opportuna manutenzione, potrebbe risultare idoneo per le finalità del progetto in questione. Risulta da valutare, a seguito di

approfondimenti di dettaglio basati sulla modellazione numerica, l' idoneità dimensionale e la possibilità di prevedere opere di impermeabilizzazione al fine di limitare fenomeni erosivi, e conseguente trasporto solido che potrebbe causare sedimentazione nel bacino con progressiva perdita della capacità di invaso nel corso degli anni.

Una eventuale riqualificazione del canale interesserebbe una distanza di circa 1.200m, con la posa di prefabbricati in calcestruzzo in grado di aumentare la sezione dell' invaso ed aumentare la scabrezza del canale.

Qualora necessario, si potrebbe prevedere l' utilizzo di prefabbricati di sezione trapezoidale con base maggiore pari a 3m e pendenza dei versanti 1:2, con appositi pezzi speciali posti in corrispondenza degli attraversamenti carrabili della strada bianca presente a tergo.

Questa soluzione permetterebbe rispetto al canale in terra, a parità di sezione, una maggior portata defluente con un azzeramento di processi erosivi e di trasporto solido.

3.BACINO VOLANO

L' area di estrazione soggetta a possibile realizzazione dell' invaso è ubicata nel Comune di Trecate e denominata Cascina Invernizzi (cava Italvest). In particolare, in Figura 4 il preciso inquadramento territoriale con indicazione degli estremi perimetrali dell' area. L' area estrattiva risulta caratterizzata da una estensione superficiale pari a circa 325 000 m².



Figura 412 - Superficie destinabile ad invaso

In Tabella 2, si riportano le coordinate geografiche degli estremi A, B, C, D di Figura 4 con sistema di riferimento WGS 84/UTM zone 32N.

Tabella 2 - Coordinate estremali bacino volano

	ESTREMO A	ESTREMO B	ESTREMO C	ESTREMO D
Coordinata X	480543	480847	481435	481058

Coordinata Y	5033812	5034006	5033257	5033164
---------------------	---------	---------	---------	---------

La progettazione del bacino è stata effettuata prendendo in considerazione la “Guida Tecnica per invasi a uso irriguo” redatta dalla Regione Piemonte, la quale tratta le caratteristiche, gestione e manutenzione degli invasi artificiali.

Si riporta in Figura 5 un esempio di sezione trasversale dell’invaso in questione.

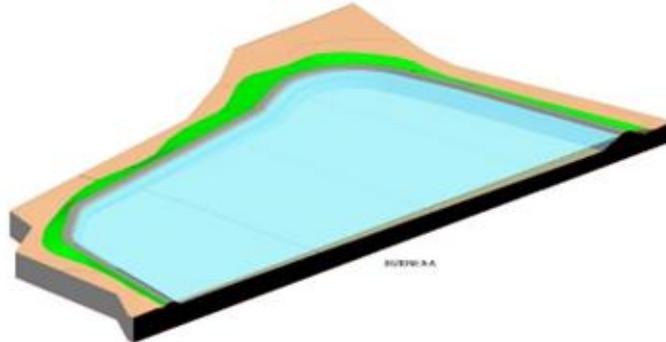


Figura 513 - Sezione tipo di invaso ad uso agricolo

3.1 DESTINO SECONDARIO ATTIVITÀ DI CAVA

L’area individuata per la realizzazione del bacino volano è la cava di Cascina Invernizzi nel Comune di Trecate. La cava di proprietà della società Italvest srl è caratterizzata dall’estrazione di materiale alluvionale ed è localizzata a nord del comune di Trecate (Tabella 3).

Tabella 3 - Scheda di identificazione della cava

SCHEDE IDENTIFICAZIONE CAVA	
Codice cava	M1852N
Bacino di riferimento	Ticino - 01017
Provincia	Novara
Comune	Trecate
Nome località	Cascina Invernizzi
Latitudine (WGS84)	45.453611
Longitudine (WGS84)	8.758611
Estensione	325 000 m ²
Quota media	140 m s.l.m.
Litotipo	Materiale alluvionale
Tipologia recupero	Agricolo

Il progetto per il recupero della cava Cascina Invernizzi si configura nell’ipotesi in cui la società Italvest non prosegua la coltivazione della cava e si struttura in due parti principali: la realizzazione di un bacino volano su quota a parte della superficie interessata dalla cava dismessa e la rinaturalizzazione del sito.

I dettagli del progetto riguardante la possibile realizzazione del bacino volano sono riportati nei successivi paragrafi, che descrivono rispettivamente le attività e i materiali necessari per l'impermeabilizzazione del bacino ed il suo dimensionamento. Per quanto riguarda gli aspetti ambientali e naturalistici del progetto di recupero, sono al vaglio diverse possibili soluzioni progettuali, che si riportano di seguito:

- La delimitazione dell'intero sito tramite la piantumazione di specie arboreo-arbustive autoctone idonee all'ecologia del sito. Questa misura può essere ripetuta anche lungo il perimetro dell'invaso per ridurre il possibile l'impatto di automezzi e personale di controllo sulla fauna presente all'interno del bacino.
- Il recupero dei pendii esterni dell'invaso, tramite la piantumazione di specie idonee alla creazione di un habitat ripariale sulle sponde dell'invaso.
- Il posizionamento, all'interno del bacino, di una o più isole artificiali galleggianti, che possano risultare attrattive per alcune specie faunistiche. L'utilizzo di isole galleggianti ancorate al fondo del bacino può ovviare alle criticità dovute alle possibili marcate oscillazioni del livello del battente nell'invaso durante il suo esercizio. Al fine naturalistico di queste installazioni, si può aggiungere una potenziale funzionalità fitodepurativa, che sarà analizzata nelle fasi progettuali successive.
- La realizzazione di un percorso attrezzato o ciclopedonale, nella porzione del sito non interessata dai lavori di impermeabilizzazione, allo scopo di garantire al sito una funzionalità ricreativa di carattere pubblico, permettendo alla cittadinanza di fruire liberamente dell'area.
- La creazione di un'area umida, nella porzione del sito non interessata dai lavori di impermeabilizzazione, tale da aumentare il valore naturalistico del sito e instaurare un habitat dall'importanza fondamentale per la conservazione della biodiversità, rendendo il sito interessante anche da un punto di vista didattico e scientifico.

Si rimarca che le opzioni riportate sopra non sono da ritenersi obbligatoriamente eseguibili, ma laddove sia possibile si riserva la possibilità di offrire soluzioni per la loro realizzazione complessiva o parziale, coerentemente a quanto previsto dal progetto approvato di recupero della cava.

Dalla descrizione climatologica del sito sul quale sorgerà il bacino, si riporta che la classificazione climatica Köppen-Geiger identifica questa area come appartenente alla categoria Cfa (climi temperati con estate umida e temperatura media del mese più caldo superiore a 22 C).

La temperatura media prevalente nella città di Cerano (il Comune più prossimo al sito) è registrata come 13,4 °C, secondo i dati statistici. La media annuale di piovosità è di 1301 mm.

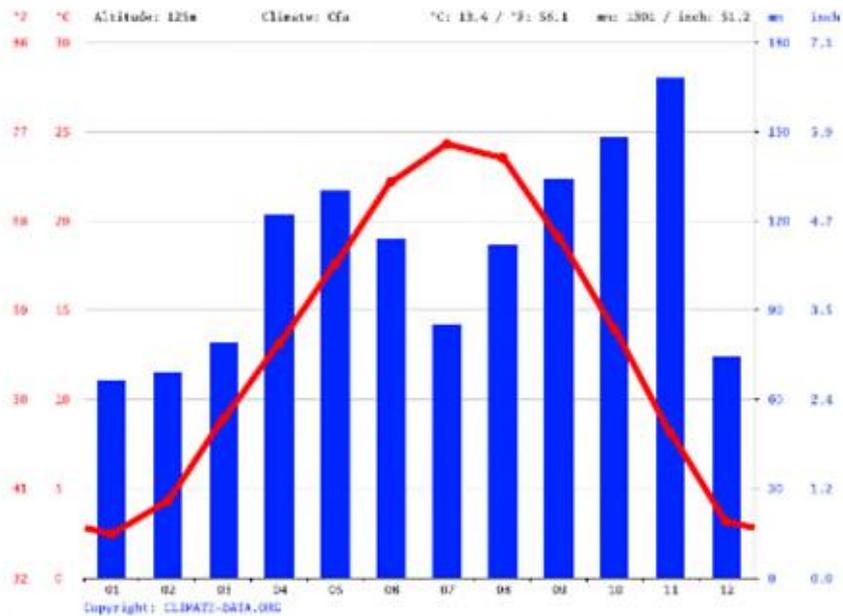


Figura 614 - Climate data per inserimento paesaggistico

Alla luce delle condizioni climatiche evidenziate, si è proceduto a scegliere quelle che sono le specie autoctone ritenute tra le più adatte a questo tipo di ambiente. Al fine di donare un paesaggio in linea con l'attuale ambiente, si è proceduto alla selezione di specie erbacee ed arbustive per la zona perimetrale e specie arboree per la zona di accesso all'area e parcheggio.

In merito alle specie erbacee sono inseribili: *Iris pseudacorus*, *Lythrum salicaria*, *Molinia caerulea*, *Phragmites australis*, *Saponaria officinalis* e *Verbena officinalis*.

In merito alle specie arbustive sono inseribili: *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Euonymus europaeus*, *Frangola alnus*, *Sambucus nigra* e *Viburnum opulus*.

In merito alle specie arboree sono inseribili: *Alnus glutinosa*, *Fraxinus ornus*, *Prunus spinosa*, *Populus alba*, *Salix caprea* e *Sorbus acuparia*.

Le specie autoctone proposte sono perfettamente adattate al clima e alle condizioni specifiche del Piemonte, rendendole ideali per un ambiente di bordo lago artificiale. Grazie alla loro capacità di tollerare le variazioni stagionali dell'umidità, riescono a prosperare in un contesto in cui il livello d'acqua può variare notevolmente durante l'anno.

Oltre alla loro adattabilità, queste specie offrono un contributo importante alla biodiversità. Tra le specie proposte, alcune attraggono fauna locale, come insetti impollinatori, uccelli e piccoli mammiferi, favorendo un ecosistema ricco e diversificato. In questo modo, il bordo lago non solo diventa un habitat più vivace e sostenibile, ma contribuisce anche alla conservazione della fauna selvatica.

Dal punto di vista estetico, il connubio tra questi piccoli alberi e le specie arbustive ed erbacee contribuiscono a variegare il paesaggio durante tutto l'arco dell'anno. Le loro fioriture ornamentali, l'alternarsi dei colori delle foglie nelle stagioni e i frutti decorativi che maturano

nel corso dell'anno arricchiscono visivamente il paesaggio circostante, rendendolo non solo funzionale, ma anche piacevole e armonioso per i fruitori dell'area.

La scelta di queste specie permette quindi di creare un ambiente naturale, resiliente e che esalta la bellezza e la biodiversità del territorio.

3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

Il territorio comunale si inserisce nell'ambito della pianura novarese, geologicamente caratterizzata dalla presenza di depositi fluvioglaciali e fluviali di età quaternaria (Pleistocene-Olocene). Tali depositi derivano dal rimaneggiamento dei depositi glaciali più antichi avvenuto nei periodi interglaciali, caratterizzati da forti variazioni climatiche, con ritiro dei fronti glaciali in seguito a notevoli innalzamenti termici, ed impostazione di un ricco sistema di drenaggio.

Le glaciazioni ed i periodi interglaciali hanno determinato inoltre l'assetto morfologico, in diretta relazione all'alternarsi di fenomeni di deposizione ed erosione e l'impostazione di un ricco reticolato idrografico.

La geologia di superficie che caratterizza il territorio è rappresentata da depositi alluvionali fluvioglaciali e fluviali wurmiani (Pleistocene sup.), in associazione alla serie dei terrazzi alluvionali prodotti dall'attività erosionale del fiume Ticino, anch'essi di età quaternaria (Olocene antico, recente ed attuale), presenti nella porzione di territorio adiacente il corso del fiume.

I depositi costituenti le alluvioni fluvioglaciali rappresentano il livello fondamentale della pianura e sono costituiti prevalentemente da materiali grossolani, essenzialmente ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi, in associazione a depositi limoso-argillosi, di colore giallo-rossiccio, poco potenti, ad andamento lenticolare. Dalla cartografia geologica di riferimento (Carta Geologica d'Italia - scala 1:100000), è segnalata localmente in superficie la presenza di un paleosuolo limoso, di colore bruno, con spessore massimo pari ad 1 metro.

Le Alluvioni oloceniche antiche costituiscono la zona di "vallata" del fiume. Individuano sul territorio antichi tracciati del corso d'acqua attualmente abbandonati, ma riattivabili, e pianure alluvionali ancora interessate dalla dinamica fluviale, in corrispondenza di eventi di piena eccezionali. Tali depositi sono costituiti essenzialmente da ciottoli, ghiaie e sabbie grossolane, associati in eteropia di facies a limi, limi sabbiosi, limi argillosi.

Le Alluvioni oloceniche recenti ed attuali costituiscono l'alveo attivo del fiume Ticino ed i tratti abbandonati ma riattivabili durante eventi di piena. Sono depositi ghiaiosi e sabbiosi, a costituire isole, barre e lanche abbandonate.

La Banca Dati Geotecnica del Piemonte di ARPA Piemonte mette a disposizione, in formato open source, informazioni su sondaggi geognostici effettuati nel territorio regionale. Come visibile in Figura 7, nei dintorni dell'area di interesse progettuale sono collocati tre sondaggi realizzati con rotazione a carotaggio continuo.



Figura 715 - Posizionamento indagini geognostiche

Di seguito si riporta una disamina dei tre sondaggi:

- Sondaggio 106497: collocato geograficamente a nord dell'area di interesse ad una quota piano campagna pari a 138 m s.l.m. ed effettuato per una profondità di 15m. La formazione geologica intercettata risulta essere "Depositi fluvioglaciali ghiaiosi, con paleosuolo argilloso (Pleistocene)" con un livello di falda freatica posto a 13,40m al di sotto del piano campagna.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
Pz1	Treccate	NO	Cascina Invernizzi
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
13/12/2006	14/12/2006	15.00	Indagine geognostica Boschetto

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
106497	0.60	terreno vegetale sabbioso limoso con rari ciottoli e ghiaie
106497	15.00	ghiaie e ciottoli in matrice prevalentemente sabbiosa con piccole frazioni di limo

Figura 8 - Stratigrafia sondaggio 106497 Regione Piemonte

- Sondaggio 106498: collocato geograficamente ad sud-est dell'area di interesse ad una quota piano campagna pari a 135 m s.l.m. ed effettuato per una profondità di 35m. La formazione geologica intercettata risulta essere "Depositi fluvioglaciali ghiaiosi, con paleosuolo argilloso (Pleistocene)".

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
Pz2	Trecale	NO	Cascina Regina
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
27/12/2006	29/12/2006	35.00	Indagine geognostica Boschetto

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
106498	0.40	terreno vegetale sabbioso limoso con rari ciottoli e ghiaia
106498	15.00	ghiaie e ciottoli in matrice prevalentemente sabbiosa con piccole frazioni di limi
106498	23.00	sabbie sciolte medio grossolane con rare ghiaie e ciottoli
106498	35.00	sabbie e ghiaie con rari ciottoli

Figura 9 - Stratigrafia sondaggio 106498 Regione Piemonte

- Sondaggio 106499: collocato geograficamente ad est dell'area di interesse ad una quota piano campagna pari a 139 m s.l.m. ed effettuato per una profondità di 15m. La formazione geologica intercettata risulta essere "Depositi fluvioglaciali ghiaiosi, con paleosuolo argilloso (Pleistocene)" con un livello di falda freatica posto a 12,40m al di sotto del piano campagna.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
Pz3	Trecale	NO	Cascina Fausta
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
14/12/2006	18/12/2006	15.00	Indagine geognostica Boschetto

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
106499	0.40	terreno vegetale sabbioso limoso con rari ciottoli e ghiaie
106499	15.00	ghiaie e ciottoli in matrice prevalentemente sabbiosa con piccole frazioni di limi

Figura 10 - Stratigrafia sondaggio 106499 Regione Piemonte

3.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA

Dal punto di vista idrogeologico, si osserva la presenza di:

- una falda freatica caratterizzata da una soggiacenza strettamente legata alla morfologia di superficie in comunicazione idraulica con i livelli acquiferi sottostanti, originati dalla compartimentazione locale del primo complesso individuato, a prevalenza ghiaioso - sabbiosa ed ascrivibili ai depositi quaternari più antichi (Fg Riss - Mindel). Questa prima unità idrogeologica risulta essere sicuramente la più ricca, essendo d'altro canto la più esposta a possibili fenomeni di contaminazione.
- Un secondo complesso con livelli acquiferi pressurizzati, mediamente caratterizzati da una conducibilità idraulica inferiore rispetto ai livelli produttivi del primo orizzonte, e da una produttività generalmente più modesta.

3.3.1 FALDA FREATICA

La caratterizzazione piezometrica locale viene ripresa dall'indagine effettuata per il PRGC vigente. I valori di soggiacenza rilevati sono variabili sul territorio, denotando un aumento progressivo in direzione E, in corrispondenza dell'orlo di terrazzo che marca il passaggio alla zona di fondovalle del Ticino. Le quote rilevate, corrispondenti al minimo assoluto dell'anno idrologico medio, sono comprese tra 4 e 10 metri circa. Facendo riferimento all'area oggetto di

intervento, sulla base degli esiti delle indagini geologiche a disposizione, si evidenzia la presenza della falda ad una quota compresa tra gli 8 e 10m.

La superficie piezometrica, ottenuta per interpolazione lineare, presenta isolinee circa parallele ed orientate secondo la direzione N-S. La direzione di deflusso risulta prevalentemente verso E, con locali variazioni. L'andamento piezometrico è fortemente condizionato dalla presenza del Ticino, che effettua il drenaggio sistematico della falda superficiale.

3.4 IMPERMEABILIZZAZIONE DEL BACINO

L'area individuata per la realizzazione del bacino risulta caratterizzata da una condizione geologica poco affine allo stoccaggio di acqua, in quanto a causa di una granulometria piuttosto elevata si verificherebbero importanti perdite per infiltrazione di acqua al suolo. Di conseguenza, è necessario prevedere un opportuno pacchetto impermeabilizzante in grado di azzerare la perdita idrica, dovuta all'infiltrazione mediante un geocomposito bentonitico.

3.4.1 GEOCOMPOSITO BENTONITICO

Sul mercato esistono numerosi geocompositi bentonitici, che si differenziano per capacità impermeabilizzanti, finiture superficiali, resistenze al taglio, resistenze meccaniche e certificazioni rilasciate da istituti indipendenti a confermarne le caratteristiche prestazionali.

Dal punto di vista tecnico, il materiale ottimale per la realizzazione di strati impermeabili in bacini imbriferi per lo stoccaggio di acque è il NaBento RL-C (Figura 11), un geocomposito bentonitico riempito con bentonite calcica e con uno speciale irruvidimento superficiale, che incorpora al suo interno una membrana in polietilene leggera con funzione di protezione nei confronti delle radici.



Figura 11 - Geocomposito bentonitico NaBento RL-C

La scelta del NaBento RL-C (WB) è figlia dalle sue caratteristiche tecniche, di seguito riassunte:

- la bentonite calcica fa sì che le proprietà del geocomposito restino costanti nel tempo e senza alcun decadimento dovuto a fenomeni di scambio ionico, a cui invece la bentonite sodica è inevitabilmente soggetta e che ne fa decadere le prestazioni (ne causa un aumento della permeabilità);
- la bentonite calcica inoltre ha una capacità di assorbimento d'acqua e un rigonfiamento in volume minori rispetto a quella sodica e, di conseguenza, un contenuto d'acqua proporzionalmente minore; ciò implica che il NaBento RL-C (WB) necessita di meno acqua per rigonfiarsi ed è, per logica, meno sensibile alla riduzione di contenuto della stessa. L'effetto finale è quello di avere una tendenza al ritiro e alla fessurazione minori rispetto ai geocompositi bentonitici a base sodica;
- il NaBento RL-C (WB) è in possesso della certificazione LAGA che garantisce le prestazioni impermeabilizzanti per una vita utile fino a 100 anni;
- la particolare struttura del NaBento gli conferisce una notevole resistenza al taglio interno (l'angolo di resistenza al taglio interno è superiore a 38°) e pertanto ne consente l'utilizzo anche su scarpate molto acclivi senza rischio di rotture interne del geocomposito;
- il NaBento RL-C (WB) è prodotto con un irruvidimento superficiale che aumenta l'angolo di attrito con i materiali con cui è a contatto e quindi permette la realizzazione di scarpate più pendenti senza la necessità di una geogriglia di rinforzo. L'angolo di attrito da un terreno sabbioso/argilloso e un geocomposito bentonitico normale (senza irruvidimento) è pari a circa 20°, mentre tra lo stesso terreno e un geocomposito bentonitico irruvidito è pari a circa 30°. Ciò significa che, nel caso di geocomposito bentonitico normale, se le scarpate hanno una pendenza superiore a 20°, risulta necessaria una geogriglia di rinforzo per il trattenimento del terreno. Nel caso di geocomposito bentonitico irruvidito questo limite è spostato a 30°;
- l'irruvidimento superficiale fornisce inoltre un'ulteriore barriera all'acqua che permette la posa del materiale anche in presenza di pioggia. Il particolare trattamento superficiale aiuta inoltre a prevenire l'essiccazione della bentonite che potrebbe causare fenomeni di ritiro e creare fessurazioni dello stesso e quindi una notevole riduzione della sua capacità impermeabilizzante.

