



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO TERRITORIO E SISTEMI AGRO-FORESTALI – TESAF

DIPARTIMENTO AGRONOMIA, ALIMENTI, RISORSE NATURALI, ANIMALI E
AMBIENTE – DAFNAE

Corso di laurea in

RIASSETTO DEL TERRITORIO E TUTELA DEL PAESAGGIO

Curr. Paesaggio, Parchi e Giardini

Tesi di laurea

PROGETTO DI UN'AREA VERDE A BASSO FABBISOGNO IDRICO IN UNA SCUOLA DI NUOVO CHIMBOTE, PERÙ

Relatore:

Prof. *Stefano Macolino*

Correlatore:

Prof. *Giampaolo Zanin*

Laureando:

Jacopo Bertolotto

Matricola n. *1223005*

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

Alla mia famiglia e a mio Nonno Giuseppe

RINGRAZIAMENTI

Desidero dedicare questo traguardo a tutta la mia grande famiglia che ringrazio per avermi dato la possibilità di intraprendere questo percorso di studi e di avermi sostenuto, sempre, dandomi tanto amore senza pretesa ed aspettativa.

Vi ringrazio per avermi mostrato la pazienza e la saggezza.

Ringrazio tanto i miei amici più stretti, conosciuti nell'Operazione Mato Grosso con i quali ho scoperto amicizie vere e profonde. Abbiamo intrecciato le nostre vite, dove ho scoperto che il valore delle persone supera ogni altro valore. A voi che mi insegnate tutti i giorni ad impegnarmi ad essere una persona migliore, senza farmi dimenticare che tentare di fare la carità ci cambierà la vita.

Ringrazio tutti i volontari dell'Operazione Mato Grosso che stanno spendendo la loro vita tra i poveri in Sud America, tra questi vorrei ricordare alcuni nomi importanti per me, Padre Ugo De Censi fondatore dell'O.M.G. morto nel 2018 e Nadia De Munari, volontaria uccisa nel 2021 a Nuovo Chimbote, ex direttrice dei sei asili dell'Operazione presenti nelle baraccopoli.

Sommario

RIASSUNTO	7
ABSTRACT	8
INTRODUZIONE	10
CAPITOLO 1 – CONTESTUALIZZAZIONE DEL SITO DI PROGETTO	11
1.1) Il Contesto urbano di Chimbote	11
1.2) Operazione Mato Grosso e la Scuola Totale Padre Ugo De Censi	13
1.3) Aree verdi urbane	14
1.4) Xeriscaping e le aree verdi in zone siccitose	15
CAPITOLO 2 - PROGETTO DEL GIARDINO RICREATIVO	17
2.1) Disegno e grafica di realizzazione	17
2.1.1) Zonizzazione tecnica, estensione superficiale e posizionamento del giardino.....	17
2.1.2) Prospetti di progetto	18
2.2) Inquadramento geografico	20
2.2.1) Dati climatici della costa peruviana	20
2.3) Descrizione del suolo	23
2.3.1) Modifiche progettuali del terreno in funzione dell'area verde.....	24
CAPITOLO 3 - SCELTA E DESCRIZIONE DELLE SPECIE VEGETALI	26
3.1) Il Tappeto erboso	26
3.1.1) Descrizione e tipologie.....	26
3.1.2) Vantaggi e svantaggi del tappeto erboso	27
3.1.3) Specie macro e microterme	29
3.2) Scelta della specie del tappeto erboso	30
3.2.1) Paragoni evapotraspirativi.....	32
3.2.2) Paragoni di resistenza alle concentrazioni saline sopra la norma	33
3.3) Aiuole, bordure e piccole alberature	34
3.3.1) Lista di specie consigliate e relative schede descrittive	36
CAPITOLO 4 - USO DELL'ACQUA E COSTI	49
4.1) Fabbisogno idrico e stime evapotraspirative del tappeto erboso	49
4.1.1) Rischiosità dell'impiego del Kc e di ETc.....	52
4.2) Sistemi d'irrigazione	53
4.2.1) Subirrigazione a goccia – sistema SDI.....	54
4.2.2) Sistemi SDI e maggiore efficienza rispetto l'aspersione.....	55
4.2.3) Sistemi irrigui ad aspersione	56
4.3) Esempio di struttura d'impianto	56
4.4) Uso di acque non potabili	59
4.4.1) Pratiche per contrastare la salinità del suolo	59
4.5) Apparecchiature ausiliari per il controllo e aumento dell'efficienza irrigua	60

4.6) Stima dei costi di progetto	62
CONCLUSIONI	64
BIBLIOGRAFIA	65
SITOGRAFIA	67

Sommario delle figure

Fig 1. Vista degli insediamenti umani/baraccopoli sulle quali si affaccia l'istituto "Padre Ugo de Censi", nel quartiere di Catacaos di Nuovo Chimbote (Foto di Jacopo Bertolotto,2023).	10
Fig 2. Vista satellitare e posizionamento geografico del sito del giardino ricreativo. Osservando da sinistra verso destra si mostra rispettivamente: a sinistra sono marcati i confini territoriali del Perù, nel mezzo vista della posizione geografica di Chimbote lungo la costa Peruviana, sulla destra in alto vista parziale del territorio di Nuovo Chimbote e posizionamento dell' istituto "Scuola Totale Padre Ugo De Censi", a destra in basso evidenziati i confini dell' istituto "Scuola Totale Padre Ugo De Censi" (Immagini NASA 2023, TerraMetrics, Dati cartografici Google Maps 2023, INEGI). .	11
Fig 3. Distribuzione e vendita dell'acqua potabile da parte dei commercianti chiamati "aguateros", tra le case-baraccopoli di Nuovo Chimbote, Perù (Foto di Jacopo Bertolotto,2023).	12
Fig 4. Vista laterale sul terreno dell'istituto "Scuola Totale Padre Ugo De Censi". Al margine sinistro della foto si può notare la scuola primaria (edificio bianco), portando lo sguardo verso destra si intravede la mensa scolastica (edificio con copertura di color verde) ed infine avvicinandoci al margine destro della foto si vede un quarto della struttura della scuola secondaria, in costruzione da quest'anno (Foto di Jacopo Bertolotto, Marzo 2023).	14
Fig 5. Schema spostamenti e degli accessi tra le strutture dell'istituto, e posizione che dovrebbe prendere il giardino all'interno dell'area scolastica, evidenziato in giallo (Sketchup®,2023).	17
Fig 6. Zonizzazione tecnica e suddivisione delle aree funzionali del giardino ricreativo (Sketchup®,2023).	17
Fig 7. Qui a sinistra si vede la planimetria con le etichette che indicano l'estensione superficiale rispettivamente occupata dalle diverse zone del giardino (Sketchup®,2023).	18
Fig 8. Sovrapposizione della planimetria del giardino ricreativo, con etichette delle dimensioni delle diverse aree che la compongono, ad immagine satellitare raffigurante il terreno dell'istituto "Scuola Totale Padre Ugo De Censi " (Dati cartografici Google Maps,2023).	18
Fig 9. Prospettiva 3D del progetto realizzato con Sketchup®.	18
Fig 10. Prospettiva frontale di progetto (Sketchup 2023).	19
Fig 11. Prospettiva laterale di progetto (Sketchup 2023).	19
Fig 12. Prospettiva posteriore di progetto (Sketchup 2023).	19
Fig 13. Planimetria finale realizzata con Sketchup®.	19
Fig 14. Dati meteo della Tabella 1 riportati in grafico a colonne e rappresentazione della distribuzione delle precipitazioni (Microsoft Excel, 2023).	20
Fig 15. Dati pluviometrici della stazione di Lima ottenuti tramite CropWat in riferimento ai dati rilasciati dal software CLIMWAT (2023).	21
Fig 16. Evapotraspirazione effettiva (ET0) ottenuta tramite il calcolo di Penman-Monteith attraverso il software CropWat, e dati climatici ottenuti da CLIMWAT (2023).	21
Fig 17. Grafico delle temperature medie minime dall'anno 1982 al 2016, ottenuto tramite il software Tendhis del servizio meteorologico peruviano (SENAMHI.gob.pe,2023).	22
Fig 18. Grafico delle temperature medie massime dall'anno 1982 al 2016, ottenuto tramite il software Tendhis del servizio meteorologico peruviano (SENAMHI.gob.pe,2023).	22
Fig 19. Triangolo della tessitura riferiti al sistema ISSS.	23

Fig 20. Diagramma dei benefici che portano i tappeti erbosi (Beard e Green, 1994).	27
Fig 21. Prospettiva 3D del giardino ricreativo, con relative etichette delle specie consigliate per le bordure, aiuole e per gli alberi di piccole dimensioni (Sketchup, 2023®).	37
Fig 22: Planimetria del giardino ricreativo, con relative etichette delle specie consigliate per le bordure, aiuole e per gli alberi di piccole dimensioni (Sketchup, 2023®).	38
Fig 23. Formula di calcolo dell'evapotraspirazione colturale (ETc), (Water conservation factsheet British Columbia, 2001).	49
Fig 24. Sistema irriguo ad aspersione con braccio battente (www.claber.com).	56
Fig 25 .Esempio di schema d'impianto di ali gocciolanti per la subirrigazione. Come si mostra in figura il tappeto erboso possiede un impianto interrato; invece, le aiuole sulla sinistra mostrano un sistema fuori terra (Rainbird®).	56
Fig 26. Esempio e schema delle distanze di posizionamento delle tubazioni di ali gocciolanti interrate, in base alle diverse tipologie di suolo. (RainBird®).	57
Fig 27. Schema di un impianto irriguo ad ali gocciolanti, proposto da Rainbird®.	58
Fig 28. Schema di segnali tra centraline e SMS sistem (Toro®).	61
Fig 29. Schema di segnali tra centraline e sensore meteo (Toro®).	61
Fig 30. Schema di collegamento tra centralina e elettrovalvola (Choate, 1994, mod.).	61

Sommario delle tabelle

Tabella 1. Dati medi di temperature e precipitazioni raccolte dalla stazione meteo dell'Aeroporto "Teniente Jaime A de Montreuil" Nuovo Chimbote (Nacional Center of Enviromental Information - NOAA,2023).	20
Tabella 2. Proprietà e raccomandazioni d'utilizzo di differenti tipi di torba (Bigelow e Soldat, 2013).	25
Tabella 3. Attenuazione della temperatura da parte di coperture vegetali (Beard e Green, 1994). ...	28
Tabella 4: Raccolta delle specie micro e macroterme più diffuse, e le relative caratteristiche (Macolino, 2014).	29
Tabella 5: Tassi comparativi di ET di 12 tappeti erbosi coltivati ad umidità del suolo non limitanti e condizioni culturali uniformi. (Beard et al., 1988).	32
Tabella 6: Picchi evapotraspirativi di Cynodon dactylon. (Beard e Beard, 2004).	33
Tabella 7. Valori di coefficiente colturale Kc ottenuti tramite CropWat.	50
Tabella 8. Valori dell'evapotraspirazione calcolati tramite dati CLIMWAT e processati attraverso il software CropWat.	50
Tabella 9. Valore dell'evapotraspirazione colturale (ETc) riferito agli studi di Colmer and Barton del 2017.	51
Tabella 10. Valore del coefficiente colturale (Kc) riferito agli studi di Colmer e Barton del 2017. .	51
Tabella 11. Volumi irrigui in millimetri utilizzati da diversi sistemi d'irrigazione mettendo a confronto sistemi SDI e sistemi ad aspersione. Si può notare come i valori del sistema ad aspersione indicato come "Control" raggiunga consumi molto più elevati rispetto i sistemi SDI (Hunter, Netafim, Rainbird e Toro), (Whitlark, 2023).	55
Tabella 12. Valori irrigui delle ali gocciolanti SFX di RainBird®, con portate relazionate al tipo di suolo nel quale vengono posizionate.	58
Tabella 13. Valori di portata irrigua di ali gocciolanti, calcolati secondo diverse portate di emissione e differenti passi di gocciolatori sulla tubazione. Dati forniti da Rainbird®.	58
Tabella 14. Stima costi delle specie impiegate nel giardino ricreativo.	62

RIASSUNTO

Nella città di Chimbote, lungo la costa desertica peruviana, si sta verificando da ormai 30 anni un'espansione demografica incontrollata, che ha dato via allo spostamento di un elevato numero di persone dalla parte centrale della città verso le zone periferiche sabbiose. Questo porta alla nascita degli insediamenti umani, baraccopoli con un elevato tasso di povertà, degrado sociale e mancanza dei servizi primari come l'allacciamento pubblico alla rete idrica e fognaria. Tra le baraccopoli non vi sono aree verdi e naturali, ma il paesaggio è molto disordinato ed antropizzato; l'acqua è una risorsa preziosa e viene generalmente comprata o estratta da pozzi, in quanto l'acqua meteorica è un fattore molto limitato dai rari eventi piovosi. Nella parte della città chiamata Nuovo Chimbote sorge, tra le baraccopoli, l'istituto "Scuola Totale Padre Ugo De Censi": una scuola missionaria, privata e gratuita di origine italiana, costruita e gestita dai volontari dell'Operazione Mato Grosso e messa a disposizione dei bambini e ragazzini più poveri. L'obiettivo di questa tesi è una proposta progettuale di un'area verde a basso fabbisogno idrico, anche definita come giardino ricreativo, da poter inserire all'interno del terreno di proprietà dell'istituto scolastico. Ciò permetterebbe di regalare agli alunni della scuola un luogo più salubre e più gradevole del normale contesto quotidiano delle baraccopoli. Il progetto occuperà un'area pari a 700 m², che sarà composta da una parte predominante a tappeto erboso e da aiuole e piccoli alberi di contorno del prato oltre ai viali di accesso. Nei diversi capitoli della tesi verrà analizzato il sito, i metodi e le specie vegetali che più si adattano alla realizzazione di un giardino a basso fabbisogno idrico, potenzialmente irrigato anche con acque grigie provenienti dalle strutture scolastiche già esistenti. Si analizzeranno, inoltre, i consumi idrici del tappeto erboso che sarà la principale sorgente di richiesta irrigua e quindi principale fattore di variazione dei costi dell'intero progetto. Infine, verranno riportati i metodi d'irrigazione più adatti a questo giardino ed una stima dei costi di realizzazione. L'autore della tesi è un volontario dell'Operazione Mato Grosso dal 2016 e ha vissuto nove mesi in Perù tra l'anno 2022 e 2023, di cui tre di questi proprio in Nuovo Chimbote all'interno delle strutture dell'istituto scolastico. Ciò ha portato l'autore a maturare l'idea di realizzare un progetto legato al corso di studi seguito negli ultimi anni e di provare a mettere a disposizione le proprie conoscenze per le persone delle baraccopoli di Chimbote che ha conosciuto.

ABSTRACT

In the city of Chimbote, along the Peruvian desert coast, an uncontrolled demographic expansion has been taking place for the past 30 years, which has given rise to the movement of a lot of people from the central part of the city towards the sandy peripheral areas. This leads to the birth of human settlements, shantytowns with a high rate of poverty, social degradation, and lack of primary services such as public connection to the water and sewerage network. Among the shanty town there are no green and natural areas, but the landscape is very messy and anthropized; water is a precious resource and is generally bought or extracted from wells, as rainwater is a very limited factor due to rare rainfall events. In the part of the city called Nuovo Chimbote, among the slums, stands the "Scuola Totale Padre Ugo De Censi" institute: a private and free missionary school of Italian origin, built and managed by the volunteers of Operazione Mato Grosso and made available of the poorest children and teenagers. The objective of this thesis is a design proposal for a green area with low water requirements, also defined as a recreational garden, which can be inserted within the land owned by the school. This would make it possible to give to the students a healthier and more pleasant place than the normal daily context of the slums. The project will occupy an area of 700 m². This area will be composed of a predominant part of turf and flowerbeds and small trees surrounding the lawn as well as access paths. In the different chapters of the thesis, we'll talk about, the site, methods and plant species that are best suited to the creation of a garden with low water requirements, potentially also irrigated with gray water from existing school structures. Furthermore, the water consumption of the turf will be analysed, which will be the main source of irrigation demand and therefore the main factor in changing the costs of the entire project. Finally, the most suitable irrigation methods for this garden and an estimate of the construction costs will be reported. The author of the thesis has been a volunteer of Operazione Mato Grosso since 2016 and lived nine months in Peru between the years 2022 and 2023, of which three of these were in New Chimbote inside the structures of the educational institution. This led the author to develop the idea of creating a project linked to the course of study followed in recent years and trying of to make his knowledge available to the people in the Chimbote slums that he met.

INTRODUZIONE

Questa tesi progettuale è scritta in funzione di un bisogno pratico e reale. Si vorrebbe creare uno spazio verde per una scuola missionaria privata in Perù, nella città di Chimbote. L'area verde avrà funzione ricreativa, coprirà una superficie di circa 700 m² e sarà composta da una zona a tappeto erboso, una serie di aiuole e bordure di contorno e degli spazi di riposo ombreggiati. Il progetto dell'area verde o giardino ricreativo si dovrebbe sviluppare all'interno del terreno scolastico dell'istituto "Scuola Totale Padre Ugo De Censi" realizzato e gestito dal movimento di volontariato italiano dell'Operazione Mato Grosso. Una scuola privata, ma gratuita, costruita nel mezzo degli insediamenti umani¹ delle baraccopoli Chimbotane. In questo luogo, povero e urbanisticamente desolante non esiste un'area verde che permetta di giocare, rilassarsi e semplicemente godere della bellezza della natura. Il problema di Chimbote è dato dal fatto che si trova in zona desertica, dove l'acqua viene prelevata principalmente da pozzi. All'interno degli insediamenti umani non vi è allacciamento alla rete idrica, motivo per il quale gli abitanti delle baraccopoli sono costretti a comprare diariamente tutta l'acqua necessaria alla vita quotidiana. All'interno della scuola, grazie al lavoro svolto dai volontari, si riesce ad accumulare acqua a sufficienza per il funzionamento delle strutture e in questo caso eventualmente per l'irrigazione di un piccolo spazio verde. I volontari sono disposti ad aumentare in piccola parte le spese per sostenere l'impianto d'irrigazione dell'area in progetto mettendo a disposizione tra i 3 e 5 m³ di acqua al giorno. Comprare acqua per l'irrigazione in questo caso non è visto come spreco o un lusso, ma come opportunità di investimento per regalare ai bambini e ragazzi delle baraccopoli uno luogo sano, dove non si dimentichino di ciò che significa la bellezza della natura. La parte più consistente di questo progetto di tesi consiste nello studio della realizzazione di un tappeto erboso di 300 m² a basso fabbisogno idrico, possibilmente irrigato in parte da acque non potabili derivanti dal recupero delle acque grigie ricavate dall'impianto della scuola. I vari capitoli del progetto tratteranno la descrizione del luogo, lo schema progettuale del giardino ricreativo, la scelta della specie impiegata nel tappeto erboso, la composizione delle bordure e delle aiuole, l'uso dell'acqua adibita all'impianto d'irrigazione. Tutto il progetto seguirà i principi dello *xeriscaping* e dei *drygardens*.



Fig 1. Vista degli insediamenti umani/baraccopoli sulle quali si affaccia l'istituto "Padre Ugo de Censi", nel quartiere di Catacaos di Nuovo Chimbote (Foto di Jacopo Bertolotto, 2023).

¹ Insediamenti umani derivano dalla traduzione della parola spagnola "*asentamientos humanos*". Nel caso di Nuovo Chimbote questa parola viene utilizzata dagli enti comunali nella descrizione catastale dei terreni per indicare le zone periferiche della città dove si trovano le baraccopoli (www.muninuevochimbote.gob.pe).

CAPITOLO 1 – CONTESTUALIZZAZIONE DEL SITO DI PROGETTO

1.1) Il Contesto urbano di Chimbote

Chimbote è una città della costa peruviana, capitale del distretto di Chimbote e della provincia del Santa, situata nella regione di Ancash.

Si trova a Nord di Lima e si è sviluppata sul deserto costiero peruviano, affacciata sull’oceano Pacifico lungo la baia del “El Ferrol”, incontrandosi con la foce del fiume Lacramarca.

Secondo l’istituto Nazionale di Statistica ed informatica peruviana (INEI) Chimbote è la nona città più popolata del Perù contando una popolazione di più di mezzo milione di abitanti (2021), diventando quindi la città più popolata della regione Ancash. Questa città si distingue in due zone, quella di Chimbote e di Nuovo Chimbote.

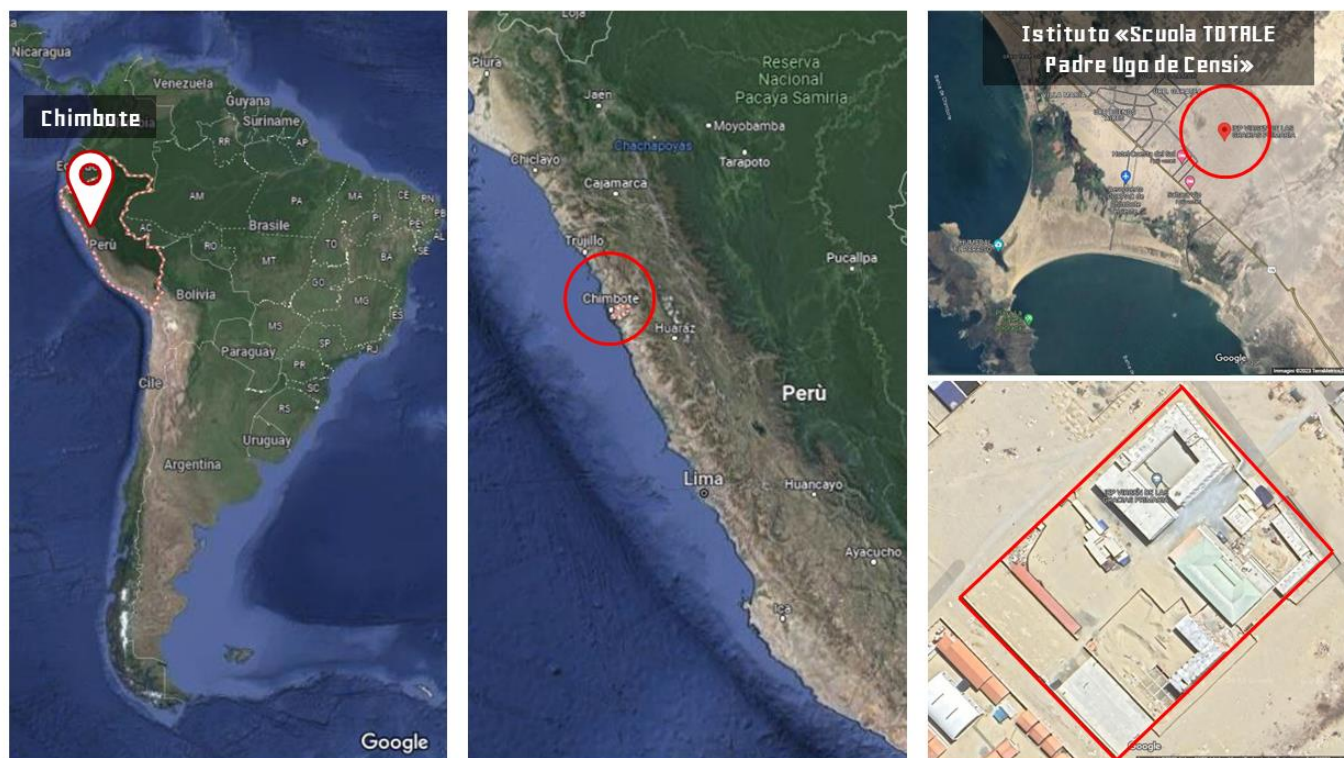


Fig 2. Vista satellitare e posizionamento geografico del sito del giardino ricreativo. Osservando da sinistra verso destra si mostra rispettivamente: a sinistra sono marcati i confini territoriali del Perù, nel mezzo vista della posizione geografica di Chimbote lungo la costa Peruviana, sulla destra in alto vista parziale del territorio di Nuovo Chimbote e posizionamento dell’ istituto “Scuola Totale Padre Ugo De Censi”, a destra in basso evidenziati i confini dell’ istituto “Scuola Totale Padre Ugo De Censi” (Immagini NASA 2023, TerraMetrics, Dati cartografici Google Maps 2023, INEGI).

La prima rappresenta la parte più storica della città, nata attorno all’enorme attività peschiera e siderurgica sviluppatasi negli ultimi due secoli, la seconda è il risultato dell’aumento demografico incontrollato. L’attività delle industrie della farina di pesce, dal 1950, e dell’impresa siderurgica dell’acciaio peruviana (SIDERPERU) dal 1958, hanno segnato la storia dello sviluppo industriale della città di Chimbote, ma sono state anche le principali cause della crescita urbana incontrollata, prodotto delle immigrazioni da diverse aree del Paese alla ricerca di migliori condizioni salariali e opportunità di progresso (www.chimboteonline.com). La popolazione peruviana originaria della *sierra*², ossia la zona montuosa del Perù, cominciò a migrare per poter vivere lungo la costa. Tuttavia, questo primato non portò grandi benefici, oltre a quelli di un boom temporaneo dell’economia, ma

² *Sierra* è una parola utilizzata nei paesi di lingua spagnola che indica la catena montuosa dalla caratteristica linea di cresta dentellata (www.treccani.it), a coloro che vivono nella *sierra* viene attribuito il nome di “serrani” (Hoepli,2009).

portò con sé una drastica riduzione dell'attività ittica per eccessivo sfruttamento delle acque chimbotane ed eccessivo inquinamento. La crescita della popolazione e l'impatto ambientale, generato dall'aumento della produzione del settore industriale della pesca e dell'acciaio, iniziarono a degradare la qualità della vita dei cittadini, dando inizio ad una parziale migrazione degli abitanti verso il sud di Chimbote. Nel 1970, in seguito a un grande sisma che distrusse la città di Chimbote e fece collassare la sua infrastruttura di base, tra cui la rete idrica, fognaria, rete elettrica e viaria, si verificò una notevole migrazione della popolazione Chimbotana verso il sud della città, e dopo 25 anni cominciò come una parziale invasione delle zone sabbiose (www.chimboteonline.com). Nel 1972 la popolazione contava 160.430 abitanti, superando tutte le aspettative di crescita fisica, economica e demografica a livello nazionale. L'esplosione demografica e la crescita disordinata delle aree marginali di Chimbote, la crescente quantità di rifiuti generati dalla popolazione, la crisi economica, il mancato pagamento dei servizi forniti dalla città, l'instabilità istituzionale, la mancanza di istruzione e di partecipazione della comunità, portarono al cattivo funzionamento di un sistema di pianificazione e gestione urbana. La cattiva gestione è il risultato della mancanza di: pulizia delle aree pubbliche, del controllo della raccolta dei rifiuti nelle strade (fonti di diffusione di malattie endemiche), del controllo dell'appropriazione delle aree e/o oppure l'illecita installazione di aree per il commercio e la vendita di prodotti alimentari su strade pubbliche in condizioni insalubri(www.chimboteonline.com). La zona sud della città venne ufficialmente dichiarato distretto il 20 maggio 1994, con il nome di Nuovo Chimbote. Molti serrani ora scendono dalle montagne in cerca di lavoro e per comprare terreni a basso costo. Grandi numeri di persone cominciarono a stanziarsi e a vivere nella periferia desertica della città, dando vita agli attuali insediamenti umani, anche definite come invasioni o baraccopoli. Nuovo Chimbote conta attualmente un numero di persone pari alla metà complessiva di abitanti di Chimbote, con circa 190 000 abitanti su 500 000 (www.districto.pe, 2023). Nel piano di sviluppo urbano di Chimbote e Nuovo Chimbote 2020 – 2030, le due parti della città sono state suddivise in 13 settori. L'istituto “Scuola Totale Padre Ugo De Censi” si trova all'interno del settore 10, indicato anche come il settore di predominanza umana (www.leyes.congreso.gob.pe). Il settore 10 è quello che mostra l'indice più alto di incremento demografico registrato tra il periodo 2007 e 2017 secondo il censimento dell'INEI. Crescendo da 26500 abitanti nel 2007 a 71635 nel 2017, con un tasso di incremento di circa 11 % (www.leyes.congreso.gob.pe). Gli abitanti di questa zona vivono in condizioni di elevato degrado urbanistico e sociale, con mancanza di allacciamento alle linee dell'acquedotto pubblico e mancanza di un sistema fognario. La zona delle invasioni di Nuovo Chimbote è in continua espansione, il flusso migratorio della popolazione *serrana* non diminuisce anzi è aumentata negli ultimi anni. A pari passo con l'aumento dei flussi migratori, aumenta la superficie occupata dalle invasioni.



