



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO TERRITORIO E SISTEMI AGRO-FORESTALI

Laurea magistrale in

SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI

Tesi di laurea

Il campo da golf: sink o source di CO₂?

Il caso studio del Golf Club Ca' Amata a Castelfranco Veneto

The golf course: dioxide carbon sink or source?

The case study of Ca' Amata Golf Club in Castelfranco Veneto

Relatrice: Prof.ssa Lucia Bortolini

Correlatore: Dott. For. Andrea Palladini

Laureando:

Enrico Alberton

Matricola: 2096883

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

INDICE

RIASSUNTO	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUZIONE	3
1.1. Il campo da golf.....	5
1.1.1. Tee.....	8
1.1.2. Fairway	10
1.1.3. Rough	11
1.1.4. Green.....	12
1.1.5. Ostacoli.....	13
1.2. La manutenzione del campo da golf	15
1.2.1. I tappeti erbosi	15
1.2.2. I bunkers.....	17
1.2.3. Altre aree	17
1.3. Assorbimento dell'anidride carbonica da parte del sistema tappeto erboso-suolo	18
1.4. Emissioni di gas serra dai fertilizzanti	19
2. MATERIALI E METODI	21
2.1. Il Golf Club Ca' Amata	21
2.1.1. Descrizione del sito	21
2.1.2. Il percorso di gioco	24
2.1.3. Servizi offerti	29
2.2. Manutenzione del verde all'interno del Golf Club Ca' Amata	29
2.2.1. Gestione della vegetazione arborea e arbustiva	30
2.2.2. Manutenzione del tappeto erboso	30
2.3. Stima dell'emissione di anidride carbonica per la gestione del campo da golf.....	32
2.3.1. Manutenzione della vegetazione arborea ed arbustiva	32
2.3.2. Manutenzione nei greens e collars	33
2.3.3. Manutenzione nei tees	41
2.3.4. Manutenzione nei fairways.....	43
2.3.5. Manutenzione nei roughs	47
2.3.6. Manutenzione dei bunkers	47
2.3.7. Altre attività eseguite all'interno del campo	49
2.3.8. Irrigazione e gestione dell'acqua	51
2.4. Stima delle emissioni carboniose generate dai fertilizzanti	52

2.5.	Stima dell'assorbimento dell'anidride carbonica da parte della vegetazione	53
2.5.1.	i-Tree	53
2.5.2.	i-Tree Eco.....	54
2.5.3.	Raccolta dei dati secondo il protocollo di i-Tree	55
2.6.	Censimento della vegetazione presente.....	57
2.7.	Stima dell'assorbimento dell'anidride carbonica da parte dei tappeti erbosi-suolo	58
3.	RISULTATI E DISCUSSIONE	59
3.1.	Stima dell'emissione di anidride carbonica per la gestione del campo da golf.....	59
3.2.	Stima dell'emissione di anidride carbonica da parte dei fertilizzanti	69
3.3.	Censimento della vegetazione presente.....	70
3.4.	Stima dell'assorbimento dell'anidride carbonica da parte della vegetazione secondo i-Tree Eco	78
3.5.	Stima dell'assorbimento dell'anidride carbonica da parte dei tappeti erbosi-suolo	80
3.6.	Bilancio finale	81
4.	CONCLUSIONI.....	84
	BIBLIOGRAFIA	87
5.	APPENDICE.....	89