3.5 ANALISI DELL'AREA DA SERVIRE

Al fine di procedere con il dimensionamento del bacino (cfr. Cap. 4), che sarà alimentato con le acque derivate dal diramatore Vigevano e che servirà le aree agricole dei comuni di Trecate e Cerano, il primo step intrapreso è stata la definizione dell'area agricola comunale servibile dal bacino volano. Per fare ciò, a partire dalla rete consortile del consorzio Est Sesia, è stato individuato il punto ottimale per lo scarico delle acque provenienti dal bacino volano nei canali della rete (Figura 10): il punto selezionato garantisce lo scarico all'interno del diramatore Vigevano, a monte di un impianto idroelettrico. Da questo è punto, si è ipotizzato

che lo scarico andasse a servire l'area situata ad est del diramatore: quindi, l'area servita dal bacino è stata delimitata analizzando l'andamento a gravità dei canali tramite strumenti software quali Google Earth Pro e Qgis, oltre alle informazioni reperite durante il sopralluogo effettuato sul territorio. Il risultato di questa analisi ha portato a identificare un'area servibile pari a circa 101ha di terreno agricolo, coltivato quasi interamente a riso.

4. MODELLO AFFLUSSI-DEFLUSSI

Per il dimensionamento del bacino, si è ricercata una soluzione di ottimo in modo da massimizzare la resa del bacino, garantendo i volumi idrici di deficit dell'area geografica ad essa sottesa e minimizzando gli oneri relativi alla realizzazione dell'invaso.

Tale approccio scaturisce da valutazioni di carattere differente, come:

- valutazioni ambientali: ridurre al minimo gli impatti relativi alla realizzazione di un vaso, scongiurando alterazioni al reticolo idrografico locale.
- Valutazioni economiche: prevedere un intervento economicamente sostenibile e con un margine di rientro dell'investimento nel medio-breve periodo.
- Valutazioni tecniche: provvedere ad un dimensionamento che tenga conto dell'andamento molteplice e differenziato dalle varie portate di input e output senza incorrere in sovradimensionamenti, ma tenendo in considerazione gli effetti del cambiamento climatico.

4.1 MODELLO DI CALCOLO

Il dimensionamento del volume del bacino volano si basa sui concetti legati ai modelli afflusso-deflusso, in particolar modo tenendo conto di un bilancio delle portate discretizzato nel tempo, con riferimento alla seguente equazione di continuità:

$$dW = Q_i \cdot dt - Q_u \cdot dt$$

dove dW è il volume invasato nell'intervallo di tempo dt , mentre Q_i e Q_u sono rispettivamente la portata in ingresso e quella in uscita dalla vasca.

La portata in ingresso dipende dai contributi di portata derivanti dagli eventi pluviometrici e dalla parziale derivazione delle acque dal Diramatore Vigevano.

La portata in uscita dipende dai contributi di portata derivante dalle portate di compensazione del deficit idrico e dai contributi di evaporazione.

4.2 CALCOLO DEL DEFICIT IDRICO TERRITORIALE

La quantificazione del deficit idrico per il Comune di Trecate è stata effettuata facendo riferimento ai dati messi a disposizione del Consorzio Est Sesia, i quali palesano una importante diminuzione dei volumi disponibili nelle recenti stagioni irrigue (da aprile a settembre) rispetto agli anni antecedenti alle crisi idriche e riconducibili, esemplificativamente, alla stagione irrigua del 2018.

Tabella 4- Deficit idrico Comune di Trecate

Comune di Trecate	STAGIONE IRRIGUA		DEFICIT
	Anno 2018	Anno 2023	Anni 2018-2023
	15.275.638 m ³	10.732.176 m ³	25250 [m³/gg]

Come precedentemente espresso, essendo il sistema consortile basato su canali con scorrimento a gravità, l'area alimentabile mediante i volumi idrici recuperati dall'impianto di depurazione è quella a sud del punto di recapito del Diramatore Vigevano.

Il deficit idrico di questa porzione di territorio è stimabile rapportando le seguenti grandezze:

$$\Delta_{TRECATE} : S_{TRECATE} = \Delta_{AI} : S_{AI}$$

Dove:

- $\Delta_{TRECATE}$ è il deficit idrico, pari a 25.250 m³/gg, registrato per il comune di Trecate;
- $S_{TRECATE}$ è la superficie agricola del comune di Trecate, pari a circa 594ha;
- S_{AI} è la superficie agricola dell'area alimentabile dal bacino, pari a 87ha.

Conseguentemente, è possibile ottenere un deficit idrico per la superficie agricola alimentata dal bacino (Δ_{AI}) pari a circa 4.290 m³/gg. Tale valore è preso a riferimento nello sviluppo del modello afflussi-deflussi.

4.3 EVAPORAZIONE

L'evaporazione, definibile come la trasformazione dell'acqua liquida in vapore che interessa la superficie libera a contatto con l'aria, rappresenta una perdita del modello idraulico per il dimensionamento del bacino.

Per quantificare i volumi interessati, si è fatto utilizzo della Formula di Conti in quanto tarata per lo studio dell'evaporazione da laghi artificiali. Questa formulazione lega l'evaporazione in maniera diretta alla temperatura dell'aria, all'irraggiamento solare ed all'umidità.

$$E_j = k_j \cdot T_j \cdot \frac{p_n}{p_j}$$

Dove:

- E_j rappresenta l'altezza di evaporazione del mese j-esimo;
- T_j rappresenta la temperatura media del mese j-esimo reperita dalla banca dati messa a disposizione dalla Regione Piemonte;
- p_n rappresenta la pressione normale a livello del mare;
- p_j rappresenta la pressione atmosferica media del mese j-esimo;
- k_j rappresenta un coefficiente sperimentale che dipende dal mese che si considera.

In Tabella 5, si riportano i contributi mensili di output per evaporazione.

Tabella 5 - Evaporazione mensile

MESE	EVAPORAZIONE
-	[m3/mese]
Ottobre	-2.763
Novembre	-1.206
Dicembre	-279
Gennaio	-323
Febbraio	-495
Marzo	-1.554
Aprile	-2.639
Maggio	-4.673
Giugno	-4.926
Luglio	-5.310
Agosto	-4.973
Settembre	-3.892

4.4 CONTRIBUTO PLUVIOMETRICO

Al fine di determinare i volumi idrici precipitati sullo specchio del bacino è necessario provvedere ad una analisi pluviometrica, sviluppata a partire dalle serie storiche messe a disposizione dalla Regione Piemonte.

Per far ciò, si è fatto uso degli Annali Idrologici della Regione Piemonte, in particolar modo si è scelta come stazione pluviometrica di riferimento quella del confinante comune di Cerano, in quanto è risultata essere la più vicina all'area di interesse. Inoltre, da studi di carattere territoriale e morfologico, la localizzazione del pluviometro è tale da garantire uniformità meteo-climatica con l'area di progetto.

Per lo studio pluviometrico, sono stati presi in considerazione gli ultimi 5 anni di osservazioni pluviometriche disponibili che hanno riportato un andamento di carattere stagionale ad assimilabile al regime sublitorale alpino.

In Tabella 6, si riportano i contributi mensili di input pluviometrico per il bacino di interesse.

Tabella 6 - Pluviometria mensile

MESE	PIOGGE
-	[m3/mese]
Ottobre	3.024
Novembre	2.319
Dicembre	1.946
Gennaio	2.128
Febbraio	821
Marzo	956
Aprile	1.570
Maggio	3.684
Giugno	1.290
Luglio	1.274
Agosto	922
Settembre	2.368

4.5 BILANCIO VOLUMETRICO

Sulla base di quanto riportato nei precedenti paragrafi, è stato possibile ottenere una soluzione di ottimo mediante metodo iterativo cercando di minimizzare le dimensioni del bacino garantendo, però, i volumi necessari per compensare il deficit idrico.

In maniera cautelativa, si è ipotizzato che il bacino debba elargire la portata massima di deficit per tutta la stagione irrigua (aprile, maggio, giugno, luglio, agosto e settembre). Questa

situazione risulta essere difficilmente verificabile, in quanto i trend degli ultimi anni mostrano evidenti diminuzioni solo nei mesi estivi dell'anno.

Il diramatore Vigevano rappresenta una fonte di approvvigionamento idrico molto importante anche per tutta la zona situata a sud dell'area oggetto di studio, e per di più, è fondamentale per diversi impianti idroelettrici situati lungo il suo percorso.

Per questo motivo, il processo di dimensionamento si è basato sulla necessità di derivare solo una quota parte della portata transitante dal diramatore, la quale è stata inoltre modulata sulla base delle serie storiche illustrate nel par. 2.1. In particolare, nello scenario di ottimo, la derivazione risulta essere:

- nulla durante la stagione irrigua (aprile - settembre).
- Pari allo 0,051% del volume all'imbocco del diramatore (meno le disperse lungo l'asta) nei mesi di ottobre e novembre (al netto delle diramazioni presenti nel tratto tra la presa dal Ticino ed il canale di alimentazione del bacino), per un volume rispettivamente pari a 146.849 m³ e 142.820 m³.
- Pari al 0,068% del volume all'imbocco del diramatore nei mesi di dicembre e gennaio (sempre al netto dei contributi sopra descritti), per un volume rispettivamente pari a 252.603 m³ e 253.511 m³. In questi due mesi, contraddistinti dalle portate mensili medie maggiori e da un andamento piuttosto stabile nel corso delle annate analizzate, si concentra il contributo più sostanziale.
- Pari al 0,017% del volume all'imbocco del diramatore nei mesi di febbraio e marzo (sempre al netto dei contributi sopra descritti), per un volume rispettivamente pari a 23.875 m³ e 37.076 m³. Questo contributo va a completare il riempimento del bacino; la diminuzione del contributo derivato rispetto ai mesi precedenti è giustificato dai valori delle portate nei suddetti mesi, che sono i più bassi registrati durante l'anno e sono caratterizzati da una variabilità maggiore, in riferimento alle serie storiche analizzate.

Sulla base di queste percentuali di derivazione, è possibile dedurre che nel corso dell'anno viene derivato, per l'immagazzinamento del bacino, lo 0,05% del volume medio (2018-2023) transitante all'imbocco del diramatore Vigevano durante l'intera stagione invernale.

Si riporta in Figura 12 graficamente l'andamento delle portate di input (somma della portata derivata dal diramatore e del contributo delle precipitazioni) e output (somma della portata elargita ad uso irriguo e del contributo evaporativo) che corrispondono alla soluzione di ottimo del processo di dimensionamento iterativo del bacino.

La suddetta soluzione di ottimo ha portato ad un volume utile complessivo del bacino pari a 900.000 m³, riconducibile ad una estensione superficiale pari a circa 180.000 m² con un tirante idrico massimale pari a 5 m.

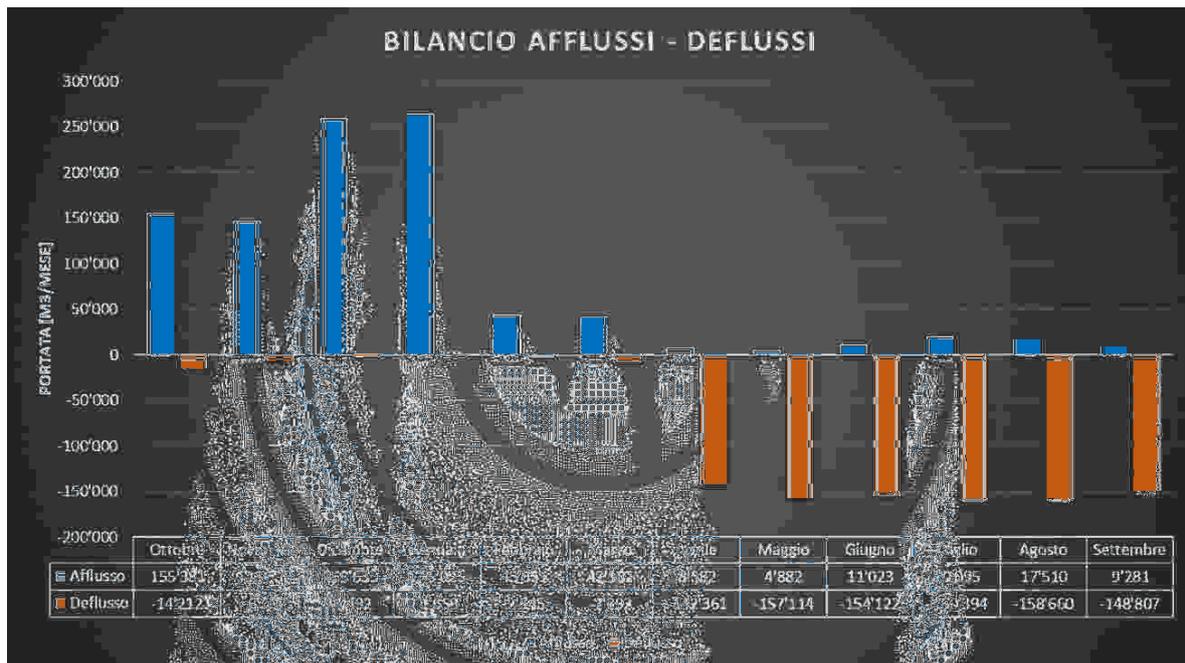


Figura 12 - Bilancio afflussi - deflussi

4.5.1 EFFETTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

I Cambiamenti Climatici (CC) rappresentano una delle più grandi sfide per l'umanità e sono strettamente interconnessi alla sostenibilità dello sviluppo ambientale. Si riportano di seguito le valutazioni effettuate per garantire la resilienza dell'opera progettata.

In linea con le direttive del "Rapporto delle Commissioni di studio sull'impatto dei cambiamenti climatici" del MISM, la progettazione di un intervento di rilevanza notevole sugli equilibri sociali, economici, ambientali ed idrografici non può non assumere, in fase di dimensionamento, un coefficiente cautelativo in grado di rendere l'opera resiliente al cambiamento climatico.

Al fine di tener conto degli sviluppi termo-pluviometrici futuri, si è deciso di assumere un valore di residuo cautelativo di acqua nel bacino non inferiore a 25.000 m³ garantito durante tutta la stagione irrigua. Tale valore è stato ritenuto idoneo per garantire l'idoneità dell'opera soggetta alle seguenti possibili alterazioni, dovute al cambiamento climatico:

- incremento del deficit idrico dell'area servibile dal bacino;
- incremento dell'entità dell'evaporazione a seguito di un aumento delle temperature e dell'irraggiamento;
- diminuzione dei contributi pluviometrici.

4.6 SOLLEVAMENTO E STAZIONE DI RECAPITO

Il bacino volano è caratterizzato da una quota di circa 129 m s.l.m., mentre il canale consortile di recapito delle acque è posto alla quota approssimativa di 140 m s.l.m.

Per questo motivo, risulta necessario predisporre una stazione di sollevamento idraulica delle acque dotata di centralina di controllo da remoto, in grado di cadenzare le portate in uscita dal bacino in virtù delle esigenze territoriali.

Come visibile in Figura 13, è possibile prevedere all'alimentazione del Diramatore Vigevano mediante una condotta in pressione in acciaio avente una lunghezza di circa 1.040m, da disporre interrata in corrispondenza delle viabilità di servizio. La suddetta rete sarà completa di manufatti puntuali di gestione quali valvole saracinesche, appositi diramatori e strumenti di sicurezza.



Figura 13 - Ortofoto della rete di adduzione al canale consortile

Per il dimensionamento della stazione di sollevamento, è necessario provvedere alla quantificazione della portata e prevalenza della pompa da prevedere nella stazione di sollevamento. Più precisamente verranno disposte due pompe, di cui una da dimensionamento ed una di riserva.

La quantificazione della portata è dipendente dalla massima portata di output dall'invaso, che risulta esser pari a 114.700 m³ ossia 0.05 m³/s.

La quantificazione della prevalenza risulta più complessa in quanto derivante da diversi contributi, in particolare:

- Prevalenza geodetica: data dalla differenza di quota tra la stazione di rilancio ed il punto di scarico nel bacino, quantificabile in circa 11m.
- Perdite di carico distribuite della condotta: dovute alla viscosità dell'acqua per tutto il tratto della condotta e calcolabili mediante la formula di Darcy-Weisback:

$$y_c = C_{ATTRITO} \cdot \frac{L}{d} \cdot \left(\frac{v^2}{2 \cdot g} \right)$$

- Dalla risoluzione della precedente equazione si possono quantificare in circa 14m le perdite di carico distribuite.
- Perdite di carico concentrate: dovute alla presenza di manufatti come valvole, diramatori di flusso (curve), restringimenti, allargamenti ecc. Tutte queste perdite sommate tra loro contribuiscono per un valore di perdite di circa 2,85m.

Complessivamente è, quindi, possibile quantificare la prevalenza geodetica minima da attribuire alle pompe pari a circa 28m.

Di seguito si riporta in Tabella 7 un riepilogo dei valori minimi di dimensionamento da garantire all'impianto di sollevamento.

Tabella 7 - Parametri impianto di sollevamento bacino

IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO		
Prevalenza	[m]	28
Portata	[m ³ /s]	0,05

L'impianto di sollevamento sarà dotato di una batteria di due pompe, di cui due di progetto ed una di riserva.

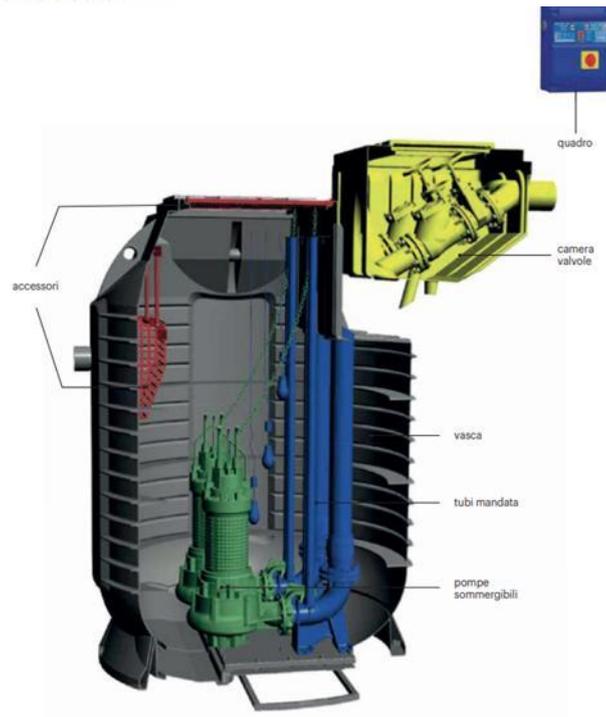


Figura 14 - Tipologico impianto di sollevamento bacino

La grande attenzione verso i temi della sostenibilità ambientale del Progettista ha portato a valutazioni circa l'installazione, nelle vicinanze dell'invaso, di un mini-impianto fotovoltaico in grado di garantire una produzione energetica continua durante l'anno.

Il surplus energetico non sfruttato dalla stazione di sollevamento nel periodo di non attività potrà essere reimmesso nel sistema energetico delle limitrofe urbanizzazioni.

D'altro canto, nel periodo di utilizzo, questa scelta progettuale ha come obiettivo quello di rendere la stazione di sollevamento ad "impatto zero" mediante l'uso di energia rinnovabile.

4.6.1 EFFETTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Lo scarico previsto nei canali consortili avviene in corrispondenza del Diramatore Vigevano, a monte di una turbina idraulica posta ad una quota di 140 m s.l.m. caratterizzata da un salto idraulico quantificabile in circa 3,5m.



Figura 15 - Impianto idroelettrico del Diramatore Vigevano

Si definiscono:

- salto utile lordo: il dislivello tra il pelo d'acqua nella vasca di carico (o nel pozzo piezometrico) e il pelo d'acqua nel canale di restituzione immediatamente a valle dei motori idraulici.
- Salto utile netto (o motore): è quella parte del salto utile lordo che viene effettivamente utilizzata dai motori idraulici; è pertanto la differenza fra il carico totale della corrente all'entrata e il carico totale della corrente all'uscita della turbina.

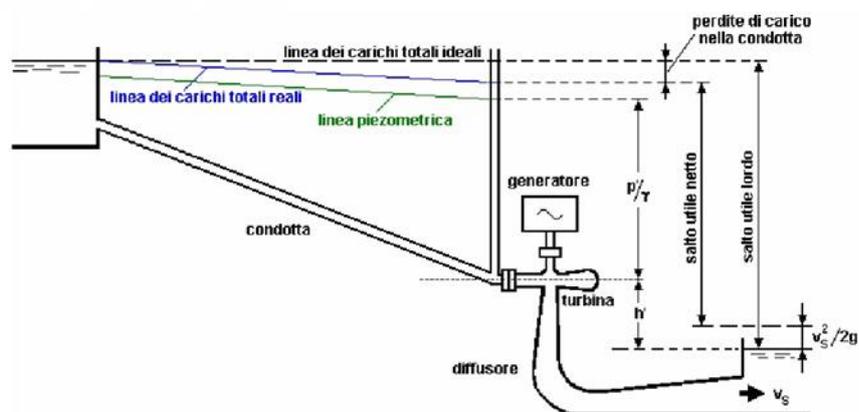


Figura 16 - Semplificazione di un impianto sulla base del teorema di Bernoulli

Per il teorema di Bernoulli, è costante la somma dell'energia di posizione, dell'energia di pressione e dell'energia cinetica in ogni punto di un medesimo filetto fluido. Il trinomio di somma costante rappresenta l'energia che l'unità di peso del liquido in moto possiede ad una quota h , avendo velocità v e pressione p .

$$E = h + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

A seguito di necessarie semplificazioni relative al termine cinetico e di pressione, è possibile quantificare la potenza idroelettrica reale (espressa in W) con la formula:

$$E = 9,81 \cdot \gamma \cdot Q \cdot S_n \cdot \eta_i$$

dove:

- η_i è il rendimento del sistema idroelettrico ed è determinato dalla tipologia e dall'efficienza della turbina, dall'alternatore, da eventuali trasmissioni meccaniche e da tutti i componenti elettromeccanici che riducono la potenza teorica;
- S_n è il salto, ossia la differenza di quota tra il serbatoio a monte e la turbina.