Fig 3. Distribuzione e vendita dell'acqua potabile da parte dei commercianti chiamati “aguateros”, tra le case-baraccopoli di Nuovo Chimbote, Perù (Foto di Jacopo Bertolotto, 2023).

All'interno delle invasioni si svolgono le stesse attività che vengono svolte in città. Si incontrano grandi e piccole attività commerciali, attività d'artigianato e negozi di tutti i tipi. Uno dei commerci più redditizi e necessari all'interno delle invasioni Chimbotane è il commercio degli *aguateros*, questa parola spagnola viene utilizzata per rinominare tutti coloro che hanno fatto di una professione la vendita di grandi quantità di acqua potabile. Come detto prima, all'interno delle invasioni di Nuovo Chimbote non vi sono presenti linee di allacciamento alla rete idrica pubblica né tanto meno alla rete fognaria. Quindi, per poter vivere, si è creato spontaneamente un grande commercio di acqua prelevata da pozzi pubblici e privati. Le baraccopoli sono allo stesso tempo un luogo poco sicuro, dove non manca la criminalità e l'abbandono sociale. La gran parte dei terreni venduti e che si vendono attualmente sono spesso gestiti da organizzazioni mafiose che si distinguono come la mafia dei terreni o la mafia degli invasori. Intere famiglie hanno preso nei decenni il controllo di varie parti dei quartieri delle invasioni, aumentando i prezzi di vendita degli appezzamenti a loro beneficio. Allo stesso tempo chi ebbe la lungimiranza da imprenditore investì nella realizzazione di pozzi. Vari pozzi acquiferi presenti nelle invasioni sono gestiti da famiglie che ora possiedono anche il monopolio del commercio dell'acqua (larepublica.pe).

1.2) Operazione Mato Grosso e la Scuola Totale Padre Ugo De Censi

L'Operazione Mato Grosso, anche abbreviata O.M.G., è un movimento giovanile di volontariato nato nel 1967 in Italia. Questo movimento è nato grazie alle idee di Padre Ugo De Censi, un prete salesiano valtellinese e da molti ragazzi che hanno deciso di aiutarlo. L'O.M.G. è un movimento di volontariato nel quale i giovani lavorano nel loro tempo libero per raccogliere fondi da mandare nelle missioni dell'Operazione presenti in Sud America a sostegno dei poveri, delle opere e delle comunità. La prima missione venne aperta in Brasile nella regione del Mato Grosso, la stessa regione che diede nome al movimento. Negli anni i volontari vedendo e commuovendosi di fronte ai bisogni delle persone hanno aperto molte altre missioni e ad ora se ne contano circa centocinquanta, sparse tra Brasile, Ecuador, Bolivia, Perù e negli U.S.A a Baltimora. Anche in Italia negli ultimi cinquant'anni si sono moltiplicati i gruppi dei ragazzi dell'Operazione che lavorano per raccogliere i fondi da inviare ai volontari che hanno deciso di regalare parte della loro vita in missione. Ad oggi si contano più di cinquanta gruppi con un totale di duemila ragazzi e adulti sparsi in tutta Italia, da nord a sud. I ragazzi che partecipano hanno tra i 14 e i 30 anni ma, oltre a loro ci sono anche molte famiglie con figli, sacerdoti e laici, tutti i volontari dell'operazione, non sono retribuiti.

L'O.M.G. è anche un'opera educativa, dove si prova ad insegnare ai giovani il senso della gratuità e di fare la carità. Dove il lavoro non è solo fatica, ma è la ricerca di amicizie sane e legami veri, nella condivisione dell'ideale della carità. Spesso l'operazione è stata definita dalla frase "con i giovani per i poveri". In Perù attualmente si contano ottanta missioni, sparse per tutto lo stato. La maggior parte di queste si raggruppa nella regione centrale del Perù, la regione Ancash. Chimbote è una delle ultime città nelle quali l'Operazione è arrivata. Le prime opere missionarie iniziarono alla fine degli anni Novanta, ma ora negli ultimi dieci anni si sono avvicinati molti volontari con i quali sono iniziate molte attività. L'operazione ha creato e gestisce varie strutture a sostegno della popolazione Chimbotana che vive nelle invasioni nella zona di Nuovo Chimbote.

Attualmente, in Nuovo Chimbote, sono presenti più di venti volontari italiani e peruviani, vi sono sei scuole per l'infanzia che ospitano più di trecento bambini, una scuola professionale di falegnameria e muratura, una scuola primaria con trecento alunni, una mensa per i poveri che prepara mille pasti al giorno, è in fase di realizzazione anche una scuola secondaria che ospiterà cinquecento alunni.

La scuola primaria e secondaria prende il nome di "Scuola Totale Padre Ugo De Censi". Entrambi gli istituti sono privati e gratuiti, realizzati per dare istruzione di qualità ai bambini e ai giovani più poveri delle invasioni di Nuovo Chimbote. Entrambe le strutture sono sorte nel mezzo del degrado delle baraccopoli per essere più facilmente raggiungibili dalle famiglie e dagli alunni, ma all'interno dell'area scolastica tanto quanto al di fuori di essa non esistono attualmente degli spazi verdi curati.

Anzi le baraccopoli sono piccole discariche a cielo aperto, rendendo il paesaggio uno spazio poco felice per vivere e crescere.

Questa tesi vuole essere il primo passo verso la realizzazione di un'area verde a basso fabbisogno idrico da poter introdurre all'interno dell'area scolastica.



Fig 4. Vista laterale sul terreno dell'istituto "Scuola Totale Padre Ugo De Censi". Al margine sinistro della foto si può notare la scuola primaria (edificio bianco), portando lo sguardo verso destra si intravede la mensa scolastica (edificio con copertura di color verde) ed infine avvicinandoci al margine destro della foto si vede un quarto della struttura della scuola secondaria, in costruzione da quest'anno (Foto di Jacopo Bertolotto, Marzo 2023).

1.3) Aree verdi urbane

Riferendosi al libro di Ana Sabogal (2021) ritroviamo dei concetti relativi alle aree verdi a Lima, la capitale del Perù, la quale è sorta esattamente come Chimbote, sopra il deserto costiero peruviano. Diventando una metropoli con più di dieci milioni di persone costretta a combattere con serie problematiche di gestione dell'acqua una risorsa molto limitata per Lima.

Il verde urbano è caratterizzato da spazi pubblici dove un'alta percentuale è coperta da piante. Si possono trovare grandi parchi e giardini più piccoli che possono essere pubblici o privati. Le aree verdi hanno due finalità: la purificazione dell'aria e l'intrattenimento della popolazione cittadina.

Le aree verdi hanno un ruolo sociale molto importante che è quello di eliminare le differenze sociali e culturali e liberare la mente attraverso l'arte delle persone che vi interagiscono. Contribuiscono alla salute fisica e mentale degli abitanti e alla loro integrazione sociale. In esse alcune persone fanno sport, altre passeggiano con i propri figli o semplicemente leggono. È un luogo dove trovare pace e rifugiarsi lontano dai problemi familiari o semplicemente riflettere senza parlare con nessuno. Queste aree ci permettono di cambiare lo spazio nel quale siamo abituati a vivere e ci portano ad un atteggiamento di contemplazione del paesaggio, dei fiori ed uccelli lasciandoci alle spalle le faccende quotidiane e permettendo la riflessione (Sabogal, 2021).

Nello specifico di Chimbote, la necessità di creare spazi verdi pubblici è sicuramente importante, ma non una priorità. Comunque, all'interno della città più vecchia, ci sono varie realizzazioni di parchi urbani. Per quanto riguarda la zona delle invasioni di Nuovo Chimbote, sito del progetto, difficilmente ritroviamo luoghi verdi. Principalmente perché l'uso dell'acqua non è destinato alle piante, ma prima di tutto all'uso umano. Secondo l'ambiente degradato delle baraccopoli non nasconde la mancanza di creare un luogo accogliente e naturale.

Nelle città peruviane si sta osservando un fenomeno di super sviluppo urbano, spesso incontrollato e in continua crescita, dovuto alla crescente offerta di lavoro nelle città che richiama abitanti dalla periferia. Questo ha fatto sì che le zone urbane siano sempre meno verdi e sempre più caotiche e disordinate.

L'idea che le piante siano necessarie in città è diventata imminente quando queste hanno iniziato a crescere in modo incontrollato e sono diventate invadenti.

L'utilità dei parchi per preservare la salute dei lavoratori attraverso lo sport e l'intrattenimento, nasce a causa della rivoluzione industriale, che innesca la necessità dei parchi come spazio pubblico (Sabogal, 2021). La storia dei giardini e parchi peruviana è una storia progettuale basata sull'ottimizzazione dell'uso delle risorse dell'acqua e del miglioramento di zone degradate.

Gli spagnoli portarono in Perù l'eredità dei parchi andalusi che, allo stesso tempo, ereditano ampiamente le caratteristiche dei parchi arabi.

1.4) Xeriscaping e le aree verdi in zone siccitose

Questo progetto si caratterizza per il fatto che l'area verde oggetto del presente studio sarà sviluppata in zona desertica, dove abbiamo precipitazioni annue scarsissime e temperature generalmente costanti ed elevate. Per poter affrontare le problematiche della siccità e dell'aridità si prenderà spunto dalle tecniche di progettazione dello *xeriscaping*, il quale si basa sulle creazioni di aree verdi in condizioni di scarsità d'acqua.

Il termine *xeriscape* deriva dall'unione tra il greco *xeros* (asciutto) e l'inglese *landscape* (paesaggio) simboleggiando una tecnica di giardinaggio ecosostenibile, dove le piante sono scelte per la loro capacità di resistere a periodi di siccità prolungata e il giardino in generale viene progettato per trattenere, conservare e proteggere l'acqua piovana, fino ad arrivare a soluzioni "zero-water". (Morgan,2023). Questa metodologia di giardinaggio trova origini negli USA, in Colorado a Denver. Denver Water fu precisamente la società di gestione delle acque pubbliche di Denver, che coniò il termine di *xeriscaping* nella fine degli anni Ottanta. Denver Water si impegna tutt'ora a dare soluzioni progettuali per i diversi ambienti siccitosi, facendo principalmente riferimento al suo clima. In questo documento si fanno riferimento ai sette principi di progettazione dello *xeriscaping*, proposti da Denver Water. Lo stesso consorzio idrico nel tempo ha poi sviluppato questo elenco tecnico-pratico di principi da seguire nella realizzazione di un'area verde con bassi fabbisogni idrici.

1 - Progettazione e Design

Come prima fase di realizzazione di un'area verde c'è la necessità di individuare le caratteristiche del sito e di conseguenza adattare ogni scelta progettuale. Nella fase di progettazione è molto importante studiare l'ambiente ove sarà realizzato il progetto; quindi, vedere quello che già esiste e prendere spunto da esso. È necessario contestualizzare il sito descrivendone le caratteristiche e gli elementi che lo compongono, sia naturali che artificiali.

2 - Miglioramenti del suolo

Una volta descritto il sito ed individuato i suoi punti di forza e debolezza si inizierà a lavorare sul suolo. In base al tipo di suolo e quindi alla sua struttura e tessitura, si valuterà come agire per poterlo migliorare, specialmente nell'ottica di un'ottimizzazione dell'uso dell'acqua.

Detto ciò, in base alla tipologia di terreno, si sceglierà se ammendarlo o meno; nel primo caso bisognerà decidere il tipo di ammendante da utilizzare. Generalmente, se si utilizzeranno piante autoctone ci sarà meno bisogno di effettuare grandi miglioramenti al terreno esistente. Nel caso invece si decida di utilizzare piante non autoctone, in molti casi si dovrà ricorrere alla creazione di un substrato adatto alla loro esigenza, modificando, in modo anche rilevante, il substrato esistente.

3 - Irrigazione efficiente

È molto importante realizzare un buon impianto d'irrigazione, considerando le diverse zone da irrigare e modificare la tipologia di impianto in base alle diverse esigenze. Si prediligeranno impianti a bassa pressione come quelli goccia e di sub-irrigazione per le zone a prato ed invece impianti ad aspersione o gorgogliamento (*bubbler*) per aiuole, tappezzanti, arbusti ed alberi. Di massima, gli impianti a goccia favoriscono un uso più oculato dell'acqua e generalmente vengono utilizzati anche per aiuole.

Nelle zone aride e molto calde, è fondamentale avere la possibilità di irrigare in qualunque momento della giornata e favorire un accrescimento degli apparati radicali, per questo motivo l'irrigazione a

goccia interrata rientra in una delle tecniche di sub-irrigazione prescelte. Così si favorirà la distribuzione dell'acqua anche nelle ore più calde, l'uso di acque di riciclo e la possibilità di effettuare la fertirrigazione.

Tuttavia, sarà importante collegare il proprio impianto con dei sensori di temperatura e di pioggia in modo da ottimizzare l'efficienza irrigua.

4 - Scelta delle specie

In fase di progettazione e di scelta della specie è bene conoscere le esigenze delle piante che verranno utilizzate. Per ridurre al minimo lo spreco di acqua, sarà necessario creare differenti zone dove raggruppare piante con requisiti di luce e acqua simili e posizionarle in un'area che soddisfi tali requisiti.

La scelta delle specie come accennato prima è molto importante, in quanto optare per piante autoctone renderà più facile il reperimento del materiale e soprattutto garantirà l'adattabilità ambientale delle specie. L'uso di specie alloctone è rischioso in quanto queste potrebbero necessitare di molte cure colturali perché non adatte alle condizioni pedoclimatiche locali.

5 - Pacciamature

Un terreno deve mantenere la sua umidità costante per favorire l'insediamento delle piante, questo sicuramente dipenderà dalla tipologia di suolo, ma anche da cosa lo ricopre. Per questo motivo si fa ricorso all'uso di materiali pacciamanti e pacciamature in genere. Secondo il dizionario Treccani le pacciamature sono operazione che tradizionalmente consiste nel cospargere il terreno di paglia, foglie secche, letame o altro, allo scopo di proteggere le colture da eccessiva insolazione o dal pericolo di gelate; attualmente, è molto diffuso l'uso di fogli sottili di materie plastiche (spec. polietilene), per lo più di colore nero, in cui sono eventualmente praticati fori di opportuno diametro e frequenza, che mantengono la giusta temperatura ed evitano la crescita di erbe infestanti.

Quindi, l'uso di una copertura del suolo eviterà l'eccessiva evaporazione dell'acqua superficiale e sotto superficiale, mantenendo il terreno ad una temperatura e umidità più costante.

6 - Tappeti erbosi alternativi

In un progetto di *xeriscaping* c'è bisogno di scegliere bene la specie da tappeto erboso da impiegare. Generalmente, se la disponibilità idrica è scarsissima si preferisce optare per la riduzione dell'area a tappeto erboso, in modo da limitare lo spreco di acqua necessaria per conservarla in buono stato. Tuttavia, nel caso vi sia una discreta disponibilità idrica e scegliendo la giusta specie, si può realizzare anche una copertura verde a tappeto erboso. La scelta della specie e il suo studio saranno trattati successivamente.

7 - Manutenzioni

Ultimo, ma non meno importante, è tutto ciò che riguarda la manutenzione del nostro giardino (irrigazione, tagli, potature e concimazioni). Nonostante si realizzi un progetto con specie a basso fabbisogno idrico e nutrizionale, questo non toglie il fatto di dover aver cure delle specie che si utilizzano.

CAPITOLO 2 - PROGETTO DEL GIARDINO RICREATIVO

2.1) Disegno e grafica di realizzazione

La parte grafica del progetto viene realizzata con l'ausilio del software Sketchup®. Questa applicazione per computer grafica permette la modellazione 3D in molti ambiti principalmente in quelli urbanistici, architettonici e anche nella progettazione del verde. Tramite la progettazione tridimensionale si potrà ottenere una visione complessiva dell'opera da realizzare con i relativi riferimenti alle dimensioni, misure, specie utilizzate e disposizione dell'impianto d'irrigazione.

Successivamente si vedranno i diversi prospetti di progetto realizzati per il giardino ricreativo dell'istituto "Scuola Totale Padre Ugo De Censi".

2.1.1) Zonizzazione tecnica, estensione superficiale e posizionamento del giardino

La zonizzazione è una tecnica di descrizione schematica e suddivisione pratica delle diverse zone dell'area verde in progetto.

Nella figura 5 è riportata la schematizzazione delle strutture che compongono l'area scolastica e il giardino ricreativo che si inserirà tra le strutture della scuola primaria e secondaria. Il giardino ricreativo avrà una forma rettangolare con i lati rispettivamente di 25 e 30 m e coprirà una superficie di 800 m² stimata in eccesso in quanto il disegno finale potrebbe occupare una superficie minore. La zona con area maggiore verrà dedicata al tappeto erboso che prenderà il ruolo principale all'interno del progetto. A contornare il manto erboso verranno realizzate delle aiuole e bordure; invece, nei quattro vertici del rettangolo verranno inseriti degli alberi.

Il progetto prevede la realizzazione di due ingressi, uno più ampio rivolto verso il passaggio principale per raggiungere le diverse strutture dell'istituto, ed uno secondario più ridotto.

Inoltre, nell'area occupata dall'ingresso principale si realizzerà anche una tettoia per lo sviluppo di specie arrampicanti e per la creazione di un pergolato fiorito.

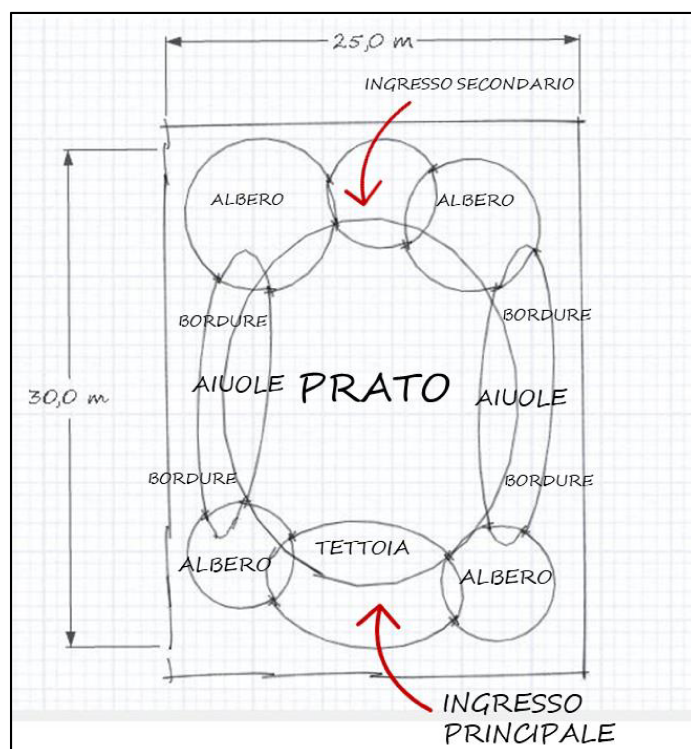


Fig 5. Zonizzazione tecnica e suddivisione delle aree funzionali del giardino ricreativo (Sketchup®, 2023).

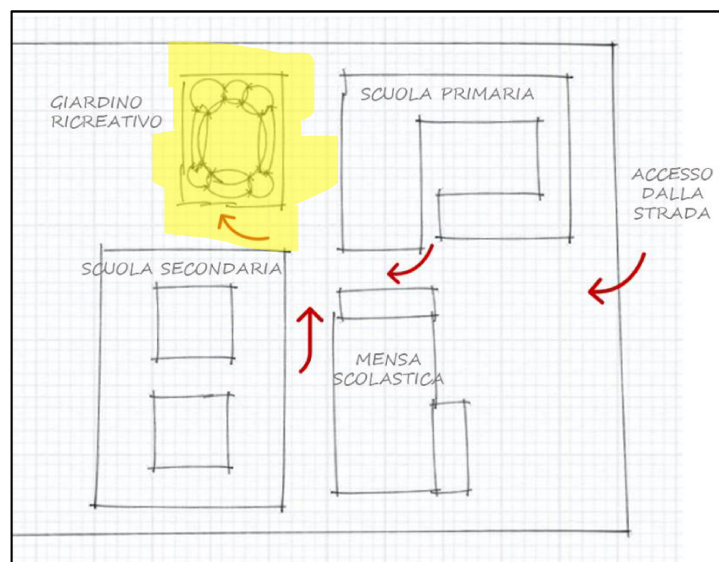
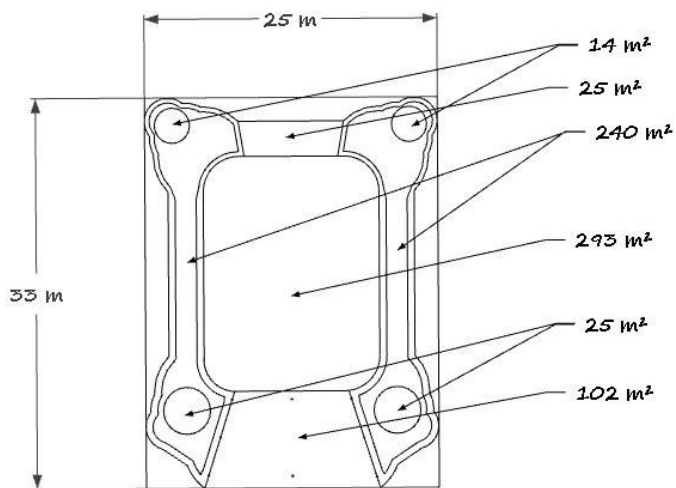


Fig 6. Schema spostamenti e degli accessi tra le strutture dell'istituto, e posizione che dovrebbe prendere il giardino all'interno dell'area scolastica, evidenziato in giallo (Sketchup®, 2023).



Nella figura 7 si osserva la planimetria delle aree abbozzate nella zonizzazione e sono riportate le estensioni di superficie di ogni zona. Il giardino ricreativo occuperà una superficie pari a 700 m² di cui circa 575 m² occupati da terreno coltivato diviso tra 300 m² di tappeto erboso e 275 m² per le aiuole ed alberi. Infine, una piccola parte di 125 m² piastrellati adibiti ai viali di accesso.

Fig 7. Qui a sinistra si vede la planimetria con le etichette che indicano l'estensione superficiale rispettivamente occupata dalle diverse zone del giardino (Sketchup®,2023).



Fig 8. Sovrapposizione della planimetria del giardino ricreativo, con etichette delle dimensioni delle diverse aree che la compongono, ad immagine satellitare raffigurante il terreno dell'istituto "Scuola Totale Padre Ugo De Censi" (Dati cartografici Google Maps,2023).

2.1.2) Prospetti di progetto

Qui di seguito nelle figure 9 - 13 sono riportati i prospetti di progetto finale del giardino ricreativo con le relative viste. Dopo aver descritto la disposizione tecnica delle aree tramite la zonizzazione qui viene graficamente riportato l'aspetto finale del giardino. Le specie a contorno del prato verranno poi trattate nel capitolo 3.3, invece la scelta e studio della specie più adatta al tappeto erboso verrà trattato nel capitolo 3.1 e 3.2.



Fig 9. Prospettiva 3D del progetto realizzato con Sketchup®.

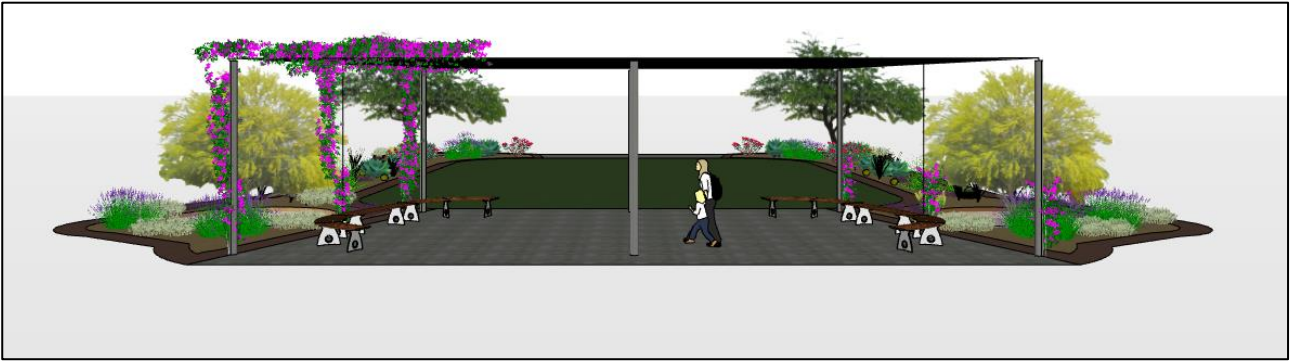


Fig 10. Prospettiva frontale di progetto (Sketchup 2023).

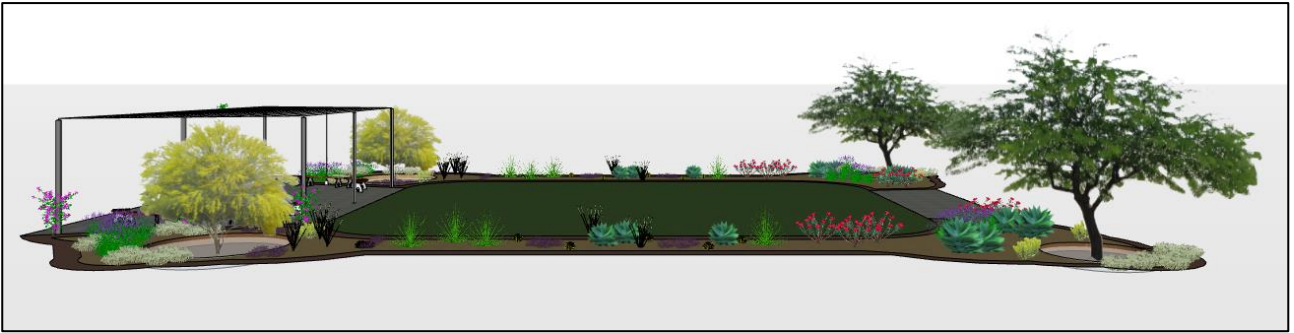


Fig 11. Prospettiva laterale di progetto (Sketchup 2023).



Fig 12. Prospettiva posteriore di progetto (Sketchup 2023).



Fig 13. Planimetria finale realizzata con Sketchup®.