RIASSUNTO

All'interno di un campo da golf le operazioni di manutenzione delle diverse superfici presenti richiedono l'impiego di una grande quantità di energia e risorse per raggiungere gli elevati standard richiesti. Consapevoli del fatto che il cambiamento climatico a cui stiamo assistendo è frutto delle molteplici emissioni generate dalle attività umane, bisogna impegnarsi seriamente nel cercare di rendere queste attività il più sostenibili possibile. Chiaramente questa azione di riduzione può essere attuata solamente dopo aver quantificato gli impatti ambientali generati, per questo motivo all'interno della seguente tesi si va ad eseguire un bilancio delle diverse fonti di emissione e di assorbimento al fine di comprendere se il campo da golf preso in esame sia *sink* o *source* di CO₂. Come area di analisi è stato selezionato il Golf Club Ca' Amata situato in provincia di Treviso (Italia), il cui personale ha dato completa disponibilità a collaborare e a fornire alcuni dati, essendo anche loro interesse rendere più sostenibile la loro attività. Si è stimato l'ammontare annuo di CO₂ emessa ad opera dei macchinari impiegati per eseguire le operazioni di manutenzione dei diversi tappeti erbosi e della vegetazione presente. Questo è stato reso possibile intersecando le ore di funzionamento dei macchinari con i loro consumi orari. L'ammontare annuo ottenuto è stato di 73,01 Mg di CO₂. Il 73% delle emissioni sono a carico delle operazioni di taglio dei tappeti erbosi; le aree del campo da golf che generano più emissioni totali sono i fairways e i roughs (questo è dovuto alle loro dimensioni). Inoltre, andando a considerare le emissioni generate da una singola unità di superficie, risulta che i greens sono le superfici che emettono più anidride carbonica perché richiedono numerose pratiche di manutenzione. Si sono anche stimate le emissioni generate dall'applicazione dei fertilizzanti sui tappeti erbosi, i quali contribuiscono al rilascio di N₂O il quale è ben più climalterante della CO₂. Il valore totale di queste emissioni è stato ottenuto a partire da dei valori medi ottenuti dalla ricerca bibliografica svolta che, conoscendo il piano di concimazione, hanno portato alla stima di un rilascio annuo di 38,59 kg di N₂O che si traducono in 11,50 Mg di CO₂e. Per quanto riguarda gli assorbimenti si è iniziato col quantificare a quanto ammonti la CO₂ sequestrata dalla vegetazione arborea e arbustiva presente. Questo valore è stato ottenuto applicando il modello i-Tree Eco, il quale fornisce la stima della quantità assorbita a partire da una serie di informazioni riguardanti la vegetazione presente; non essendo disponibile un censimento della vegetazione all'interno del golf si è dovuto procedere alla sua realizzazione. Da questa attività, che ha interessato l'intera superficie, sono stati censiti ben 7119 individui appartenenti ad 84 specie diverse. Successivamente con i dati raccolti si è applicato il modello, il quale ha evidenziato un assorbimento annuo di 163,48 Mg di CO₂. In seguito, si è stimato l'assorbimento totale di CO₂ a carico delle superfici ricoperte dal sistema tappeto erboso-suolo; dopo aver eseguito una ricerca bibliografica condotta su articoli scientifici si sono ottenuti dei valori medi di assorbimento, i quali applicati al nostro sito di analisi hanno fornito un assorbimento annuo di 361,66 Mg di CO₂. Da questa prima analisi, mettendo a bilancio l'insieme degli assorbimenti con l'insieme delle emissioni, si ottiene un surplus di assorbimento di ben 440 Mg di CO₂. Si può quindi dire che il campo da golf analizzato contribuisca al sequestro di CO₂ rappresentando quindi un *sink* di carbonio visto che l'assorbimento di CO₂ risulta maggiore di quanta ne venga rilasciata. Sebbene il risultato ottenuto sia positivo, è fondamentale continuare ad impegnarsi nel rendere più sostenibile la manutenzione di queste superfici attuando tutte le soluzioni possibili.

ABSTRACT

Inside a golf course, maintenance operations of the different surfaces require the use of a large amount of energy and resources to achieve the high standards required. Aware of the fact that the climate change we are witnessing is the result of multiple emissions generated by human activities, we must seriously commit ourselves to trying to make these activities as sustainable as possible. Clearly this reduction action can only be implemented after having quantified the environmental impacts generated, for this reason within the following thesis we are going to carry out a balance of the different sources of emission and absorption in order to understand if the golf course under examination is a sink or source of CO₂. The Golf Club Ca' Amata located in the province of Treviso (Italy) was selected as the area of analysis, whose staff gave full availability to collaborate and to provide some data, as they are also interested in making their activity more sustainable. The annual amount of CO₂ emitted by the machinery used to carry out maintenance operations of the different lawns and vegetation present was estimated. This was made possible by intersecting the hours of operation of the machines with their hourly consumption. The annual amount obtained was 73.01 Mg of CO₂. 73% of the emissions are due to the cutting operations of the turf; the areas of the golf course that generate the most total emissions are the fairways and the roughs (this is due to their size). Furthermore, considering the emissions generated by a single unit of surface, it turns out that the greens are the surfaces that emit the most carbon dioxide because they require numerous maintenance practices. The emissions generated by the application of fertilizers on the turf were also estimated, which contribute to the release of N₂O which is much more climate-altering than CO₂. The total value of these emissions was obtained starting from the average values obtained from the bibliographic research carried out which, knowing the fertilization plan, led to the estimate of an annual release of 38.59 kg of N₂O which translates into 11.50 Mg of CO₂e. As regards absorption, we began by quantifying the amount of CO₂ sequestered by the trees and shrubs present. This value was obtained by applying the i-Tree Eco model, which provides an estimate of the amount absorbed starting from a series of information regarding the vegetation present; since a census of the vegetation inside the golf course was not available, it was necessary to proceed with its creation. From this activity, which involved the entire surface, 7119 individuals belonging to 84 different species were censused. Subsequently, with the data collected, the model was applied, which highlighted an annual absorption of 163.48 Mg of CO₂. Subsequently, the total absorption of CO₂ by the surfaces covered by the turf-soil system was estimated; after carrying out a bibliographic search conducted on scientific articles, average absorption values were obtained, which applied to our analysis site provided an annual absorption of 361.66 Mg of CO₂. From this first analysis, balancing the set of absorptions with the set of emissions, we obtain a surplus of absorption of 440 Mg of CO₂. We can therefore say that the golf course analyzed contributes to the sequestration of CO₂, thus representing a carbon sink since the absorption of CO₂ is greater than the amount released. Although the result obtained is positive, it is essential to continue to commit to making the maintenance of these surfaces more sustainable by implementing all possible solutions.