Tabella 8 - Dati della turbina idraulica del Diramatore Vigevano (Trecate - NO)

DATI DEL SISTEMA	
Q Portata dell'acqua (m ³ /s)	0,05
S _n salto netto dell'acqua (m)	3,50
Peso Specifico (kg/m ³)	1.000
η_i rendimento del sistema idroelettrico	0,6
Accelerazione di gravità (m/s ²)	9,81

La potenza idroelettrica prodotta ammonta a circa 1,03kW, che nel periodo di utilizzo può garantire una energia, generata da fonti rinnovabili, pari a 742 kWh/mese.

5.STIMA ECONOMICA

La presente soluzione di ottimizzazione del comparto territoriale afferente al Comune di Trecate implica dei costi di varia tipologia, che sono stati stimati in questo paragrafo.

È opportuno specificare che le valutazioni economiche apportate sono unicamente relative alla componente infrastrutturale, necessarie per la realizzazione dell'intervento. Molte lavorazioni di dettaglio, con le relative voci di prezzo, non sono state prese in considerazione in quanto necessariamente rimandabili ad uno sviluppo di dettaglio dell'intervento. Conseguentemente gli importi, di seguito riportati, sono da intendersi indicativi ed afferenti solo alle macro-voci di costo.

In Tabella 9, viene riportato un quadro economico di riferimento che porta ad una stima preliminare di importo valori che si aggira nell'intorno di 10.204.047 € afferente alle voci di fornitura delle principali parti componenti il sistema di recupero, stoccaggio e riutilizzo idrico.

Si sottolinea come non siano stati presi in considerazione i costi relativi alla manodopera, mezzi tecnici, costi della sicurezza, costi della progettazione, cantierizzazione e opere accessorie.

Tabella 9 - Stima economica forniture

VOCE DI COSTO	DESCRIZIONE VOCE	UNITÀ	IMPORTO UNITARIO	QUANTITÀ	IMPORTO TOTALE
VC.1	Adeguamento della derivazione superficiale	cad	10.000	1	10.000 €
VC.2	Stazione di monitoraggio quantitativa delle portate derivate	cad	23.500 €	1	23.500 €
VC.3	Riqualificazione del canale di carico dell'invaso	[m]	74 €	1.200	88.800 €
VC.4	Manufatti di regolazione e gestione della canaletta allo scarico	cad	950€	1	950 €
VC.5	Manufatto di scarico nell'invaso con rinforzo anti erosivo del fondo composto da Geotessile "nontessuto" in poliestere o in polipropilene e geostuoia tridimensionale "grimante" in Polipropilene	[mq]	62 €	55	3.410 €
VC.6	Piano di indagini di caratterizzazione ambientale	cad	631 €	15	9.469 €
VC.7	Piano di indagini di caratterizzazione geognostica	cad	6.406 €	15	96.094 €

VC.8	Attività di scavo e ritombamento (in coerenza con relativa autorizzazione) per livellazione del terreno e delle scarpate del bacino	[mq]	13 €	52.500	656.250 €
VC.9	Strato impermeabilizzante di fondo con NaBento RL-C	[mq]	31 €	180.000	5.580.000 €
VC.10	Geocomposito bentonitico con superficie irruvidente Na Bento RL-C	[mq]	18 €	180.000	3.240.000 €
VC.11	Sensoristica di monitoraggio della qualità delle acque (a carico del soggetto gestore dell'impianto di depurazione) e sistema di gestione dei massimi livelli idrici con software di gestione in remoto	cad	21.250 €	1	21.250 €
VC.12	Stazione di sollevamento con software di gestione in remoto per la modulazione delle portate da inviare al corpo idrico ricettore	cad	52.100 €	1	52.100 €
VC.13	Condotta in pressione per addurre l'acqua dall'invaso al corpo idrico ricettore con relative opere di scavo e ritombamento	[m]	394 €	1.040	409.760 €
VC.14	Manufatti di regolazione e gestione della condotta in pressione	cad	4.900 €	1	4.900 €
VC.15	Manufatto di scarico nel Diramatore Vigevano con rinforzo anti-erosivo del fondo composto da Geotessile "non tessuto" in poliestere o in polipropilene e geostuoia tridimensionale "grimpante" in Polipropilene	cad	62 €	122	7.564 €
					TOTALE
					10.204.047 €



STRATEGIA DI OTTIMIZZAZIONE IDRICA DI UN COMPARTO TERRITORIALE

ALL. C - Caso studio: utilizzo e recupero della risorsa idrica di due aziende campione ed analisi comparativa con utilizzo civile



SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	1044
1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	1044
1.2 QUADRO NORMATIVO	1066
1.3 ACQUA NOVARA.VCO – ANALISI COMPARATIVA.....	1077
2. CASI DI STUDIO.....	10808
2.1 AZIENDA CAMPIONE N° 1.....	10808
2.2 AZIENDA CAMPIONE N° 2.....	1122
3. POSSIBILI APPROFONDIMENTI E FOLLOW-UP	12020

ALLEGATO C - CASO STUDIO: UTILIZZO E RECUPERO DELLA RISORSA IDRICA DI DUE AZIENDE CAMPIONE ED ANALISI COMPARATIVA CON UTILIZZO CIVILE

1. INTRODUZIONE

L'effetto dei cambiamenti climatici ed il conseguente manifestarsi di periodi siccitosi, sempre più frequenti e di rilevante entità oltreché alternati ad eventi intensi di precipitazione, impone un cambio di approccio sia tecnico che culturale nelle modalità di utilizzo della risorsa idrica su scala territoriale.

A tutt'oggi, la quantità complessiva di acqua presente su un dato territorio è soggetta ad un uso plurimo, tra le diverse categorie di utilizzo (civile e potabile, industriale, agricola e zootecnica, idroelettrica).

Nelle more di complessi, onerosi e lunghi processi di incremento degli approvvigionamenti e di riduzione delle perdite è quindi necessario gestire la risorsa acqua in modo circolare ed efficiente, attuando un utilizzo multiplo e sinergico che ne massimizzi l'uso "in cascata" al posto della competizione tra le diverse tipologie di fruizione e utilizzo.

Nell'ambito del Polo Industriale San Martino presente nel comparto territoriale di Trecate e Cerano (NO), ed in relazione alla possibilità di recupero delle acque di depurazione, lo scopo del lavoro è stato quello di analizzare l'uso della risorsa idrica di due significative aziende campione ("Aziende Campione N° 1 e N° 2), allo scopo di individuare come la risorsa idrica viene da esse impiegata e valutare possibili applicazioni di "Water Reuse" e più in generale di principi di Circolarità.

É stata inoltre effettuata un'analisi comparativa tra l'approvvigionamento idrico a scopo industriale della Azienda Campione N° 1 e il fabbisogno idrico dei due centri abitati di Trecate e Cerano, in cui la gestione della risorsa idrica è affidata ad ACQUA NOVARA.VCO (Gestore del Servizio Idrico Integrato).

I dati utilizzati allo scopo della redazione del presente documento sono stati trasmessi al Gruppo di Lavoro dalle Aziende Campione e da ACQUA NOVARA.VCO rispettivamente.

1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio comunale di Cerano si estende nella zona sudorientale della provincia di Novara, bagnato ad est dal fiume Ticino, e in prossimità con le province di Milano e Pavia.

I comuni limitrofi sono i seguenti: a nord il comune di Trecate (NO), a nord-est il comune di Boffalora (MI), a sud il comune di Cassolnovo (PV), a ovest il comune di Sozzago (NO) e ad est i comuni di Magenta (MI), Robecco sul Naviglio (MI) ed Abbiategrasso (MI).

L'economia del territorio comunale ha carattere cospicuamente industriale, segnata dalla presenza di un numero di insediamenti industriali operanti nel settore chimico e petrolchimico, racchiusi nel polo industriale di San Martino situato ad est del centro cittadino.

Il territorio è inoltre caratterizzato dalla presenza di attività agricole, allevamenti e acquacultura.

Il polo industriale di San Martino è situato a 2 km in direzione est dalla periferia di Trecate, lungo la strada statale n.11 Milano - Novara, e a 2 km in direzione nord dalla periferia di Cerano.



Figura 1 - Ubicazione su del Polo Industriale di San Martino e dei Comuni di Trecate e Cerano

Si riporta di seguito un elenco delle principali aziende presenti nel polo industriale di S. Martino:

ADITYA BIRLA: produzione nero di carbonio per applicazioni nell'industria della gomma e delle materie plastiche;

EIGENMANN & VERONELLI: produzione chemicals che trovano applicazione in diversi settori industriali;

ENI S.p.A. - divisione E & P: trattamento idrocarburi (liquidi e/o gassosi) provenienti dai pozzi; stoccaggio e spedizione di petrolio grezzo e benzina naturale (gasolina);

ESSECO: produzione di Anidride Solforosa e suoi derivati;

LIQUIGAS: ricevimento, deposito, imbottigliamento e spedizione di gas di petrolio liquefatto (GPL) sfuso ed in bombole;

MAC DERMID ITALIANA: produzione, commercializzazione di prodotti chimici specialistici per l'industria galvanica tradizionale, settore elettronico, trattamenti termici;

SARPOM: raffineria;

TAMOIL PETROLI: stoccaggio e spedizione di Benzina e Gasolio;
TI-GAS: deposito, travaso, imbottigliamento GPL, e deposito e commercializzazione oli minerali;
ITALIANA PETROLI: ricezione, stoccaggio e movimentazione di prodotti petroliferi (benzine e gasoli).

1.2 QUADRO NORMATIVO

1.2.1. ART. 7 D.L SICCIÀ – RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE DEPURATE IN AGRICOLTURA

Dopo il voto di fiducia del Senato e della Camera sul DL Siccità, è stata pubblicata in Gazzetta Ufficiale la legge 68/2023 di conversione del dl 39/2023 contenente “disposizioni urgenti per il contrasto della scarsità idrica e per il potenziamento e l’adeguamento delle infrastrutture idriche”. La legge è in vigore da mercoledì 14 giugno 2023.

Il testo individua specifiche misure volte a prevenire la siccità, con attenzione alla resilienza dei sistemi idrici, le dispersioni idriche, aumento degli invasi, riutilizzo delle acque.

L’articolo 7 del D.L Siccità disciplina l’utilizzo delle acque reflue depurate in agricoltura, prodotte dagli impianti di depurazione già in esercizio. Sempre con l’obiettivo di fronteggiare la crisi idrica, garantendone una gestione razionale e sostenibile, sono previste semplificazioni anche per le attività di riutilizzo delle acque reflue depurate.

1.2.2. D.M. N°185/2003 - RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE AD USO IRRIGUO, CIVILE O INDUSTRIALE FUORI DAI CONFINI DELLO STABILIMENTO CHE LE HA PRODOTTE

Il D.M. n°185/2003 stabilisce le Norme Tecniche per il riutilizzo delle acque reflue domestiche, urbane e industriali attraverso la disciplina delle destinazioni d’uso e dei relativi requisiti di qualità.

Tale Decreto definisce le norme per il riutilizzo delle acque reflue recuperate, per scopi irrigui, civili e industriali ma non disciplina il riutilizzo di acque reflue presso il medesimo stabilimento o consorzio industriale che le ha prodotte, come espressamente riportato all’articolo 1, comma 3.

Le destinazioni d’uso ammissibili delle acque reflue recuperate sono identificate in:

- **irriguo:** per l’irrigazione di colture destinate sia alla produzione di alimenti per il consumo umano e animale sia a fini non alimentari; nonché per l’irrigazione di aree destinate al verde o attività ricreative o sportive;
- **civile:** per il lavaggio delle strade nei centri urbani; per alimentazione dei sistemi di riscaldamento o raffreddamento; per alimentazione di reti duali di adduzione, separate da quelle delle acque potabili. Sono esclusi gli usi diretti di tale acqua negli edifici a uso civile, ad eccezione degli impianti di scarico nei servizi igienici;

- **industriale:** come acqua antincendio, di processo, di lavaggio e per i cicli termici dei processi industriali; sono esclusi gli usi che comportano un contatto tra le acque reflue recuperate e gli alimenti o i prodotti farmaceutici e cosmetici.

Le acque reflue recuperate destinate al riutilizzo irriguo o civile devono possedere, all'uscita dell'impianto di recupero, requisiti di qualità chimico-fisici e microbiologici almeno pari a quelli riportati nella tabella dell'allegato al D.M. 185/2003.

In caso di riutilizzo per destinazione d'uso industriale, le parti interessate concordano limiti specifici in relazione alle esigenze dei cicli produttivi nei quali avviene il riutilizzo, nel rispetto comunque dei valori previsti per lo scarico in acque superficiali.

1.3 ACQUA NOVARA.VCO – ANALISI COMPARATIVA

Nel presente capitolo è presentata un'analisi comparativa tra l'approvvigionamento idrico complessivo a scopo industriale dell'Azienda Campione N° 1 (3,46 milioni di m³/anno) e il fabbisogno dei due centri abitati di Trecate (circa 20.645 abitanti) e Cerano (circa 6.687 abitanti), in cui la gestione della risorsa idrica è affidata ad ACQUA NOVARA.VCO, Gestore del Servizio Idrico Integrato.

Il consumo idrico totale dei due Comuni equivale a 2,07 milioni di m³/anno a fronte di un approvvigionamento nella rete di distribuzione alle utenze pari circa **3,43 milioni di m³/anno**.

Ciò significa che la perdita idrica è dell'ordine del 35÷40%, in linea i dati della maggior parte delle reti acquedottistiche del Paese.

I volumi di riferimento per la depurazione di acque civili dai comuni sono pari a circa 2,4 milioni di m³/anno, un valore maggiore del volume idrico distribuito alle utenze anche dovuto all'influenza di parte di acque meteoriche nella rete fognaria.

Traducendo i dati sul consumo domestico dei due centri abitati (che rappresenta circa l'80% del totale), il consumo medio per abitante è di circa 60 m³/anno (165 l/giorno) a fronte di un approvvigionamento idrico pari a 100 m³/anno (275 l/giorno).

Dall'analisi dei dati di bilancio dell'Azienda Campione N° 1 e delle comunità di Trecate e Cerano è possibile osservare che l'emungimento complessivo da falda a scopo industriale dell'Azienda Campione N° 1 (3.46 milioni di m³/anno) risulta sostanzialmente equivalente alla risorsa idrica approvvigionata alle utenze dei due centri abitati limitrofi (3,43 milioni di m³/anno). È importante sottolineare che l'emungimento a scopi industriali non deriva dalla stessa falda utilizzata per scopi potabili ed in ogni caso si trova idrogeologicamente a valle rispetto al prelievo effettuato per i centri abitati.

Ciò tenuto conto della significatività della perdita idrica nella rete di distribuzione acquedottistica dei due centri abitati, dell'ordine del 35-40%, in linea con i dati della maggior parte delle reti acquedottistiche del nostro Paese.

2. CASI DI STUDIO

2.1 AZIENDA CAMPIONE N° 1

La finalità del caso studio è esaminare l'utilizzo della risorsa idrica della Azienda Campione N° 1, facente parte del polo industriale di S. Martino, nel comparto territoriale di Trecate e Cerano (NO) ed avente caratteristiche rappresentative dell'attività degli insediamenti nello stesso, e valutare la possibilità di recupero e riutilizzo di acqua da processi di depurazione in linea con gli obiettivi del quadro normativo ed i principi di circolarità e sostenibilità del sistema.

In particolare, l'analisi basata sui dati disponibili forniti dall'Azienda e da ACQUA NOVARA.VCO è stata orientata a verificare l'ipotesi di recupero di quota parte delle acque trattate in uscita dagli impianti industriali del polo industriale di S. Martino o dallo stesso impianto in esame, e il suo riutilizzo a scopo di raffreddamento e/o altri usi con l'obiettivo di ridurre il consumo di acque dolci mediante emungimento da falda.

Approvvigionamento

L'attuale assetto del ciclo idrico di stabilimento prevede l'approvvigionamento idrico da pozzi e dall'acquedotto.

I pozzi di emungimento sono destinati alla captazione di acque ad uso industriale per scopi di processo (falda profonda) e di raffreddamento (falda superficiale). Il consumo idrico medio annuo complessivo della risorsa idrica emunta dai pozzi è pari a 3.460.000 m³/anno.

L'acqua da acquedotto è utilizzata invece principalmente a scopo igienico-sanitario con un consumo idrico medio annuo pari a 20.700 m³/anno.

Scarico

I reflui industriali sono trattati in un impianto chimico-fisico mediante processo di neutralizzazione e ossidazione prima dello scarico in acque superficiali nei Canali Langosco e Sforzesco. La portata media annuale di reflui industriali scaricati in acque superficiali è pari a 2.458.000 m³/anno.

I solfati sono il composto chimico che maggiormente viene rilasciato nel comparto idrico. Le concentrazioni medie misurate nelle campagne di monitoraggio sono molto inferiori rispetto ai limiti per scarico in pubblica fognatura, o trascurabili.

Recuperi e riutilizzi già in atto

Nel sito è già in atto un parziale riuso delle acque di processo come acque di raffreddamento (non è nota la portata e/o la percentuale).

Si riporta di seguito una rappresentazione schematica della gestione attuale degli stream acquosi presso lo stabilimento in esame.

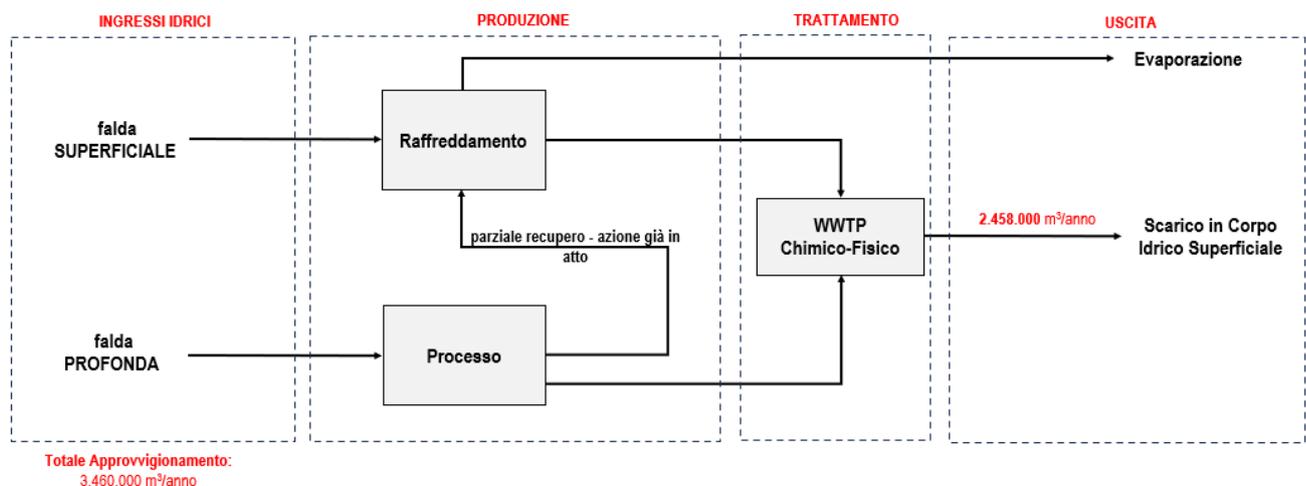


Figura 2 - Rappresentazione schematica della gestione attuale degli stream acquosi presso l'Azienda Campione N° 1

Soluzione prospettata

Nel presente paragrafo è esaminata una possibile soluzione attuabile allo scopo di favorire un recupero della risorsa idrica all'interno dell'impianto rispetto alla situazione esistente, all'interno dell'impianto di produzione. La soluzione è identificata sulla base delle informazioni acquisite e messe a disposizione dal sito e preso atto delle caratteristiche delle sezioni impiantistiche e degli impianti di trattamento esistenti.

Come rappresentato nella Figura 2 al precedente paragrafo, le acque attualmente prelevate da falda superficiale sono utilizzate dallo stabilimento come acqua di raffreddamento. In sintesi, l'ipotesi di intervento individuata prevede la sostituzione (totale o parziale) dell'emungimento da falda superficiale con acque da riuso industriale.

In particolare, reflui industriali (provenienti dalla stessa azienda o da Impianto terzo appartenente al polo industriale di San Martino), previa verifica delle relative caratteristiche qualitative, potrebbero essere intercettati e trattati con tecnologie idonee, al fine di riutilizzarli a servizio delle torri evaporative di raffreddamento dello Stabilimento.