2.2) Inquadramento geografico

Il sito che analizzeremo si trova in Perù nella città di Chimbote, metropoli capoluogo di provincia del dipartimento di Chimbote, nella regione Ancash lungo la costa peruviana. Precisamente, il progetto verrà sviluppato all'interno degli insediamenti umani di Nuovo Chimbote, nel terreno della scuola Primaria e Secondaria "Padre Ugo de Censi", situata nel quartiere di Catacaos, come già descritto nella parte introduttiva.

La zona costiera peruviana in cui si trova Chimbote, a causa della sua posizione ai tropici e della presenza delle catene montuose delle Ande, presenta un clima desertico subtropicale, con precipitazioni quasi assenti. La temperatura media annua oscilla tra un massimo di 28 °C in estate ed una minima di 13 °C in inverno. I venti sono costanti durante tutto l'anno, prevalentemente da sud-ovest, con una velocità compresa tra 30 e 40 km/h (SENAMHI.gob.pe,2023).

2.2.1) Dati climatici della costa peruviana

Per poter realizzare questo progetto bisognerà fare riferimento alle banche dati peruviane. In vicinanza al sito, è presente un grande aeroporto che registra i valori meteorologici. Non sono presenti altre capannine meteo o altri sensori,

Quindi i dati ottenuti dall'aeroporto "Teniente Jaime A de Montreuil" sono gli unici dati provenienti da rilevamenti in sito.

I dati sono stati messi a disposizione del Nacional Center of Enviromental Information (NOAA,2023).

Tabella 1. Dati medi di temperature e precipitazioni raccolte dalla stazione meteo dell'Aeroporto "Teniente Jaime A de Montreuil" Nuovo Chimbote (Nacional Center of Enviromental Information - NOAA,2023).

Dati climatici di Chimbote (media dal 1964 – 1990)

Mese	Gen	Feb	Marzo	Aprile	Maggio	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media Annuale
Media Temp Max (°C)	26.7	27.8	27.4	25.5	23.9	22.8	21.9	21.5	21.5	22.4	23.8	25.3	24.2
Media Temp Min (°C)	17.4	18.3	18.3	17.0	15.7	14.6	13.9	14.0	13.7	14.2	14.8	16.2	15.7
Media Precipitazioni (mm)	1.6	3.7	3.6	1.6	0.2	0.0	0.3	0.2	0.0	0.2	0.2	0.3	11.9

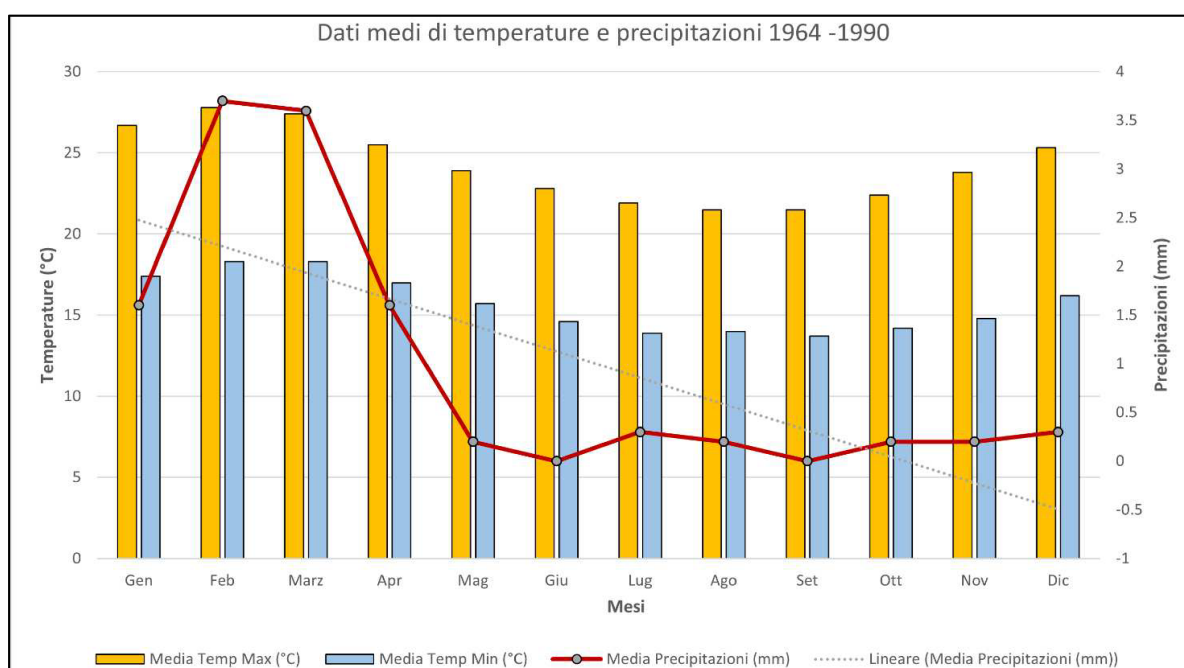


Fig 14. Dati meteo della Tabella 1 riportati in grafico a colonne e rappresentazione della distribuzione delle precipitazioni (Microsoft Excel, 2023).

Come possiamo notare dalla tabella 1 le precipitazioni annue a Chimbote sono inferiori a 30 mm annui. Questo sta ad indicare che non si considereranno le precipitazioni come apporto idrico, in quanto troppo limitate. Per questo il progetto richiede l'impiego di un impianto irriguo che dovrà fornire la quasi totalità del fabbisogno idrico richiesto dalle piante, ciò verrà trattato nel capitolo 4. Poiché i dati relativi alla stazione meteo dell'aeroporto "Teniente Jaime A de Montreuil" Nuovo Chimbote sono limitati, si è deciso di procedere al calcolo di dati aggiuntivi tramite software della FAO, come il programma CLIMWAT e il software Tendhis del Senamhi, il servizio pubblico meteorologico ed idrologico peruviano.

CLIMWAT è un database climatico da utilizzare in combinazione con il programma informatico CropWat e consente il calcolo del fabbisogno idrico delle colture, della fornitura di irrigazione e della programmazione dell'irrigazione per varie colture per una serie di stazioni climatologiche in tutto il mondo. CLIMWAT è stato realizzato anche per il calcolo di dati meteo in zone dove non sono disponibili informazione da capannine meteo.

In questo caso CropWat, verrà utilizzato facendo riferimento alla stazione meteo di Lima, in quanto situata sulla costa ed esposta a condizioni climatiche paragonabili a Chimbote.

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	0.0	0.0
February	0.0	0.0
March	0.0	0.0
April	0.0	0.0
May	2.0	2.0
June	4.0	4.0
July	5.0	5.0
August	6.0	5.9
September	5.0	5.0
October	2.0	2.0
November	1.0	1.0
December	0.0	0.0
Total	25.0	24.8

Fig 15. Dati pluviometrici della stazione di Lima ottenuti tramite CropWat in riferimento ai dati rilasciati dal software CLIMWAT (2023).

Country	Location 82		Station	LIMA			
Altitude	136	m.	Latitude	12.01	°S		
			Longitude	77.01	°W		
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day
January	18.9	27.8	90	233	5.1	18.1	3.43
February	19.4	28.3	86	199	6.0	19.5	3.91
March	18.9	28.3	85	199	6.2	19.1	3.86
April	17.2	26.7	88	199	5.8	16.9	3.24
May	15.6	23.3	97	173	3.9	12.7	2.10
June	13.3	20.0	99	138	1.4	8.8	1.42
July	12.2	19.4	97	173	1.0	8.5	1.37
August	11.1	18.9	100	199	0.9	9.3	1.34
September	12.2	20.0	97	199	1.4	11.1	1.70
October	12.2	21.7	97	199	2.5	13.6	2.13
November	13.3	23.3	97	233	3.7	15.8	2.48
December	13.3	25.5	100	233	4.8	17.6	2.72
Average	14.8	23.6	94	198	3.6	14.3	2.47

Fig 16. Evapotraspirazione effettiva (ET0) ottenuta tramite il calcolo di Penman-Monteith attraverso il software CropWat, e dati climatici ottenuti da CLIMWAT (2023).

Come si può notare nella figura 15, anche a Lima, ritroviamo dati pluviometrici simili a quelli della stazione di Chimbote, con una pluviometria molto bassa.

L'evapotraspirazione effettiva (ET₀) ottenuta da CropWat verrà poi ripresa nel calcolo del fabbisogno irriguo nel capitolo 4.

Tramite l'uso di Tendhis, fornito da Senamhi, si sono ottenuti i dati relativi alle tendenze storiche di temperature e precipitazione peruviane. Questo software utilizza i dati PISCO che sono informazioni nazionali peruviane risultato della combinazione dei dati provenienti da stazione meteorologiche e da dati satellitari. Queste informazioni possono essere acquisite inserendo nel software le coordinate geografiche del sito d'interesse, nel nostro caso di Nuovo Chimbote.

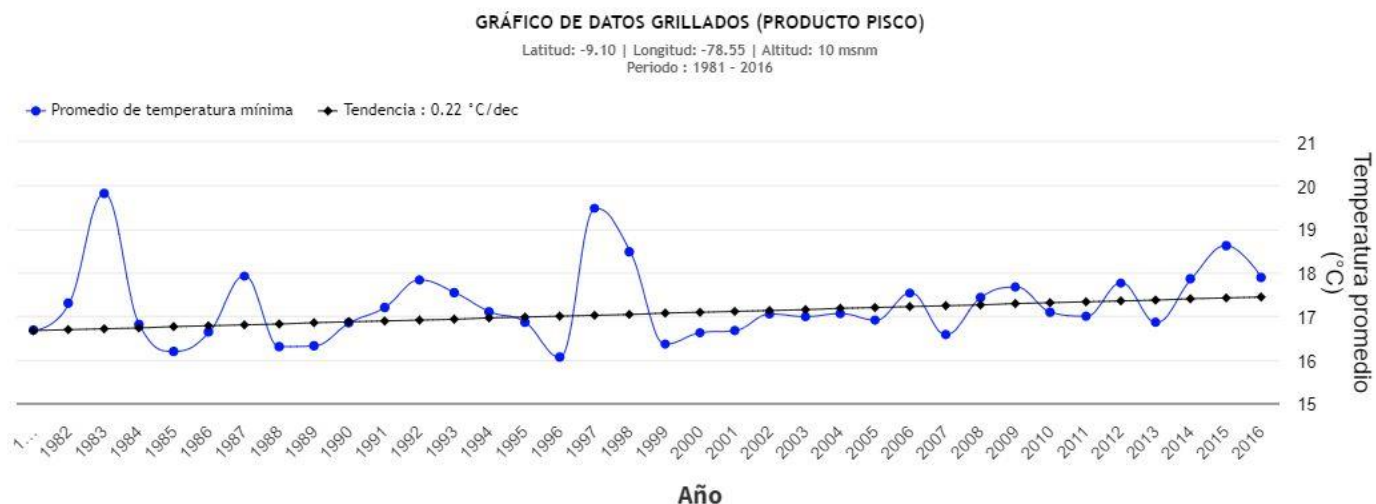


Fig 17. Grafico delle temperature medie minime dall'anno 1982 al 2016, ottenuto tramite il software Tendhis del servizio meteorologico peruviano (SENAMHI.gob.pe,2023).

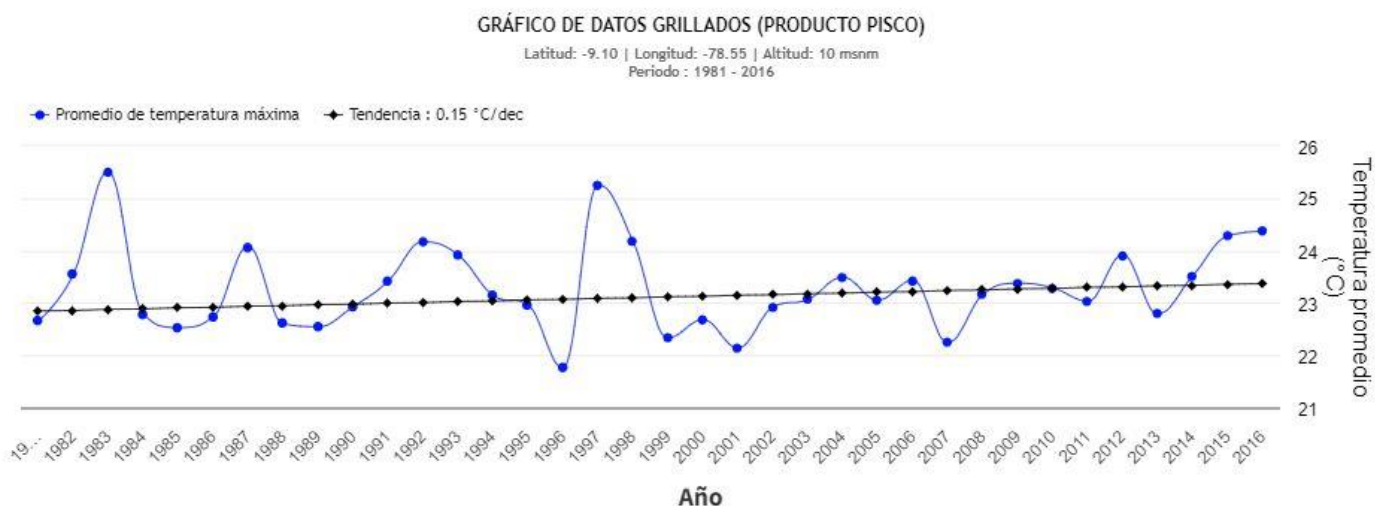


Fig 18. Grafico delle temperature medie massime dall'anno 1982 al 2016, ottenuto tramite il software Tendhis del servizio meteorologico peruviano (SENAMHI.gob.pe,2023).

Come si può notare dai dati ottenuti dal Senamhi, possiedono valori medi molto simili a dell'aeroporto di "Teniente Jaime A de Montreuil" (Tabella 1) con temperature medie massime annuali intorno ai 24 °C, e minime intorno ai 17 e 18 °C.

2.3) Descrizione del suolo

Il terreno nel quale verrebbe realizzato il giardino ricreativo è costiero. Presenta una tessitura prevalentemente sabbiosa (Fig. 19), l'elevata disponibilità di sabbia del sito sarà un fattore positivo per la realizzazione del tappeto erboso, meno positivo per la zona dedicata alle aiuole e alle alberature. La tessitura del terreno, detta anche granulometria, si riferisce alla proporzione di particelle solide di sabbia, limo ed argilla presenti nel terreno (Lehmann et al., 2020). Una dotazione normale di sabbia si aggira intorno al 40-70 % della tessitura totale.

La composizione percentuale delle particelle solide che costituiscono il terreno è distinta per la loro dimensione.

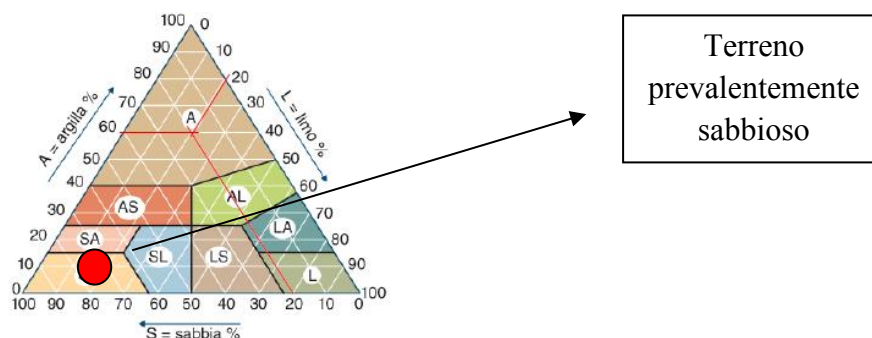


Fig 19. Triangolo della tessitura riferiti al sistema ISSS.

La sabbia è la parte di terreno che è composta principalmente da quarzo oltre che da frammenti rocciosi con diametri tra i 2 mm e gli 0,02 mm. Conferisce al terreno molta permeabilità e una scarsa coesione, opponendo bassa resistenza meccanica nelle fasi di lavorazione. Un suolo molto ricco di sabbia presenta un'elevata macroporosità e quindi scarsa ritenzione idrica soprattutto per l'assenza di particelle colloidali che permettono la formazione di una buona struttura e quindi aggregazione dei gromeruli nel suolo e il conseguente incameramento di sostanza circolante, acqua e sali minerali (Bocchi et al, 2016). Una rizosfera prevalentemente sabbiosa ha delle proprietà desiderabili per tappeti erbosi sportivi, tra cui elevata capacità drenante e bassa propensione al compattamento (Turgeon e Kaminski, 2019), aspetti vantaggiosi in vista della realizzazione del tappeto erboso che verrà impiegato dagli studenti dell'istituto P.ugo de Censi.

La porosità; questa deriva dal fatto che in un terreno le particelle solide non formano una massa completamente uniforme, dal momento che la granulometria delle particelle non è la stessa, e questo porta alla formazione di spazi vuoti. Gli spazi vuoti sono definiti come pori, il volume complessivo degli spazi vuoti del terreno costituisce la porosità totale (Bocchi et al, 2016). Questi spazi vuoti possono essere più o meno grandi, questo porta alla distinzione tra macro e microporosità. La microporosità rappresenta il volume complessivo dei pori con diametro inferiore ai 10 μm , negli spazi con queste dimensioni viene trattenuta l'acqua, anche contro la forza di gravità. Questo succede grazie ai fenomeni di capillarità che si creano tra la superficie delle molecole d'acqua e le particelle di terreno. Più sarà alta la percentuale di micropori più il nostro terreno avrà una ritenzione idrica maggiore. Parlando di macroporosità, invece, ci riferiamo alla parte complessiva di porosità che possiede un diametro superiore ai 10 μm . La macroporosità contiene spazi troppo grandi per permettere all'acqua di rimanere trattenuta contro la forza di gravità per fenomeni di capillarità. Quindi l'acqua allontanandosi dalla superficie e dalla rizosfera non sarà utilizzabile da parte delle piante. Dunque, un eccesso di macroporosità potrebbe dare luogo anche ad una eccessiva aerazione, instaurando dei processi di rapida ossidazione della sostanza organica, chiamati rematocausi (Bocchi et al, 2016).

La ritenzione idrica, sempre in riferimento alla rizosfera, rappresenta l'acqua trattenuta dal suolo e disponibile alle piante (Weily e Brandy, 2017).

Quindi un suolo con una scarsa capacità di ritenzione idrica e di sali minerali è soggetto ad inaridimento, e in certe situazioni può divenire anche sterile.

L'aggregazione e la stabilità aggregativa delle particelle del suolo viene definita come struttura del terreno (Weil e Brandy, 2017). Per quanto riguarda la struttura di un terreno sabbioso, questa indica come si aggregano le particelle che compongono il suolo. L'aggregazione delle particelle avviene se c'è presenza di particelle colloidali, come l'argilla e l'humus ossia la sostanza organica. Questo ci dice che un suolo povero di sostanza organica possederà un pessimo stato strutturale.

Il rischio di realizzare il giardino ricreativo nello stato attuale in cui si trova il terreno non favorisce la diminuzione d'impiego dell'acqua irrigua e aumenterebbero gli sprechi e costi di gestione.

Di contro, i vantaggi agronomici riguardano la capacità di possedere un'elevata porosità e quindi un'elevata efficienza drenante, evitando problematiche di ristagno idrico e garantiscono un'elevata resistenza alla compressione meccanica evitando così problemi di compattamento. Inoltre, un terreno sciolto ci evita le problematiche dovute alla possibile formazione di suole di lavorazione.

Quindi per ottenere un suolo adeguato alla realizzazione del giardino si consigliano delle modifiche del terreno sabbioso tramite ammendanti organici.

2.3.1) Modifiche progettuali del terreno in funzione dell'area verde

Come spiegato nel paragrafo precedente il terreno sabbioso allo stato attuale che ospiterà il progetto del giardino ricreativo non è adeguato alle necessità di evitare sprechi di acqua irrigua, dal momento che questa è il maggiore fattore limitante e la principale fonte di approvvigionamento per le specie impiegate nell'area verde. Generalmente, i terreni prevalentemente sabbiosi vengono ammendati per intervenire nella modifica delle proporzioni sabbia-sostanza organica ottenendo un suolo che possieda un buon equilibrio tra resistenza al compattamento, data dalla sabbia e ritenzione idrica data dalla sostanza organica. Terreni con buona ritenzione idrica possono ridurre gli eccessi irrigui e allungare l'intervallo di tempo tra una irrigazione e l'altra, dando come risultato un minore apporto di acqua con l'irrigazione (Thompson et al., 2023).

L'ammendamento in funzione dell'aumento della ritenzione idrica è fondamentale per ottenere nel tempo dei risultati di buona gestione dell'acqua irrigua, ed anche una diminuzione dei costi di gestione del giardino ricreativo. Nel progetto, specificatamente per il tappeto erboso, si consiglia di modificare uno strato di suolo pari a 18 cm di profondità per tutta la superficie di 300 m², equivalenti a 54 m³ di suolo miscelato con torba. I terreni prevalentemente sabbiosi, infatti, sono spesso ammendati con torba (Beard, 1982), generalmente è consigliato modificare i primi 15 – 20 cm di terreno che sono quelli che ospitano la maggior parte dell'apparato radicale del tappeto erboso (Macolino, 2014).

Per quanto riguarda le superfici che circondano il tappeto erboso si impiegherà l'uso di compost nelle zone nelle quali verranno messe a dimora le piante. L'ammendamento del suolo può essere eseguito in due modi, il primo miscelando il terreno prima della semina con l'ammendante, nel caso del progetto torba. Spesso, uno strato detto "topsoil" viene incorporato al terreno esistente prima della semina (Bigelow e Soldat, 2013). Il secondo metodo avviene apportando l'ammendante direttamente sopra il terreno già coltivato.

Gli ammendamenti del suolo sono conosciuti come fattori di modifica della ritenzione idrica, Bero e Soldat nel 2021 hanno riportato che eseguire il topdressing con sostanza organica per tre anni consecutivi ha aumentato la ritenzione idrica del 50 %.

In questo progetto si consiglia di effettuare una lavorazione iniziale del terreno prima della semina con miscelazione di 50 % di torba.

La torba aumenta la ritenzione idrica e migliora la struttura del suolo, con il difetto però di essere un materiale che si decompone e quindi deve essere reintegrato nel tempo.

Quando si considera l'uso della torba e i tassi di incorporazione, è necessario applicarla a tassi superiori al 10% in volume considerando la sua elevata capacità di assorbimento dell'umidità (Bigelow e Soldat, 2013).

Tabella 2. Proprietà e raccomandazioni d'utilizzo di differenti tipi di torba (Bigelow e Soldat, 2013).

Property	Sphagnum moss peat	Hypnum moss peat	Reed sedge peat		Peat humus
			Low lime	High lime	
pH	3.0–4.0	5.0–7.0	4.0–5.0	5.1–7.5	5.0–7.5
Water-holding capacity, kg kg ⁻¹ ‡	15.0–30.0	12.0–18.0	5.0–12.0	4.0–12.0	1.5–5.0
Ash content, kg kg ⁻¹ ‡	0.01–0.05	0.04–0.10	0.05–0.15	0.05–0.18	0.10–0.50
Volume wt., g cm ⁻³ (lb ft ⁻³) ‡	0.07–0.11 (4.5–7.0)	0.08–0.16 (5.0–10.0)	0.16–0.24 (10.0–15.0)	0.16–0.29 (10.0–18.0)	0.32–0.64 (20.0–40.0)
Nitrogen, g kg ⁻¹ ‡	6–14	20–35	15–30	20–35	20–35
Potential Use:					
Soil conditioning §	Fair	Good	Good	Good	Good
Golf-green mix (10% vol.)	Poor	Good	Good	Good	Excellent
Potting-soil mix (50% vol.)	Excellent	Good	Good	Good	Fair
Adding stable organic matter§	Poor	Fair	Good	Good	Excellent

† Table from Lucas et al., 1965.
‡ Calculated on oven-dry basis.
§ Five centimeters worked into soil.

Per poter mantenere umido il terreno anche in condizioni di siccità bisognerà ammendare con elevate quantità di torba per poter ottimizzare la ritenzione idrica. Come riportato nella pubblicazione di Bigelow e Soldat del 2013, gli autori riportano che nel caso di terreni molto sabbiosi ammendamenti con percentuali inferiori al 50 % non sono efficaci.

Dunque, la modifica del suolo in progetto prevederà un'aggiunta di 50% di torba, pari ad 27 m³, miscelati nella zona del terreno che ospiterà il tappeto erboso.

CAPITOLO 3 - SCELTA E DESCRIZIONE DELLE SPECIE VEGETALI

3.1) Il Tappeto erboso

Il tappeto erboso è una copertura erbacea comprendente lo strato più superficiale di suolo interessato dalla presenza di radici e in alcuni casi anche rizomi, mantenuta bassa con il taglio e caratterizzata da crescita contenuta ed elevata uniformità (Waddington, 1992).

In questo progetto si prevede la realizzazione di uno spazio a tappeto erboso di 300 m² come spiegato nel primo capitolo, di conseguenza le scelte progettuali si basano sulla creazione di un'area verde calpestabile che si possa mantenere nel tempo con limitato uso dell'acqua e che venga irrigata anche con acque non potabili, derivanti dal riciclo delle acque grigie prodotte dall'istituto scolastico. Nei prossimi paragrafi verranno studiate brevemente le specie che si adattano meglio in questo progetto, verranno poi selezionate secondo diversi criteri. Nel prossimo capitolo si calcolerà la quantità di acqua irrigua di cui necessiterà il prato in quanto questo è l'elemento progettuale che avrà maggiore impatto sulla richiesta idrica, e quindi sui costi di gestione da parte della scuola.

3.1.1) Descrizione e tipologie

Il tappeto erboso è una componente fondamentale dei nostri giardini e parchi in grado di armonizzarsi perfettamente con gli alberi e gli arbusti coltivati e con gli eventuali edifici circostanti (Macolino, 2014).

Il prato viene definito nell'enciclopedia Treccani il tratto più o meno esteso di terreno coperto d'erba che viene totalmente o in parte falciato per essere impiegata, fresca o conservata, per l'alimentazione del bestiame. La prima differenza tra prato e tappeto erboso sta nel fatto che il primo è composto da una o più specie erbacee poliennali e non, che vengono coltivate tagliate e raccolte generalmente per la produzione di cibo per l'alimentazione animale, ossia per la produzione di foraggio. Inoltre, un prato può anche essere coltivato in associazione ad altre colture agrarie, per scopi agronomici. In questo caso il prato prende il nome di inerbimento tecnico. Un inerbimento può essere mantenuto curato o lasciato spontaneo a seconda del contesto nel quale è inserito, come ad esempio un inerbimento interfilare all'interno di un frutteto piuttosto che un inerbimento permanente lasciato crescere lungo un argine fluviale. Il tappeto erboso, invece, è una copertura erbacea composta da poche specie, generalmente poacee, selezionate per possedere una qualità estetica elevata, buona densità e un portamento più o meno prostrato. Dal punto di vista ecologico si parla di un sistema con una bassa biodiversità, ma con un'elevata specificità d'impiego.