1. INTRODUZIONE

La mitigazione del cambiamento climatico e la riduzione dell'attuale dipendenza dai combustibili fossili sono sfide interconnesse che modellano le politiche in molti settori. L'Unione europea (UE) si è impegnata a ridurre le emissioni di gas serra (GHG), aumentare la quota di fornitura di energia rinnovabile e migliorare l'efficienza energetica del 20% entro il 2020 (Commissione europea, 2007) e questo impegno richiede misure immediate in tutti i settori della società (Tidåker et al., 2017).

Per ridurre le emissioni di gas serra è necessario continuare con la ricerca di nuove fonti di energia rinnovabile per cercare di sostituire quelle fossili, rinnovare il modo di fare agricoltura, riorganizzare la movimentazione delle merci, aumentare l'efficienza energetica delle abitazioni e riadattare il nostro stile di vita scegliendo un'alimentazione a ridotto consumo di carne e utilizzando mezzi di trasporto pubblico. Per raggiungere questi obiettivi è richiesto un immenso sforzo da parte di tutte le persone, famiglie, associazioni società e governi; tali sforzi sono fondamentali in quanto lo stato attuale del clima, secondo il recente rapporto del gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici (IPCC) del 2021, ha indicato un aumento delle concentrazioni di gas serra che nel 2019 hanno raggiunto medie annuali di 410 ppm per CO₂, 1.866 ppb per CH₄ e 332 ppb per N₂O. Gli ultimi quattro decenni sono stati progressivamente più caldi di qualsiasi decennio precedente. Il cambiamento climatico indotto dall'uomo sta causando estremi meteorologici e climatici (ad esempio, ondate di calore, forti precipitazioni, siccità, ecc.) in tutto il mondo. Tuttavia, con l'ulteriore crescita della popolazione, aumenterà la domanda di utilizzo del terreno per l'agricoltura, di parchi e immobili (www.greenbiz.com) e le pratiche di manutenzione sostenibile acquisiranno slancio (Ow e Chan, 2022).

I campi da golf sono complessi spazi verdi sportivi situati in aree urbane o nelle loro vicinanze che offrono un valore ricreativo per molte persone, contribuendo anche alla salute pubblica e alla qualità della vita delle comunità locali. Potenzialmente queste grandi aree vegetate hanno la possibilità di influenzare l'ambiente fisico circostante perché assorbendo e riflettendo parte della radiazione solare riescono a regolare lo scambio di calore, e attraverso la fotosintesi, l'evapotraspirazione e l'ombreggiamento possono ridurre e contenere le temperature dell'area circostante. Stando ai dati pubblicati dalla Federazione Italiana Golf (FIG), nel 2023 in Italia erano affiliati e aggregati ben 361 circoli, comprendendo i campi pratica (strutture di allenamento o di iniziazione), i percorsi promozionali (percorsi di piccole dimensioni e composti da almeno 3 buche) e i percorsi certificati (preposti all'attività agonistica).