Requisiti qualitativi

Al momento dell'esecuzione del presente documento, non sono disponibili i dati qualitativi specifici che le acque di riuso industriale devono rispettare per l'uso come make-up delle torri evaporative.

Da una prima analisi delle informazioni a disposizione e sulla base di esperienze pregresse, è plausibile considerare un sistema di raffreddamento caratterizzato da un numero di cicli di concentrazione molto basso tale per cui si possono ipotizzare requisiti qualitativi dell'acqua di reintegro non particolarmente elevati, con riferimento ai principali parametri di interesse quali durezza, alcalinità, conducibilità e solidi sospesi totali (TSS).

Tipologia di trattamento

Al fine di ottenere un grado di qualità adeguato all'uso come make-up delle torri evaporative, la tipologia di trattamento deve essere selezionata in relazione alla tipologia dello stream in ingresso.

In via del tutto preliminare, si potrebbe ipotizzare una filiera di trattamento costituita da una sezione di accumulo ed uno stadio di filtrazione (es. mediante filtri a sabbia e carboni attivi) al fine di rimuovere solidi sospesi e altri inquinanti quali metalli pesanti e sostanza organica, eventualmente seguiti da una sezione di filtrazione più spinta al fine di traguardare i requisiti di qualità richiesti.

Considerazioni conclusive

L'analisi del bilancio idrico di stabilimento in esame, effettuato sulla base delle informazioni messe a disposizione dal sito, ha permesso di individuare una potenziale iniziativa di recupero idrico, che consiste nella sostituzione dell'emungimento di risorsa idrica da falda superficiale (utilizzata come acqua di raffreddamento) con acque da riuso industriale. Il bilancio di massa presentato in Figura 3, assumendo che la maggior parte dell'acqua di raffreddamento estratta dalla falda superficiale sia effettivamente evaporata, suggerisce che il fabbisogno di acqua di falda superficiale sia dell'ordine di circa 1 milione di m³/anno, o leggermente superiore (ad oggi non sono disponibili dati precisi sulle portate estratte da falda superficiale). Sulla base dei dati presentati in Fig. 3, questo flusso potrebbe essere reso disponibile in uscita dall'impianto di trattamento e pertanto potrebbe essere riutilizzato.

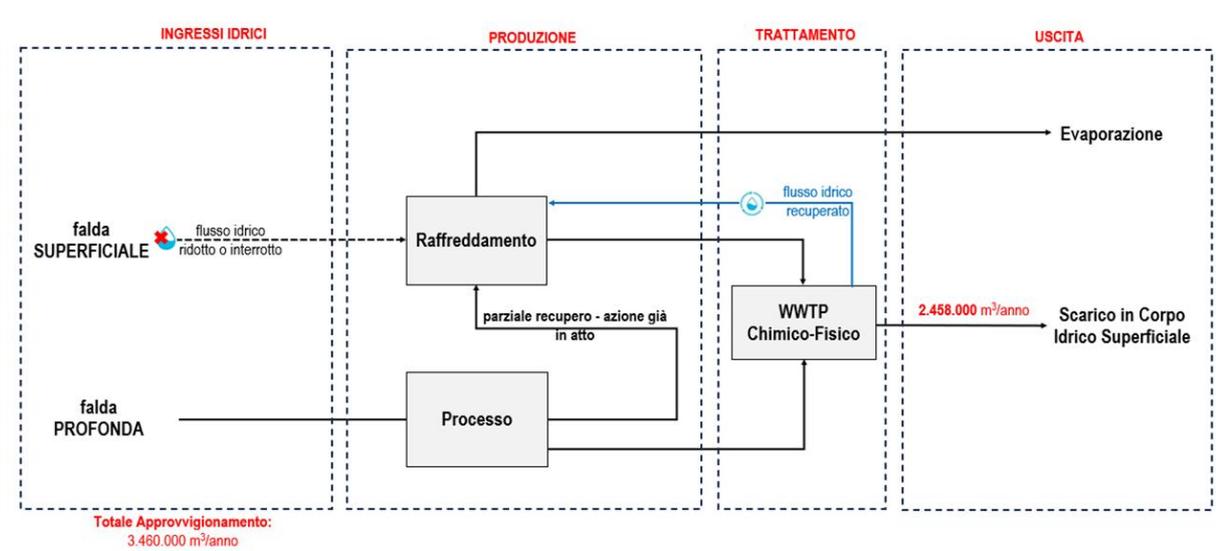


Figura 3 - Rappresentazione schematica riassuntiva della gestione delle modifiche a seguito dell'adozione dell'iniziativa di recupero

L'azione individuata potrebbe consentire il raggiungimento di benefici in termini ambientali legati all'ottimizzazione dell'uso della risorsa idrica ed alla riduzione di impiego della frazione da falda, preziosa per il ciclo idrico.

Le successive fasi di analisi dovranno approfondire gli effetti economici e finanziari complessivi dell'intervento descritto, considerando i flussi fisici in ingresso e uscita, i fabbisogni energetici, i costi per investimento ed operativi legati ai diversi scenari impiantistici verificando il beneficio complessivo di sistema ed il ritorno dell'investimento.

In conclusione, l'iniziativa di recupero permetterebbe di avviare un percorso "virtuoso" con benefici di sostenibilità ambientale che potrebbero portare:

- per il soggetto industriale, ad una riduzione "significativa" degli approvvigionamenti, con impatto positivo sul water footprint e sulla sostenibilità ambientale del sito;
- per l'ambiente, un beneficio di sostenibilità in quanto lo schema proposto porterebbe ad un minore utilizzo delle acque della falda superficiale, con conseguente disponibilità per altri usi.

I dati relativi al Gestore del SII risultano in linea con la situazione di reti ed impianti del nostro paese e sono naturalmente oggetto di continue ottimizzazioni e adeguamenti, come noto, anche attraverso importanti investimenti che il PNRR finalmente sta consentendo ai Gestori che non sempre hanno avuto la possibilità, più economica e finanziaria che non tecnologica e progettuale, di mettere in pratica azioni di miglioramento.

2.2 AZIENDA CAMPIONE N° 2

Per cercare ulteriore conferma al possibile incremento del riuso, già in essere, della risorsa insita nelle installazioni industriali di rilevanza nel territorio, si è ricercato un secondo impianto campione nel Polo industriale.

Anche per quest'ultimo, si è voluto esaminare l'utilizzo della risorsa idrica e valutare le possibilità di recupero e riutilizzo di acqua derivante da processi di depurazione, in linea con gli obiettivi del quadro normativo ed i principi di circolarità e sostenibilità idrica.

In particolare, l'analisi basata sui dati resi disponibili dall'Azienda Campione N° 2, è stata orientata a verificare l'ipotesi di recupero di quota parte delle acque trattate in uscita dall'impianto consortile, dagli impianti industriali del polo industriale o dallo stesso impianto dell'Azienda Campione N° 2 per riutilizzo interno, con l'obiettivo di ridurre il consumo di acque dolci mediante emungimento da falda.

Approvvigionamento

L'attività dell'Azienda Campione N° 2 è di carattere chimico.

L'attuale assetto del ciclo idrico di stabilimento prevede l'approvvigionamento, per scopi di raffreddamento (71 % delle acque), di processo (25 %) e per acque antincendio (1,5 %), dalle seguenti fonti (valori approssimativi) rispettivamente da:

Pozzi di emungimento (falda superficiale e falda profonda)

Captazione di acque ad uso industriale per scopi di processo e di raffreddamento.

I pozzi hanno una capacità di captazione massima annuale di 4.500.000 m³/anno.

Il consumo idrico medio annuo della risorsa idrica emunta dai pozzi è pari a circa 3.540.000 m³/anno (dati 2023).

L'acqua estratta ha le seguenti macro-caratteristiche:

- pH: 7,4;
- Conducibilità: 532 µS/cm;
- Durezza: 275 ppm;
- Solidi Sospesi: 0,7 ppm.

Corpo idrico superficiale

Captazione di acque ad uso industriale per scopi principalmente di raffreddamento.

Capacità massima di captazione dal Canale pari a 3.503.965 m³/anno.

Il consumo idrico medio annuo della risorsa idrica captata dal canale è pari a circa 2.070.000 m³/anno (dati 2023).

L'acqua estratta ha le seguenti macro-caratteristiche:

- pH: 7,4;
- Conducibilità: 410 µS/cm;
- Durezza: 176 ppm;
- Alcalinità: 64,1 ppm;
- Ortofosfati: 0,08 ppm.

Barriera sotterranea

L'acqua intercettata dalla barriera sotterranea viene recuperata per il reintegro del circuito delle torri di raffreddamento, per un consumo idrico medio annuo pari a circa 137.000 m³/anno (dati 2023).

Il totale delle acque di approvvigionamento da pozzi, barriera sotterranea e corpo idrico superficiale, per l'anno 2023, è stato pari a circa 5.747.000m³/anno.

L'acqua da acquedotto è utilizzata invece principalmente a scopo igienico-sanitario e sicurezza (docce emergenza) con un consumo idrico medio annuo pari a circa 45.400 m³/anno (dati 2023).

Impianti di trattamento acque

Acque primarie:

Sono presenti due impianti di demineralizzazione costituiti da reattori a scambio ionico per la produzione di acqua demineralizzata impiegata dalle caldaie per la produzione di vapore. Prima di essere inviata alle caldaie, l'acqua demi viene privata dell'ossigeno disciolto in apposito degasatore. Sono presenti n.3 caldaie tradizionali (da 60 t/h di vapore) e n.2 caldaie a recupero da 200-250 (t/h di vapore).

Acque reflue:

L'impianto di trattamento delle acque reflue industriali ha una capacità di trattamento pari a circa 250 m³/h ed è composto dalle seguenti sezioni:

- Flocculazione e flottazione;
- Trattamento biologico (vasca di ossidazione biologica seguita da vasche di sedimentazione);
- Trattamento fanghi (ispessitore).

Allo scarico, dopo sedimentazione finale, sono inviate anche le acque meteoriche per un massimo di 100 m³/h dopo un trattamento interno disoleazione.

Il volume totale di acque scaricate verso il corpo idrico superficiale è pari a circa 2.600.000 m³/anno (dati 2023).

Da analisi annuali allo scarico per verifica di continuità, si rilevano concentrazioni di uno dei metalli significative e prossime al limite normativo per lo scarico in acque superficiali (D.Lgs. 152/06 e s.m.i. Tabella 3, Allegato 5 alla parte III).

Per tutti gli altri composti non si evidenziano particolari criticità.

Recuperi e riutilizzi già in atto

Non sono ad oggi previsti recuperi e/o riutilizzi delle acque di scarico depurate.

Si riporta di seguito in modo semplificato l'assetto "as-is" del ciclo idrico relativo al sito industriale.

Scenario AS-IS

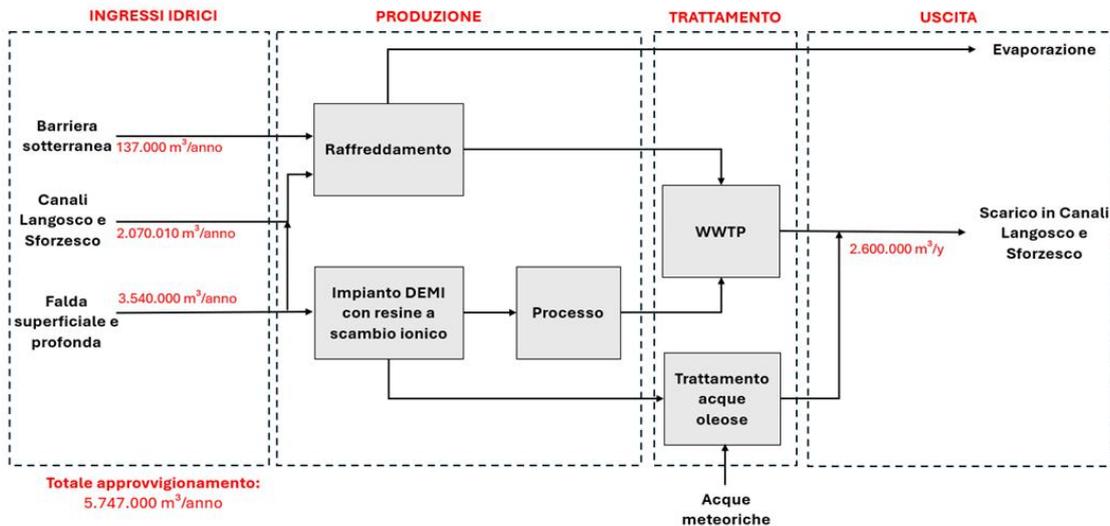


Figura 4 - Rappresentazione schematica della gestione attuale degli stream acquosi presso Azienda Campione N° 2

Possibili soluzioni progettuali

Soluzioni progettuali per il miglioramento della gestione delle acque industriali in Azienda Campione N° 2 possono concettualmente prevedere:

- differenti modalità di trattamento delle acque di approvvigionamento per produrre acque ad uso industriale (aggiornamento tecnologico impianti trattamento acque primarie);
- riutilizzi di acque reflue (a valle di trattamento da depuratore interno e/o da depuratore civile) come fonte di approvvigionamento;
- un mix di entrambi gli approcci sopra citati, per arrivare ad un blend di approvvigionamento che consenta:
 - o Una diminuzione della dipendenza dalle fonti esterne;
 - o Un parziale riutilizzo senza “chiudere” troppo il ciclo idrico con conseguente rischio di concentrazione degli inquinanti;
 - o Un aggiornamento tecnologico degli impianti.

A – Aggiornamento tecnologico impianti trattamento acque primarie

A monte del processo sono presenti n.2 reattori a scambio ionico come impianto di demineralizzazione. Una delle possibili opzioni progettuali di aggiornamento tecnologico degli impianti di trattamento acque primarie ipotizza di sostituire l'impianto a resine con impianto ad osmosi.

Considerazioni preliminari:

Reagenti chimici attualmente utilizzati per le RESINE non più necessari nella nuova configurazione con impianto ad osmosi.

Consumi energetici più elevati per l'impianto osmosi rispetto alle resine a scambio ionico.

In via preliminare è comunque possibile ipotizzare un vantaggio in termini di carbon footprint rispetto a quella connessa all'utilizzo dei reagenti chimici dell'impianto a resine. L'effettiva riduzione della "carbon footprint" dovrà essere confermata mediante analisi comparata.

Gestione del concentrato.

Rispetto alle resine, la produzione di acque di scarto potrebbe risultare più elevata.

La soluzione comporta la produzione di una quantità potenzialmente significativa di concentrati la cui gestione dovrà essere opportunamente valutata al fine di verificare la conformità degli scarichi.

Data la minore efficienza idrica presunta di un sistema a membrane rispetto ad un sistema a resine, per evitare di incrementare gli emungimenti a pari quantitativo di acqua demi prodotta, tale soluzione potrebbe essere combinata con un parziale riutilizzo delle acque reflue, in modo da avere una soluzione a minor utilizzo delle fonti esterne.

B - Riutilizzo di acque reflue trattate

Per il riutilizzo delle acque di scarico trattate come fonte di approvvigionamento possono essere concettualmente seguite n.2 alternative progettuali:

1. Recupero delle acque trattate in uscita dall'impianto dell'Azienda Campione N° 2;
2. Recupero delle acque trattate in uscita da potenziale impianto consortile eventualmente disponibile nell'area di interesse, mediante apposita adduzione che dovrà essere valutata in fase progettuale.

Le modalità di riuso verranno anch'esse valutate in una fase progettuale successiva.

Il recupero della risorsa idrica consentirebbe una riduzione parziale del prelievo da:

- Emungimento da falda, oppure
- Approvvigionamento da Corpo Idrico Superficiale

La scelta tra le due opzioni dipende da un'analisi costi/benefici e dalle caratteristiche qualitative richieste in ingresso agli utilizzi per processo/raffreddamento.

Per ogni alternativa, si riportano due schemi a blocchi che fanno riferimento alle seguenti due casistiche:

- a) l'impianto DEMI esistente non viene sostituito e di conseguenza viene previsto un trattamento ad hoc per le acque di riuso industriali;
- b) l'impianto DEMI esistente viene sostituito con impianto a osmosi (RO), asservito al trattamento delle acque di riuso industriale.

C - Combinazione di quanto sopra

Considerando una sezione RO come trattamento delle acque di approvvigionamento per la produzione di acqua demi che possa ricevere in alimento, con opportuna combinazione quali/quantitativa:

- sia acque da pozzi/canali (alimento dell'attuale Demi);
- che acque reflue trattate, provenienti dal depuratore interno (soluzione più semplice, con limitazioni sui quantitativi per evitare incremento concentrazione di inquinanti) che da depuratore consortile eventualmente disponibile (in questo caso verosimilmente possibili quantitativi superiori).

Sarebbe possibile:

- aggiornare tecnologicamente (e, verosimilmente come CO2 footprint) gli impianti Demi;
- avviare una soluzione di riuso che consente, complessivamente, di ridurre gli approvvigionamenti compensando i maggiori volumi in ingresso che una RO richiede rispetto ad un impianto DEMI a resine a parità di acqua prodotta, con volumi di acqua da riuso che - complessivamente- fanno ridurre il prelievo da fonti superficiali;
- il tutto implementabile con più step modulari
 - o sia come taglia impianto (es prima per 100 m3/h poi per tutta la portata);
 - o che come tipologia di acque in ingresso (es prima alimento mix acque superficiali + acque riuso interno, poi mix riuso esterno + riuso interno).

Alternativa n.1 - Acque di scarico di Azienda Campione N° 2 come riuso industriale

Recupero delle acque industriali di scarico del proprio depuratore nell'ambito del processo produttivo:

ALTERNATIVA 1 A – RIUSO INDUSTRIALE INTERNO

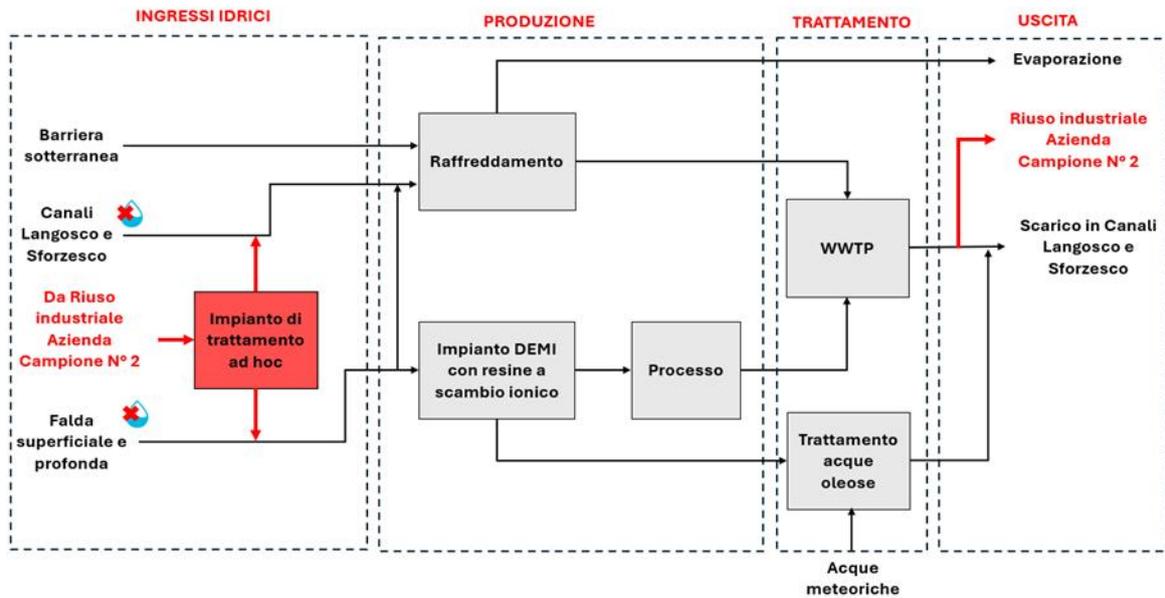


Figura 5 - Rappresentazione schematica riassuntiva della gestione delle modifiche a seguito dell'adozione dell'iniziativa di recupero da riuso industriale interno - Alternativa 1A

ALTERNATIVA 1 B – RIUSO INDUSTRIALE INTERNO

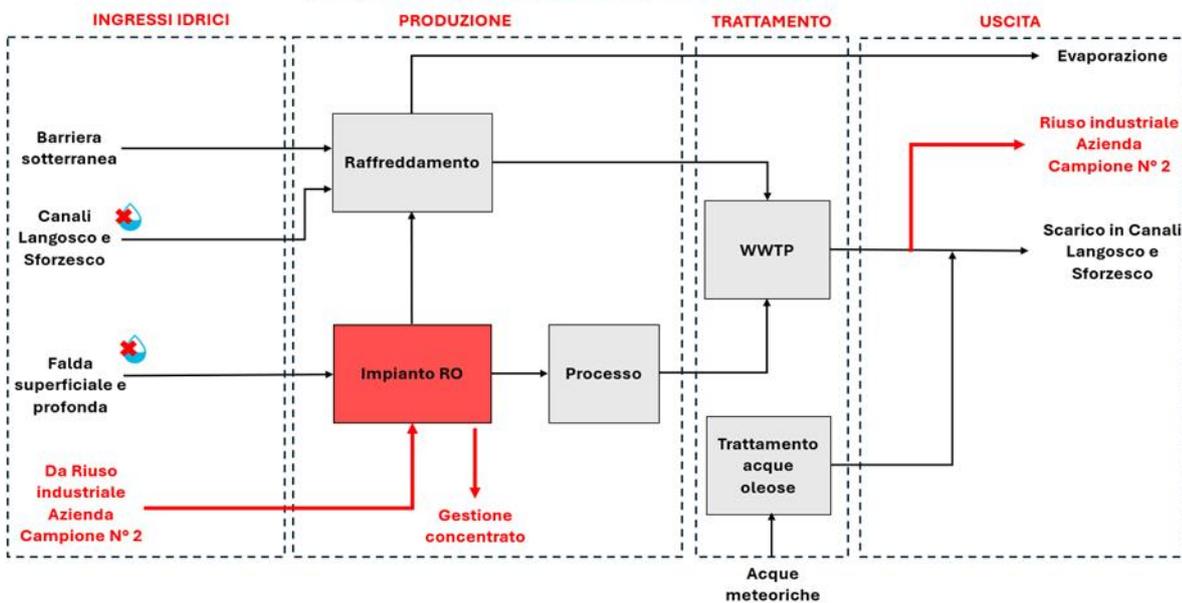


Figura 6 - Rappresentazione schematica riassuntiva della gestione delle modifiche a seguito dell'adozione dell'iniziativa di recupero da riuso industriale interno - Alternativa 1B

Alternativa n.2 - Acque di scarico da un potenziale depuratore consortile come riuso industriale

Riuso acque trattate da un potenziale depuratore consortile nell'ambito del processo produttivo.