Il tappeto erboso si caratterizza anche per essere curato e gestito in modo continuo, questo spazio verde in base alle sue funzionalità e finalità può essere distinto in ornamentale, ricreativo e sportivo. In questo progetto di realizzazione del giardino ricreativo ci si focalizzerà nella realizzazione di un tappeto erboso ad uso ricreazionale. I tappeti erbosi ad uso ricreazionale, anche detti rustici, sono una categoria che comprende le superfici che possono anche risultare non perfette dal loro punto di vista estetico ma dall'altro lato risultare molto pratiche e adattabili a luoghi con usi frequenti e vari. Queste aree richiedono una preparazione tecnica iniziale molto precisa ma secondariamente una minor manutenzione nel tempo rispetto a tappeti erbosi ornamentali o sportivi.

3.1.2) Vantaggi e svantaggi del tappeto erboso

Nel seguente schema di Beard e Green (Fig. 20), sono riportati schematicamente tutti i benefici generali che può portare un tappeto erboso da punto di vista funzionale (agronomico), ricreativo ed estetico.

I vantaggi che il tappeto erboso dovrebbe apportare una volta realizzato nel giardino della scuola a Nuovo Chimbote sono:

- diminuzione della polvere;
- miglioramento del suolo;
- biodegradazione di sostanze chimiche;
- dissipazione del calore;
- diminuzione dei riflessi luminosi;
- controllo dell'inquinamento dell'aria.

Una copertura erbacea può dare molti vantaggi ambientali, sia in contesti rurali quanto in contesti urbani. Al tappeto erboso è attribuita anche la capacità di diminuire l'erosione del suolo e della polverosità che risulta di grande importanza alla luce della forte urbanizzazione dei grandi centri abitati come quello di Nuovo Chimbote. Nelle invasioni di Nuovo Chimbote, come già indicato nel primo capitolo, è costante la brezza di mare. Un continuo anche se non eccessivo sposalto d'aria sulla costa dà come risultato un grande spostamento di sabbia sotto forma di polvere che si accumula in ogni angolo delle case.

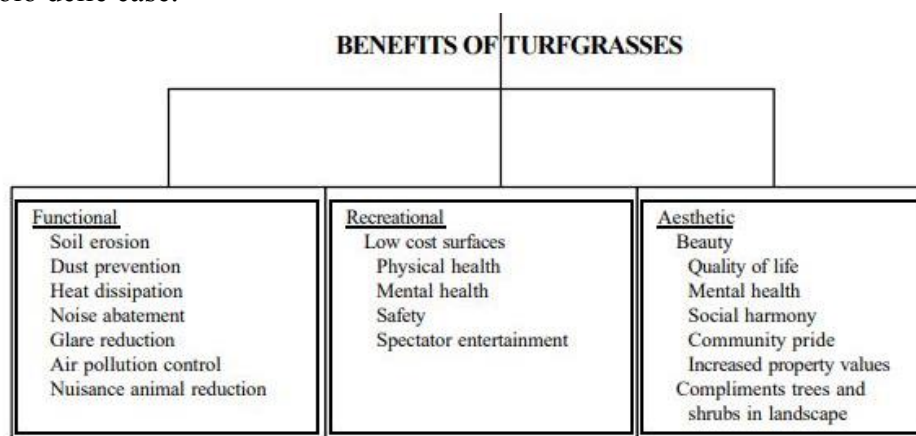


Fig 20. Diagramma dei benefici che portano i tappeti erbosi (Beard e Green, 1994).

Nonostante il progetto venga realizzato all'interno del terreno scolastico già parzialmente riparato dalle strutture esistenti e dai muri di recinzione, la polvere non manca e spesso risulta fastidiosa. L'area a prato che verrà realizzata non è estesissima ma ad ogni modo contribuirà a limitare lo spostamento di polvere nelle sue vicinanze. Per quanto riguarda l'erosione, in questo luogo estremamente siccitoso non viene considerata come fattore da dover controllare. Nei casi di piogge intense molto rare, i fenomeni erosivi si verificano e non possono essere gestiti, per via dell'intensità con la quale si scatenano questi eventi rari. Pertanto, i tappeti erbosi rappresentano uno dei metodi più convenienti per controllare l'erosione idrica ed eolica del suolo (Beard e Green, 1994).

Un terreno coltivato a tappeto erboso è un vantaggio anche per il miglioramento del suolo, in quanto si crea un ecosistema favorevole allo sviluppo di organismi edafici e di conseguenza si aumenta la quantità di sostanza organica, a differenza di un terreno sabbioso lasciato incolto, come la maggior parte dei suoli di Chimbote. La sostanza organica nel suolo viene favorita e decomposta se il terreno favorisce lo sviluppo di microrganismi. Un'alta percentuale dei terreni più fertili del mondo è stata sviluppata al di sotto di una copertura vegetale (Beard e Green, 1994). Favorire lo sviluppo di organismi edafici è molto importante per poter aumentare i processi biodegradativi del terreno e così ottenere un suolo più ricco di sostanza organica e quindi colloidale. Ottenere un aumento della

sostanza organica nel suolo destinato all'impianto del tappeto erboso è fondamentale per migliorare la struttura e la ritenzione idrica.

In generale, nel suolo, soprattutto in ambito urbano, sono spesso presenti una moltitudine di sostanze sintetiche e chimiche frutto dell'avanzamento tecnologico della nostra società e della meccanizzazione di molti ambiti. Quindi i tappeti erbosi rientrano in una categoria di realizzazioni che possono essere utilizzate per ridurre l'impatto ambientale dato dalle sostanze chimiche del suolo. Uno dei vantaggi più importanti relativi al tappeto erboso nel contesto di Nuovo Chimbote e quello legato alla dissipazione del calore. Grazie ai processi evapotraspirativi e alla copertura del suolo nudo il tappeto erboso può mantenere costante la temperatura del terreno dissipando il calore. Come indicato nel primo capitolo le temperature medie annue della costa chimbotana si aggirano.

Tabella 3. Attenuazione della temperatura da parte di coperture vegetali (Beard e Green, 1994).

Type of surface	Maximum daytime surface temperature	Minimum nocturnal surface temperature
Green growing <i>Cyodon</i> turf	31°C	24°C
Dry bare soil	39°C	26°C
Brown summer-dormant <i>Cynodon</i> turf	52°C	27°C
Dry synthetic turf	70°C	29°C

attorno ai 20 °C costanti tutto l'anno. In un ambiente così caldo la creazione di una zona verde che attenui la pesantezza data dalle alte temperature è molto importante. All'interno delle strutture scolastiche gli alunni vivono già in condizioni migliori rispetto quelle delle proprie case, ma offrire loro anche uno spazio esterno più fresco è fondamentale. L'abitudine dei ragazzini chimbotani è quella di poter giocare e passare le loro giornate sotto il sole e nella sabbia polverosa e rovente. Il prato una volta realizzato potrà invece offrire uno spazio dove si può giocare lontani dalla polvere e senza scottarsi.

La temperatura complessiva delle aree urbane può essere da 5 a 7 °C più calda di quella delle zone rurali. Attraverso il processo di raffreddamento della traspirazione, i tappeti erbosi dissipano elevati livelli di calore all'interno di aree urbane. L'effetto di raffreddamento traspirante dei prati e dei paesaggi verdi può far risparmiare energia riduzioni dell'apporto energetico necessario per il raffrescamento meccanico interno di abitazioni e di edifici adiacenti (Beard e Green, 1994). Nonostante le strutture si sviluppino attorno al giardino ricreativo, queste sono troppo grandi per poter beneficiare di un diretto raffrescamento portato dall'area verde, ma nonostante questo il giardino rimane di per sé un attenuatore di calore.

Il tappeto erboso attenua e riduce i rumori e i riflessi luminosi dell'ambiente nel quale è inserito, questo è un aspetto vantaggioso per un giardino scolastico, dove si favorisce un ambiente più accogliente. Gli studi hanno dimostrato che le superfici del tappeto erboso assorbono in modo significativo i suoni meglio di superfici dure come marciapiede, ghiaia o terra nuda (Cook e Van Haverbake, 1971; Robinette, 1972).

3.1.3) Specie macro e microterme

I tappeti erbosi possono essere realizzati utilizzando specie erbacee microterme oppure specie macroterme o anche un miscuglio di queste due. Le specie microterme da tappeto erboso sono originarie di contesti ambientali freddi o temperati come le regioni del continente euro-asiatico.

Tabella 4: Raccolta delle specie micro e macroterme più diffuse, e le relative caratteristiche (Macolino, 2014).

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLE SPECIE UTILIZZATE PER LA REALIZZAZIONE DI TAPPETI ERBOSI RUSTICI

SPECIE	Velocità di insediamento	Resistenza a:					Richiesta concimazione
		alte temperature	basse temperature	siccità	ombra	calpestamento	
Microterme							
<i>Festuca arundinacea</i>	media	buona	media	molto buona	media	buona	scarsa
<i>Poa pratensis</i>	scarsa	media	buona	buona	scarsa	media	media
<i>Festuca rubra</i>	media	scarsa	buona	buona	molto buona	scarsa	scarsa
<i>Festuca ovina</i>	media	media	buona	buona	molto buona	scarsa	scarsa
<i>Lolium perenne</i>	ottima	scarsa	media	scarsa	molto scarsa	buona	elevata
Macroterme							
<i>Cynodon dactylon</i>	buona	ottima	scarsa	eccellente	molto scarsa	buona	media
<i>Zoysia japonica</i>	molto scarsa	buona	buona	molto buona	buona	buona	scarsa
<i>Paspalum vaginatum</i>	media	ottima	molto scarsa	eccellente	media	media	media

Queste piante crescono attivamente a temperatura comprese tra i 5 e 30°C, le loro temperature ottimali sono comprese nel range di 16-24 °C, e tendenzialmente riescono a mantenere un minimo vitale anche a temperatura molto basse tra i -20 e -25 °C. Per contro le specie macroterme, sono piante che derivano da ambienti caldi e tropicali come per esempio l’Africa, l’Asia, parte del Nord America e il Sud America. Le macroterme sono piante che resistono bene ad elevate temperature. Il loro sviluppo ottimale avviene quando le temperature sono superiori ai 27 °C, la loro attività fotosintetica è regolare fino a 35-38 °C. Quando le temperature si abbassano intorno ai 8-10 °C l’attività vitale di queste specie rallenta molto fino ad entrare in riposo vegetativo. Il loro minimo vitale si mantiene anche a temperature di -15 -20 °C.

Per quanto riguarda l’adattamento alla zona della costa di Nuovo Chimbote le specie macroterme non avranno stress dovuto dalle basse temperature in quanto la minima media annuale non scende sotto i 15 °C. La temperatura massima media si aggira attorno ai 24 °C, sicuramente durante la stagione estiva i picchi giornalieri potranno essere anche elevati ma nel complesso delle stagioni la temperatura non si mostrerà come un fattore limitante dello sviluppo del tappeto erboso.

In questo caso le temperature non sono sufficienti per determinare quale tra le specie micro e macroterme si adattino meglio al contesto del giardino ricreativo, perché il range di temperature medie di Nuovo Chimbote permette lo sviluppo di entrambe le categorie.

Nel prossimo capitolo si riportano le caratteristiche della specie ritenuta più adatta al contesto pedoclimatico dell’area scolastica di Nuovo Chimbote.

3.2) Scelta della specie del tappeto erboso

In questo progetto la scelta della miglior specie da tappeto erboso si presenta come un'ottima sfida tecnica, dove le caratteristiche ambientali della costa chimbotana verranno sovrapposte alle esigenze della specie erbacea più adatta a svilupparsi in questo ambiente. Verranno riassunte le caratteristiche delle specie che si adattano meglio alle esigenze dell'area scolastica da inerbire. È fondamentale poter scegliere accuratamente la specie da tappeto erboso perché si calcolerà la quantità di acqua irrigua di cui necessiterà il prato in quanto questo è l'elemento progettuale che avrà maggiore impatto sulla richiesta idrica, e quindi sui costi di gestione da parte della scuola.

Come anticipato nella prima parte di descrizione climatica, Chimbote presenta dei grossi limiti riguardo la disponibilità d'acqua, soprattutto quella meteorologica. I criteri su cui si basa la ricerca della specie da utilizzare nel tappeto erboso del giardino ricreativo sono:

- elevata resistenza alle alte temperature,
- elevata resistenza al calpestio,
- elevata resistenza alla siccità,
- buona tolleranza all'uso di acque non potabili,
- resistenza concentrazioni saline sopra la norma,
- buona velocità d'insediamento,
- buon valore estetico.

Questo elenco riporta le caratteristiche che dovrebbe possedere la specie da impiegare nel prato del giardino ricreativo. Dovrà sopportare bene le alte temperature tipiche del contesto desertico di Chimbote come descritto nel primo capitolo, dovrà resistere al calpestio che ne deriva dalla fruizione del tappeto erboso da parte degli studenti. Non si realizzerà un campo da calcio o un campo sportivo che dovrà sopportare allenamenti giornalieri, ma ad ogni modo il tappeto erboso in progetto dovrebbe poter permettere di essere calpestato diariamente senza poi perdere la sua qualità estetica e funzionale. Quindi la specie dovrà possedere una buona resistenza al calpestio e potenziale rigenerativo per reagire prontamente in caso di danni causati dall'utilizzo. Inoltre, la resistenza alla siccità è fondamentale, il tappeto erboso verrà irrigato con acqua non potabile ma si dovrà trovare la minor quantità d'acqua necessaria a mantenerlo in buone condizioni qualitative, per contenere i costi di gestione.

La necessità di scegliere una specie che possa essere irrigata con acqua non potabile deriva dal fatto che la scuola potrebbe immagazzinare parte delle acque grigie e reimpiegarle per l'irrigazione dell'area verde, in modo da diminuire l'uso di acqua potabile. Perché il sito si sviluppa in un terreno sciolto costiero e quindi la specie erbacea dovrà resistere a concentrazioni saline superiori alla norma, queste concentrazioni potrebbero variare anche dal fatto che si impiegheranno acque non potabili. Infine, nonostante il tappeto erboso sia di tipo ricreativo, questo non significa che la sua qualità estetica sarà bassa. Si presuppone di poter realizzare un tappeto erboso accattivante che invogli ad essere fruito e utilizzato dagli studenti dell'istituto.

Nella tabella 4 sono rappresentate molte specie, alcune di queste soddisfano quasi completamente i requisiti richiesti, specificati nell'elenco precedentemente riportato.

Le specie che non soddisfano i requisiti verranno scartate dalla scelta, tra queste *Festuca rubra*, *Festuca ovina* e *Lolium perenne*. Sono specie che appartengono al gruppo delle microterme, le prime due specie, vengono scartate soprattutto perché presentano una scarsa resistenza al calpestio, in parte alla siccità ed alle alte temperature. *Lolium perenne*, invece, risulta inadatto perché poco resistente alla siccità e alle alte temperature. Come precedentemente detto, le temperature non sono sufficienti ad essere prese come parametro di selezione della specie più adatta al giardino ricreativo, perché se si fossero analizzate solo le temperature allora specie come *F.rubra*, *F.ovina* e *L.perenne* sarebbero state adatte, ma il contesto desertico con elevata siccità e il bisogno di creare un tappeto erboso calpestable pongono dei parametri che queste tre specie non soddisfano.

Questo elenco permette di restringere il campo di ricerca della specie attorno a cinque candidate che potrebbero soddisfare i requisiti elencati sopra. Queste sono: *Festuca arundinacea*, *Poa pratensis*, *Paspalum vaginatum*, *Zoysia japonica* e *Cynodon* spp..

Di seguito riportiamo le caratteristiche principali di queste specie.

Festuca arundinacea si presenta come una specie molto versatile in ampie fasce climatiche nonostante sia microterma, è una specie rizomatosa con tessitura grossolana. Resiste bene alle alte temperature ad alla siccità, possiede una discreta tolleranza ai terreni salini e resiste bene al calpestio, mostra buone prestazioni in caso di bassa intensità di gestione. Infine, si adatta bene ai terreni sabbiosi.

Poa pratensis è una specie che possiede rizomi di tipo indeterminato, una tessitura fine, un elevato potenziale rigenerativo e buona velocità di rigenerazione. Resiste bene al secco e agli estremi termici. Adatta nell'impiego in miscuglio, anche con *Festuca arundinacea*. La resistenza al calpestio è inferiore rispetto a *F. arundinacea*. Queste due specie microterme spesso possono essere impiegate in miscuglio per ottenere dei vantaggi complementari. *F. arundinacea* sarebbe la specie predominante nel miscuglio, *P. pratensis* avrebbe la funzione di insediarsi nelle zone dove *F. arundinacea* verrebbe danneggiata.

Cynodon spp. si adatta bene a molte tipologie di terreni differenti e resiste bene al calpestio. Possiede rizomi e stoloni molto resistenti. Crea tappeti erbosi molto forti e resistenti, mantenendo un aspetto denso e visivamente molto apprezzabile. La tessitura è generalmente medio-fine anche se esistono ibridi nani con tessiture finissime. Possiede radici profonde, fibrose e che si ancorano bene al suolo. È una specie ad accrescimento prostrato, si diffonde attraverso rizomi e stoloni ad accrescimento indeterminato. Appunto il suo accrescimento indeterminato la rende molto invasiva ma allo stesso tempo le fa avere delle ottime caratteristiche coprenti e di competizione rispetto altre erbe infestanti.

Paspalum vaginatum è una specie a crescita prostrata tramite rizomi e stoloni che si sviluppa principalmente in zone sabbiose e costiere, presenta caratteristiche molto simili a *Cynodon dactylon* ma si distingue soprattutto per la sua elevata resistenza a terreni e acque irrigue con elevati tassi salini.

Zoysia japonica, anche questa specie presenta una crescita prostrata tramite rizomi e stoloni, resiste molto bene alla siccità e al calpestio. Ma possiede una bassa velocità di insediamento e una ridotta velocità di crescita, quando viene danneggiata dal calpestio è lenta nel riparare il danno.

Z. japonica si dimostra meno resistente alle alte temperature e meno veloce nell'insediamento rispetto *Cynodon dactylon* (Dunn, 2004). *Z. japonica* resisterebbe bene alle basse temperature, meglio della risposta che ha *C. dactylon*, ma questo è relativamente importante perché nel contesto ambientale di Chimbote le basse temperature non sono un fattori limitante, come indicato nel primo capitolo.

Dunque *Z. japonica* viene scartata dalla scelta per la bassa velocità rigenerativa in risposta ai danni da calpestio, una minor velocità di insediamento e resistenza alle alte temperature rispetto *C. dactylon*. La scelta dovrà essere presa in base alla specie che dimostra elevata risposta rigenerativa per poter resistere ad un uso continuativo del tappeto erboso in progetto.

Le specie *F. arundinacea*, *P. pratensis*, *Cynodon* spp. e *P. vaginatum* presentano caratteristiche in grado di soddisfare i bisogni relativi alla realizzazione del giardino ricreativo. Come già ricordato, i fattori che più incideranno nella sopravvivenza delle specie sono il calpestio, in quanto il prato verrà utilizzato come luogo di gioco e di riposo dagli studenti della scuola, l'uso limitato dell'acqua e la salinità del terreno e dell'acqua.

Quindi per poter individuare quale tra *Festuca arundinacea*, *Poa pratensis*, *Cynodon dactylon* e *Paspalum vaginatum* sia la specie più adatta al contesto di Chimbote verranno confrontate rispettivamente secondo due fattori di maggior stress, quali perdite evapotraspirative e resistenza ad elevate concentrazioni saline.

3.2.1) Paragoni evapotraspirativi

In questo paragrafo verranno analizzati i dati rispetto le perdite evapotraspirative delle specie indicate nel paragrafo precedente per poter così individuare la specie che possiede il minor tasso evapotraspirativo e quindi con la maggiore resistenza alla siccità. È essenziale individuare quale tra *F. arundinacea*, *P. pratensis*, *C. dactylon* e *P. vaginatum* utilizzi meno acqua per poter così calcolare il fabbisogno idrico e infine stimare le quantità irrigue che l'istituto "Scuola Totale Padre Ugo De Censi" dovrà fornire e comprare per poter realizzare il tappeto erboso del giardino ricreativo che copre una superficie di 300 m², come spiegato nel primo capitolo .

Considerando che quasi il 98% dell'assorbimento di acqua da parte delle radici del tappeto erboso viene disperso per traspirazione attraverso le foglie, specie e cultivar in grado di ridurre al minimo la traspirazione sono quelle più adatte a resistere in condizioni di siccità (Jespersen, 2023).

Il consumo idrico dei tappeti erbosi viene valutato in base alla quantità totale di acqua necessaria per la crescita e la traspirazione (perdita d'acqua dalla foglia) più la quantità di acqua persa dalla superficie del suolo (evaporazione) (Huang, 2008). L'insieme delle perdite traspirative ed evaporative vengono chiamate perdite evapotraspirative.

I tassi di evapotraspirazione (ET) tipici vanno da 3 a 8 millimetri (mm) al giorno per specie microterme, e da 2 a 5 mm al giorno per specie macroterme (Beard e Green, 1992).

Il consumo di acqua per traspirazione rappresenta oltre il 90% della quantità totale di acqua trasportata nelle piante, con l'1-3% effettivamente utilizzato per i processi metabolici (Beard, 1973; Hopkins, 1999). I tassi di utilizzo dell'acqua variano a seconda delle caratteristiche morfologiche delle specie e delle cultivar e sono influenzati da molti fattori esterni, in particolare le condizioni ambientali.

Gli studi di Beard del 1988 analizzarono i tassi ET tramite il balance method. Il tasso venne calcolato giornalmente utilizzando dei minilistimetri.

Turfgrass species and cultivar	ET rates		
	Aug. 1982	May 1984	Sept. 1984
	mm d ⁻¹		
Buffalograss, Texas Common	5.3a*	4.6ab	4.4a
Centipedegrass, Georgia Common	5.5abc	4.7ab	4.9bc
Bermudagrass, Arizona Common	5.8bcd	4.2a	4.9bc
Bermudagrass, Tifgreen	5.4ab	4.6ab	5.2c
Bermudagrass, Tifway	5.9de	4.1a	4.9bc
Seashore paspalum, Adalayd	6.2ef	5.1b	4.7ab
Zoysiagrass, Meyer	5.8cde	4.7ab	5.6d
St. Augustinegrass, Texas Common	6.3f	4.8ab	5.6d
Zoysiagrass, Emerald	6.5f	4.9b	6.0e
Bluegrama, Common	5.7bcd	--	--
Bahiagrass, Argentine	6.3f	--	--
Tall fescue, Kentucky 31	7.1g	5.1b	--
CV	7.3	11.8	12.8

* Means with the same letter in a column are not significantly different at the $P = 0.05$ level in Duncan's multiple range test.

Tabella 5: Tassi comparativi di ET di 12 tappeti erbosi coltivati ad umidità del suolo non limitanti e condizioni culturali uniformi. (Beard et al., 1988).

Beard nei suoi studi confronta le caratteristiche morfologiche di diverse specie da tappeto erboso, e ne associa il relativo consumo ET. Secondo i suoi studi le tre varietà di *Cynodon* spp. analizzate possiedono delle ottime caratteristiche morfologiche che favoriscono una diminuzione del tasso ET. Nella tabella 5, tra le 12 specie riportate *Cynodon* spp. si posiziona tra quelle con il minor tasso di ET,

tra i 4.1 e 5.9 mm / giorno di acqua persa per evaporazione.

Questi risultati sono molto probabilmente correlati a caratteristiche morfofisiologiche di *Cynodon* spp., come pure ad una lenta velocità di estensione verticale delle foglie e la presenza di foglie strette che ha comportato un'area fogliare ridotta. Inoltre, un'elevata densità di germogli e un orientamento delle foglie piuttosto orizzontale, potrebbe aver contribuito ai bassi tassi evapotraspirativi di questa specie.

Specie con tassi di ET relativamente più bassi sono generalmente caratterizzate da un'elevata densità di germogli e un orientamento fogliare relativamente orizzontale, un'area fogliare bassa, inclusa una lenta estensione fogliare verticale e una tessitura fogliare compatta.

Table 11.1. The relative maximum evapotranspiration rates of 24 turfgrass species (Modified from Beard and Beard 2004)

Relative ranking	ET rate (mm d ⁻¹) ^a	Turfgrass species ^b
Very low	<6	*American buffalograss
Low	6 - 7	*Hybrid bermudagrass Centipedegrass *Dactylon bermudagrass *Zoysiagrass
Moderate	7 - 8.5	Hard fescue Chewing fescue Creeping red fescue Bahagrass Seashore paspalum St. Augustinegrass
High	8.5 - 10	Perennial ryegrass Kikuyugrass
Very high	>10	Tall fescue Creeping bentgrass Annual bluegrass *Kentucky bluegrass Rough bluegrass Annual ryegrass

^a The ranges of ET are based on the most widely used cultivars of each species when grown in their respective climatic regions of adaptation and preferred culture regimes.

^b Asterisk (*) indicates cultivars within these species may vary significantly.

Tabella 6: Picchi evapotraspirativi di Cynodon dactylon. (Beard e Beard, 2004).

In altri studi di Beard del 2004, dati relativi alla tabella 6, si può vedere come *Cynodon* spp. si sia posizionata nuovamente tra le specie con minor tasso ET, tra i 6 e 7 mm giornalieri, superando in efficienza *Paspalum vaginatum*, *Festuca arundinacea* (Tall fescue) e *Poa pratensis* (Kentucky bluegrass).

La *F.arundinacea* ha i tassi di ET più alti, questo può essere associato al suo metabolismo fotosintetico C-3, orientamento fogliare abbastanza eretto, rapido tasso di estensione

fogliare.

Quindi *F.arundinacea* e *P.pratensis* verranno escluse dalla scelta perché dimostrano dagli studi tassi evapotraspirativi maggiori rispetto *C.dactylon* e *P.vaginatum*.

Dopo questo confronto emerge che anche le specie microterme scartate inizialmente (*F.rubra*, *F.ovina* e *L.perenne*) rientrano nelle categorie di specie con maggior consumo d'acqua, ulteriore conferma della loro eliminazione dalla scelta.

3.2.2) Paragoni di resistenza alle concentrazioni saline sopra la norma

Sulla base di quanto precedentemente detto, *Cynodon* spp. sembra essere la specie più adatta al progetto in studio ma i suoi consumi sono molto simili a quelli di *P.vaginatum*. Per questo motivo ora si confronteranno le due specie secondo la resistenza alla salinità. È importante poter utilizzare una specie da tappeto erboso resistente ad elevate concentrazioni saline, in quanto si presuppone che l'elevata evapotraspirazione e siccità della costa chimbotana unito all'impiego di acque di riciclo siano fattori che potrebbero influire molto sulla salute e qualità del tappeto erboso del giardino ricreativo. Attualmente non si possiedono dati precisi sulla salinità del terreno di progetto a Nuovo Chimote, per questo preventivamente si consiglia di utilizzare una specie in grado di sopportare elevate concentrazioni saline del suolo e dell'acqua.

Elevati livelli salini possono verificarsi per diversi motivi. Alcune aree possiedono terreni naturalmente salini. Altre aree vicino agli oceani potrebbero soffrire di intrusioni di acqua salata. Le aree con tassi di evaporazione estremamente elevati sono anche soggette all'accumulo di sali lasciati dall'acqua di irrigazione. Inoltre, l'acqua riciclata o bonificata o di scarsa qualità per l'irrigazione può contenere elevate concentrazioni di sali disciolti. Infine, il sale in eccesso può derivare da pratiche di gestione colturale. Sebbene molti sali diversi ad alte concentrazioni possano danneggiare una pianta, il sodio è quello più ampiamente studiato in termini di stress salino (Liu et al., 2023). Quando le piante sono esposte a livelli elevati di sale, si verifica una tipica diminuzione della crescita e dell'allungamento delle foglie, seguito dalla disidratazione delle foglie e dall'eventuale morte della pianta (Liu et al., 2023). Attualmente, esistono differenti varietà in commercio di *P.vaginatum* e *Cynodon* spp. selezionate per essere particolarmente resistenti ad elevate concentrazioni saline, come ad esempio la varietà 'Celebration®' di *Cynodon* spp. e 'SeaStar' di *P. vaginatum*.