A livello generale, per quanto riguarda la sostenibilità, il golf è facilmente criticabile vista l'incredibile quantità di spazio e risorse che necessita, per questo la sua rivalutazione è imperativa alla luce della crisi climatica che è in corso, non a caso il settore golfistico è incluso all'interno delle attività che devono cercare di ridurre le emissioni di gas serra per evitare gli impatti peggiori del cambiamento climatico. Ciò significa che con il passare del tempo i governi e i consumatori faranno sempre più pressione sui campi da golf affinché svolgano la loro parte nella mitigazione del cambiamento climatico diventando migliori custodi dell'ambiente. La relazione tra golf e cambiamento climatico è bidirezionale: il golf influisce sul cambiamento climatico e il cambiamento climatico influisce sul golf. Secondo uno studio della National Golf Foundation (2020), in media, 1" di pioggia (2,54 mm) in più in un dato anno comporta una diminuzione del 2,2% del gioco sul campo. È chiaro che il cambiamento climatico metterà alla prova il golf. I campi devono agire per diventare più resilienti,

migliori custodi dell'ambiente per i propri interessi e per gli interessi di tutti. Allo stesso tempo, è anche chiaro che la sostenibilità è un'opportunità fantastica per il golf (White, 2021).

Proprio per far fronte a queste pressioni in Italia sono possibili delle certificazioni e delle modalità di gestione del campo che mirano a garantire e a migliorare la sostenibilità delle pratiche adottate per la gestione del campo da golf. Per esempio, il progetto BioGolf mira alla formulazione di una nuova alternativa nell'ambito del golf ecocompatibile e sostenibile cercando di comprendere all'interno della sostenibilità ambientale anche quella economica al fine di offrire un'esperienza di gioco economicamente e ambientalmente sostenibile coniugando la difesa del territorio con un programma di sviluppo ecoturistico. Il tutto porterebbe a una maggiore attenzione nella conservazione e tutela della biodiversità, al consumo di suolo e delle risorse idriche, alla capacità di promuovere l'occupazione stabile e al recupero di strutture dimenticate.

Un altro esempio altrettanto importante per cercare di incrementare la sostenibilità è rappresentato dalla certificazione GEO (Golf Environment Organisation). Questa organizzazione no profit e non governativa si impegna nel promuovere la sostenibilità nel golf. La certificazione GEO va a dimostrare e garantire che l'impegno intrapreso da un percorso di golf venga riconosciuto, premiato e divulgato, dimostrando così che quel percorso si sta impegnando a essere parte della soluzione. Il valore di tale certificazione è dato anche dalle numerose collaborazioni con università, enti di ricerca ed associazioni ambientaliste.

Infine, la stessa FIG, in collaborazione con l'Istituto per il Credito Sportivo, premia i circoli amici del verde istituendo il riconoscimento "Impegnati nel verde" (INV), il quale promuove lo sviluppo sostenibile, sensibilizzando Circoli e giocatori sulle tematiche ambientali. Inoltre, con questa iniziativa FIG vuole accompagnare i Circoli verso la certificazione GEO. Il riconoscimento si può ottenere su cinque categorie ambientali che sono: Acqua, Biodiversità, Energia, Paesaggio, Patrimonio storico, artistico e culturale. Il Circolo interessato al riconoscimento dovrà aver utilizzato delle tecnologie, metodologie, progettazioni e gestioni in grado di sviluppare un netto miglioramento della sostenibilità ambientale del percorso e un approccio responsabile nell'utilizzo delle risorse naturali. Dopo aver inviato i moduli per la richiesta del riconoscimento annuale il loro operato verrà valutato da un Comitato Tecnico Scientifico composto da Docenti Universitari e gli idonei riceveranno i diplomi da parte del Presidente federale in occasione dell'Open d'Italia.

Normalmente un tipico campo da golf comprende 18 buche con manto erboso gestito in modo intensivo, inserite in un paesaggio specifico come un parco o una brughiera. Le aree di manto erboso gestito in modo intensivo includono tee e green (in genere un'area totale per campo di 1,1-1,2 ha ciascuno; EPA, 2009) e fairway (circa 12,9 ha; EPA, 2009), che vengono tagliati frequentemente per mantenere un'altezza dell'erba bassa per il rotolamento e il rimbalzo della palla. Tutte queste aree sono sottoposte ad applicazioni di routine di fertilizzanti e prodotti agrochimici per supportare la crescita delle piante e mantenere la qualità estetica. L'obiettivo della gestione, in particolare su tee e green, è di ottenere una monocoltura di specie di erba per la coerenza nelle caratteristiche di gioco e nella qualità estetica della superficie. Le aree di non gioco in un campo da golf possono includere prati a gestione meno intensiva, piante erbacee, arbusti e alberi (Bartlett e James, 2011).