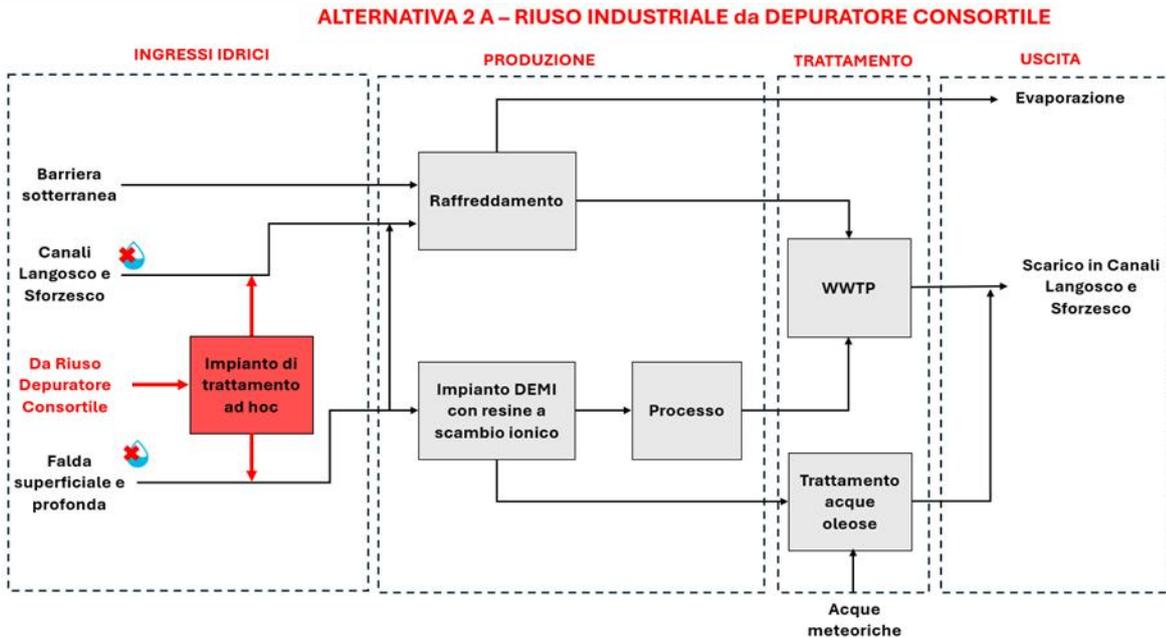


Figura 7 - Rappresentazione schematica riassuntiva della gestione delle modifiche a seguito dell'adozione dell'iniziativa di recupero da riuso industriale da un potenziale depuratore consortile- Alternativa 2A

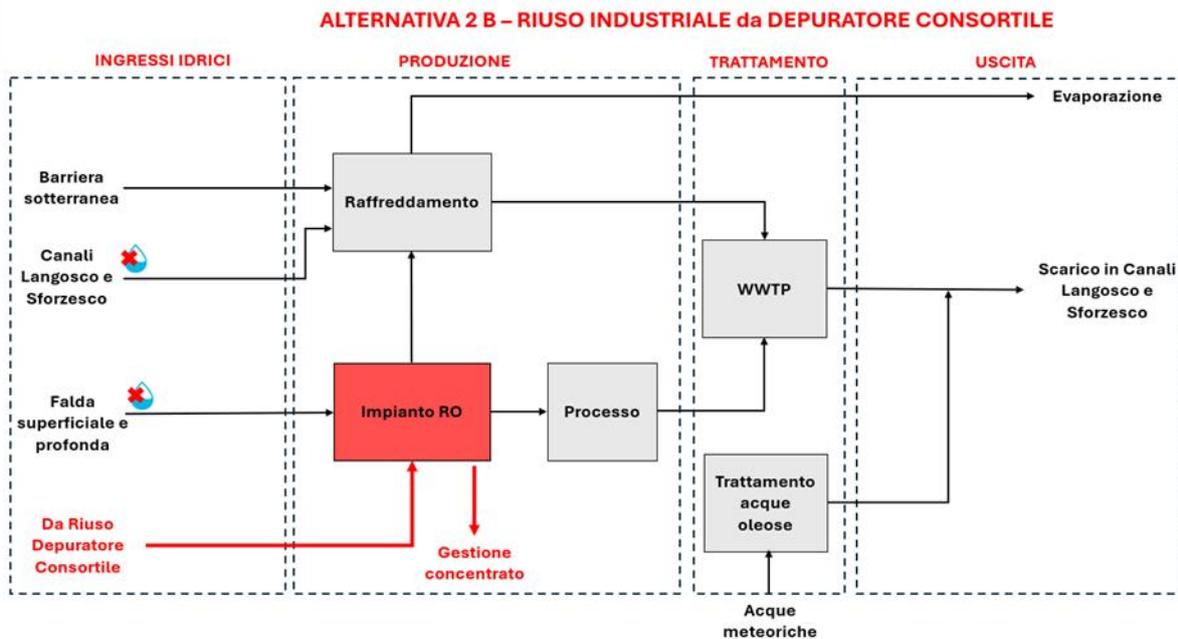


Figura 8 - Rappresentazione schematica riassuntiva della gestione delle modifiche a seguito dell'adozione dell'iniziativa di recupero da riuso industriale da un potenziale depuratore consortile - Alternativa 2B

Entrambe le alternative offrono i seguenti vantaggi:

Riduzione significativa degli approvvigionamenti e consumi di acque dolci;
 Opportunità di eliminare parzialmente l'emungimento da falda con benefici in termini di riduzione dei consumi energetici necessari per il pompaggio.

Di seguito si riassumono i principali vantaggi, svantaggi e considerazioni:

	Vantaggi	Svantaggi/Considerazioni
Alt. 1	<ul style="list-style-type: none"> • Minor dispendio energetico per il rilancio delle acque di scarico rispetto all'Alt. 2; • Riduzione dei volumi scaricati. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'acqua di scarico presenta valori di conducibilità elevati, e di un metallo pesante e SST vicine ai limiti di legge. La soluzione potrebbe comportare un elevato grado di complessità impiantistica al fine di ridurre SST, conducibilità e composti inorganici a valori richiesti dal processo;
Alt. 2	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizzo di acqua depurata di maggior qualità rispetto alle acque industriali in uscita dal depuratore di Azienda Campione N° 2; • Necessità di impianto di trattamento acque di minore complessità rispetto all'Alt. 1. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevato costo energetico, impiantistico e conseguente carbon footprint connessa al rilancio delle acque di scarico da un potenziale depuratore consortile a Azienda Campione N° 2 (distanza stimata: 4-5 km);

Come riportato, per entrambe le Alternative, si potrebbe valutare la sostituzione degli impianti DEMI esistenti con impianti RO che possano garantire l'efficienza di depurazione richiesta dal nuovo effluente in ingresso. In tal caso dovrà essere opportunamente valutata la gestione del concentrato prodotto dagli impianti RO.

Anche nel presente caso, come già nel precedente, i volumi complessivamente prelevati dalle acque sotterranee e da quelle superficiali pari a ca 5,7 milioni di m³/anno superano nettamente quelli approvvigionati per uso civile pari a 3,4 milioni di m³/anno.

Questo fatto evidenzia ulteriormente l'importanza del riuso industriale.

3. POSSIBILI APPROFONDIMENTI E FOLLOW-UP

Le analisi ai capitoli precedenti sono volte a fornire, a titolo esemplificativo, una possibile soluzione finalizzata a favorire un recupero di risorsa idrica rispetto alla situazione esistente.

L'esito delle analisi riportate deriva da un'attività di *"desktop study"*, eseguita alla luce delle informazioni acquisite e messe a disposizione dalle Aziende Campione e preso atto delle caratteristiche delle sezioni impiantistiche e degli impianti di trattamento esistenti.

Anche nel caso presente, emerge la rilevanza dei consumi di risorse per uso industriale (ca 9 Mm³/anno complessivamente per le due Aziende Campione), nei confronti del consumo sul territorio considerato per usi domestici (3,4 milioni di m³/anno), ribadendo la significatività del riuso per il risparmio della risorsa.

Il *"desktop study"* rappresenta solo il primo step di un'attività di *"Water Assessment"*, che prevede come fase successiva un approfondimento di analisi anche mediante l'esecuzione di una specifica *Survey* in sito.

L'esecuzione di un *Water Assessment* presso lo stabilimento campione permetterebbe di acquisire le informazioni utili a ricostruire uno schema di bilancio idrico di dettaglio finalizzato a:

- verificare di fattibilità e perseguibilità della soluzione individuata nell'ambito del *desktop study*;
- identificare ulteriori iniziative di recupero della risorsa idrica (es. recupero delle acque meteoriche; recupero del *blowdown* torri evaporative; adozione di misure volte alla riduzione dei consumi idrici per i servizi igienici);
- il beneficio economico e finanziario mediante il ritorno dell'investimento considerando i flussi fisici in ingresso e uscita, i fabbisogni energetici, i costi per investimento ed operativi legati ai diversi scenari impiantistici.

Assoreca, attraverso le competenze e le professionalità dei diversi Associati, si rende naturalmente disponibile ad ogni eventuale ulteriore approfondimento e supporto all'integrazione e coordinamento degli stakeholder, tutti, interessati ad un primo modello integrato, agro-industriale con i necessari riflessi anche sulle comunità.



STRATEGIA DI OTTIMIZZAZIONE IDRICA DI UN COMPARTO TERRITORIALE

ALL. D - ACCUMULO ED ALIMENTAZIONE IDRICA DI SUPPORTO ALLE
COLTIVAZIONI AGRICOLE MEDIANTE RICARICA DEGLI ACQUIFERI
SOTTERRANEI

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	123
2. ORDINE DI GRANDEZZA DEI FLUSSI IDRICI IN GIOCO	124
3. GESTIRE LA CRISI: LA RICARICA ARTIFICIALE DELLA FALDA.....	125
3.1 INQUADRAMENTO TEORICO	125
3.2 FATTIBILITÀ DEGLI INTERVENTI DI MAR.....	130
3.3 IL CONTESTO IDROGEOLOGICO DI TRECATE E CERANO	130
3.3 SVILUPPO DI UN MODELLO NUMERICO IDROGEOLOGICO COME STRUMENTO PROGETTUALE.....	135
3.5 AREE DI POSSIBILE REINIEZIONE	137
3.6 TIPOLOGIA DI OPERE IDRAULICHE PER LA REINIEZIONE.....	141
3.7 STIMA DI MASSIMA DEI COSTI DELLE OPERE.....	141
3.8 VALUTAZIONE DI COSTI E BENEFICI DELLA TECNOLOGIA	143
4. CONCLUSIONI.....	144
5. BIBLIOGRAFIA.....	144

ALLEGATO D - ACCUMULO ED ALIMENTAZIONE IDRICA DI SUPPORTO ALLE COLTIVAZIONI AGRICOLE MEDIANTE RICARICA DEGLI ACQUIFERI SOTTERRANEI

1. INTRODUZIONE

L'effetto dei cambiamenti climatici ed il conseguente manifestarsi di periodi siccitosi, sempre più frequenti e di rilevante entità oltreché alternati ad eventi intensi di precipitazioni, impone un cambio di approccio sia tecnico che culturale nelle modalità di utilizzo della risorsa idrica su scala territoriale.

A tutt'oggi, la quantità complessiva di acqua presente su un dato territorio viene suddivisa tra le diverse categorie di utilizzo (civile e potabile, industriale, agricola e zootecnica, idroelettrica) in maniera competitiva, riducendo e a volte annullando la fornitura ad una o più di tali categorie quando le portate disponibili diventano insufficienti. Nelle more di complessi, onerosi e lunghi processi di incremento degli approvvigionamenti e di riduzione delle perdite è quindi necessario gestire la risorsa acqua in modo circolare ed efficiente, attuando un utilizzo multiplo e sinergico, che ne massimizzi l'uso "in cascata" al posto della competizione tra le diverse tipologie di fruizione e utilizzo.

Il presente elaborato si pone l'obiettivo di descrivere una possibile strategia di ottimizzazione idrica delle aree di Trecate e Cerano (NO), identificati come comparti territoriali italiani particolarmente impattati dalla crisi idrica già in essere e dove le attuali previsioni climatiche prevedono un ulteriore e rapido peggioramento delle condizioni di approvvigionamento idrico, soprattutto ai fini irrigui.

In questo allegato, verrà discussa un'opzione progettuale basata sulla reiniezione di acque superficiali in falda, utilizzando una tecnologia denominata Managed Aquifer Recharge (MAR). Negli interventi MAR, gli acquiferi vengono utilizzati come serbatoi di accumulo con volumi estremamente elevati, in cui immagazzinare acque prelevate in periodi di surplus idrico e altrimenti destinate a fuoriuscire dal bacino idrogeologico in tempi rapidi, come le acque superficiali. Essendo caratterizzate da velocità di flusso molto ridotte, le acque delle falde contenute negli acquiferi vengono trattenute per tempi molto più elevati, potendo alla bisogna essere utilizzate dall'uomo a scopo irriguo, oppure per usi di tipo civile e industriale. L'approvvigionamento di acqua viene realizzato tramite collegamento al corpo idrico donatore (tipicamente il reticolo irriguo), con un sistema di adduzione che sfrutta la rete di canali irrigui già esistente.

I progetti di reiniezione sono progettati e valutati coerentemente all'articolo 104 del D.Lgs. 152/2006 recepito dal D.M. Ambiente 2 maggio 2016, n. 100 (G.U. 13 giugno 2016 n. 136 recante gli obiettivi di qualità dei corpi idrici sotterranei oggetto di ricarica artificiale della falda. Il D.M. costituisce il *"Regolamento recante criteri per il rilascio dell'autorizzazione al ravvenamento o all'accrescimento artificiale dei corpi idrici sotterranei al fine del raggiungimento dell'obiettivo di qualità, ai sensi dell'articolo 104, comma 4-bis, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152"*.

Nel D.M. vengono richiamati i criteri di scelta sia della tipologia di acquifero che delle azioni di monitoraggio quali-quantitativi della falda, da attuare con la redazione di un progetto e di un piano di monitoraggio sia quantitativo che qualitativo.

Il presente documento costituisce una valutazione preliminare di applicabilità della tecnologia MAR al caso di studio di Trecate e Cerano, che per il suo sviluppo necessiterà della redazione di una progettazione di dettaglio.

Il range di costi indicati nel presente documento è da intendersi come una valutazione preliminare, basata sull'adozione di assunzioni ragionevoli sulla base delle attuali conoscenze del territorio in esame e delle sue necessità, nonché sulla verifica di altri progetti già attuati in altre aree del nostro Paese con contesti idrogeologici simili e ubicati in Pianura Padana. I costi finali delle opere saranno quindi da valutare nel dettaglio in sede di progettazione delle opere.

Durante la redazione del progetto di dettaglio, vanno inoltre valutate in modo accurato le possibili interferenze tra l'aumento del livello di falda determinato con la reiniezione e i vari elementi del paesaggio antropico che coesistono, nel territorio in esame, con le aree di produzione agricola a cui l'intervento di reiniezione è dedicato, ovvero, a titolo di esempio e in modo non esaustivo, la presenza di locali interrati, i sottoservizi quali reti fognarie e acquedottistiche, i siti contaminati, ecc. La valutazione delle interferenze va effettuata tramite la realizzazione di un modello numerico idrogeologico, che serve come strumento per la progettazione complessiva dell'intervento, descritto al Capitolo 3.3.

L'ipotesi progettuale discussa nel presente documento assume che le acque derivate dai corpi idrici superficiali possano essere convogliate a gravità alle opere di iniezione, utilizzando esclusivamente la rete di canali irrigui esistenti.

2. ORDINE DI GRANDEZZA DEI FLUSSI IDRICI IN GIOCO

Nel presente capitolo si tenterà di definire gli ordini di grandezza delle principali voci di bilancio idrico per il territorio di Cerano e Trecate sulla base dei dati disponibili, preliminarmente raccolti ed analizzati.

Sulla base di una stima preliminare, l'ordine di grandezza della quantità di acqua da reperire per sopperire al deficit idrico verificatosi negli ultimi anni è stimabile in circa 18 Mm³/anno, che in questo documento si ipotizza di restituire all'acquifero tramite l'esclusivo utilizzo di opere di reiniezione di acqua superficiale derivata dal Fiume Ticino in falda.

Le operazioni di reiniezione andranno effettuate durante i mesi non irrigui (indicativamente tra ottobre e marzo), quando l'altezza idrometrica del fiume sarà più elevata e quando le acque superficiali non sono già utilizzate ad uso irriguo.

Ciò consentirà di immagazzinare le acque superficiali del bacino idraulico del Ticino all'interno dell'acquifero, consentendo di trattenerle all'interno del bacino per un periodo di tempo più lungo, sfruttando la capacità di accumulo idrico dell'acquifero. Le falde idriche, infatti, sono caratterizzate da velocità di deflusso estremamente più ridotte rispetto a quelle di un corpo idrico superficiale, il che consente di trattenere nell'acquifero per un tempo elevato acque che, se non immesse in falda, defluirebbero a valle in brevi periodi di tempo. L'iniezione delle acque in falda determinerà un aumento del livello piezometrico, e conseguentemente un aumento della portata di deflusso del sistema dei fontanili, che contribuiscono ad alimentare il sistema di canali superficiali ad uso irriguo.

L'iniezione di acqua nell'acquifero costituirà un sistema di ricarica artificiale controllata della falda, che sarà potenzialmente in grado di fornire al sistema idrico acqua sufficiente a compensare il deficit idrico calcolato.

Tali sistemi vengono chiamati MAR (Managed Aquifer Recharge) e permettono di restituire acqua alla falda nei periodi caratterizzati da surplus idrico, che poi potrà essere utilizzata per scopi irrigui nei periodi siccitosi.

3. GESTIRE LA CRISI: LA RICARICA ARTIFICIALE DELLA FALDA

3.1 INQUADRAMENTO TEORICO

La ricarica artificiale della falda, MAR, anche definita ricarica intenzionale e controllata di un acquifero, è un processo per cui il volume di acqua ordinariamente immagazzinato nel sottosuolo è incrementato ad un tasso superiore alla ricarica naturale (Rossetto, 2014). Gli impianti MAR sono interventi di geingegneria ambientale, in cui si ricaricano artificialmente gli acquiferi con volumi idrici provenienti da corsi d'acqua superficiale o invasi naturali o artificiali o acque reflue, trattate con rilevanti esempi applicativi nelle regioni aride del Mediterraneo (ad esempio in Israele e Spagna), in India, USA, Australia, ecc. e crescente diffusione anche nel nostro Paese.

Negli interventi MAR, gli acquiferi vengono utilizzati come serbatoi di accumulo con volumi estremamente elevati, in cui immagazzinare acque prelevate in periodi di surplus idrico e altrimenti destinate a fuoriuscire dal bacino idrogeologico in tempi rapidi, come le acque superficiali. Essendo caratterizzate da velocità di flusso molto ridotte, le acque delle falde contenute negli acquiferi vengono trattenute per tempi molto più elevati, potendo alla bisogna essere utilizzate dall'uomo a scopo irriguo, oppure per usi di tipo civile e industriale.

L'approvvigionamento di acqua viene realizzato tramite collegamento al corpo idrico donatore (tipicamente il reticolo irriguo), con un sistema di adduzione regolato (tipicamente canalette o tubi regolati da saracinesche).

I sistemi più comunemente adottati per l'effettuazione della MAR sono i seguenti:

- **Pozzi di infiltrazione:** il sistema di infiltrazione è caratterizzato da strutture verticali ad anelli forati del diametro di due metri posti in opera fino ad una profondità di quattro-sei metri.