Secondo degli studi di Chavarria et al., 2019 viene indicato come la varietà 'Celebration®' raggiunga una resistenza alla salinità paragonabile se non leggermente migliore delle varietà di *P.vaginatium*. Questa varietà di *Cynodon* spp. è in grado di conservare un'ottima qualità del tappeto erboso dopo l'esposizione ad elevati tassi salini. Gli studi sono stati effettuati tramite l'impiego di un sistema di subirrigazione, quindi paragonabile al contesto di questo progetto che prevede l'uso di un sistema irriguo interrato.

I risultati fanno riferimento ad un contesto di un sistema subirrigato senza stress da siccità che veniva svuotato regolarmente, e dove solamente i tessuti interrati venivano esposti allo stress salino.

È difficile assegnare una soglia di resistenza alla salinità precisa per ciascuna cultivar. Il risultato degli studi dice che varietà come 'SeaStar' e 'Celebration®' hanno mantenuto una qualità accettabile di tappeto erboso fino ad intervalli di salinità tra 15 e 30 dS·m⁻¹ (Chavarria et al., 2019).

Le specie da tappeto erboso macroterme con metabolismo C4 sono spesso più capaci di adattarsi e sopravvivere allo stress salino rispetto alle specie microterme con metabolismo C3.

Le specie *Cynodon dactylon*, *C. transvaalensis* cv. 'Tifway', *Cynodon dactylon* cv. 'Celebration®', e *Paspalum vaginalum* cvs. "Sea Isle 1" e "SeaStar" hanno mantenuto una buona qualità visiva del tappeto erboso entro i range di 15 dS·m⁻¹ (Liu et al., 2023).

Dunque per il progetto del tappeto erboso del giardino ricreativo di Chimbote viene consigliato l'impiego di *Cynodon dactylon* cv 'Celebration®', in quanto possiede ottime caratteristiche di resistenza alla salinità paragonabili alle varietà di *P.vaginatium*, ma maggiore efficienza evapotraspirativa.

Infine, *Cynodon* spp. negli studi di Trenholm et al., 1999, viene paragonata a *P.vaginatium* per individuare quale tra queste due specie risulti più resistente al calpestio.

I risultati dello studio indicano che delle varietà *P.vaginatium* si avvicinano molto alla resistenza al calpestio che dimostra *Cynodon*, nonostante ciò entrambe rispondono bene allo stress alle quali sono sottoposte, mantenendo range di ripresa vegetativa simili. Però *Paspalum vaginalum* rimane tutto ora meno diffuso ed utilizzato in commercio rispetto *Cynodon* spp., che sarà definitivamente la specie consigliata per l'impiego nel tappeto erboso del giardino ricreativo.

3.3) Aiuole, bordure e piccole alberature

Nel progetto del giardino ricreativo verranno inserite anche aiuole, bordure e piccole alberature, che faranno da cornice al tappeto erboso di *Cynodon dactylon* cv 'Celebration®'. Le specie e lo stile scelto per la progettazione di questa parte dell'area verde si riferirà ai principi dello *xeriscaping*.

Nella figura 21 e 22 vengono mostrate la vista 3D e la planimetria con le rispettive etichette dei nomi delle 14 specie consigliate, che sono poi descritte nel paragrafo successivo tramite delle schede descrittive. Le etichette dei nomi indicano il gruppo o la singola pianta a scopo rappresentativo anche degli altri esemplari della stessa specie inserita nel progetto.

Si è optato per una distribuzione mista con piante a gruppi ed altre ad esemplare singolo. Basandosi sullo stile dello *xeriscaping* e dei *drygardens*. L'obiettivo non è quello di saturare lo spazio disponibile nelle aiuole, ma lasciare appositamente zone vuote per aumentare e valorizzare le piante scelte. Il numero di piante disposte è limitato anche in vista del risparmio dell'acqua impiegata per l'irrigazione. Il suolo di coltivazione delle aiuole dopo che verrà ammendato con compost, sarà ricoperto da un telo di tessuto non tessuto, per limitare lo sviluppo di erbe infestanti e ridurre l'evaporazione superficiale dell'acqua. Gran parte della superficie delle aiuole che rimarrà incolta verrà coperta con ghiaio colorato e pietre di fiume lavate.

L'area verde presenta due accessi, il principale è di dimensioni maggiori, ed è coperto da una pergola metallica realizzata in modo da permettere lo sviluppo delle specie rampicanti di *Bougainvillea spectabilis* così da creare una copertura verde che favorisca l'ombra e il riposo. Al di sotto del pergolato sono state inserite due grandi panchine. Nel progetto vi sono anche quattro piccoli alberi

posti ai margini dell'area in modo che non vadano ad ombreggiare il tappeto erboso e abbiano il giusto spazio per svilupparsi.

L'ambiente desertico di Chimbote offre vantaggi e svantaggi, come spiegato nel primo capitolo, le temperature sono mediamente alte e costanti e gli eventi piovosi sono molto rari. Il Perù presenta un grado di biodiversità elevatissimo, grazie alle tre regioni climatiche nel quale si divide, la costa, la zona andina e la selva amazzonica. La sua vastità territoriale ed orografica fa sì che questo paese sia molto ricco di specie vegetali adattate a climi estremamente diversi tra loro. Tra queste, vi sono anche specie xerofile.

Ciononostante, la scelta verrà indirizzata verso le piante che agronomicamente si dimostrano più adatte al sito di progetto, utilizzando anche specie non autoctone. Uno dei motivi per i quali non verranno scelte solo le specie autoctone è dato dal fatto che queste non sono di così facile reperibilità nei vivai lungo la costa Chimbotana.

La dottoressa Sabogal (2021) nei suoi studi fatti a Lima, città con clima simile a quello di Nuova Chimbote, dice che la città ha pochissime specie autoctone, quando si studiano parchi e giardini è difficile pensare a specie autoctone, la scelta delle specie è normalmente basata sulla moda, e questa fa riferimento a specie non autoctone, ma specificatamente introdotte per motivi ornamentali. Cambiare questa abitudine è molto difficile.

Un altro problema deriva dal fatto che molte specie autoctone, specialmente quelle degli altipiani, sono difficili da allevare, oppure, non sono stati fatti molti sforzi per farlo. Inoltre, le piante delle zone aride hanno radici profonde e quindi non sono adatte alla città, che hanno suoli poco profondi. Quelle degli altipiani, invece, non si adattano facilmente agli ambienti più caldi. Infine, le piante della selva non sono comuni e la maggior parte di esse necessita di annaffiature frequenti (Sabogal, 2021). Secondo quanto detto, la dottoressa, ritiene che le specie non dovrebbero essere selezionate principalmente perché autoctone, ma per le loro caratteristiche agronomiche.

Gli arbusti potrebbero essere una scelta perfetta per delimitare un campo da calcio o separare un'area giochi. Questi, però, in questo contesto non dovrebbero essere densi in modo che si mantenga la visibilità. Poiché gli arbusti possono avere un'altezza compresa tra 50 cm e 3-4 m, lo spazio in cui verranno piantati dovrebbe essere esaminato, considerando che le radici occuperanno almeno un terzo del volume della parte aerea della pianta.

Gli arbusti possono essere selezionati in base al colore e la tessitura delle loro foglie o il colore e la fragranza dei fiori così come la combinazione di colori di foglie e fiori (Sabogal 2021).

Qui di seguito vengono mostrate le specie consigliate e la loro disposizione nel sito.

3.3.1) Lista di specie consigliate e relative schede descrittive

In questo paragrafo si trova la lista delle 14 specie consigliate e le schede descrittiva di ogni pianta.

Tappezzanti(4):

- *Cyanotis somaliensis*,
- *Tradescantia spathacea*,
- *Kalanchoe* spp,
- *Crassula ovata*.

Perenni(2):

- *Salvia gregii*,
- *Salvia leucantha* .

Perenni succulente(2):

- *Euphorbia rigida*,
- *Euphorbia lomelii*.

Succulente(3):

- *Echinocactus grusonii*,
- *Agave attenuata*,
- *Hesperaloe funifera*.

Rampicanti(1):

- *Bougainvillea spectabilis*.

Alberi(2):

- *Parkinsonia praecox*,
- *Neltuma pallida*.

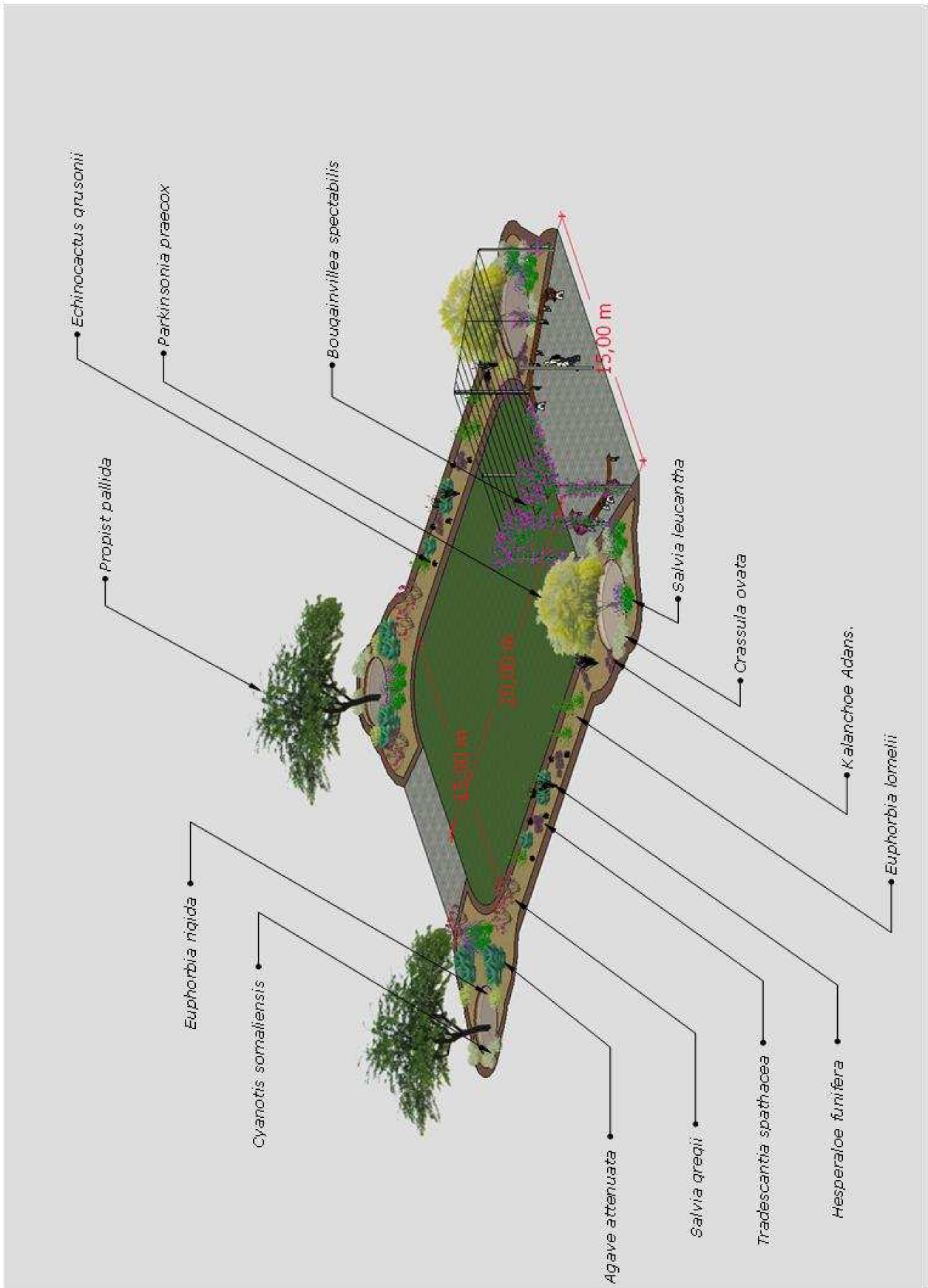


Fig 21. Prospettiva 3D del giardino ricreativo, con relative etichette delle specie consigliate per le bordure, aiuole e per gli alberi di piccole dimensioni (Sketchup, 2023®).



Fig 22: Planimetria del giardino ricreativo, con relative etichette delle specie consigliate per le bordure, aiuole e per gli alberi di piccole dimensioni (Sketchup, 2023®).

Tappezzanti

FOTO:



Genere Specie: *Cyanotis somaliensis*
C.B.Clarke

Nome comune: Tradescanzia di somalia

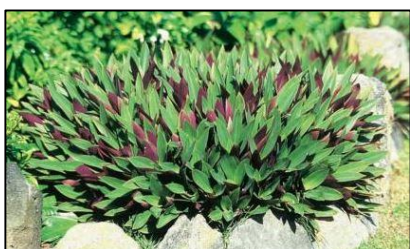
Famiglia: Commelinaceae

Descrizione: Forma un tappeto denso fino a 15 cm di altezza e si espande in larghezza tappezzando il suolo nel quale radica. Questa tappezzante fornisce anche un efficace controllo dell'erosione. I suoi piccoli fiori sono di un viola pallido e si sviluppano ben al di sopra del fogliame. Pianta originaria del Kenya, Somalia e Yemen, ora ormai diffusa in tutto il mondo. *C. somaliensis* è una pianta adatta per il drygarden. Richiede un terreno ben drenato e un luogo in pieno sole. È resistente al vento, al caldo e alla siccità. Adatta all'uso in giardini costieri (Watersmart Garden).

Esposizione: Pieno sole.

Uso dell'acqua: Limitato, si effettua l'irrigazione al bisogno. Non tollera ristagni né eccessi idrici.

FOTO:



Genere Specie: *Tradescantia spathacea*
Sw

Nome comune: Tradescanzia, erba
miseria

Famiglia: Commelinaceae

Descrizione: Raggiunge 60 cm di altezza. Questa pianta tropicale americana succulenta mostra una moderata tolleranza alla siccità ed è resistente al vento e al caldo. Cresce rapidamente se il terreno è ben drenato. Può crescere anche in zone leggermente ombreggiate, ma il suo colore viene esaltato in pieno sole. Esistono anche varietà con strisce continue verdi e gialle, *T. spathacea* 'Variegata', così come *T. spathacea* 'Tricolor' con strisce verdi, rosa e gialle, e *T. spathacea* 'Compacta Tricolor', una varietà a forma più

compatta. Più comunemente viene coltivata la sua forma nana denominata come *T. spathacea* "Dwarf". Questa specie è adatta per realizzare buone coperture per sponde e terreni, bordure colorate o per essere coltivata in vaso (Watersmart Garden).

Esposizione: Pieno sole.

Uso dell'acqua: Limitato, si effettua l'irrigazione al bisogno. Non tollera ristagni né eccessi idrici.

FOTO:



Genere: *Kalanchoe* Adans. spp

Nome comune: Varia in base alla specie

Famiglia: Crassulaceae

Descrizione: Kalanchoe è un genere di piante succulente della famiglia delle Crassulaceae che conta circa 125 specie con un'area di distribuzione molto ampia anche se principalmente dall'Africa continentale orientale, Madagascar, Brasile e alcune regioni nell'area tropicale. Si sviluppa in terreni ben drenati anche dove l'area rimane relativamente asciutta. Molte specie sono pioniere e tendono ad essere infestanti. I fiori sono di solito riuniti in grappoli e sono piccoli, con quattro petali che sbocciano in tempi variabili a seconda della specie. Il terreno deve essere ben drenato e ammendato con un po' più torba rispetto a quello solitamente utilizzato per le cactacee (lacasadellegrasse.it).

Esposizione: Pieno sole.

Uso dell'acqua: Limitato, si effettua l'irrigazione al bisogno. Non tollera ristagni né eccessi idrici.

FOTO:



Genere Specie: *Crassula ovata* (Mill.)

Nome comune: Crassula ovata

Famiglia: Crassulaceae

Descrizione: *Crassula ovata* è di origine sudafricana, ha l'aspetto di un arbusto con portamento eretto. I suoi steli, spessi e dalla consistenza carnosa, si ramificano creando una chioma tondeggiante. Le foglie, ovali, misurano circa 4 cm di lunghezza e appaiono anch'esse turgide, per la grande quantità di acqua che contengono. Il loro colore è verde

chiaro, ma spesso il bordo ha sfumature rossastre. Pur trattandosi di una succulenta ha una crescita mediamente veloce. Preferisce terreni sabbiosi, ghiaiosi, poveri e ben drenati (Horticulture Unlimited Inc).

Esposizione: Pieno sole.

Uso dell'acqua: Limitata, occasionale, evitare eccessi idrici.

Perenni

FOTO:



Genere Specie: *Salvia gregii* A.Gray

Nome comune: Salvia autunnale

Famiglia: Lamiaceae

Descrizione: La salvia autunnale è originaria del Texas occidentale e di alcune parti del Nuovo Messico e dell'Arizona meridionale. È un piccolo arbusto sempreverde che cresce fino a circa 1 metro di altezza e 1 di larghezza. Possiede piccole foglie verde scuro. I fiori sono appariscenti e lunghi 3 cm circa, appaiono apicalmente sui rami erbacei lunghi dai 15 ai 30 cm in primavera, estate ed autunno. *S. gregii* possiede un'ampia gamma di colori di fiori, tra cui rosso, rosa, fucsia, viola, arancione, giallo e bianco. Le varietà a fiore rosa caldo e fucsia sono le più tolleranti al calore. Le sue dimensioni compatte, le ricche foglie verdi, il lungo periodo di fioritura e la profusione di fiori che attirano i colibrì hanno reso questo piccolo arbusto un elemento molto utilizzato nei dry gardens. Questa pianta è adatta ad essere utilizzata anche in vaso.

S. gregii cresce meglio se posizionata in pieno sole e in un terreno che abbia un buon drenaggio. Può essere irrigata ogni 4-6 giorni durante l'estate e ogni 7-10 giorni in inverno. La potatura è bene eseguirla a metà estate e a fine inverno per rimuovere eventuali rami danneggiati o secchi in modo da rinvigorire la pianta. La potatura estiva favorisce una seconda fioritura più abbondante (Horticulture Unlimited Inc.).

Esposizione: Pieno sole, ma anche in leggera ombra.

Uso dell'acqua: Limitata, aumenta nei periodi estivi.

FOTO:**Genere Specie:** *Salvia leucantha* Cav.**Nome comune:** Salvia messicana**Famiglia:** Lamiaceae

Descrizione: Questa pianta erbacea originaria dell'America centrale e del Messico cresce in una forma cespugliosa fino a 1,5 metri di altezza e larghezza. Possiede steli, sottili e arcuati che hanno un fogliame morbido, dal verde grigiastro all'argentato, dall'aspetto rugoso. Produce infiorescenze allungate. I grappoli viola emettono fiori bianchi. Usata come pianta per bordi, e aiuole. Ama il pieno sole, necessario per accentuare il suo magnifico colore, ma tollera l'ombra leggera. Richiede un'irrigazione supplementare durante la stagione di crescita, ma si può lasciare asciugare il terreno tra un'irrigazione e l'altra. *S. leucantha* non ama essere annaffiata eccessivamente. Preferisce terreni ben drenanti e leggermente alcalini. Questa pianta ha bisogno di molto spazio per crescere e preferisce una buona potatura all'inizio della primavera per mantenere la sua forma ed evitare che diventi troppo pesante quando fiorisce (Horticulture Unlimited Inc).

Esposizione: Pieno sole.**Uso dell'acqua:** Limitata, irrigare al bisogno, evitare eccessi idrici.**Perenni succulente****FOTO:****Genere Specie:** *Euphorbia rigida*
M.Bieb.**Nome comune:** Euphorbia rigida**Famiglia:** Asparagaceae

Descrizione: Questa perenne sempreverde originaria del Sud Africa e della regione mediterranea cresce fino a circa 60 cm di altezza e a 90 cm di larghezza. Possiede foglie attraenti, strette, appuntite, blu-verdi e affilate. Produce grappoli arrotondati di brattee di

fiori gialli che compaiono all'estremità di ciascun ramo all'inizio della primavera. I fiori diventano verdastri mentre invecchiano. Questa fioritura da fine inverno a inizio primavera aggiunge un grande accento al paesaggio. Dopo la fioritura, gli steli principali muoiono e dal centro della pianta appaiono nuovi germogli. *E.rigida* è adatta alla coltivazione in vaso o come pianta bassa in combinazione con altre specie adattate al clima desertico. Adatta anche come bordura. *E.rigida* si risemina spontaneamente nei paesaggi desertici dopo i monsoni estivi. Ha una crescita che varia tra moderata a veloce. Adatta in pieno sole o in ombra parziale. Sebbene resistente alla siccità, preferisce l'irrigazione supplementare durante la stagione calda. Cresce su qualsiasi terreno purché ben drenante. Dopo la fioritura i fiori possono essere potati (Horticulture Unlimited Inc).

Esposizione : Pieno sole.

Uso dell'acqua: Molto limitato, occasionale in periodi molto torridi, non sopporta ristagni idrici.

FOTO:



Genere Specie: *Euphorbia lomelii* V.W.Steinm.

Nome comune: Euphorbia lomelii

Famiglia: Euphorbiaceae

Descrizione: Questa pianta è originaria della penisola di Baja e della Sonora nordoccidentale, in Messico, dove cresce sui pendii e nelle pianure desertiche. Questa succulenta è a crescita lenta, si riconosce dai suoi fiori rosso vivo. La pianta cresce eretta e compatta, si sviluppa in altezza e in larghezza 180 cm, con piccoli steli a forma di matita. Quando si spezza o si pota il fusto viene emessa una linfa lattiginosa. Ha foglie minuscole e grigie, ma cadono rapidamente quando la pianta è stressata dall'umidità. Questa pianta è resistente alla siccità, ma richiede un'irrigazione occasionale durante periodi caldi e secchi, si adatta bene a terreni ben drenati. Preferisce essere piantata in pieno sole o in leggera ombra. E' adatta anche per la coltivazione in vaso, in vicinanza di muri e sotto ad alberi (Horticulture Unlimited Inc).

Esposizione: Pieno sole.

Uso dell'acqua: Molto limitato, occasionale in periodi molto torridi.

Succulente

FOTO:



Genere Specie: *Echinocactus grusonii*
Hildm.

Nome comune: Cactus botte d'oro

Famiglia: Cactaceae

Descrizione: Questa specie di cactus originaria del Messico centrale da San Luis Potosi a Hidalgo ha un aspetto sferico e si riconosce per il suo magnifico colore che deriva dalle nervature gialle verticali che ne rivestono i bordi. Le spine di *E.grusonii* grazie alla loro tipica colorazione sono uno punto di luce nei paesaggi nei quali vengono inserite. È una specie rara e in via di estinzione. Cresce lentamente e può raggiungere fino ai 90 cm di altezza e 60 cm di larghezza. Raggiunta la maturità biologica, in primavera compaiono i fiori gialli sulla sommità della pianta, seguiti dai frutti. Può essere coltivato anche in vaso o piantato in gruppi nei dry garden rocciosi. *E.grusonii* è resistente alla siccità, richiede un innaffiatura una volta al mese durante la stagione calda e secca. Non necessita di alcuna irrigazione durante i mesi invernali. Richiede un terreno ben drenato. Preferisce il pieno sole o posizioni all'ombra filtrata (Horticulture Unlimited Inc).

Esposizione: Pieno sole, anche in leggera ombra.

Uso dell'acqua: Molto limitato, irrigare 1 volta al mese, non sopporta ristagni idrici.

FOTO:



Genere Specie: *Agave attenuata*

Nome comune: Agave coda di volpe

Famiglia: Asparagaceae

Descrizione: Originaria del Messico tropicale, questa agave sviluppa una rosetta di foglie succulente, grigio-verdi, senza spine dorsali, lunghe fino a 70 cm, portate su un tronco che

può raggiungere 1,5 m di altezza. Preferisce pieno sole e un terreno ben drenato, ma tollera i terreni poveri, la siccità, il sale e il vento. È anche resistente al fuoco. Nello xeriscaping offre un accento luminoso. È disponibile una forma variegata, *A. attenuata* 'Variegata'. Presenta foglie striate di giallo. Ci sono molte specie di agave a disposizione dello xeriscaper, quasi tutte dotate di spine sulle punte e lungo i lati delle foglie (Watersmart Garden).

Esposizione : Pieno sole.

Uso dell'acqua: Molto limitato, irrigare ogni 3 settimane.

FOTO:



Genere Specie: *Hesperaloe funifera* (K.Koch) Trel.

Nome comune: Falsa yucca del nuovo messico

Famiglia: Asparagaceae

Descrizione: Questo eccellente sempreverde a crescita lenta è originario del deserto di Chihuahuan, nel Messico. Ha un'abitudine di crescita eretta. Produce foglie verdi rigide e strette che formano un ciuffo verticale che raggiunge i 1,5 metri di altezza e larghezza. I margini delle foglie hanno fibre bianche e fibrose che si staccano man mano che la pianta matura. In estate sviluppa un gambo floreale, bianco-verdastro che spunta dal centro. I suoi fiori non sono particolarmente appariscenti e dopo la fioritura producono capsule legnose con semi piatti e neri. Usata per il suo fogliame come pianta desertica. Usato anche come arbusto stradale (Horticulture Unlimited Inc).

Esposizione: Pieno sole.

Uso dell'acqua: Molto limitato.

Arrampicanti

FOTO:



Genere **Specie:** *Bougainvillea* **Nome comune:** Bougainville
spectabilis Willd.

Famiglia: Nyctaginaceae

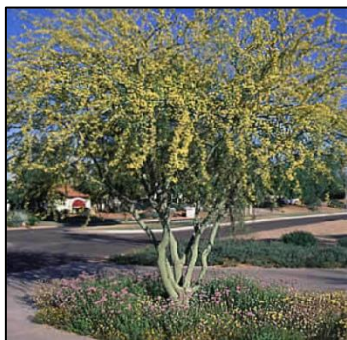
Descrizione: La bouganville è piantata in tutto il mondo nelle zone tropicali e subtropicali per il colore spettacolare dei suoi ibridi. La specie *B. spectabilis*, è originaria dal Brasile, cresce fino a 15 metri, è viola mentre gli ibridi variano di colore dal bianco al rosa, arancione, oro, viola, lavanda e bicolori. Esistono ibridi a “fiore doppio” e con fogliame variegato. La potatura e le concimazioni regolari migliorano la fioritura. Sono moderatamente resistenti alla siccità, al sale e al vento e si comportano bene in una varietà di terreni con un buon drenaggio. La bouganville viene utilizzata come copertura per un grande pergolato, come copertura di un argine o come siepe alta e protettiva. E’ anche popolare come esemplare in vaso o in vasca. Se non sufficientemente annaffiato, tutto il fogliame cade (Watersmart Garden).

Esposizione: Pieno sole

Uso dell’acqua: Medio, aumenta durante il periodo di fioritura, evitare ristagni idrici.