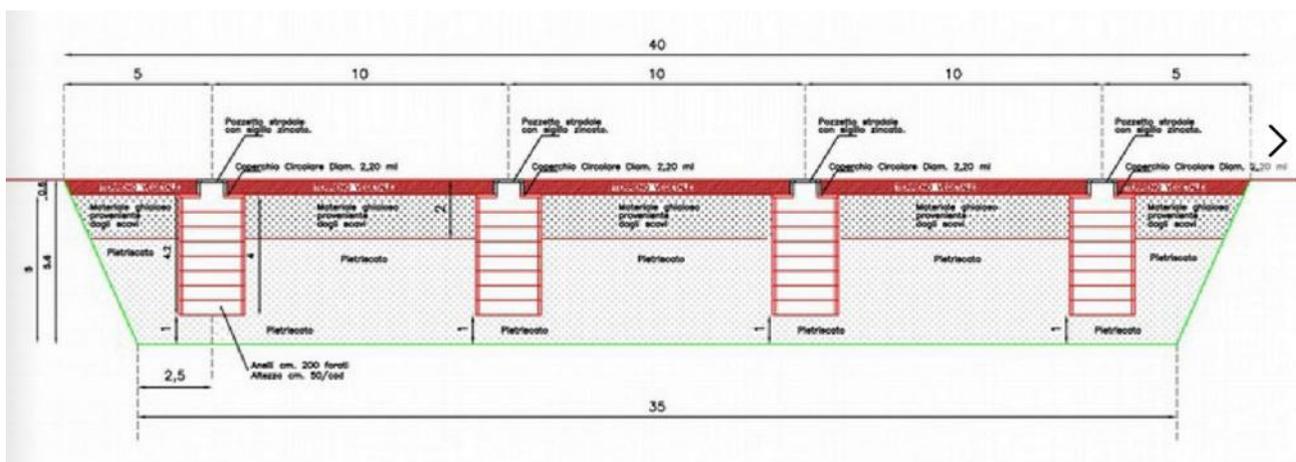
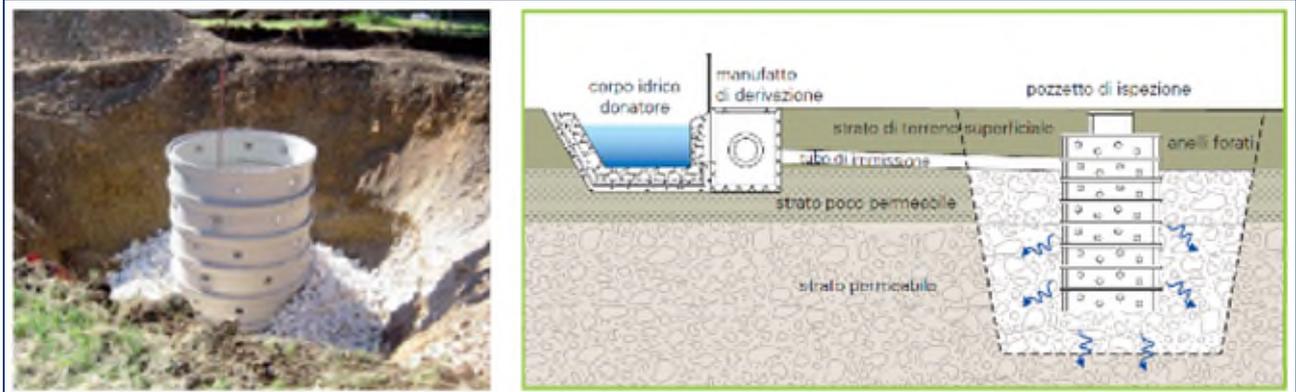


Figura 1 - Esempi di pozzi di infiltrazione (tratta da Bibliografia [1])

- **Trincee di infiltrazione:** questa tecnica consiste nella realizzazione di depressioni scavate artificialmente e riempite con materiale inerte ad elevata permeabilità. Al centro della trincea, immersi nel materiale drenante, si inseriscono uno o più tubi forati, detti tubi di infiltrazione, per garantire una regolare distribuzione delle acque lungo lo sviluppo della trincea. È poi opportuno posare in opera un geotessuto, ai lati e sopra la trincea, per evitare l'intasamento della stessa da parte delle particelle fini dilavate dagli strati confinanti di terreno.

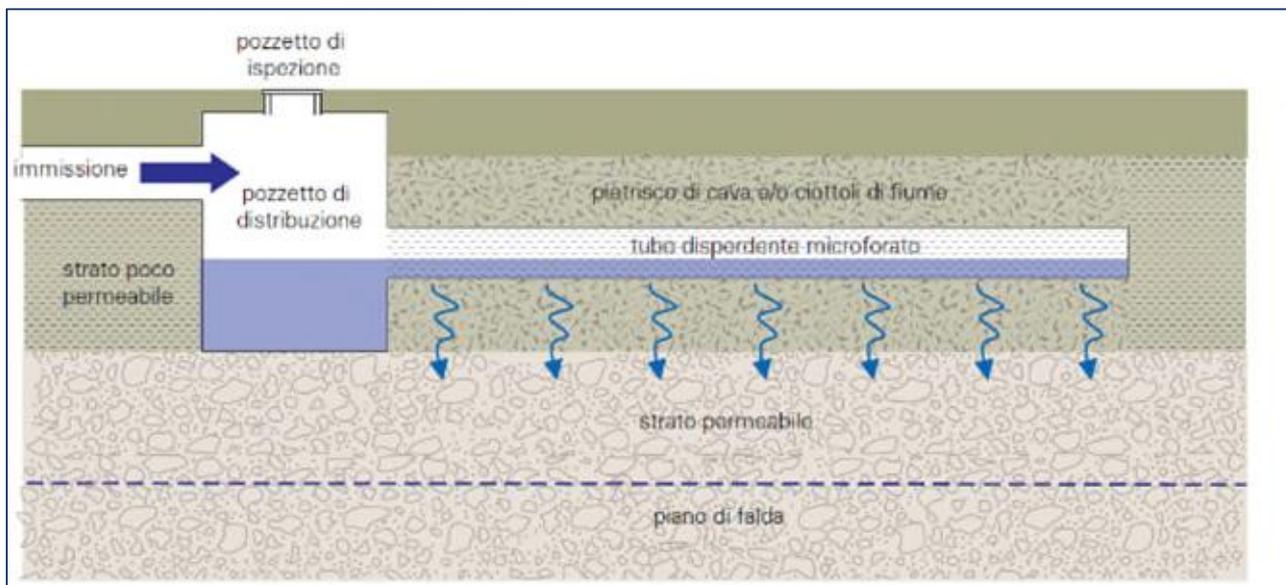


Figura 2 - Schema di una trincea di infiltrazione (tratta da Bibliografia [1])

- **Campi di sub-infiltrazione:** con questa soluzione si procede posando un reticolo di tubi forati sotto la parte agronomica del terreno, posati in piccole trincee riempite di materiale inerte permeabile in modo da permettere un facile deflusso delle acque. La tecnica permette di poter sfruttare terreni agricoli in posizioni idonee per la ricarica, ma che solitamente non vengono messi a disposizione dai proprietari per il valore agronomico della coltura in superficie.



Fonte: Veneto Agricoltura

Figura 3 - Esempi di sistemi dispersivi con campi di sub-infiltrazione

- **Cave dismesse:** anche le cave dismesse vicino alle rogge possono essere utilizzate come vettori disperdenti, analogamente a quanto sopra descritto. Sotto esempio di cava utilizzata come ricarica artificiale.



Figura 416 - Bacino di cava utilizzato come serbatoio disperdente

Gli impianti MAR presentano notevoli vantaggi rispetto ad altri sistemi tecnologici per l'immagazzinamento e il riutilizzo idrico, nello specifico la creazione di invasi artificiali, quali:

- bassi costi di investimento: sono la più economica tra le tecnologie per fornire acqua (costi di messa in opera spesso inferiori a circa 1 €/m³ per acqua accumulata contro un minimo di 5/6 €/m³ di costo di costruzione per gli invasi);
- elevati volumi di immagazzinamento, sfruttando l'estensione degli acquiferi, anche nei periodi in cui gli invasi sarebbero colmi;
- sfruttando la capacità di trasporto naturale delle acque negli acquiferi, annullano i costi di trasferimento delle acque;
- sono interventi caratterizzati da un impatto ambientale molto ridotto (ad esempio: basso consumo di suolo, basso utilizzo di materiali, nessuna movimentazione terra, ridotta emissione di gas clima-alteranti, ecc.);
- non si hanno fenomeni evaporativi, formazione di alghe, proliferazione di insetti, emissioni odorogene.

La messa in opera di impianti MAR non può prescindere dall'esecuzione di un adeguato piano di indagini e caratterizzazione di tipo idrogeologico ed idrogeochimico, atto a verificare la potenziale funzionalità dell'impianto ed i rischi di alterazione dello stato qualitativo delle acque sotterranee, come pure le condizioni di fattibilità e sostenibilità economica di dettaglio dei progetti.

3.2 FATTIBILITÀ DEGLI INTERVENTI DI MAR

La possibilità di realizzare un'opera per la ricarica artificiale delle falde dipende dall'idoneità dei terreni dove poter intervenire e dalla loro disponibilità.

La vocazione di un determinato territorio ad ospitare l'intervento di ricarica dipende innanzitutto dalla sua intrinseca attitudine all'infiltrazione e dalla disponibilità di acque da destinare alla reiniezione. È possibile stabilire tale vocazione, attraverso la verifica di alcuni criteri:

- A. le caratteristiche del sottosuolo e del suolo: aspetti pedologici e idrogeologici;
- B. la destinazione d'uso del terreno;
- C. la disponibilità del terreno: accessibilità al lotto per la realizzazione dell'opera;
- D. la possibilità di adduzione dell'acqua: prossimità a corsi d'acqua naturali o artificiali con acqua di qualità adeguata.

3.3 IL CONTESTO IDROGEOLOGICO DI TRECATE E CERANO

Lo schema idrogeologico riportato in Figura 5 illustra la struttura idrogeologica degli acquiferi alluvionali padani. Nelle zone di alta pianura, poste in prossimità dell'affioramento delle Prealpi, si incontrano materiali alluvionali generalmente grossolani e molto permeabili, costituiti da ciottoli, ghiaie e sabbie. L'acquifero in questa area si definisce indifferenziato, non suddiviso quindi lungo la verticale in differenti acquiferi.

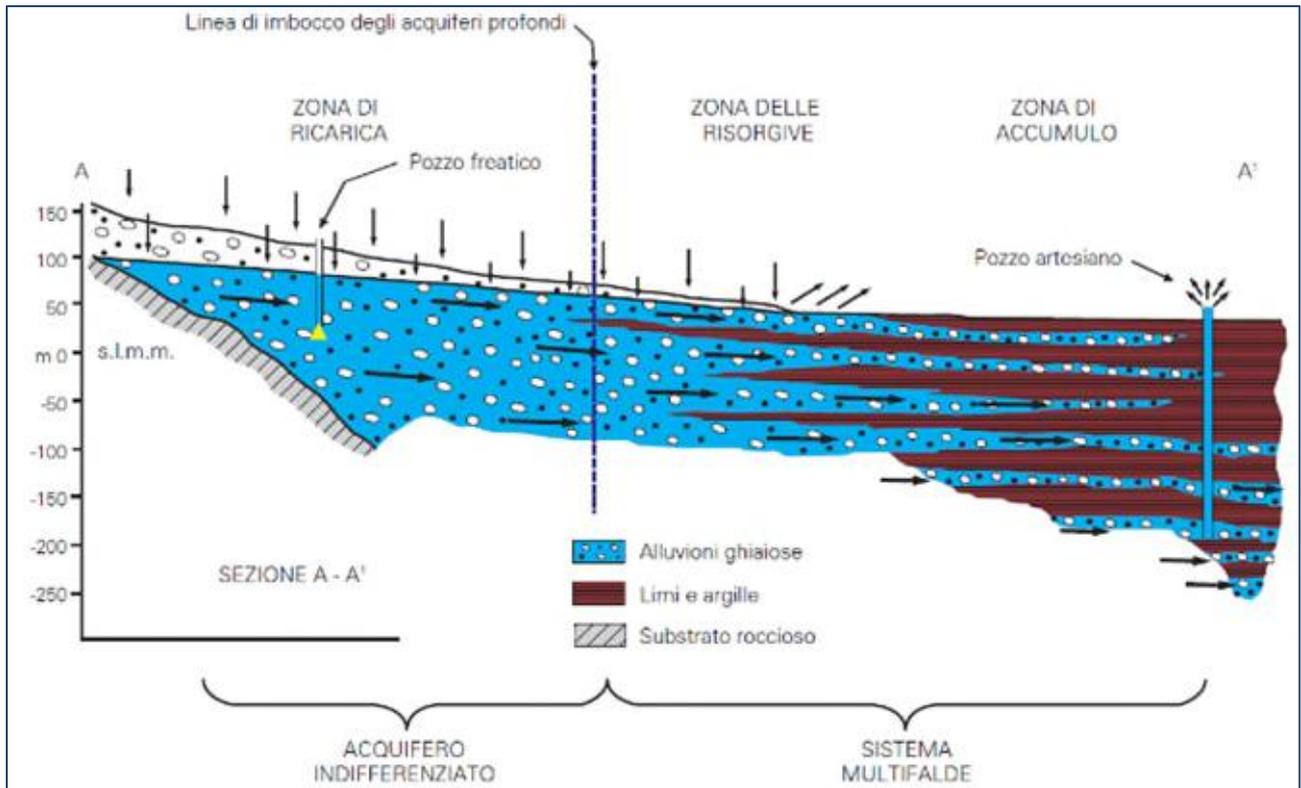


Figura 5 - Sezione idrogeologica concettuale degli acquiferi padani (tratta da Bibliografia [1])

Continuando verso valle, compaiono le prime lenti di argilla, che suddividono il materasso alluvionale in acquiferi differenti e comportano, in genere, la presenza di materiale fine anche in prossimità della superficie topografica.

La zona in cui si cominciano a presentare delle suddivisioni all'interno dell'acquifero viene denominato "linea di imbocco degli acquiferi profondi". I territori ubicati a monte di questa linea sono particolarmente vocati per la realizzazione di impianti di MAR, perché l'acqua reiniettata può infiltrarsi in materiali molto permeabili senza incontrare ostacoli.

A valle della linea di imbocco, la realizzazione di impianti di MAR potrà essere più complessa e potrà essere necessario perforare le lenti di argilla, che ostacolerebbero il flusso verticale dell'acqua infiltrata.

L'area di Trecate e Cerano, dal punto di vista geologico/idrogeologico è formata da depositi alluvionali fluvio-glaciali wurmiani del Pleistocene Superiore. La granulometria dei materiali depositati costituenti il sottosuolo è prevalentemente ghiaiosa e ghiaioso-sabbiosa, con alternanze limoso-argillose con geometria lenticolare.

Da segnalare, per lo scopo dello studio che, nell'area di interesse, lo spessore dei materiali depositati è nell'ordine dei 70-80m, in inspessimento verso le sponde del Ticino, il quale nel suo sviluppo ha sia eroso i depositi che contribuito a depositare materiali alluvionali più recenti.

A seguire estratto da Provincia di Novara sezione geologico-stratigrafica Ticino, gennaio 2009.

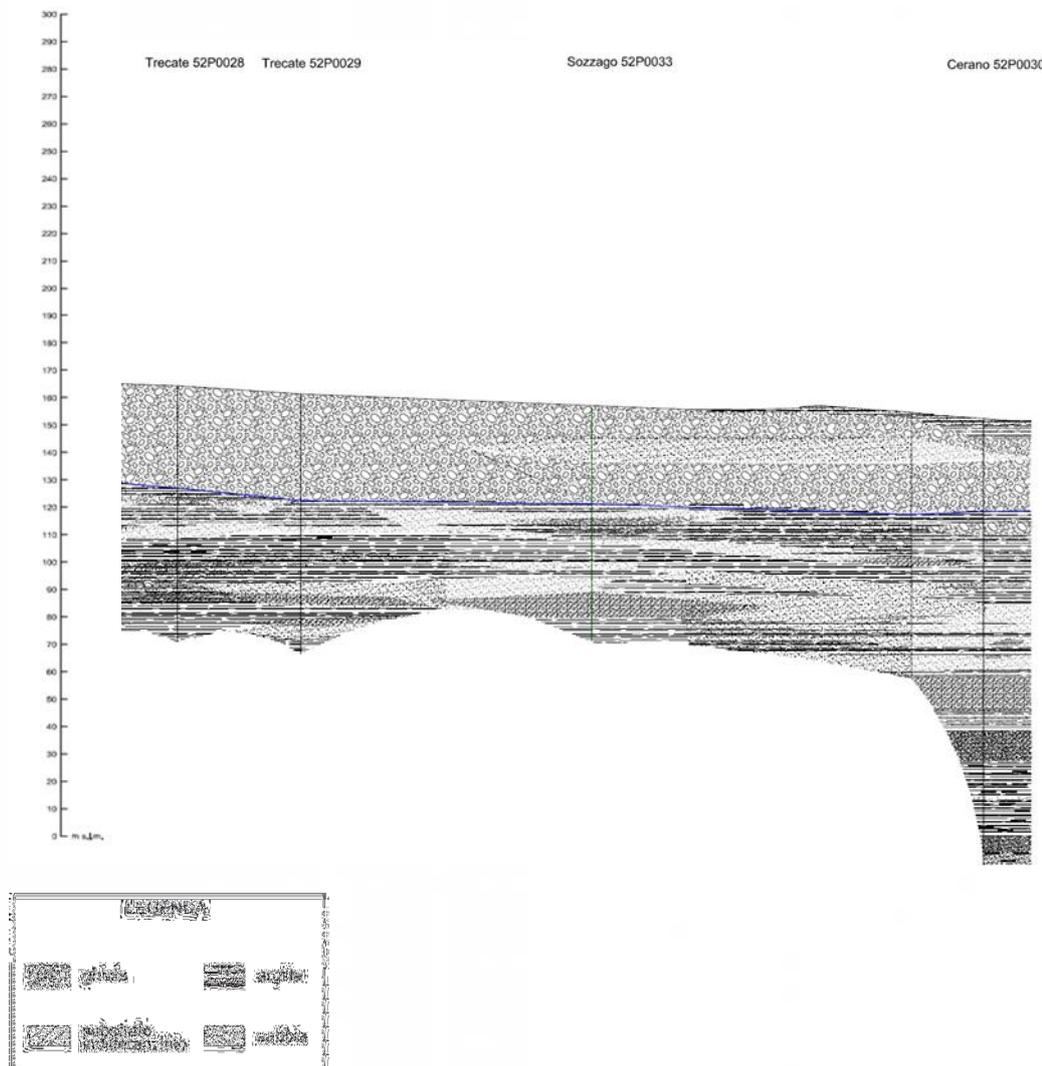


Figura 6 - Sezione idrogeologica O-E della pianura novarese

In linea generale, il sottosuolo nell'area di Trecate e Cerano ospita una falda indifferenziata di tipo freatico nel settore di monte, che dà luogo ad un sistema di falde sovrapposte procedendo verso valle (rif. bibl. progetti *PRISMAS*, *PRISMAS II*, *Piano di Tutela delle Acque e piani territoriali comunali*, *GEOPOTALE ARPA PIEMONTE*). La direzione di flusso prevalente della falda è NNW-SSE, con variazioni locali dovute in particolare alle interazioni tra falda e corsi idrici superficiali. Nel settore di valle idrogeologico, la falda parzialmente viene a giorno attraverso il sistema delle risorgive, che drenano parte della portata idrica circolante.

Le quote di falda variano a seconda del regime idrogeologico stagionale. Tipicamente, il livello piezometrico cresce nel periodo compreso tra i mesi di giugno, luglio ed agosto in particolare per effetto delle irrigazioni dei terreni agricoli, diminuisce poi nei mesi di ottobre e novembre, per raggiungere valori minimi nei mesi di febbraio e marzo. L'oscillazione media annua della

falda, nel settore centrale del territorio in esame, è di circa 4 m all'interno dell'anno idrogeologico tipico (immagine seguente, Comune di Cerano).

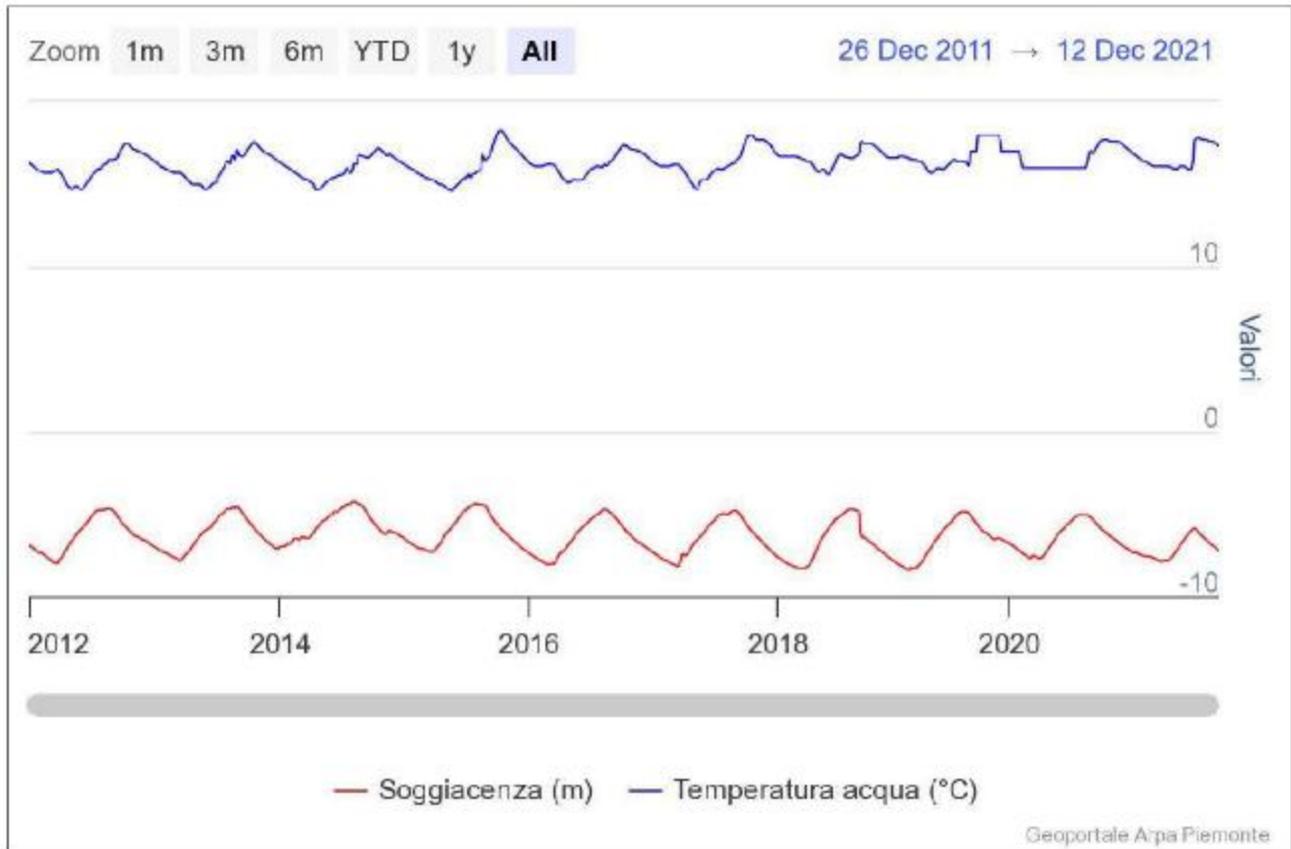


Figura 717 - Soggiacenza di falda dal 2011 al 2021 in rapporto con le temperature entro Cerano (da Geoportale Piemonte)

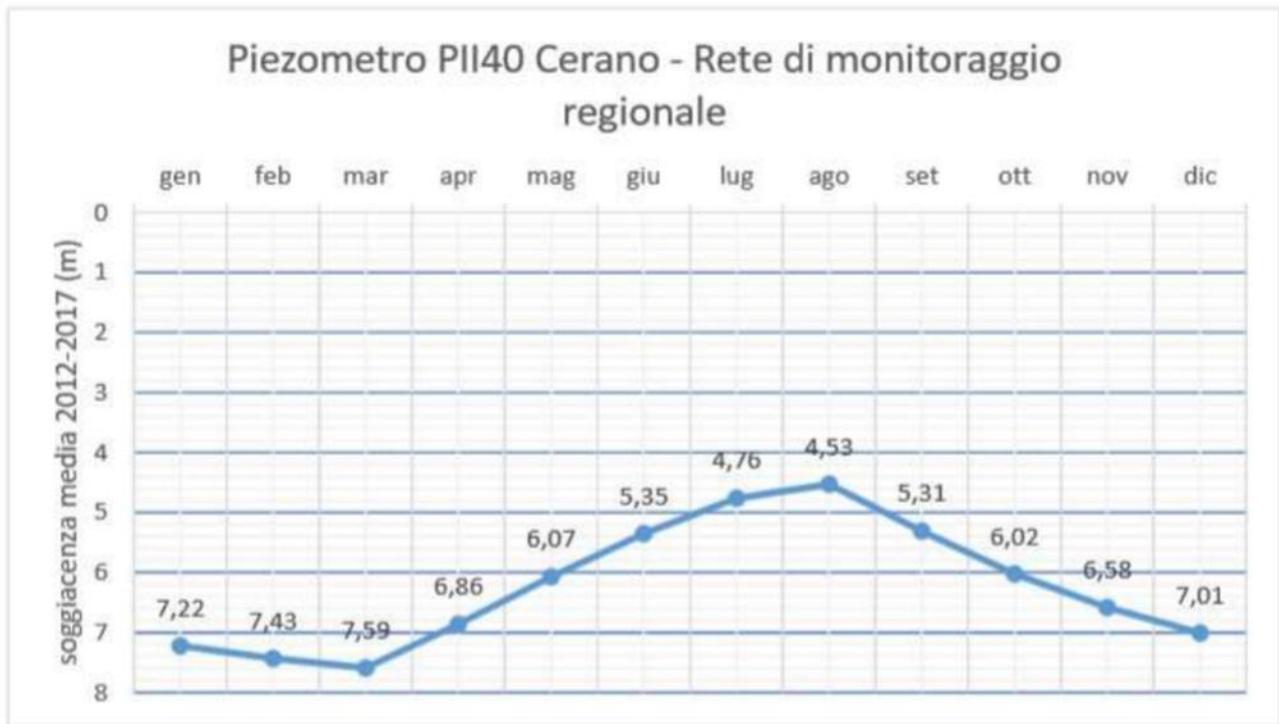


Figura 8 - Soggiacenza media falda Cerano piezometro PII40 dato mensile

La magnitudo delle oscillazioni annuali di falda varia a seconda della posizione di misurazione all'interno dei due comuni. Se si considera l'area di monte idrogeologico, le oscillazioni saranno maggiori, mentre al calare della quota, le oscillazioni si riducono.

La soggiacenza della falda (profondità dell'acqua dal piano campagna) varia tra 4-5 m dal p.c. fino a 10-15 m dal p.c. nei pressi del terrazzo alluvionale vicino al tratto del Ticino.

La crisi idrica degli ultimi anni ha determinato significative riduzioni del livello della falda, mettendo duramente alla prova il sistema idrogeologico e modificando il regime freaticometrico.

La forte variabilità spaziale delle caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero e la variabilità temporale del livello di falda impone la necessità di verifiche ed approfondimenti sia bibliografici che sperimentali, per poter consolidare il modello concettuale idrogeologico e realizzare un modello numerico affidabile, necessario per la progettazione di dettaglio delle opere.

3.4 SVILUPPO DI UN MODELLO NUMERICO IDROGEOLOGICO COME STRUMENTO PROGETTUALE

La progettazione di dettaglio delle opere di reiniezione della falda dovrà avvalersi di un sistema di calcolo sofisticato, che sarà costituito da un modello numerico di flusso della falda a scala sovracomunale. I modelli numerici di flusso sono strumenti di calcolo versatili e potenti e rappresentano lo standard industriale riconosciuto a livello internazionale per l'esecuzione di simulazioni previsionali del flusso della falda negli acquiferi.

Se opportunamente realizzato, calibrato e validato, un modello numerico di flusso permetterà l'effettuazione di stime affidabili del bilancio idrico, consentendo il dimensionamento delle opere di reiniezione e la valutazione dell'effetto che la ricarica artificiale dell'acquifero avrà sul livello di falda e sulla portata drenata dal sistema dei fontanili.

Un modello per l'esecuzione di valutazioni complesse e a scala sovracomunale, come quelle necessarie per l'ottimizzazione del sistema idrico di Cerano e Trecate, dovrà presentare un elevato grado di complessità e dovrà includere un significativo data set geologico e idrogeologico, rappresentativo di un'ampia area attorno ai due comuni, da costituire tramite richieste di dati agli enti di controllo e attingendo dai repertori di dati disponibili online.

La realizzazione del modello presuppone la disponibilità di coerenti dati idrogeologici. Tra questi rammentiamo, ad esempio, i principali studi idrogeologici pregressi e le sezioni geologiche o idrogeologiche a scala territoriale ampia, che forniranno un inquadramento idrogeologico dell'area, con riferimento alla successione stratigrafica e la profondità dei principali corpi idrici sotterranei presenti. Altri dati necessari potrebbero essere quelli relativi ai corpi idrici superficiali, in quanto interagiscono con gli acquiferi. Normalmente, questi dati sono a disposizione degli enti di controllo (ad esempio i dati di livello idrometrico e di portata del fiume Ticino e dei principali corpi idrici ad uso irriguo).

Un esempio di ricostruzione tridimensionale della struttura idrogeologica di un sito è fornito nella seguente figura.

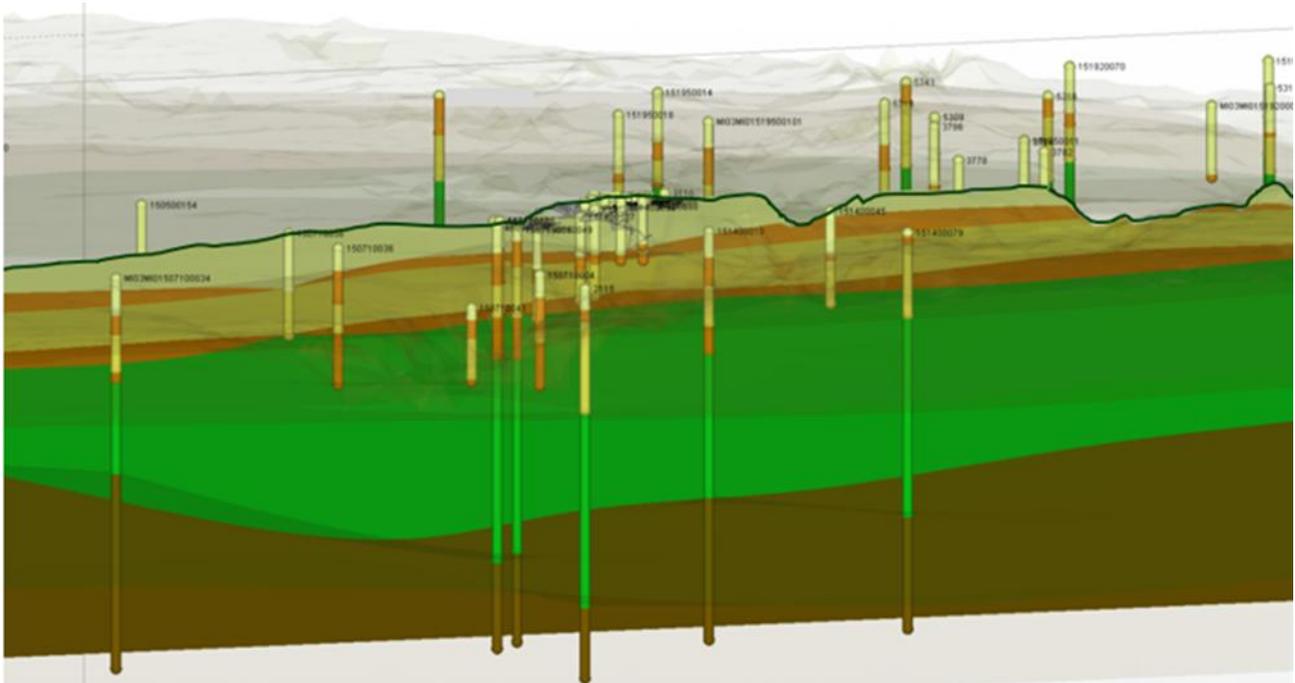


Figura 9 - Esempio di struttura tridimensionale del sottosuolo incorporata in un modello numerico di flusso della falda

La disponibilità di una carta piezometrica affidabile che includa i dati piezometrici disponibili nel territorio in esame sarà di fondamentale importanza per la definizione delle condizioni al contorno del modello e per la sua calibrazione. Saranno pertanto da analizzare le carte piezometriche a scala sovracomunale disponibili per il territorio e occorrerà reperire i dati piezometrici di un ampio territorio attorno ai due comuni, che andranno analizzati per comprendere nel dettaglio le condizioni idrogeologiche dell'area.

Serviranno poi le informazioni relative ai pozzi e ai piezometri esistenti, le loro stratigrafie e per quanto riguarda i pozzi, le relative portate. Questa attività è particolarmente impegnativa, perché nell'area in esame sono incluse numerose città anche di notevole dimensione e un importante polo industriale. Verrà inoltre calcolata la ricarica della falda per mezzo dell'analisi dei dati meteorologici e dei volumi irrigui distribuiti.

Una volta acquisiti ed elaborati tutti i dati idrogeologici disponibili, verrà creato un data base informatizzato che conterrà i dati raccolti e permetterà una loro efficiente analisi e una valutazione di eventuali dati mancanti. A seguito di questa valutazione, verrà valutata la necessità di possibili integrazioni, da condurre tramite eventuali indagini di campo.

Il dominio di modellazione dovrà estendersi per svariati chilometri sia a monte che a valle del territorio occupato dai comuni di Cerano e Trecate, in tale modo che le condizioni al contorno ricadono ad una sufficiente distanza dai punti per i quali verranno effettuate le simulazioni previsionali. L'inclusione nel modello delle principali condizioni al contorno dell'acquifero, con particolare riferimento al corso del fiume Ticino e degli altri principali corpi idrici significativi, conferirà robustezza e significatività alle simulazioni effettuate.

La realizzazione di un modello di flusso che includa una condizione al contorno reale dell'acquifero, come un fiume di importanza regionale, aumenterà infatti la robustezza delle simulazioni, dato che il modello includerà un'ampia serie di dati idraulici misurati, reperiti tramite gli enti pubblici che gestiscono il monitoraggio idrologico. Il fiume Ticino costituirà quindi la condizione del contorno definita lungo il lato nord-est ed est dell'area modellata. sui lati nord-ovest, ovest e sud sarà possibile utilizzare delle condizioni al contorno di tipo imposto (ad esempio a flusso costante oppure a carico idraulico costante) che andranno definite sulla base delle carte piezometriche a scala sovracomunale sopra descritte.

Il modello consentirà l'effettuazione di simulazioni previsionali dell'altezza piezometrica e della portata di deflusso del sistema dei fontanili in condizioni attuali e nelle condizioni future rappresentative degli scenari di ricarica artificiale che verranno simulati. Sarà uno strumento fondamentale per la progettazione di dettaglio delle opere (ad esempio numero e ubicazione dei sistemi di ricarica artificiale), e per la loro efficace gestione, anche in funzione dell'andamento temporale dei parametri meteorologici e idrologici a fronte delle necessità irrigue del comprensorio.

Il modello sarà poi lo strumento per la gestione futura delle acque nell'area. Pertanto, andrà periodicamente aggiornato, inserendo i dati via via acquisiti in modo da mantenerlo attuale e da disporre di uno strumento decisionale completo, efficiente ed affidabile, utile per la gestione a 360° delle problematiche idriche della zona.

Un modello con le caratteristiche di quello sopra descritto potrà divenire uno strumento di gestione complessiva delle acque a scala di comprensorio irriguo, permettendo di ottimizzare i flussi idrici in funzione delle disponibilità idriche e del fabbisogno.

3.5 AREE DI POSSIBILE REINIEZIONE

La ricarica delle falde, per essere efficace, deve essere scientificamente identificata, adeguando il sistema iniettivo alla situazione sito specifica naturale e considerando la sorgente di approvvigionamento idrico.

Il sistema alluvionale dell'area in indagine è caratterizzato da specifiche caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero, dalla sua topografia, dall'uso del suolo e dagli usi previsti

dell'acqua come quello idropotabile, nonché da altri fattori tecnici molto complessi, tra cui la variabilità della disponibilità delle risorse idriche da disperdere (sorgenti, percorsi ecc.).

La comprensione dell'idrogeologia del luogo è fondamentale per poter determinare le opzioni disponibili e verificare la fattibilità tecnica dei progetti MAR. In senso generale ed idrogeologico, i comuni di Cerano e Trecate hanno un andamento dei deflussi idrici sotterranei proveniente da NW con direzione prevalente verso SE, come da schema qui a lato riportato¹.

In sovrapposizione all'immagine richiamata, sono stati inseriti degli indicatori cerchiati multicolore i quali vogliono indicare, in modo assolutamente schematico: in rosso la zona dove le eventuali iniezioni/dispersioni in falda non porterebbero vantaggi diretti ai corpi idrici dei due comuni perché i flussi, essendo fortemente richiamati dal fiume drenante, finirebbero nel recettore idrico invece che giungere a Cerano e Trecate.

In cerchiato verde, la zona dove iniettare sarebbe invece efficace perché posizionata immediatamente a monte idrogeologico dei due comuni. In Azzurro, l'area che incorpora la necessità di ricarica.

Più nello specifico, per verificare il dato bibliografico sopra citato, è stata ricostruita in modo preliminare la piezometria in date differenti, utilizzando i dati piezometrici messi a disposizione dal consorzio Est Sesia. È stato quindi possibile verificare, oltre alla coerenza del dato stesso, che nel periodo dal giugno 2014 al luglio 2022 la falda nella zona dei due comuni si è abbassata di alcuni metri, mentre la direzione dei deflussi idrici è rimasta approssimativamente la medesima.

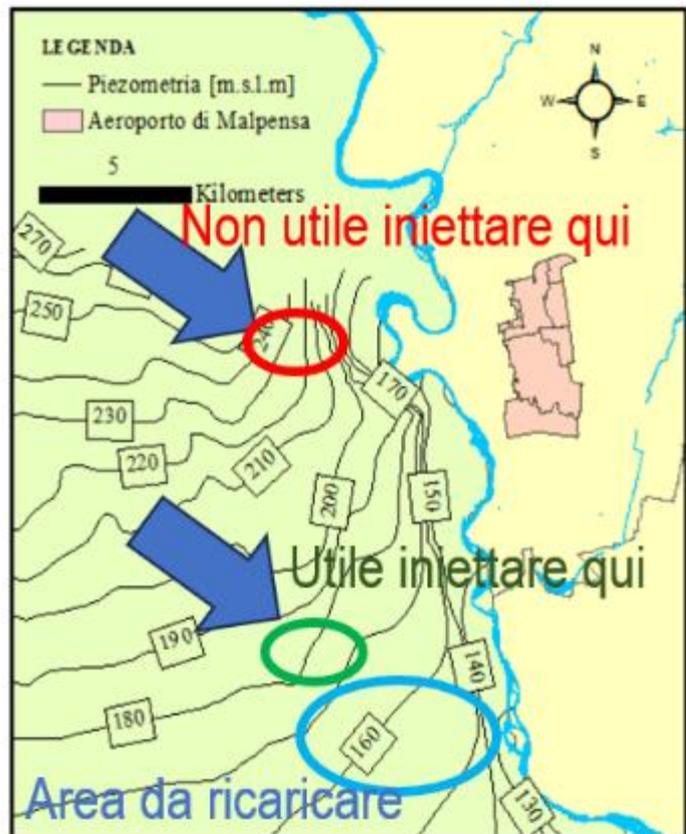


Figura 10 - Andamento deflussi area di studio con aree poco utili alla ricarica, ed aree potenzialmente efficaci per la ricarica

¹ Politecnico di Milano. Scuola di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale. Corso di Laurea in Ingegneria Civile Idraulica Matteo VALSECCHI Matr. 823810 Anno Accademico 2015 / 2016.



Figura 11 - Andamento dei deflussi sotterranei 2014 e 2022

Come è possibile verificare nelle due immagini precedenti, i flussi del settore nord (area pozzi 005A, 002D, 101A, 102A, 086A) hanno una direzione prevalente verso il fiume non giungendo a Cerano e Trecate.

Il settore di acquifero ubicato immediatamente a monte dei comuni di Cerano e Trecate è indicato dalla freccia blu ubicata più a sud nella mappa. La ricarica della falda in questa zona determinerà un innalzamento dei livelli piezometrici e l'aumento delle portate dei fontanili ubicati nei due comuni.

A seguire (Fig. 12) viene indicata l'area (in ovale) in cui la re-immissione in falda porterebbe i maggiori giovamenti per quanto riguarda l'approvvigionamento idrico nei comuni di Trecate e Cerano., sovrapposta all'andamento dei deflussi sotterranei (isofreatiche espresse in m slm), derivante dalla campagna sperimentale. Le frecce rappresentano la direzione prevalente dei deflussi sotterranei.