Alberi

FOTO:



Genere Specie: *Parkinsonia*
praecox (Ruiz & Pav.) Hawkins

Nome comune: Palo brea

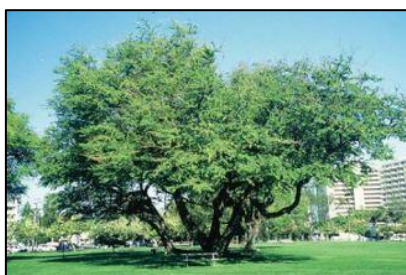
Famiglia: Fabaceae

Descrizione: Questo albero o arbusto è originario dalla Patagonia Argentina e arriva fino al deserto dell'Arizona. Raggiunge un'altezza dai 5 e 6 metri. Possiede una chioma ampia, aperta e diffusa, che lo rende una specie molto adatta all'ombreggiamento. È molto resistente alla siccità è perfetto per lo xeriscaping e giardini bassi nel deserto, dove può essere messa in risalto la sua unicità del carattere contorto e irregolare del suo tronco. Sviluppa dei fiori gialli riuniti in grappoli. I fiori sono seguiti da baccelli di colore marrone chiaro. *P. praecox* cresce meglio in terreni profondi e ben drenati, non adatto allo sviluppo in un prato, perché non ama le annaffiature frequenti e poco profonde (Horticulture Unlimited Inc).

Esposizione: Pieno sole.

Uso dell'acqua: Molto limitato, irrigare ogni 3 / 6 giorni in base alla stagione.

FOTO:



Genere Specie: *Neltuma pallida*
(Humb. & Bonpl. ex Willd.) o
Prosopis pallida

Nome comune: Kiawe o guarango,
Huarango

Famiglia: Fabaceae

Descrizione: È un albero originario delle zone aride del Perù settentrionale può raggiungere gli 8-20 metri di altezza. Fiorisce in zone calde e secche, in pieno sole e su terreno ben drenato. Questa acacia producendo ombra consente la crescita di altre xerifite sotto la sua chioma. La sua attraente corteccia è solcata, contorta e ruvida. Il suo legno è pesante. La maggior parte degli alberi di questo genere hanno spine acuminate. Fortunatamente per lo xeriscaper, esiste una forma senza spina che si propaga facilmente per talea o margotta. Resiste al caldo, alla siccità e moderatamente tollerante al sale e al vento (Watersmart Garden). È una specie che fissa l'azoto e può competere con altre piante, specialmente lungo le valli secche e le aree con una falda freatica alta. *P. pallida* è stata identificata anche come la specie di *Prosopis* con il maggior potenziale nei tropici secchi come albero da

frutto, foraggio, e legname. Tutte le specie di *Prosopis* sono in grado di sopravvivere in aree con precipitazioni annuali eccezionalmente basse o periodi di siccità molto lunghi, ma solo se le radici sono in grado di attingere all'acqua sotterranea o ad un'altra fonte d'acqua permanente entro i primi anni. Essendo adattato ai climi aridi e semi-aridi, la germinazione e l'insediamento di *P. pallida* avviene generalmente durante la breve stagione delle piogge e le piantine devono essere sufficientemente annaffiate per sopravvivere alla prima stagione secca (CABI Compendium, 2017). *P. pallida* cresce bene in aree con scarse precipitazioni, può sopravvivere in aree con precipitazioni annuali di 50-250 mm (FAO, 1997).

Esposizione: Pieno sole.

Uso dell'acqua: Limitata, mantenere terreno umido soprattutto nei primi anni di vita.

CAPITOLO 4 - USO DELL'ACQUA E COSTI

4.1) Fabbisogno idrico e stime evapotraspirative del tappeto erboso

In questo capitolo verranno brevemente analizzati i dati rispetto le perdite del tappeto erboso di *Cynodon dactylon*. Perché si presuppone che il tappeto erboso sarà la zona del progetto che consumerà la maggior quantità d'acqua e di conseguenza sarà l'elemento che inciderà maggiormente sull'aumento o diminuzioni dei costi di gestione del giardino ricreativo. La quantità di acqua utilizzata durante l'irrigazione deficitaria può essere calcolata in base all'effettivo tasso di evapotraspirazione (ET), ossia calcolando le perdite d'acqua della pianta si stimano i quantitativi di acqua irrigua da fornire in modo da reintegrare la perdita. Esistono vari metodi per il calcolo dell'ET, ad esempio utilizzando un evaporimetro, o tramite dei lisimetri. Però attualmente, si sono sviluppati dei modelli matematici (o equazioni di Penman-Monteith) per stimare l'evapotraspirazione potenziale (ETP) o utilizzando dati climatici di radiazione solare, velocità del vento, umidità relativa e temperatura.

L'ETP è un punto di partenza per stimare l'irrigazione necessaria per il tappeto erboso moltiplicando per il coefficiente colturale (Kc) della specie impiegata.

Il Kc per il tappeto erboso è strettamente legato alla specie ed in particolare al gruppo di appartenenza (macro o microterme), l'altezza di taglio e la qualità desiderata del tappeto erboso.

Quindi per calcolare il tasso di perdita evapotraspirativa ci si baserà sulle equazioni di Penman e si adatteranno i valori tramite il Kc di *Cynodon dactylon*.

Alcuni studi effettuati da Biran et al. nel 1981 riportano che le specie microterme consumano il 45% di acqua in più delle macroterme. Inoltre, si osservò che le specie con crescita elevata e sviluppo poco compatto tendevano ad avere elevati tassi di evapotraspirazione mentre specie più dense, a bassa crescita tendevano ad avere tassi evapotraspirativi minori.

L'ET specifica del tappeto erboso, detto anche evapotraspirazione colturale (ETc), rispetto all'evapotraspirazione di riferimento (ET0) fa riferimento ad un coefficiente di coltura (Kc, dove $Kc = ETc/ET0$), che può essere utilizzato insieme ai dati ET0 specifici del sito per fornire una pianificazione dell'irrigazione in base all'utilizzo dell'acqua (Allen et al., 1998).

L'ET0 viene generalmente stimato utilizzando i dati della stazione meteorologica e l'equazione di Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

È importante capire che l'ET0 è una quantità ipotetica di evapotraspirazione, in una particolare area in qualsiasi momento. L'effettiva evapotraspirazione, o utilizzo dell'acqua da parte delle colture, sarà diversa dall'ET0.

L'ET0 è espresso in millimetri (mm) o pollici (in) per ora o giorno.

La FAO lo definisce come “la quantità di acqua persa da una superficie coltivata in unità di profondità dell'acqua”.

Crop Water Use

Crop water use is directly related to ET. The crop's water use can be determined by multiplying the reference ET₀ by a crop coefficient (K_c). The crop coefficient adjusts the calculated reference ET₀ to obtain the crop evapotranspiration ET_c. Different crops will have a different crop coefficient and resulting water use.

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad \text{(Equation 1)}$$

Where ET₀ = calculated reference ET for grass (mm)
available from www.farmwest.com

K_c = crop coefficient
ET_c = crop evapotranspiration or crop water use (mm)

Fig 23. Formula di calcolo dell'evapotraspirazione colturale (ETc), (Water conservation factsheet British Columbia, 2001).

Un millimetro (mm) è anche definito come un litro d'acqua per un metro quadrato di superficie. Quindi, un ET0 di 1 mm al giorno significa che 1 litro di acqua è stato trasferito nell'atmosfera da 1 m² di terreno o di area coltivata (Implexx.io).

Millimetri e pollici possono essere convertiti e scambiati in modo che l'interpretazione possa essere effettuata sulle stesse unità di misura. Ecco le conversioni:

1 Millimetro (mm) = 1 Litro/Area (l/m²)

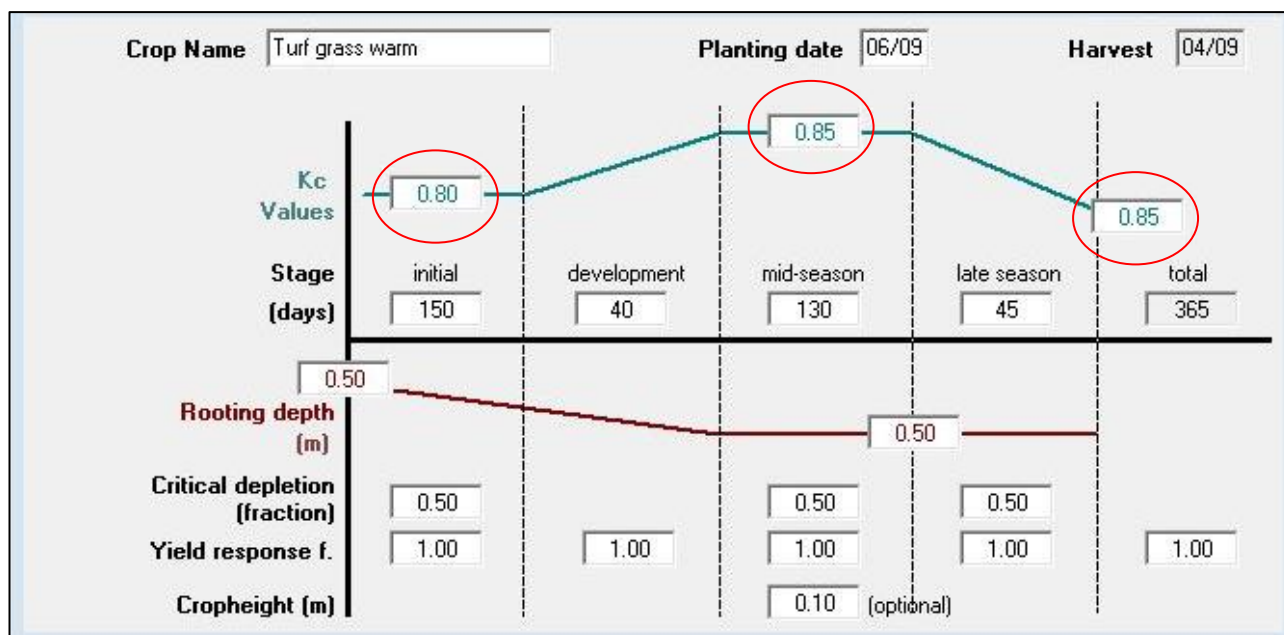
Utilizzando la formula di calcolo dell'ETc si può risalire ai litri di acqua di impiegare per la superficie da coprire, pari a 300 m².

Per ottenere l'evapotraspirazione di confronto facciamo riferimento ai dati ottenuti tramite CropWat per la stazione di Lima e alle tabelle di tasso evapotraspirativo presenti nel paragrafo 3.2.1. CropWat è un software fornito e realizzato dal dipartimento Land and Water Division della FAO (Food and agriculture Organization of the United Nations).

Tabella 7. Valori dell'evapotraspirazione calcolati tramite dati CLIMWAT e processati attraverso il software CropWat.

Country	Location 82		Station	LIMA				
Altitude	136	m.	Latitude	12.01	°S	Longitude	77.01	°W
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo	
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day	
January	18.9	27.8	90	233	5.1	18.1	3.43	
February	19.4	28.3	86	199	6.0	19.5	3.91	
March	18.9	28.3	85	199	6.2	19.1	3.86	
April	17.2	26.7	88	199	5.8	16.9	3.24	
May	15.6	23.3	97	173	3.9	12.7	2.10	
June	13.3	20.0	99	138	1.4	8.8	1.42	
July	12.2	19.4	97	173	1.0	8.5	1.37	
August	11.1	18.9	100	199	0.9	9.3	1.34	
September	12.2	20.0	97	199	1.4	11.1	1.70	
October	12.2	21.7	97	199	2.5	13.6	2.13	
November	13.3	23.3	97	233	3.7	15.8	2.48	
December	13.3	25.5	100	233	4.8	17.6	2.72	
Average	14.8	23.6	94	198	3.6	14.3	2.47	

Tabella 8. Valori di coefficiente colturale Kc ottenuti tramite CropWat.



Nei dati ottenuti da CropWat l'ET_o è intorno ai 2,47 mm giornalieri.

Tramite CropWat possiamo selezionare una specie di riferimento per ottenere dei dati rispettivamente al K_c. Selezionando “turf grass warm” ossia tappeti erbosi macrotermi, otteniamo un K_c medio di 0.85. In uno studio condotto nel 2017, Colmer e Barton hanno osservato che *Cynodon* spp. presenta valori simili a quelli ottenuti con il CropWat, anche se il programma acquisisce dati sottostimati in quanto non utilizza un riferimento ad una specie precisa.

Su *Cynodon* spp. si possono apprezzare valori medi di ET_c e valori medi di K_c, distinti tra situazioni di buona irrigazione e in situazioni di deficit idrico.

In particolare i dati ET_c indicano una media di 5,51 mm /giorno in situazioni di buona idratazione e 3,81 mm /giorno, in caso di deficit idrico.

Tabella 9. Valore dell'evapotraspirazione colturale (ET_c) riferito agli studi di Colmer and Barton del 2017.

Table 1. Daily evapotranspiration rates (ET_c, mm d⁻¹) for various warm-season turfgrass species under well-watered and deficit irrigation during late spring to early autumn. Data for well-watered conditions are from Stewart and Mills (1967), Stewart et al. (1969), Kneebone and Pepper (1982), Feldhake et al. (1983), Kneebone and Pepper (1984), Kim and Beard (1988), Atkins et al. (1991), Green et al. (1991), Beard et al. (1992), Carrow (1995), Qian et al. (1996), Fu et al. (2004), Zhang et al. (2007), Jia et al. (2009), McGroary et al. (2011), and Wherley et al. (2015). Data for deficit irrigation are from Mantell (1966), Tovey et al. (1969), Garrot and Mancino (1994), Carrow (1995), Zhang et al. (2007), Barton et al. (2009), and Bijoor et al. (2014).

Turfgrass species	No. values	No. study sites	ET _c	
			Mean	Range
mm d ⁻¹				
Well-watered†				
Bahiagrass	9	4	4.40	3.12–6.30
Bermudagrass	34	11	5.51	2.44–10.53
Bermudagrass + ryegrass	3	1	7.50	7.15–7.70
Bermudagrass + St. Augustinegrass	2	1	3.82	3.80–3.85
Blue grama	1	1	5.70	NA‡
Buffalograss	6	4	4.90	4.17–6.14
Centipedegrass	4	2	4.72	3.94–5.50
Japanese lawngrass	17	8	4.83	2.90–7.60
Manilagrass	3	1	4.02	3.10–4.85
Seashore paspalum	2	1	5.55	4.90–6.20
St. Augustinegrass	15	6	4.55	2.96–7.25
Deficit irrigation§				
Bermudagrass	13	4	3.81	2.97–4.60
Buffalograss	1	1	2.49	NA
Centipedegrass	2	1	5.02	4.85–5.19
Japanese lawngrass	3	2	3.07	2.17–3.90
Kikuyugrass	11	2	4.22	2.14–5.71
Seashore paspalum	1	1	3.06	NA
St. Augustinegrass	2	1	3.40	3.39–3.41

† Mean ET_c for well-watered turfgrass: 5.05 mm d⁻¹.

‡ NA, not applicable.

§ Mean ET_c for turfgrass under deficit irrigation: 3.80 mm d⁻¹.

Tabella 10. Valore del coefficiente colturale (K_c) riferito agli studi di Colmer e Barton del 2017.

Table 2. Crop coefficients (K_c) for different warm-season turfgrass species under well-watered and deficit irrigation during late spring to early autumn. Data for well-watered conditions are from Stewart and Mills (1967), Stewart et al. (1969), Kneebone and Pepper (1982), Kneebone and Pepper (1984), Atkins et al. (1991), Green et al. (1991), Beard et al. (1992), Devitt et al. (1992), Carrow (1995), Qian et al. (1996), Brown et al. (2001), Zhang et al. (2007), Jia et al. (2009), Pannkuk et al. (2010), and Wherley et al. (2015). Data for deficit irrigation are from Tovey et al. (1969), Garrot and Mancino (1994), Carrow (1995), Zhang et al. (2007), Barton et al. (2009), and Bijoor et al. (2014).

Turfgrass species	No. values	No. study sites	K _c	
			Mean	Range
Well-watered†				
Bahiagrass	4	2	0.81	0.75–0.90
Bermudagrass	29	8	0.76	0.40–1.27
Bermudagrass + ryegrass	5	2	0.67	0.55–0.83
Bermudagrass + St. Augustinegrass	2	1	0.78	0.77–0.78
Buffalograss	3	2	0.95	0.81–1.02
Centipedegrass	2	1	0.79	0.67–0.91
Japanese lawngrass	13	6	0.79	0.49–1.27
Manilagrass	3	1	0.51	0.48–0.55
St. Augustinegrass	11	5	0.62	0.34–0.82
Deficit irrigation§				
Bermudagrass	13	4	0.65	0.52–0.89
Buffalograss	1	1	0.74	NA‡
Centipedegrass	2	1	0.83	0.72–0.94
Japanese lawngrass	3	2	0.71	0.61–0.86
Kikuyugrass	6	1	0.66	0.54–0.76
Seashore paspalum	1	1	0.63	NA
St. Augustinegrass	2	1	0.70	0.66–0.74

† Mean K_c for well-watered turfgrass: 0.73.

‡ NA, not applicable.

§ Mean K_c for turfgrass under deficit irrigation: 0.68.

Il coefficiente colturale K_c medio è pari a 0,76 in condizioni di buona idratazione e 0,65 in deficit idrico. Si considererà un coefficiente medio tra K_c in buone condizioni idriche e K_c in deficit idrico, pari a 0,7.

La media delle ET_0 riportate in bibliografia (Tabelle 9 e 10) indicano che *Cynodon spp.* mantiene il suo range di perdita evapotraspirativa intorno ai 5,5 mm giornalieri, che possono essere intesi anche come 5,5 l/m².

L'evapotraspirazione di questa specie secondo i dati bibliografici raccolti nella Tabella 5 e 6, riportate nel paragrafo 3.2.1 è pari a: 5,1, 5,2, 5,2 mm/d (Tab. 5) e 6,5 mm/d (Tab. 6); ottenendo un valore medio di 5,5 mm/d.

Successivamente, vengono eseguiti i calcoli di perdita evapotraspirativa di *Cynodon dactylon*, utilizzando nel primo caso i dati ottenuti dal software CropWat e nel secondo caso basandosi sui dati bibliografici.

1- Calcolo dell'evapotraspirazione colturale (ET_c) secondo i dati ottenuti da CropWat:

$$ET_c = ET_0 (\text{CropWat}) \times K_c (\text{CropWat})$$

$$ET_c = 2,47 \text{ mm/d} \times 0,85 = 2,1 \text{ mm / giorno}$$

Risultando quindi una perdita idrica pari a 2,1 l/m².

2- Calcolo dell'evapotraspirazione colturale (ET_c) secondo i dati bibliografici:

$$ET_c = ET_0 (\text{Tab. 5 e 6}) \times K_c \text{ medio (Tab. 10)}$$

$$ET_c = 5,5 \text{ mm/d} \times 0,7 = 3,85 \text{ mm / giorno}$$

Risultando quindi una perdita idrica pari a 3,85 l/m².

Dunque, il calcolo bibliografico ottiene un risultato maggiore di evapotraspirazione, rispetto i dati ottenuti dalle simulazioni di CropWat, probabilmente più corretto in quanto i dati del coefficiente colturale nel secondo caso sono più specifici a *Cynodon dactylon*.

Infine, si terrà conto dei dati con maggiore evapotraspirazione colturale per effettuare il calcolo di volume d'irrigazione ipotetico, in quanto le quantità potrebbero aumentare o diminuire in base alla stagione e ai cambiamenti meteorologici.

Questa stima serve per ottenere un ordine di misurazione delle quantità probabili da immettere nel tappeto erboso del giardino ricreativo.

L'evapotraspirazione colturale risulta pari a 3,85 mm / giorno, pari ad un fabbisogno di 3,85 l/m² da distribuire giornalmente.

Questo significa che 3,85 l/m² moltiplicati per 300 m² di superficie coperta dal tappeto erboso sono pari a 1155 litri da distribuire giornalmente. In metri cubi la quantità di acqua irrigua da fornire diariamente è uguale a 1,155 m³.

Dunque, l'impianto dovrà poter disporre di almeno 1,155 m³ di acqua, al giorno, per il fabbisogno minimo del tappeto erboso di *Cynond dactylon*.

4.1.1) Rischiosità dell'impiego del K_c e di ET_c

I dati stimati tramite le metodologie di calcolo impiegando K_c e ET_c potrebbero rivelarsi insufficienti nella stima del reale fabbisogno idrico del tappeto erboso.

Le pratiche di irrigazione si sono basate in larga misura sul calcolo dell' ET_0 basato sulle condizioni meteorologiche (Wherley et al., 2015). La stima dell' ET_0 viene ottenuta utilizzando le stazioni meteorologiche e l'equazione di Penman-Monteith (Allen, 1989). Tuttavia, ricostituire i volumi completi di ET_0 può essere proibitivo in termini di costi per la stragrande maggioranza dei gestori di

tappeti erbosi. L'evapotraspirazione colturale del tappeto erboso (ET_c) è solitamente inferiore a ET₀, quindi un coefficiente di coltura (K_c, dove $K_c = ET_c/ET_0$) viene solitamente applicato a ET₀ per stimare i volumi di irrigazione (Colmer e Barton, 2017). Proprio come i tassi di ET₀ sono estremamente specifici del sito, anche K_c, varia notevolmente tra le specie e anche tra cultivar all'interno della stessa specie (Wherley et al., 2015). Inoltre, K_c potrebbe essere influenzato dalle pratiche colturali di gestione del tappeto erboso.

Wherley e altri nel 2015 hanno osservato che i valori di K_c potrebbe fluttuare durante tutto l'anno, variando da 0,8 durante la stagione di crescita, a 0,3 in autunno, e pertanto dovrebbero essere adeguati in base al potenziale di crescita e alle precipitazioni. Tuttavia, poiché i periodi di crescita e di dormienza variano da regione a regione, questi valori K_c sono difficilmente trasferibili al giardino ricreativo della scuola. Conoscere dei valori stimati di fabbisogno irriguo risulta importante per individuare una scala quantitativa di acqua irrigua che verrà utilizzata nel progetto, e per poter dimensionare l'impianto d'irrigazione.

Però per poter essere più precisi nell'irrigazione non ci si può solamente affidare alle stime evapotraspirative ed ai coefficienti colturali (K_c), dal momento che uno dei fattori più influenti nella gestione del tappeto erboso è dato anche dalla capacità dell'utente o proprietario del prato di saper ottimizzare l'uso dell'impianto irriguo senza produrre sprechi.

Quindi, per poter sopperire a sprechi generati dal fattore di gestione umano bisogna affidarsi all'ausilio di sensori elettronici. Per questo nel progetto verranno inseriti nel giardino e sulle strutture scolastiche anche dei sistemi di sensori che misureranno umidità del suolo (SMS) e misuratori meteorologici locali, che aiuteranno l'utente nella gestione dell'acqua. L'impiego di strumentazione in situ è fondamentale per poter monitorare l'andamento climatico e con esso raccogliere dati evapotraspirativi. Tramite questi sensori si potranno ottenere dei risultati migliori di efficienza irrigua. Sul mercato sono attualmente disponibili diverse centraline programmabili per l'irrigazione con due tipi di funzionalità di misurazione dell'evapotraspirazione: uno che si collega a una rete di stazioni meteorologiche e regola la quantità di irrigazione in base allo storico evapotraspirativo, e un altro con sensori integrati per misurare i parametri meteorologici basandosi sull'evapotraspirazione effettiva del luogo e permettere di correggere l'irrigazione nel tempo. (Grabow et al., 2013).

Analogamente alle centraline basate sull'evapotraspirazione, il risparmio idrico derivante dall'uso degli SMS (Soil Moisture Sensor) è stato documentato numerose volte. Ad esempio, nel contesto subtropicale della Florida, Cardenas-Lailhacar e Dukes (2010) hanno documentato un risparmio idrico dal 40% all'88% nelle zone erbose di *Cynodon dactylon* durante la stagione delle piogge, nonché un risparmio dal 16% all'83% durante la stagione secca o con scarse precipitazioni (Cardenas-Lailhacar e Dukes, 2010). Anche Serena et al. nel 2020 hanno riportato un risparmio irriguo medio del 39% per *C.dactylon* in uno studio eseguito in Nuovo Messico.

Le apparecchiature ausiliari per il controllo e aumento dell'efficienza irrigua come i sistemi SMS e sensori meteorologici verranno brevemente descritti nel capitolo 4.5.

4.2) Sistemi d'irrigazione

In questo paragrafo verranno trattati i sistemi irrigui suggeriti per il giardino ricreativo dell'istituto "Padre Ugo de Censi". Come detto, nei capitoli precedenti in questo giardino il problema dell'acqua è molto serio, inoltre il terreno sabbioso costiero e l'evapotraspirazione giornaliera pongono un problema per la gestione delle risorse idriche e degli eccessi salini.

Nel capitolo precedente si indicava *Cynodon* spp. var. *Celebration*®, come varietà da impiegare nel tappeto erboso del giardino ricreativo, soprattutto per le eccellenti caratteristiche di resistenza alla siccità ed alle concentrazioni saline sopra la norma. Successivamente, in base alle soluzioni proposte verranno descritti brevemente gli schemi di disposizione dell'impianto, vantaggi e svantaggi. È

importante intendere quale metodo irriguo si adatti meglio al contesto di Chimbote, quindi individuare le possibili tecniche da utilizzare nelle diverse fasi di sviluppo dell'area verde.

L'impianto irriguo dovrebbe possedere due sistemi di irrigazione, quello SDI (Subsurface Drip Irrigation) tradotto come subirrigazione a goccia e un impianto ad aspersione mobile.

Infine, si considererà l'impiego di acque non potabili, derivanti dalla raccolta delle acque grigie dell'impianto di scarico della scuola.

4.2.1) Subirrigazione a goccia – sistema SDI

Questa tipologia di impianto è relativamente recente e si avvale di sistemi ad ali gocciolanti interrate; SDI deriva dall'abbreviazione inglese di *Subsurface Drip Irrigation*. Viene proposta l'installazione di questo tipo di impianto irriguo in quanto più efficiente in termini di consumi idrici.

Tramite il sistema SDI l'acqua viene distribuita direttamente alle radici e l'impianto rimane invisibile agli utenti, che in questo caso sono gli studenti della scuola, evitando atti vandalici e manomissioni. Si può utilizzare per tappeti erbosi, per aiuole ed alberature. L'uso di SDI può facilmente portare a un risparmio idrico del 30% rispetto alla tradizionale irrigazione a pioggia poiché l'acqua viene applicata direttamente nella zona radicale (Serena et al.,2020a). Gli impianti ad irrigazione a goccia sotterranea generalmente possono distribuire l'acqua in modo puntiforme o lineare. L'SDI permette di irrigare l'area in qualsiasi momento della giornata e senza limitare l'utilizzo da parte degli utenti, perché nel caso di irrigazione ad aspersione nel momento di bagnatura l'area viene resa inaccessibile, fattore non indifferente in quanto durante il giorno il giardino dovrebbe essere sempre accessibile dagli studenti. Rispetto ad un impianto per aspersione, l'SDI permetterebbe un risparmio energetico come risultato di una minore pressione operativa dell'acqua, minori perdite per evaporazione dall'acqua dal terreno, l'assenza di esposizione umana all'acqua di irrigazione, una ridotta suscettibilità delle malattie del tappeto erboso in quanto le foglie non rimangono umide tra una bagnatura e l'altra. Il risparmio idrico è dovuto anche perché l'irrigazione è limitata solo all'area del tappeto erboso e non è influenzato dalla deriva del vento. Inoltre, vengono eliminate le perdite per ruscellamento superficiale e per evaporazione durante la fase di bagnatura. (Camp, 1998). Questo metodo presenta molti vantaggi agronomici, soprattutto in ambienti dove l'acqua è un elemento limitante come a Chimbote.

I vantaggi vengono brevemente riassunti in elenco di seguito:

- massima fruibilità dell'aria,
- possibilità di irrigare a qualsiasi ora del giorno,
- eliminazioni di perdite per deflusso superficiale ed evaporativo durante l'irrigazione,
- eliminazione effetto deriva del vento,
- elevata uniformità di diffusione dell'acqua,
- eliminazione di sprechi per imprecisione di bagnatura da parte degli erogatori,
- diminuzione delle rotture dell'impianto perché non esposto direttamente al contatto umano o al passaggio di mezzi,
- possibilità di impiego di acque non potabili.

I sistemi SDI nonostante si dimostrino molto interessanti nell'applicazione in zone aride e con elevati tassi evapotraspirativi, possiedono degli svantaggi, che potrebbero essere compensati con diversi accorgimenti agronomici.

Tra gli svantaggi attribuiti alla subirrigazione vi è la scarsa efficienza durante la fase di insediamento in caso di semina, in quanto non sempre viene mantenuta un'adeguata umidità del terreno per favorire la germinazione e la crescita iniziale delle plantule. Schiavon ed altri autori hanno eseguito uno studio nel 2012 analizzando l'insediamento di *C. dactylon* e *P. vaginatum* partendo da propagazione da seme, entrambe le specie irrigate con la stessa qualità d'acqua utilizzando un sistema SDI e uno ad

aspersione; concludendo che il sistema SDI ha prodotto un insediamento più lento del tappeto rispetto alle specie insediate tramite irrigazione ad aspersione. In un ulteriore studio Schiavon (2014) è riuscito a dimostrare che SDI può sostenere una qualità accettabile del tappeto erboso nella stagione calda in condizioni di irrigazione deficitaria rispetto all'irrigazione ad aspersione. In questo esperimento, *Cynodon dactylon* ha raggiunto un buon livello qualitativo con anche un risparmio del 90% di acqua. Altro punto a sfavore del sistema SDI è dato dall'elevato costo di installazione dell'impianto e dalla limitazione che questo potrebbe avere rispetto la profondità di lavorazioni di alcune operazioni colturali da eseguire nel tappeto erboso, come ad esempio arieggamenti profondi. Infine, questo sistema potrebbe aumentare le concentrazioni saline nell'acqua e nel terreno. Ad ogni modo l'impianto irriguo potrà disporre anche di un sistema ad aspersione utilizzabile nei casi in cui il sistema SDI non basti, come ad esempio nella fase di insediamento del tappeto erboso per permettere la germinazione dei semi. I costi dell'impianto SDI anche se maggiori rispetto a quelli per aspersione sono un fattore non eccessivamente limitante perché la spesa d'investimento è in funzione di ottenere un impianto irriguo più efficiente che permetterà un risparmio d'acqua e di energia, compensando quindi la spesa iniziale.

Per quanto riguarda il sistema ad ali gocciolanti interrate, questi sistemi utilizzano tubi in polietilene posizionati a profondità variabili a seconda della pianta o della copertura del terreno irrigata (Burt e Styles, 1999). L'irrigazione a goccia è costituita da tubi in PVC dotati di gocciolatori integrati, il tutto installato sotto la superficie del suolo (Burt e Styles, 1999).

4.2.2) Sistemi SDI e maggiore efficienza rispetto l'aspersione

Vari autori hanno documentato il risparmio dell'acqua per l'irrigazione senza perdita di qualità del tappeto erboso quando subirrigato, rispetto al tappeto erboso irrigato con irrigatori fuori terra (Leinauer et al., 2004; Sevostianova et al., 2011a, b). Nelle aree con restrizioni sull'uso dell'acqua irrigua ci sarà la necessità di utilizzare sistemi interrati (Duncan et al., 2009). In uno studio di Brian

Tabella 11. Volumi irrigui in millimetri utilizzati da diversi sistemi d'irrigazione mettendo a confronto sistemi SDI e sistemi ad aspersione. Si può notare come i valori del sistema ad aspersione indicato come "Control" raggiunga consumi molto più elevati rispetto i sistemi SDI (Hunter, Netafim, Rainbird e Toro), (Whitlark, 2023).

Table 3 Irrigation water use (mm) of subsurface drip (Hunter, Netafim, Rainbird, Toro) systems and aboveground pop-up sprinkler (control) system irrigated on golf course tees in Santa Fe, NM (USA) during summer months (i.e. May-August) 2017-2020

	2017	2018	2019	2020
	mm	mm	mm	mm
Control ^a	2310	3050	1830	2570
Hunter ^{b,c}	-	640	890	610
Netafim ^{b,c}	-	860	1350	1350
Rainbird ^b	1070	1090	860	660
Toro ^b	990	1170	1450	1370

^aWater use values represent the average of two tee boxes.

^bWater use values represent the average of three tee boxes.

^cIrrigation system was added later to the study, and therefore data not available for 2017.

Whitlark pubblicato nel 2023 fatto sulla SDI in ambito dei campi da golf, sono stati analizzati dati interessanti rispetto la diminuzione dei tassi di consumo irriguo da parte dell'impianto interrato a confronto con quello tradizionale ad aspersione.

In questo esperimento il consumo di acqua per l'irrigazione da parte delle zone irrigate con SDI è stato inferiore rispetto alle zone irrigate con i tradizionali irrigatori a scomparsa, che hanno ricevuto circa una quantità di acqua 2-5 volte maggiore rispetto le zone bagnate con SDI che hanno utilizzato in media tra il 38% (2019) e il 60% (2020) di acqua in meno delle controparti irrigate con sprinkler. (Whitlark, 2023).

4.2.3) Sistemi irrigui ad aspersione

In associazione alle ali gocciolanti viene suggerito l'utilizzo di un sistema irriguo ad aspersione, da poter collegare all'impianto principale all'evenienza. Come visto nel paragrafo precedente, l'aspersione presenta un tasso di efficienza irrigua minore rispetto SDI. Tuttavia, questo sistema può tornare utile in vari casi, come ad esempio: favorire l'insediamento delle specie da tappeto erboso propagate per seme, irrigazione di soccorso nei primi anni di insediamento del tappeto erboso,



Fig 24. Sistema irriguo ad aspersione con braccio battente (www.claber.com).

irrigazione di soccorso in genere e diminuzione delle concentrazioni saline per dilavazione del terreno. Esistono varie tipologie di sistemi ad aspersione mobili, con irrigatori statici o con irrigatori dinamici a bracci rotanti o oscillanti, irrigatori a braccio battente. Questi impianti vengono collegati alla presa dell'acqua (rubinetto) tramite tubi di gomma che portano l'acqua ad irrigatori mobili sparsi qua e là e spostati nelle varie zone del giardino. E' un sistema economico, ma ingombrante che viene utilizzato solo in casi di necessità (C.Cametti, 1990). Per coprire il fabbisogno dell'area del tappeto erboso di 300 m² si consiglia l'impiego di irrigatori a braccio oscillante. Questa tipologia di irrigatore può essere utilizzata anche con pressioni basse, viene spostato in funzione della zona che deve bagnare. Lo strumento possiede un braccio oscillante in alluminio con 16-20 ugelli riportati in ottone che garantiscono getti d'acqua regolari.

4.3) Esempio di struttura d'impianto

Di seguito vengono indicate le possibili disposizioni che dovrebbe avere l'impianto irriguo da inserire nel giardino ricreativo dell'Istituto Padre Ugo de Censi.

L'area da irrigare comprende il tappeto erboso di 300 m², e i 275 m² per le aiuole e le piccole alberature. Il tappeto erboso presenterà la maggior parte delle tubazioni dell'impianto, che saranno interrate. Le ali gocciolanti dovranno garantire una bagnatura su tutta la superficie di 300 m². Per quanto riguarda le aiuole e le alberature queste verranno raggiunte da ali gocciolanti disposte superficialmente in vicinanza delle piante.

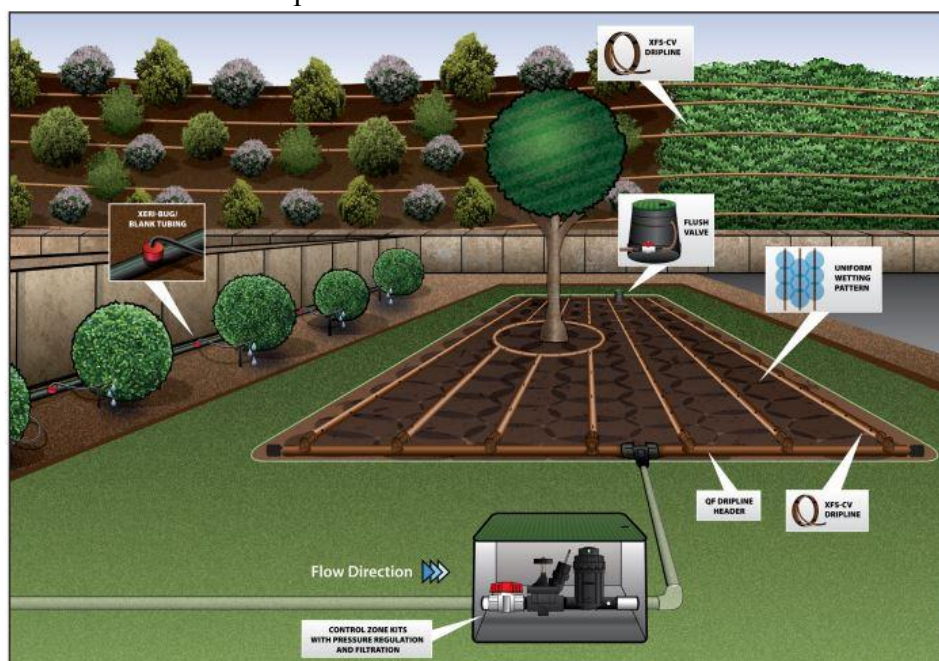
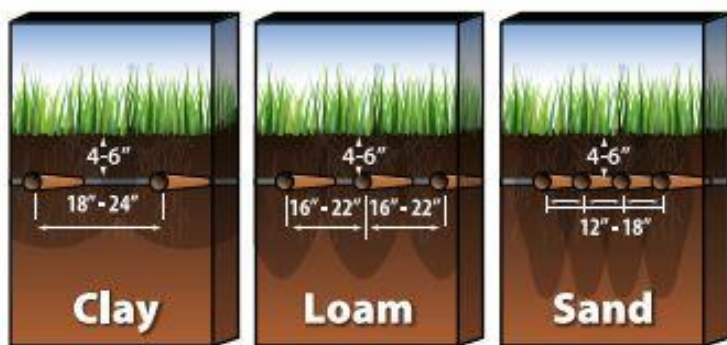


Fig 25 .Esempio di schema d'impianto di ali gocciolanti per la subirrigazione. Come si mostra in figura il tappeto erboso possiede un impianto interrato; invece, le aiuole sulla sinistra mostrano un sistema fuori terra (Rainbird®).



These illustrations show water movement in a subsurface application.
These guidelines apply to on-surface as well as subsurface installations.

Fig 26. Esempio e schema delle distanze di posizionamento delle tubazioni di ali gocciolanti interrate, in base alle diverse tipologie di suolo. (RainBird®).

I sistemi a sorgente puntiforme, detti anche ali gocciolanti, sono dotati di gocciolatori non autocompensanti o autocompensanti che possono essere distanziati rispettivamente 30 cm, 45 cm, 60 cm.

Generalmente le ditte produttrici indicano una disposizione delle ali con una distanza da 30 ai 60 cm tra un'ala e l'altra e una profondità di 10 - 15cm.

Un esempio di ala gocciolante SDI è il modello SFX di Rainbird®. Questa ala autocompensante con inserimenti di piattine di rame nei gocciolatori permette il mantenimento di una portata

costante lungo tutto la linea, e grazie al rame inserito nel gocciolatore, evita l'otturazione del foro di uscita dell'acqua da parte dell'ingresso di radici all'interno del dotto. Questi sistemi devono essere dotati di pannelli filtranti, regolatori di pressione ed elettrovalvole che regolano l'uscita dell'acqua, nella parte iniziale di innesto dell'impianto alla sorgente idrica. Generalmente si posizionano anche delle valvole di sfogo. Nella figura 26 RainBird® indica le distanze consigliate per la disposizione sotterranea dell'ala gocciolante in base alle diverse tipologie di terreno. Per il terreno sabbioso sul quale verrà posizionato l'impianto, si consiglia una profondità di 15 cm e una distanza tra un'ala e l'altra dai 30 ai 45 cm. I gocciolatori sulla linea sono inseriti con un passo pari a 30cm. Nel terreno sabbioso la vicinanza delle ali gocciolanti sarà maggiore in quanto il suolo presenta un'elevata porosità e quindi maggior capacità drenante.

La profondità di posizionamento delle tubazioni nel tappeto erboso è anche relativa allo sviluppo radicale della specie impiegata.

Le varietà di *Cynodon dactylon* da seme presentano una densità radicale maggiore nei primi 15 cm superiori del suolo, rispetto alla densità radicale delle altre varietà ibride, che riescono a raggiungere profondità maggiori, aumentando la tolleranza alla siccità. *Cynodon* spp. generalmente sviluppa apparati radicali in modo più esteso su terreni sabbiosi e leggeri che su terreni argillosi più pesanti (Taliaferro, 2004). Facendo riferimento ai dati rilasciati dalla ditta Rainbird®, considerando 300 m² di superficie di tappeto erboso da servire si propone un dimensionamento dell'impianto pari a 800 m di ala gocciolante interrata per la zona a tappeto erboso e circa 150 metri di tubazione soprasuolo per la zona delle aiuole e delle piccole alberature.

La distanza laterale tra le ali gocciolanti proposta per l'impianto del tappeto erboso è pari alla media dei valori precedentemente riportati nell'immagine 26 quindi con un interfila di 37,5 cm tra un'ala e l'altra. Inoltre Rainbird® come riportato in tabella 13 indica che un impianto installato su suolo sabbioso richiede una portata minima della sorgente idrica uguale a 3,4 l/h. Se la tubazione è fornita di questa disponibilità idrica si considera che 100 metri di ala gocciolante, con gocciolatori inseriti ad un passo di 30 cm l'uno dall'altro, distribuiranno una quantità d'acqua pari a 18,89 l/min.

Dunque, parlando dell'impianto disposto sul tappeto erboso, 800 m di ala gocciolante distribuiranno circa 151, 12 litri al minuto su una superficie di 300 m².

Infine, se il tappeto erboso evapotraspirerà una quantità d'acqua pari a 1155 litri al giorno, come calcolato nel paragrafo 4.1, l'impianto irriguo dovrà rimanere attivo almeno per 8 minuti al giorno.

Questo calcolo è stimato in base al fabbisogno minimo del tappeto erboso.

Per le aiuole e le alberature, invece, l'impianto verrà azionato all'evenienza, con maggior attenzione nelle prime fasi di insediamento dei piccoli arbusti ed alberature che necessiteranno di un terreno umido per attecchire.

Tabella 12. Valori irrigui delle ali gocciolanti SFX di RainBird®, con portate relazionate al tipo di suolo nel quale vengono posizionate.

XF Series Dripline Recommendations (Metric)			
Soil Type	Clay	Loam	Sand
Emitter Flow Rate (liters per hour)	1.6 L/HR	2.3 L/HR	3.4 L/HR
Emitter Spacing (meters)	0.45	0.45	0.3
Dripline Lateral Spacing (meters)	0.45 - 0.61	0.41 - 0.56	0.3 - 0.45

Note: These are general guidelines, field conditions may require modification to emitter flow rate, emitter spacing and lateral spacing. XF Series Dripline is to be installed at a depth of 4"-6" (10.2-15.24 cm) in subsurface and groundcover applications. Use only XFS or XFS-CV dripline in subsurface applications. XF Series Dripline may also be installed on-surface under mulch in shrub and groundcover applications.

Tabella 13. Valori di portata irrigua di ali gocciolanti, calcolati secondo diverse portate di emissione e differenti passi di gocciolatori sulla tubazione. Dati forniti da Rainbird®.

XF Series Dripline Flow (per 100 Meters)						
Emitter Spacing	1.6 L/HR Emitter		2.3 L/HR Emitter		3.4 L/HR Emitter	
	L/HR	L/MIN	L/HR	L/MIN	L/HR	L/MIN
30cm	533	8.89	767	12.78	1133	18.89
46cm	348	5.80	500	8.33	739	12.32

Le portate al minuto possono variare in funzione della disponibilità idrica della fonte di approvvigionamento.

This Grid layout is primarily used for dense plantings. The layout uses supply headers and flush headers with rows of dripline connected at each end. The supply header and flush header form a continuous loop where all rows of dripline are being supplied from both ends.

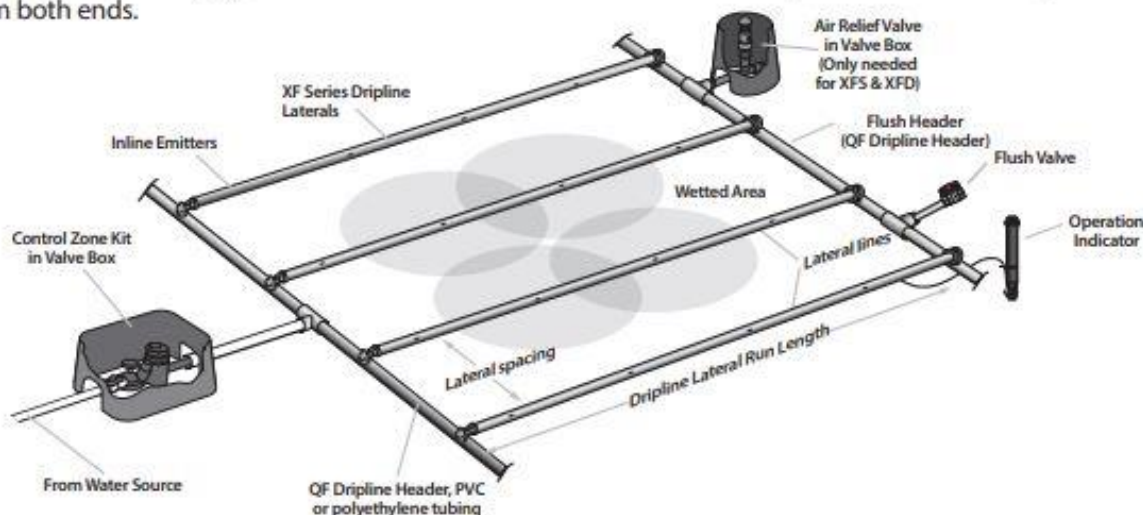


Fig 27. Schema di un impianto irriguo ad ali gocciolanti, proposto da Rainbird®.

Nell'immagine qui sopra (Figura 27) si può vedere un esempio di schema d'impianto SFX di RainBird® per applicazione di ali SDI. Nel caso delle aiuole si possono usare le stesse ali gocciolanti, cambierà la disposizione della linea nel terreno e lo schema d'innesti.

4.4) Uso di acque non potabili

In questo paragrafo viene trattato l'uso di acque grigie non potabili per l'irrigazione, derivanti dalla raccolta dell'acqua degli scarichi dei lavandini dei bagni scolastici. La decisione di utilizzare anche acque grigie nell'irrigazione del giardino ricreativo deriva dall'idea di poter diminuire i costi di gestione, reimpiegando l'acqua che si acquista per l'uso umano riutilizzandola in ambito agronomico. L'acqua una volta usata in ambiente domestico e/o industriale, subisce delle alterazioni in quanto si mescola con sostanze più o meno inquinanti e, in base al processo nella quale viene utilizzata, si può distinguere in acque bianche, grigie e nere. Le acque grigie sono acque di scarico domestico o industriale, acque di fiumi, laghi, ruscelli; acque di origine civile e commerciale. (DAB Pumps Water Technology Spa®). Comprendono gli scarichi delle utenze come quelli provenienti da lavamani, lavandini, ma non comprendono le acque degli scarichi derivanti dai WC classificate nella categoria delle acque nere. La scelta di poter reimpiegare le acque grigie piuttosto che le acque nere, deriva dal fatto che le prime sono meno "inquinata" e più semplici da filtrare e quindi riutilizzare.

Gli impianti SDI possono essere impiegati per l'applicazione di acque non potabili. La scarsità d'acqua con conseguente problematiche di siccità potrebbe avere un impatto sull'uso di acqua potabile per l'irrigazione dei tappeti erbosi nelle regioni aride e semi-aride. Di conseguenza, l'utilizzo di acque reflue riciclate o bonificate, di acque grigie o anche acqua di mare impiegate nell'irrigazione sta diventando sempre più comune negli impianti di tappeti erbosi tra coltivatori di prato in rotoli, nei campi da golf, nei parchi comunali e negli stadi (Sevostianova e Leinauer, 2014).

Come scritto nei paragrafi precedenti una delle problematiche relative all'uso degli impianti SDI è legata all'aumento delle concentrazioni saline nell'acqua e nel terreno, questa potrebbe aumentare anche grazie all'impiego di acque grigie. I problemi di salinizzazione sono un problema nelle regioni aride e semi-aride (Marcum, 2006). Per gestire le problematiche di salinizzazione del suolo anche derivanti dall'uso di acque grigie vengono proposti differenti metodi. L'impiego di acque grigie miscelate con acque potabili, l'allottamento e quindi lisciviazione dei sali dalla rizosfera tramite irrigazione più abbondante, impiego di specie resistenti ad elevate concentrazioni saline ed impiego di gesso. Nel caso del tappeto erboso del giardino ricreativo la specie *C. dactylon* var. *Celebration*®, è stata scelta anche per l'elevata tolleranza alle concentrazioni saline sopra la norma.

4.4.1) Pratiche per contrastare la salinità del suolo

La salinità nell'acqua di irrigazione è la misura del contenuto di sali solubili ed è espressa come conducibilità elettrica (EC_w). Le molecole contenute sodio nel terreno sono quelle più dannose in quanto deflocculanti e destrutturanti. Alte concentrazioni di sodio nel terreno possono modificare i movimenti osmotici dell'acqua, portando a stress idrici. L'acqua di irrigazione è considerata a bassa salinità se EC_w è inferiore a 0,25 dS·m⁻¹, media se varia da 0,25 dS·m⁻¹ a 0,75 dS·m⁻¹, alta da 0,75 a 2,25 e molto alta se EC è superiore a 2,25 dS·m⁻¹ (U.S. Regional Salinity Laboratory, 1954). Le pratiche per abbassare la EC_w includono la miscelazione di acqua salata con acqua dolce o l'alternanza di eventi di irrigazione con acqua salata e acqua dolce (Marcum, 2006). Quando l'acqua evapora dalla superficie del suolo, la capillarità costringe l'acqua a risalire dalle profondità più basse accumulando ulteriori sali nella zona delle radici (Marcum, 2006). Livelli elevati di salinità sono comuni nelle fonti di acqua riciclata e sotterranea, specialmente nelle zone aride, e sono responsabili dell'abbassamento del potenziale osmotico dell'acqua del suolo, riducendo così la quantità di acqua disponibile per la pianta e inducendo potenzialmente stress fisiologico da siccità con conseguente perdita di qualità del tappeto erboso e funzionalità (Sevostianova e Leinauer, 2014).

Per diminuire le concentrazioni saline nel terreno del giardino ricreativo si possono eseguire diverse operazioni tra cui: effettuare delle irrigazioni ad aspersione per dilavare i sali, indicate come frazioni di lisciviazione, impiego di specie resistenti e ammendamenti con gesso.

Le frazioni di lisciviazione dovrebbero essere però superiori al fabbisogno minimo del tappeto erboso e quindi superare la perdita evapotraspirativa giornaliera. Questa tecnica può essere impiegata, ma incorre nel rischio di eccessiva richiesta d'acqua nella sua esecuzione prolungata nel tempo. Per questo motivo in caso non si possa eseguire questo tipo di irrigazione la miglior pratica da attuare è l'impiego di specie da tappeto erboso resistenti a concentrazioni saline più elevate, come *Cynodon* spp. La frazione di lisciviazione consistente nell'applicazione di acqua supplementare al di sopra delle normali esigenze evapotraspirative, ed è la pratica di gestione più comune per alleviare lo stress da salinità (Schiavon e Baird, 2018). Depositando tramite la lisciviazione il sale più in profondità nel terreno, al di sotto della zona radicale del tappeto erboso, i problemi di salinità possono essere alleviati e prevenuti (Schiavon et al., 2017). La scelta delle specie e delle cultivar di tappeto erboso più adatte gioca un ruolo fondamentale per il successo della gestione dello stress abiotico in generale e gioca un ruolo importante nel far fronte allo stress da salinità (Marcum, 2006). Sevostianova et al. (2011b) hanno dimostrato che le specie macroterme come bermudagrass, possono mantenere in estate una qualità accettabile se irrigate mediante irrigazione a pioggia o SDI con EC_w fino a 3,5 dS m⁻¹ per più anni quando l'irrigazione è applicato al 110% ET.

Data l'importanza della lisciviazione dei sali dalla zona radicale e la stretta relazione che l'umidità del suolo ha con la salinità, un'applicazione uniforme dell'acqua è fondamentale per la lisciviazione controllata dei sali. Pertanto, la necessità di manutenzione ed efficienza del sistema di irrigazione diventa ancora più essenziale per garantire una lisciviazione uniforme. Se la disponibilità di acqua salata è insufficiente a coprire le esigenze di evapotraspirative e della frazione di lisciviazione i gestori del tappeto erboso dovrebbero scegliere specie resistenti al sale e alla siccità come la *Cynodon* spp. (Ganjegunte et al., 2017). Nel presente progetto il tappeto erboso sarà realizzato impiegando una varietà (*Cynodon* spp.) che possiede un'elevata resistenza alla salinità (tra 1000 e 2000 ppm). Tuttavia, non avendo la certezza di poter irrigare basandoci sulla frazione di lisciviazione, distribuendo quantità pari al 110% della perdita evapotraspirativa, si suggerisce l'impiego di gesso. Il gesso, infatti, con la sua composizione chimica può aiutare a immobilizzare gli ioni di sodio e limitare i danni derivanti dalle concentrazioni di questi. Grazie al basso costo di applicazione e all'elevata accessibilità, il gesso è stato l'ammendamento preferito per ridurre il rischio di permeabilità al sodio da parte dei gestori del tappeto erboso (Schiavon e Baird, 2018). Applicazioni leggere e frequenti di gesso con dosi tipiche di 22 kg·93 m² sono state preferite alle singole applicazioni più abbondanti, per risanare i terreni colpiti dal sodio (Marcum, 2006). In tali situazioni, l'applicazione del gesso dovrebbe continuare ad essere impiegato fino a quando la percentuale di sodio non scende al di sotto del 15% (Marcum, 2006).