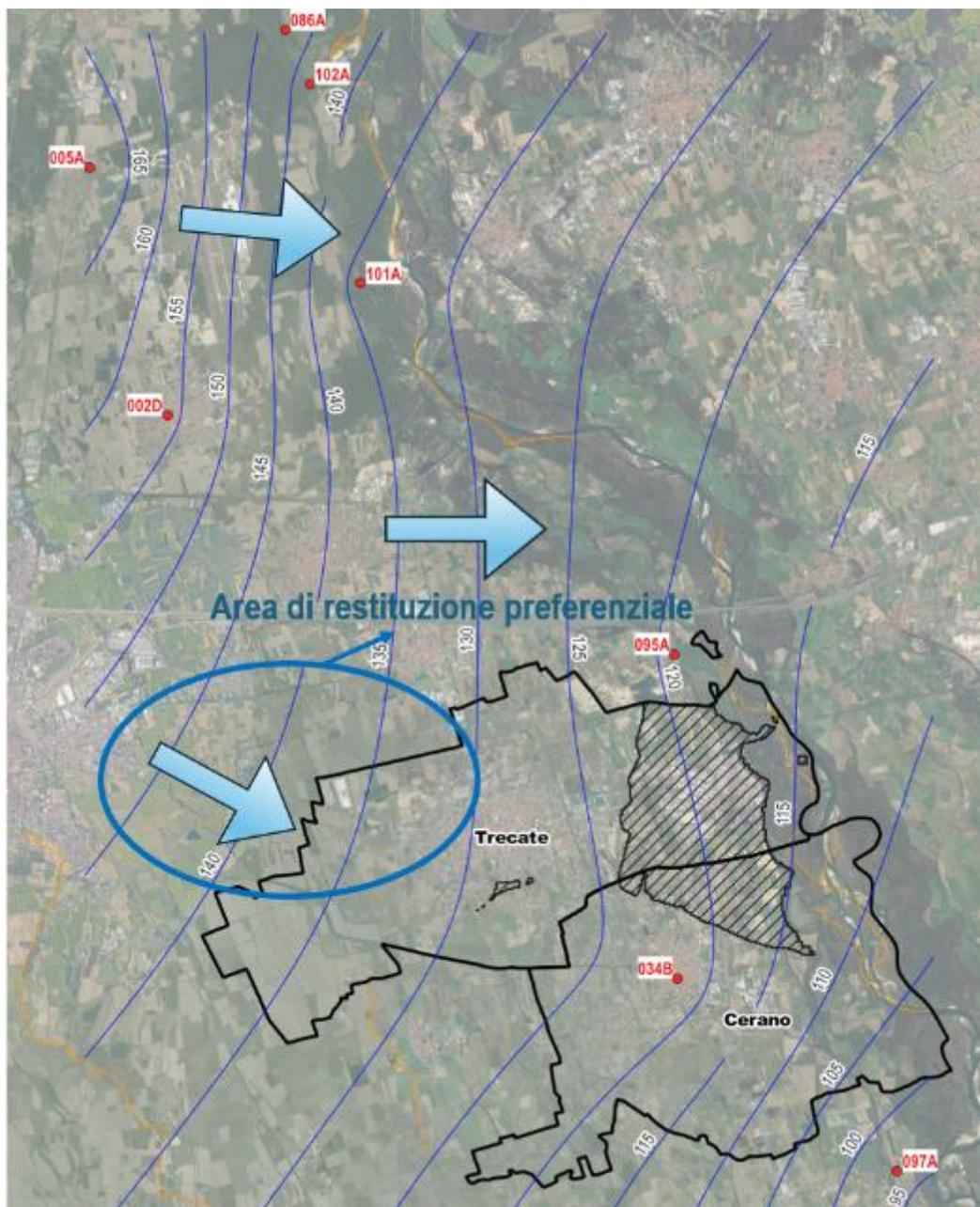


Figura 1218 - Zoom andamento deflussi sotterranei con in cerchiato l'area a restituzione preferenziale

Anche le permeabilità sono importanti per la scelta dell'area, dato che questo parametro vincola la capacità di poter infiltrare l'acqua. Dalla bibliografia disponibile, nell'area risulta una permeabilità circa pari a $K = 1 \cdot 10^{-5}$ m/s (come da immagine sotto riportata). La velocità di falda stimabile è di 1 – 3 km/anno.

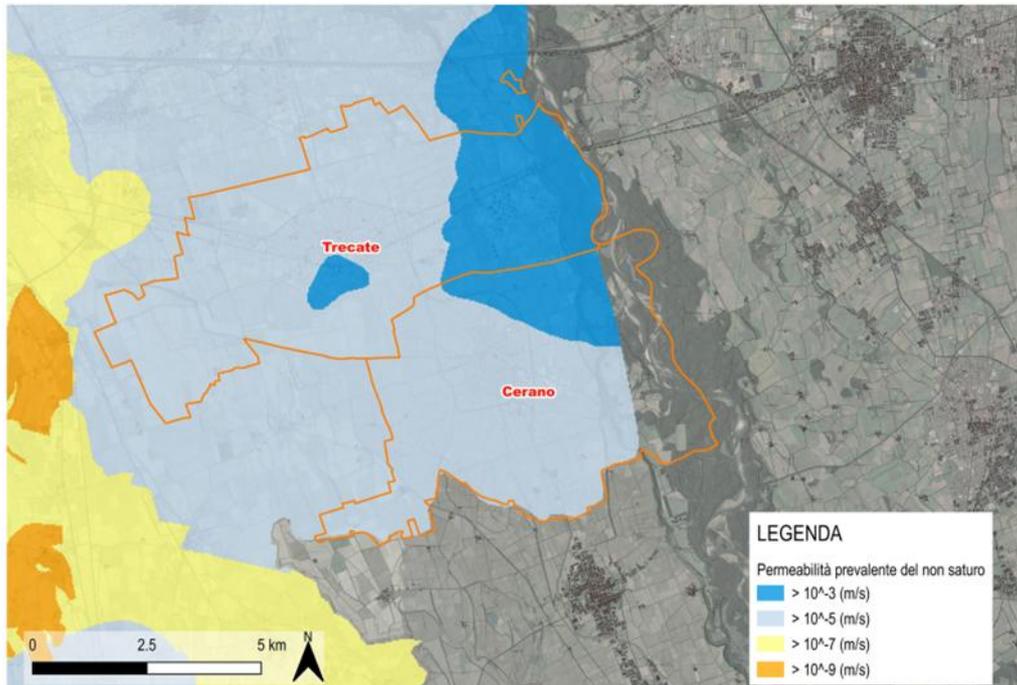


Figura 1319 - Carta delle permeabilità dei due comuni Cerano e Trecate

3.6 TIPOLOGIA DI OPERE IDRAULICHE PER LA REINIEZIONE

Le opere idrauliche andranno identificate e dimensionate, considerando:

- le distanze dai vettori sorgenti disponibili delle acque da infiltrare.
- La tipologia della tecnica iniettiva dispersiva scelta (singola o plurima).
- La dimensione dell'opera dispersiva (un pozzo perdente è differente da una cava o da una trincea drenante o ancora da un campo disperdente ecc).
- La profondità della falda nell'area o nelle aree elette per le iniezioni (soggiacenza).
- Le pendenze ed i carichi idraulici, nonché le portate disponibili e per che periodo.

3.7 STIMA DI MASSIMA DEI COSTI DELLE OPERE

In questo paragrafo, si illustreranno i costi di massima ipotizzabili allo stato attuale per la progettazione e la realizzazione delle opere di ricarica artificiale della falda, per il territorio di Trecate e Cerano.

Le macro-attività necessarie per giungere all'esecuzione delle opere sono le seguenti:

1. raccolta e analisi dati bibliografici.
2. Attività di caratterizzazione idrogeologica in campo.
3. Realizzazione di un modello idrogeologico numerico.
4. Progettazione di dettaglio delle opere di reiniezione.

5. Esecuzione dei lavori.
6. Collaudo finale delle opere.

Per quanto riguarda la raccolta e l'analisi dei dati idrogeologici necessari per la predisposizione del modello numerico di flusso della falda, considerata l'estensione dell'area di studio (che sarà compresa tra i fiumi Sesia e Ticino, includerà l'intera estensione dei due comuni di Trecate e Cerano e un significativo intorno a Nord e Sud degli stessi) e la quantità di dati da ottenere e analizzare (studi idrogeologici pregressi, dati stratigrafici di pozzi e piezometri, portate sollevate da pozzi, portate derivate da corpi idrici superficiali, dati di prove di pompaggio e altri test idraulici, dati topografici relativi alle teste dei pozzi e ai corpi idrici superficiali, ecc.), si stimano costi valutabili in 40.000 – 80.000 €.

L'attività 2, relativa alla caratterizzazione idrogeologica in campo, si renderà con ogni probabilità necessaria per incrementare i dati idrogeologici disponibili per la creazione del modello numerico, e potranno consistere, a titolo non esaustivo, nella perforazione di nuovi piezometri, nell'esecuzione di campagne specifiche di misurazione dei livelli piezometri e idrometrici, nell'esecuzione di prove di pompaggio ad hoc o di altri test idraulici, nell'esecuzione di battiture topografiche e misurazioni di portata dei principali corsi idrici superficiali. I costi associati a queste attività sono preliminarmente valutati in 410.000-750.000 €.

Per la realizzazione di un modello idrogeologico numerico, che costituirà lo strumento principale per la progettazione dell'intervento e pertanto ha un'importanza fondamentale, si stima un costo complessivo nell'ordine di 220.000 – 380.000 €. Questo costo include la realizzazione di un modello geologico 3D dell'acquifero, la creazione di un modello idrogeologico di flusso preliminare quasi-steady-state e nella creazione di un modello previsionale in regime transitorio.

Per quanto riguarda la progettazione di dettaglio delle opere, si stimano costi valutabili in 60.000 – 90.000 €.

La stima preliminare dei costi di esecuzione delle opere è stata effettuata nell'ipotesi di alimentare l'acquifero con un volume d'acqua corrispondente all'intero ammontare del deficit idrico per i due comuni, valutato in 18 Mm³/anno. Si suppone di effettuare l'alimentazione artificiale dell'acquifero al di fuori del periodo irriguo, cioè quando l'acqua superficiale già in circolo nella rete Est Sesia non dovrà essere utilizzata direttamente per le attività irrigue del territorio considerato. Il periodo considerato per la ricarica artificiale della falda è compreso tra i mesi di ottobre e marzo, corrispondenti a circa 6 mesi all'anno, ottenendo una portata complessiva di iniezione valutabile in circa 100.000 m³/giorno. Per l'effettuazione di pozzi perdenti, da installare in serie, si stima un costo di circa 20.000 € a pozzo, compreso scavo a 5m e messa in opera di anelli di calcestruzzo da almeno 2m di diametro con adduzione da roggia prossimale munita di griglia anti-rami. Il tutto considerando di effettuare i pozzi perdenti in un'area immediatamente a monte idrogeologico dei comuni di Trecate e Cerano, con soggiacenza della falda maggiore di 6-7m e materasso alluvionale ghiaioso/sabbioso. Supponendo, sulla base di precedenti esperienze di ricarica artificiale della falda in Nord Italia, una portata di iniezione di 25-50 l/s, sarebbero necessari circa 25-50 pozzi di iniezione, con un costo associato valutabile preliminarmente in 600.000 – 1.200.000 €. Nella stima non sono stati

considerati costi per l'adduzione dell'acqua superficiale al sistema di pozzi di iniezione perché si è assunto che questa venga effettuata a gravità tramite la rete dei canali irrigui esistenti, tramite la movimentazione manuale delle saracinesche di regolazione del flusso.

Il collaudo finale delle opere e la valutazione della loro efficacia per un anno avrà un costo valutabile in 70.000-100.000 €.

Il costo complessivo dell'intervento è pertanto valutabile in 1.400.000 – 2.600.000 €.

Dalla stima preliminare dei costi sono escluse le manutenzioni ordinarie e straordinarie.

La tabella seguente riporta una valutazione preliminare dei costi per ciascuna macro-attività, applicando un opportuno arrotondamento.

Tabella 1 - Valutazione preliminare dei costi per ciascuna macro-attività

#	Attività	costo min (€)	costo max (€)
1	Raccolta e analisi dati bibliografici	40.000	80.000
2	Attività di caratterizzazione idrogeologica in campo	410.000	750.000
3	Realizzazione di un modello idrogeologico numerico	220.000	380.000
4	Progettazione di dettaglio delle opere di reiniezione	60.000	90.000
5	Esecuzione dei lavori	600.000	1.200.000
6	Collaudo finale delle opere	70.000	100.000
	Totale	1.400.000	2.600.000

3.8 VALUTAZIONE DI COSTI E BENEFICI DELLA TECNOLOGIA

La ricarica artificiale della falda rappresenta una strategia efficace e sostenibile per affrontare le sfide legate alla scarsità d'acqua. Attraverso tecnologie ingegneristiche avanzate e progetti ben pianificati, è possibile migliorare la gestione delle risorse idriche sotterranee in contesti vulnerabili come la pianura novarese. L'interesse crescente da parte delle autorità pubbliche e degli stakeholder privati suggerisce che questa tecnica potrebbe giocare un ruolo cruciale nel futuro della gestione delle risorse idriche in Italia, con specifico riferimento all'area nel Novarese e dei comuni di Trecate e Cerano.

Considerando i costi esposti nel paragrafo precedente, l'opzione proposta consentirebbe di reiniettare 18 Mm³/anno con un costo complessivo valutato preliminarmente in 1.400.000 – 2.600.000€, corrispondente a circa **0,08 – 0,14 €/m³/anno d'acqua restituito al bacino idraulico**.

4. CONCLUSIONI

La ricarica artificiale della falda rappresenta una strategia efficace e sostenibile per affrontare le sfide legate alla scarsità d'acqua. Attraverso tecnologie ingegneristiche avanzate e progetti ben pianificati, è possibile migliorare la gestione delle risorse idriche sotterranee in contesti vulnerabili come la pianura novarese. L'interesse crescente da parte delle autorità pubbliche e degli stakeholder privati suggerisce che questa tecnica potrebbe giocare un ruolo cruciale nel futuro della gestione delle risorse idriche in Italia, con specifico riferimento all'area nel Novarese e dei comuni di Trecate e Cerano.

Sulla base della stima preliminare dei costi effettuata, l'opzione di progetto proposta consentirebbe di reiniettare 18 Mm³/anno con un costo complessivo valutato preliminarmente in 1.400.000 – 2.600.000€, corrispondente a circa 0,08 – 0,14 €/m³ d'acqua restituito al bacino idraulico.

L'opzione di progetto proposta sarebbe inoltre caratterizzata da un ridotto impatto ambientale, viste le limitate quantità di materiali da impiegare, la pressoché nulla necessità di movimentazione di terreno e l'assenza di consumi elettrici, visto il fatto che la reiniezione avverrà a gravità.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Regione Veneto. Tecniche dimostrative di ricarica artificiale per il riequilibrio quantitativo della falda dell'alta pianura vicentina. 2013
2. AA.VV. Rapporto sullo stato dell'ambiente nella provincia di Vicenza. Collegio degli Ingegneri della provincia di Vicenza, 1990.
3. Altissimo L., Arca F., Dal Prà A., Ferronato A., Fumagalli F., Marangoni L., Mussato A., Zangheri P., Processi di inquinamento chimico-industriale delle acque sotterranee nella media ed alta pianura veneta. Mem. Sc. Geologiche, Padova, 1995.
4. Altissimo L., Schiavo A., Sottani A., 2010 - Rapporto di avanzamento - Fase 2 - marzo 2010. Progetto GIADA: Finanziamento U.E. LIFE 00 ENV /IT/00184.
5. Antonelli R., Dazzi R., Gatto G., Mari G.M., Mozzi G., Zambon G., Carta della vulnerabilità naturale con note illustrative. Valli dell'Agno-Guà e del Chiampo e nella latistante pianura. GNDCI del CNR, Venezia, 1993.
6. Antonelli R., Dazzi R., Gatto G., Mari G.M., Mozzi G., Zambon G., Correlazioni litostratigrafiche e idrostrutturali nel complesso alluvionale della bassa valle del Fiume Agno-Guà e nella antistante pianura vicentina. Boll. Serv. Idrogeol. It. Roma, 1993.

7. Antonelli R., Mari G.M., Considerazioni su uno studio idrogeologico di base per la realizzazione della carta di vulnerabilità nella bassa valle del Fiume Agno-Gua' (Monti Lessini Orientali Vicenza). Modena, 1990.
8. Antonelli R., Stella L., Il chimismo delle acque freatiche della media e bassa valle del fiume Agno-Guà (Vicenza). St. Tren. Sc. Nat., vol. 56, Trento, 1979.
9. Chiesa G. 1992. La ricarica artificiale delle falde. Ed. Geograph.
10. Fabiani R., 1920. Idrografia del bacino Agno guà: struttura geologica. R.Mag.Acque-Uff.Idr. Pubbl. 78.
11. Ministero dei LL.PP, Servizio idrografico, Uff. Idrog. Magistr. Acque, Superfici dei bacini imbriferi del compartimento Agno-Guà, Brenta, Piave. Vol. 123, 1935.
12. Provincia di Vicenza, Rapporto sullo stato dell'ambiente, Anno 2000 (in collaborazione con Arpav).
13. Scott V.H., Aron G. - Aquifer recharge efficiency of wells and trench. Groundwater, vol.5, 1967.
14. Matteo Bisaglia marzo 2011 Progetto Europeo TRUST - Life 07. Risultati della campagna di sperimentazione sulla ricarica artificiale della falda
15. Paolo Pellizzari. Estratto "economia e ambiente", anno xxviii - n. 1-2 gennaio-aprile 2009. La ricarica delle falde acquifere nella provincia di Vicenza
16. Costantino Masciopinto. IV convegno dei giovani ricercatori in geologia applicata 1994. La ricarica naturale della falda idrica dell'acquifero costiero di metaponto - CNR, IRSA, Bari Maurizio Polemio - CNR, CERISTS, Bari.
17. Grazia Martelli, Cristina Granati. Giornale di geologia applicata 5 (2007). Valutazione della ricarica del sistema acquifero della bassa pianura friulana dipartimento di georisorse e territorio, Università di Udine
18. Alessandro De Carli, Adriano Murachelli, Giancarlo Gusmaroli, Gabriele Zampieri. Ricarica degli acquiferi in condizioni controllate. 2015
19. Antonio Dal Prà, Giustino Mezzalira, Umberto Niceforo. Esperienze di ricarica della falda con aree forestali di infiltrazione acque sotterranee 02/2010
20. Aa.vv. Le risorgive, un patrimonio da salvare... se siamo ancora in tempo, Consorzio di bonifica pedemontano Brenta, 2004.
21. Consorzio di bonifica pedemontano Brenta. Programma degli studi idrogeologici per la fattibilità dell'attingimento sotterraneo per la centrale
22. Dello schema acquedottistico 6/i nella zona di Carmignano di Brenta, a cura della Zollet ingegneria S.p.A., 1986.
23. Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta, Piano Generale di Bonifica e di Tutela del Territorio Rurale, 1991.
24. Consorzio di bonifica Pedemontano Brenta e Zollet Ingegneria S.p.A., Studi per la salvaguardia del patrimonio idrico sotterraneo del bacino del Brenta: la ricarica artificiale della falda nel territorio consortile, 1994.
25. Consorzio di bonifica Pedemontano Brenta, Censimento delle risorgive, 1997.
26. Consorzio di bonifica Pedemontano Brenta, Metodi innovativi per la protezione delle acque sotterranee nell'area dei prati stabili del destra Brenta, Cittadella, 2000.
27. Consorzio di bonifica Pedemontano Brenta, Censimento delle risorgive, 2008.

28. Dal Prà A., Veronese F., "Considerazioni sulla possibilità di alimentazione artificiale della falda freatica nelle conoidi alluvionali del Brenta". Atti Gior. Studio "Sep/Pollution 74", 1974.
29. Dal Prà A., Carta dei deflussi freatici dell'alta pianura veneta, Ist. Geol. Univ. Padova, 1980.
30. Dal Prà A., Martignago G., Niceforo U., Tamaro M., Vielmo A., Zannin A., "Il contributo delle acque irrigue alla ricarica delle falde nella pianura alluvionale tra Brenta e Piave", L'acqua, n. 4, 1996.
31. Dal Prà A., "Il Brenta: rapporti tra fiume e falda. Una situazione da considerare nei progetti idraulici", L'acqua, n. 5, 1997.
32. Dal Prà A., Mazzola M., Niceforo U., "Misure sperimentali sulla dispersione delle acque irrigue alle falde nell'alta pianura del fiume Brenta", Irrigazione e drenaggio, n. 3, 1998.
33. Fracalanza L., Giaretta M., Relazione sull'abbassamento dell'alveo del fiume Brenta e conseguenti ripercussioni sulla falda freatica, Consorzio Irrigazione Brenta, 1966.
34. Mezzalira G., "Alberi ed infiltrazione dell'acqua", Alberi e territorio, n. 10/11, 2007.
35. Niceforo U., "Le risorgive e le acque del fiume Brenta", in Padova, città tra pietre e acque, ed. Biblos, 2001.
36. Regione Veneto e Consorzio di bonifica Pedemontano Brenta, Studio per la trasformazione delle vecchie irrigazioni e l'incremento delle risorse idriche del bacino del fiume Brenta nel Veneto centrale, a cura della Zollet Ingegneria S.p.A., 1985.
37. Rusconi A., Niceforo U., "Le acque del Brenta tra risorsa e minaccia", in Il Brenta, ed. Cierre, 2003.
38. Rusconi A., Niceforo U., "Problematiche delle riserve idriche degli acquiferi nella pianura del bacino Brenta", atti del convegno "La siccità in Italia", Accademia dei Lincei, 21 marzo 2003, Roma, 2004.
39. Sottani N., Pretto L., Marcolongo B., Viero C., Gli acquiferi della pianura a nord di Vicenza. Studio del sistema idrico e proposte gestionali, AIM Vicenza, CNR Padova, 1982.
40. Varini S., "Censimento delle antiche risorgive nella zona dei prati del destra Brenta nell'anno 2002", atto interno del Consorzio di bonifica Pedemontano Brenta, 2003.



Assoreca

ASSOCIAZIONE AMBIENTE . ENERGIA
SICUREZZA . RESPONSABILITA' SOCIALE



ADERENTE A
CONFINDUSTRIA SERVIZI
INNOVATIVI E TECNOLOGICI

Sede legale e operativa: Via Copernico, 38 - 20125 Milano
Email: segreteria@assoreca.it • tel: 02 30556848 • web: www.assoreca.it • C.F. 97142760152