4.5) Apparecchiature ausiliari per il controllo e aumento dell'efficienza irrigua

Come indicato nei capitoli precedenti, le stime evapotraspirative non sono sufficienti per realizzare un progetto con un'ottima efficienza irrigua, soprattutto per mancanza di dati meteorologici. Per questo motivo si consiglia di introdurre nel progetto dei sistemi ausiliari di controllo del fabbisogno idrico e della gestione dell'impianto di irrigazione. Vari degli strumenti consigliati sono realizzati da ditte specializzate nel settore della cura del verde ornamentale come RainBird® e Toro®. Si consiglia l'inserimento di : un SMS (Soil Moisture System), un sensore meteo locale ed infine una centralina wireless per gestire e adattare l'irrigazione in funzione dei dati raccolti dagli strumenti.

SMS (Soil moisture System)

Si propone come esempio il *Precision™ Soil Sensor* di Toro®. Il sensore di umidità del terreno

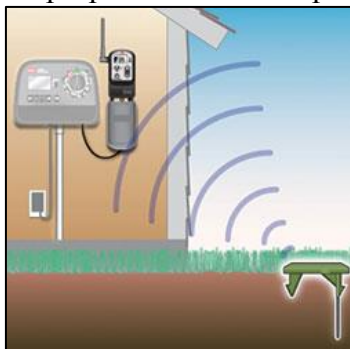


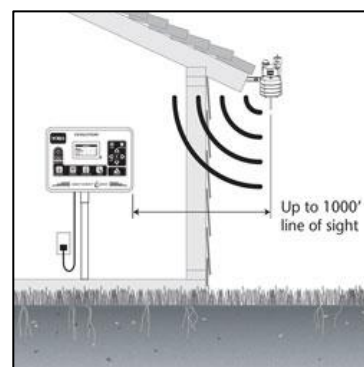
Fig 28. Schema di segnali tra centraline e SMS sistem (Toro®).

Precision™ è un sensore wireless che segnala al programmatore di irrigazione quando irrigare e quando non farlo in base al livello di umidità del terreno. Si installa senza sensori da interrare o cavi. Questa tecnologia molto semplice permette di risparmiare acqua e migliorare la precisione delle irrigazioni. Ultimamente, sono stati raccolti molti studi relativamente al sistema SMS in generale. Come ad esempio, Sandor (2018) nel suo esperimento ha riportato un risparmio idrico dal 61% al 72% quando si utilizza la tecnologia SMS. Anche, Serena et al. (2020b) hanno riportato un risparmio medio di irrigazione del 44% nella festuca e del 39% nell'bermudagrass in uno studio condotto nel clima arido del New Mexico.

Sensore Meteo

Questo tipo di accessorio funziona parallelamente ad un programmatore per gestire l'utilizzo dell'acqua basandosi sulle misurazioni di temperatura percepita in tempo reale, nonché i dati meteorologici storici per una particolare posizione in modo da calcolare la giusta quantità di acqua necessaria al sistema di irrigazione. Il sensore meteorologico wireless aiuta a garantire che l'irrigazione sia corretta nel momento giusto perché fornisce un riscontro in tempo reale.

Fig 29. Schema di segnali tra centraline e sensore meteo (Toro®).



Programmatore o centralina di comando ed elettrovalvole

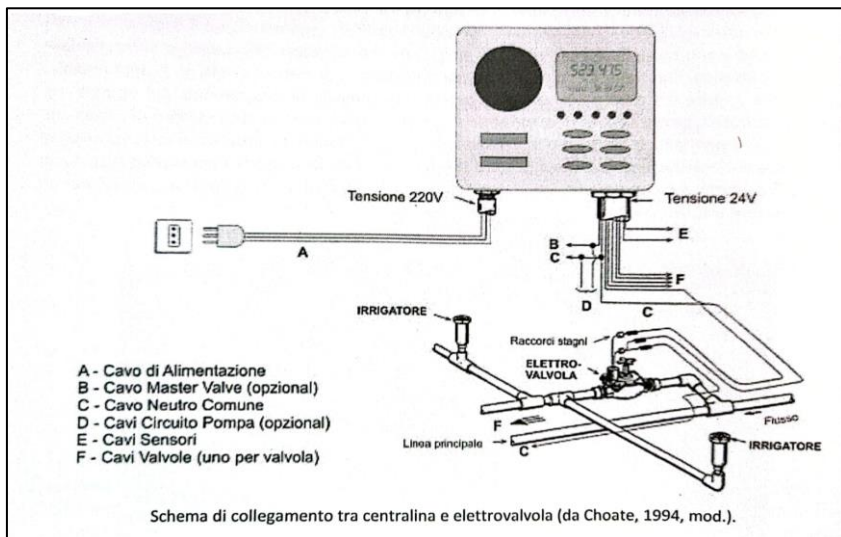


Fig 30. Schema di collegamento tra centralina e elettrovalvola (Choate, 1994, mod.).

Per poter controllare i diversi settori dell'area verde e regolare gli interventi irrigui è bene utilizzare un programmatore che gestisce l'apertura delle elettrovalvole per ogni zona del giardino. La maggior parte dei programmatori permette di aumentare o diminuire in percentuale il tempo di irrigazione secondo l'andamento climatico. Generalmente questi dispositivi sono elettronici, ma possono essere anche in parte meccanici e possiedono un

piccolo pannello su cui si visualizzano i vari stadi della programmazione: giorno ed ora attuali, ora e giorni in cui irrigare, durata dell'irrigazione per ciascuna elettrovalvola. Esistono programmatori che funzionano tramite collegamento alla linea elettrica a 220/240 volt, per impianti nei quali è comodo l'allacciamento ad un impianto elettrico, oppure che funzionano a batterie di 9 volt o ad energia solare nei casi in non ci modo di connettersi alla linea elettrica. Per quanto riguarda le elettrovalvole sono valvole idrauliche che vengono collegate ad ogni settore dell'area verde. Questo tipo di valvole è costruito in modo da potersi aprire o chiudere rispettivamente ai segnali inviati dal programmatore, che a sua volta risponde ai dati del sensore meteo e dell'SMS. Nell'immagine 30, qui sopra riportata,

il programmatore non riceve dati wireless, ma attualmente le centraline possono funzionare con sistemi senza fili. Aprendosi e chiudendosi l'elettrovalvola permette il passaggio dell'acqua nella tubazione, questo è possibile in quanto la valvola è costituita da un solenoide, meccanismo che sotto l'azione della corrente elettrica viene attivato. I segnali inviati dal programmatore all'elettrovalvola sottoforma di segnali elettrici si traducono in apertura e chiusura della valvola con seguente inizio o conclusione dell'irrigazione.

4.6) Stima dei costi di progetto

In questo ultimo paragrafo vengono riassunti brevemente i costi di progetto ad iniziare dalla vegetazione da impiegare e dell'acqua irrigua che sono determinati basandosi su prezziari italiani . I costi relativi al materiale per realizzare gli ammendamenti, coperture ed impianto irriguo sono molto variabili tra il mercato europeo e quello peruviano. Molti materiali se comprati in sito a Chimbote, possiedono prezzi inferiori rispetto a quelli italiani. Oltre a ciò, il *Sol*³ possiede un valore pari a 0,24 €. Questo significa che ora il potere d'acquisto dell'euro in Perù è potenzialmente quattro volte tanto, il potere d'acquisto del Sol (www.cambioeuro24.it, 23 ottobre 2023).

Si stima che il progetto richiederà una spesa tra i 25 000,00 – 30 000,00 €, comprendendo anche l'uso di macchinari pensanti per la lavorazione e preparazione del terreno.

Tabella 14. Stima costi delle specie impiegate nel giardino ricreativo.

Specie	Quantità (Numero di piante)	Prezzo unitario (€)	Totale (€)
<i>Cynodon spp. var. Celebration® (semente)</i>	20 / 25 kg	55 € / kg	1400,00
<i>Cyanotis somaliensis</i>	10	12,00	120,00
<i>Tradescantia spathacea</i>	24	8,00	192,00
<i>Kalanchoe spp</i>	20	4,90	98,00
<i>Crassula ovata</i>	20	10,90	218,00
<i>Salvia gregii</i>	10	7,90	79,00
<i>Salvia leucantha</i>	24	6,00	144,00
<i>Euphorbia rigida</i>	18	5,00	90,00
<i>Euphorbia lomelii</i>	10	25,00	250,00
<i>Echincactus grusonii</i>	10	35,00	350,00
<i>Agave attenuata</i>	16	12,50	200,00
<i>Hesperaloe funifera</i>	10	15,00	150,00
<i>Bougainvillea spectabilis</i>	6	16,90	101,40
<i>Parkinsonia praecox</i>	2	368,00	736,00
<i>Neltuma pallida</i>	2	410,00	820,00
TOTALE			4948,40

³ Il *Sol*, è l'attuale moneta peruviana, è suddiviso in *céntimo*. Al plurale prende il nome di *Soles*.

Per quanto riguarda la spesa di mantenimento dell'impianto irriguo, si considera di utilizzare almeno $1,2 \text{ m}^3$ di volume d'acqua al giorno, come detto, nei capitoli precedenti. Attualmente i volontari che gestiscono la scuola comprano 15 m^3 acqua al giorno, per le necessità giornaliere della scuola, il tutto ad un prezzo di pari *30,00 Soles*. Questo significa che ipoteticamente per poter comprare $1,2 \text{ m}^3$ al giorno di spenderebbero *2,40 Soles* in più, ossia *0,60 €*. Se anche la richiesta irrigua dovesse aumentare durante l'anno, la spesa sarebbe sostenibile da parte dei volontari.

CONCLUSIONI

Il giardino ricreativo dell'istituto "Scuola Totale Padre Ugo De Censi" è una proposta progettuale sviluppata in funzione del bisogno di realizzare un luogo sano e paesaggisticamente apprezzabile per i ragazzi/e abituati a vivere nel contesto delle baraccopoli di Nuovo Chimbote in Perù. Questo progetto vede la proposta di occupare 700 m² con un'area verde che, costeggerebbe le strutture già esistenti della scuola.

Il progetto è basato sulla realizzazione di un'area verde da mantenersi limitando il più possibile il consumo d'acqua irrigua, in quanto si sviluppa in un ambiente scarso d'acqua.

Le fasi e lo stile progettuale si basano sulle tecniche dello *xeriscaping* e dei *dry gardens*.

L'area verde sarebbe composta da diverse componenti, un tappeto erboso, aiuole, bordure e piccole alberature. Comprende due vialetti d'accesso, dove il principale sarà fornito anche di un pergolato fiorito e delle panchine per permettere di godere dell'ombra e di riposarsi. Il tappeto erboso sarà composto da gramigna (*Cynodon* spp.), in quanto questa specie presenta le caratteristiche più adatte alle condizioni pedoclimatiche di Nuovo Chimbote, tra cui ridotta evapotraspirazione ed elevata tolleranza alle concentrazioni saline sopra la norma.

Le specie selezionate per le aiuole, bordure e piccole alberature sono specie scelte per le loro caratteristiche di resistenza alla siccità, considerando anche la loro distribuzione in Perù.

L'impianto irriguo proposto è un impianto di subirrigazione a goccia, che permette l'ottimizzazione dell'acqua e l'uso di acque non potabili, che in questo caso diminuirebbero le spese di gestione dell'area verde.

La realizzazione del giardino viene stimata ad un costo tra i 25000,00 e i 30000,00 euro.

BIBLIOGRAFIA

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. (1998).** Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy.
- Beard, J. B. (1973).** Turfgrass: Science and Culture. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Beard, J. B. (1982).** Turf management for golf courses. Burgess Publishing, Minneapolis, Minn.
- Beard, J. B. and H. J. Beard. (2004).** Beard's Turfgrass Encyclopedia for Golf Courses Ground Lawns Sports Fields. Michigan State University Press, East Lansing, Michigan.
- Beard, James B, e Robert L. Green (1994).** «The Role of Turfgrasses in Environmental Protection and Their Benefits to Humans». *Journal of Environmental Quality* 23, fasc. 3 (1994): 452–60.
- Beard, J.B., R.L. Green, e S.I. Sifers (1992).** «Evapotranspiration and Leaf Extension Rates of 24 Well-Watered, Turf-Type Cynodon Genotypes». *HortScience* 27, fasc. 9 (settembre 1992): 986–88.
- British Columbia Ministry of Agriculture, Food and Fisheries (2001).** «Crop Coefficients For Use In Irrigation Scheduling.».
- Taliaferro, (2004),** Bermudagrass and Stargrass - Agronomy Monographs - Wiley Online Library.
- Bero, N.J. and Soldat, D.J. (2021).** Effect of topdressing of compost, compost tea, and various fertilizers on soil and lawn characteristics, Intl. Turfgrass Soc. Res. J. 14(1), 110-120.
- Bigelow, C.A. and Soldat, D.J. (2013).** Turfgrass Root Zones: Management, Construction Methods, Amendment Characterization, and Use. In Turfgrass: Biology, Use, and Management (eds J.C. Stier, B.P. Horgan and S.A. Bonos).
- Biran, I., B. Bravdo, I. Bushkin-Harav, e E. Rawitz. (1981)** Water Consumption and Growth Rate of 11 Turfgrasses as Affected by Mowing Height, Irrigation Frequency, and Soil Moisture¹». *Agronomy Journal* 73, fasc. 1 (1981): 85–90.
- Burt, Charles, and Stuart W. Styles (1999).** Drip and micro irrigation for trees, vines, and row crops: Design and management (with special sections on SDI). Irrigation Training and Research Center, Bioresource and Agricultural Engineering Department, California Polytechnic State University, 1999.
- Cametti Carlo, (1990)** e HOEPLI.it. «L'irrigazione Del Giardino - | Libro L'informatore Agrario 01/2001 - HOEPLI.it.
- Camp, C. R. (1998)** “Subsurface drip irrigation: A review.” Transactions of the ASAE 41.5 (1998): 1353-1367.
- Cardenas-Lailhacar, B., & Dukes, M. D. (2010).** Precision of soil moisture sensor irrigation controllers under field conditions. *Agricultural Water Management*, 97(5), 666-672.
- Chavarria, Manuel, Benjamin Wherley, James Thomas, Ambika Chandra, e Paul Raymer (2019).** «Salinity Tolerance and Recovery Attributes of Warm-Season Turfgrass Cultivars». *HortScience* 54, fasc. 9 (1 settembre 2019).
- Colmer, Timothy D., e Louise Barton. (2017)** «A Review of Warm-Season Turfgrass Evapotranspiration, Responses to Deficit Irrigation, and Drought Resistance». *Crop Science* 57, fasc. S1 (2017): S-98-S-110.
- Cook, D.I., and D.F. Van Haverbeke. (1971).** Trees and shrubs for noise abatement. Nebraska Agric. Exp. Stn. Res. Bull. 246, Lincoln.
- Waddington, R. N. Carrow, R. C. Shearman (1992).** «Turfgrass | Agronomy Monographs», 1 gennaio 1992.
- Duncan, R.R., R.N. Carrow, and M.T. Huck. (2009).** Turfgrass and landscape irrigation water quality–Assessment and management. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Dunn, John, and Kenneth Diesburg, (2004).** Turf management in the transition zone. John Wiley & Sons, 2004.
- Fred D. Rauch, Paul R. Weissich (2014).** «The Watersmart Garden: 100 Great Plants for the Tropical Xeriscape». UH Press.

- Fidanza, Michael (2023)**, Pennsylvania State University, USA. «Achieving sustainable turfgrass management.
- Grabow, G. L., Ghali, I. E., Huffman, R. L., Miller, G. L., Bowman, D., & Vasanth, A. (2013)**. Water application efficiency and adequacy of ET-based and soil moisture-based irrigation controllers for turfgrass irrigation. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 139(2), 113-123.
- Hopkins, W. G. (1999)**. Introduction to Plant Physiology, 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Huang, Bingru (2008)**. «Turfgrass Water Requirements and Factors Affecting Water Usage.
- Kim, K. S., e J. B. Beard (1988)**. «Comparative Turfgrass Evapotranspiration Rates and Associated Plant Morphological Characteristics». *Crop Science* 28, fasc. 2 (marzo 1988): 328–31.
- Lehmann, Johannes, Deborah A. Bossio, Ingrid Kögel-Knabner, e Matthias C. Rillig (2020)**. «The Concept and Future Prospects of Soil Health». *Nature Reviews Earth & Environment* 1, fasc. 10 (ottobre 2020): 544–53.
- Leinauer, B., R. Sallenave, D. VanLeeuwen, and H. Schulz. (2004)**. A comparison of construction types and their associated irrigation systems: Effect on turfgrass quality, drought avoidance, and irrigation water use. *Acta Hort.* 661:123–129.
- Liu, Haibo, Jason L. Todd, e Hong Luo (2023)**. «Turfgrass Salinity Stress and Tolerance—A Review». *Plants* 12, fasc. 4 (gennaio 2023): 925.
- Macolino, S., Cametti, C., & Zenti, A. (2014)**. Coltivare senza problemi il tappeto erboso. In Guida pratica: Coltivare senza problemi il tappeto erboso.
- Marcum, K. B (2006)**. «Use of saline and non-potable water in the turfgrass industry: Constraints and developments». *Agricultural Water Management*, Special Issue on Water Scarcity: Challenges and Opportunities for Crop Science, 80, fasc. 1 (24 febbraio 2006): 132–46.
- Morgan Eric (2023)**. *THE XERISCAPE GARDENER'S HANDBOOK: Creating Stunning Landscapes While Promoting Water Conservation In Arid Regions, 2023*.
- Robinette, G.O. (1972)**. Plants, people, and environmental quality. U.S. Dep. Interior, National Park Service, and Am. Soc. Land. Archit. Foundation, Washington, DC.
- Sabogal, Ana (2021)**. *Urban Ecology: A Case Study of Lima City, Perú*. Springer Nature, 2021.
- Sandor, Daniel (2018)**. Water conservation practices for irrigation of turfgrass lawns. University of Arkansas, 2018.
- Schiavon, M., A. Pedroza, B. Leinauer, D.L. Suarez, e J.H. Baird (2017)**. «Varying Evapotranspiration and Salinity Level of Irrigation Water Influence Soil Quality and Performance of Perennial Ryegrass (*Lolium Perenne* L.)». *Urban Forestry & Urban Greening* 26 (agosto 2017): 184–90.
- Schiavon, Marco, e James H. Baird (2018)**. «Evaluation of Products to Alleviate Irrigation Salinity Stress on Bermudagrass Turf». *Agronomy Journal* 110, fasc. 6 (2018): 2136–41.
- Schiavon, Marco, Bernd Leinauer, Matteo Serena, Bernd Maier, e Rossana Sallenave (2014)**, «Plant Growth Regulator and Soil Surfactants' Effects on Saline and Deficit Irrigated Warm-Season Grasses: I. Turf Quality and Soil Moisture». *Crop Science* 54, fasc. 6 (2014): 2815–26.
- Serena, Matteo, Marco Schiavon, Rossana Sallenave, e Bernd Leinauer (2020a)**. «Drought Avoidance of Warm-Season Turfgrasses Affected by Irrigation System, Soil Surfactant Revolution, and Plant Growth Regulator Trinexapac-Ethyl». *Crop Science* 60, fasc. 1 (2020): 485–98.
- Serena, M., Velasco-Cruz, C., Friell, J., Schiavon, M., Sevostianova, E., Beck, L., ... & Leinauer, B. (2020b)**. Irrigation scheduling technologies reduce water use and maintain turfgrass quality. *Agronomy Journal*, 112(5), 3456-3469.
- Sevostianova, E., Leinauer, B., Sallenave, R., Karcher, D., & Maier, B. (2011a)**. Soil salinity and quality of sprinkler and drip irrigated cool-season turfgrasses. *Agronomy journal*, 103(5), 1503-1513.
- Sevostianova, E., Leinauer, B., Sallenave, R., Karcher, D., & Maier, B. (2011b)**. Soil salinity and quality of sprinkler and drip irrigated warm-season turfgrasses. *Agronomy Journal*, 103(6), 1773-1784.

- Sevostianova, Elena, e Bernd Leinauer (2014).** «Subsurface-Applied Tailored Water: Combining Nutrient Benefits with Efficient Turfgrass Irrigation». *Crop Science* 54, fasc. 5 (2014): 1926–38.
- Stefano Bocchi, Roberto Spigarolo, Severo Ronzoni (2016)** - Poseidonia Scuola. *Produzioni vegetali. Per le Scuole superiori. Con e-book. Con espansione online vol.1 di* - 2016.
- Taliaferro, Charles M., Francis M. Rouquette Jr., e Paul Mislevy (2004).** «Bermudagrass and Stargrass». In *Warm-Season (C4) Grasses*, 417–75. John Wiley & Sons, Ltd, 2004.
- Thompson, Cole ,Guertal E (2023),** United States Golf Association, USA, Auburn University, USA, Pauric McGroary, Waypoint Analytical, USA, et al. «Considerations with Soil Testing in Turfgrass». In *Burleigh Dodds Series in Agricultural Science*. Burleigh Dodds Science Publishing, 2023.
- Trenholm, L. E., R. R. Duncan, e R. N. Carrow (1999).** «Wear Tolerance, Shoot Performance, and Spectral Reflectance of Seashore Paspalum and Bermudagrass». *Crop Science* 39, fasc. 4 (1999).
- Turgeon, A. J (1991).** «Turfgrass Management.» *Turfgrass Management.*, fasc. Ed. 3 (1991).
- Turgeon, A. J. and Kamniski, J.E. (2019).** Turfgrass management, Turfpath LLC, State College, PA.
- Weil, R. R. and Brandy, N. C. (2017).** *The Nature and Propriety of Soils* (15th edn.), Pearson New York.
- Wherley, B., Dukes, M. D., Cathey, S., Miller, G., & Sinclair, T. (2015).** Consumptive water use and crop coefficients for warm-season turfgrass species in the Southeastern United States. *Agricultural water management*, 156, 10-18.
- Whitlark, Brian, Umeda, Kai ,University of Arizona, USA, Bernhard R. Leinauer (2023),** New Mexico State University, USA, Matteo Serena, e University of California-Riverside, USA. «Considerations with Water for Turfgrass in Arid Environments». In «Achieving sustainable turfgrass management». Burleigh Dodds Science Publishing, 2023.

SITOGRAFIA

- «Áncash: mafias de traficantes de terrenos en Nuevo Chimbote amenazan a gerente de municipio | Sociedad | La República». Consultato 3 ottobre 2023. <https://larepublica.pe/sociedad/2019/10/03/ancash-mafias-de-trafficantes-de-terrenos-en-nuevo-chimbote-amenazan-a-gerente-de-municipio>.
- CABI.org. «CABI Launches New Horticulture Compendium». Consultato 23 ottobre 2023. <https://www.cabi.org/news-article/cabi-launches-new-horticulture-compendium/>.
- «CLIMWAT | Land & Water | Food and Agriculture Organization of the United Nations | Land & Water | Food and Agriculture Organization of the United Nations». Consultato 3 ottobre 2023. <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/clinwat-for-cropwat/en/>.
- «Conocer los datos hidrometeorológicos del Perú - Descargar los datos meteorológicos», 29 settembre 2023. <https://www.gob.pe/9312-conocer-los-datos-hidrometeorologicos-del-peru-descargar-los-datos-meteorologicos>.
- «CropWat | Land & Water | Food and Agriculture Organization of the United Nations | Land & Water | Food and Agriculture Organization of the United Nations». Consultato 3 ottobre 2023. <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>.
- «Dab Pumps». Consultato 23 ottobre 2023. <https://www.dabpumps.com/it>.
- «Data Access | National Centers for Environmental Information (NCEI)». Consultato 3 ottobre 2023. <https://www.ncei.noaa.gov/access/search/data-search/daily-summaries?bbox=-8.836,-78.815,-9.312,-78.339&startDate=1960-01-01T00:00:00&endDate=2023-01-03T23:59:59>.
- «Databases & Software | Land & Water | Food and Agriculture Organization of the United Nations | Land & Water | Food and Agriculture Organization of the United Nations». Consultato 3 ottobre 2023. <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/en/>.
- Fred D. Rauch, Paul R. Weissich. «The Watersmart Garden: 100 Great Plants for the Tropical Xeriscape». UH Press, 2014. <https://uhpress.hawaii.edu/title/the-watersmart-garden-100-great-plants-for-the-tropical-xeriscape/>.
- «GeorgiaTurf». Consultato 22 settembre 2023. <https://turf.caes.uga.edu/>.

- «GLOBAL-SOIL-SALINITY - Earth Engine Code Editor». Consultato 22 settembre 2023. <https://code.earthengine.google.com/?scriptPath=users%2Fsat-io%2Fawesome-gee-catalog-examples%3Asoil-properties%2FGLOBAL-SOIL-SALINITY>.
- «Historia de Chimbote | Chimbote Online». Consultato 3 ottobre 2023. <https://www.chimboteonline.com/threads/historia-de-chimbote.1/>.
- «Home | Food and Agriculture Organization of the United Nations». Consultato 23 ottobre 2023. <https://www.fao.org/home/en/>.
- «Home - Siderperu | Gerdau Website». Consultato 3 ottobre 2023. <https://www.siderperu.com.pe/>.
- Horticulture Unlimited. «Landscaping in Tucson, AZ | Horticulture Unlimited Inc.» Consultato 23 ottobre 2023. <https://horticultureunlimited.com/>.
- «<https://www.claber.com/>», s.d.
- «Implexx Sense – Digital Environmental Sensing». Consultato 13 ottobre 2023. <https://www.implexx.io/>.
- «Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI - Plataforma del Estado Peruano». Consultato 3 ottobre 2023. <https://www.gob.pe/inei/>.
- «La Casa delle Grasse - La Casa delle Grasse». Consultato 23 ottobre 2023. <https://www.lacasadellegrasse.it/>.
- «Low-Maintenance Xeriscape Plans | Denver Water». Consultato 3 ottobre 2023. <https://www.denverwater.org/residential/rebates-and-conservation-tips/remodel-your-yard/xeriscape-plans/low-maintenance-xeriscape-plans>.
- «MAFIA INVADDE POR ENÉSIMA VEZ TERRENOS DE VÍA EXPRESA | Diario de Chimbote». Consultato 3 ottobre 2023. <https://diariodechimbote.com/2023/08/14/mafia-invade-por-enesima-vez-terrenos-de-via-expresa/>.
- «Municipalidad de Nuevo Chimbote». Consultato 3 ottobre 2023. <https://www.muninuevochimbote.gob.pe/paginas/2/1/historia.html>.
- «Nuevo Chimbote en la region de Áncash - Municipio y municipalidad de Perú». Consultato 3 ottobre 2023. <https://www.distrito.pe/distrito-nuevo-chimbote.html>.
- «Principales variables climáticas de la Costa». Consultato 3 ottobre 2023. <https://www.midagri.gob.pe/portal/53-sector-agrario/el-clima/369-principales-variables-climaticas-de-la-costa#>.
- «SENAMHI - Perú». Consultato 3 ottobre 2023. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>.
- Sod Solutions. «Lawnifi Bermuda Grass Seed». Consultato 22 settembre 2023. <https://sodsolutions.com/shop/grass-seed/lawnifi-bermudagrass-seed-1-8-lbs/>.
- «SUBSURFACE DRIP IRRIGATION: A REVIEW». Consultato 16 ottobre 2023. <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=17309>.
- «Treccani, il portale del sapere». Consultato 3 ottobre 2023. <https://www.treccani.it/>.
- «U.S. Regional Salinity Laboratory. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handb. 60. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC. http://www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/Place/53102000/hb60_pdf/hb60complete.pdf (accessed 18 Jan. 2012).», s.d.