Questa frequente manutenzione influisce negativamente sull'ambiente e aumenta le emissioni di gas serra (ad esempio, ossido nitroso N_2O e CO_2). Inoltre, la frequenza e l'intensità della manutenzione dei campi da golf sono notevolmente più elevate rispetto alla manutenzione di parchi e giardini. Tagliare, fertilizzare e irrieggare frequentemente un campo da golf non solo richiede molta energia, ma aumenta anche le emissioni di gas serra sia all'interno che all'esterno del campo da golf. Fortunatamente con i progressi e le innovazioni nelle varietà di erba da prato e nella

progettazione del drenaggio abbiamo alcuni esempi di sforzi compiuti per combattere il cambiamento climatico. Ad esempio, le moderne varietà di erba da prato sono più tolleranti al calore e alla siccità e sono state sviluppate per conservare l'acqua, pertanto richiedono meno irrigazione. Inoltre, sono stati installati sistemi di irrigazione computerizzati, che possono determinare la quantità ottimale di acqua richiesta in diverse posizioni di un campo, utilizzando l'acqua in modo efficiente. I sistemi computerizzati possono ottimizzare l'attività delle pompe idrauliche, riducendo al minimo il consumo di energia. Allo stesso modo, i moderni tosaerba e le macchine utilizzate per l'aerazione e le altre attività di manutenzione sono più efficienti e quindi fanno risparmiare tempo. Ciò riduce l'utilizzo di risorse e abbassa le emissioni di gas serra (Ow e Chan, 2022).

Inoltre, è bene ricordare che l'uso di energia e le emissioni di GHG non sono solo associati alle attività di manutenzione eseguite sui campi da golf, poiché ci sono anche oneri ambientali indiretti correlati alla produzione di input acquistati come fertilizzanti minerali, carburante, macchinari e trasporto di sabbia utilizzata per il top dressing (Tidåker et al., 2017).

1.1. Il campo da golf

Il campo da golf è un'area opportunamente adibita alla pratica di questo sport per il quale è richiesta una preparazione atletica e tecnica non indifferente per poter competere a buoni livelli tanto che è stato inserito all'interno delle discipline olimpiche. All'interno del campo di gioco si sviluppa il percorso di gioco che generalmente è formato da un numero variabile di buche, normalmente 18. L'arrivo di ogni buca è una porzione di campo chiamata *green*, zona nella quale il giocatore deve mandare in buca la pallina. Ogni campo da golf è diverso da qualsiasi altro sia per le diverse tipologie di campi presenti ma soprattutto per via delle caratteristiche che ogni campo presenta. Sono tutti degli scenari unici e ogni volta che qualcuno ci passeggia rimane sorpreso per la qualità del manto erboso e per i panorami suggestivi che ognuno offre. Una cosa che li accomuna tutti è che ogni buca è composta da una serie di zone specificatamente denominate.

Esistono diverse tipologie di campo da golf. I più comuni vengono definiti come *Parkland course* | (Fig. 1) | e sono dei campi da gioco situati nelle zone dell'entroterra dov'è presente un'abbondante vegetazione arborea, tappeti erbosi curati in modo minuzioso e con la diffusa presenza di ostacoli artificiali. Esistono poi gli *Heathland course* | (Fig. 2) |, ovvero campi tipici della Gran Bretagna, che presentano vegetazione arbustiva composta da eriche e ginestre e con una visibilità di gioco più aperta rispetto ai precedenti. Tipici invece del continente australiano sono i *Sandbelt*, campi che si contraddistinguono per il terreno sabbioso, con la superficie fortemente ondulata, la quale comporta un approccio al gioco di tipo strategico e di precisione.

Ci sono poi i campi da gioco appositamente progettati per ospitare i tornei, caratterizzati da percorsi di gioco molto lunghi e difficili. In questi campi si sfidano i giocatori più esperti e vengono definiti come *Championship course*.

Esistono anche altri campi da golf particolari. I primi che hanno dato origine a questo gioco vengono chiamati *links* | (Fig. 3) |, in quanto sono campi formati da lunghe distese pianeggianti a ridosso del mare, dove le pecore pascolavano; queste per ripararsi dal vento scavavano dei piccoli e profondi *bunkers* che sono tutt'oggi una delle zone che compongono un comune campo da golf. Questa tipologia di campo di gioco è quasi completamente priva di vegetazione arborea, ma presenta macchie sparse di piccoli arbusti; la morfologia del terreno è piuttosto regolare ed uniforme, per via della loro posizione le condizioni meteo sono variabili, di conseguenza una delle capacità che il

golfista deve possedere è il saper affrontare condizioni metereologiche variabili e impegnative come vento e pioggia. Sono quindi campi unici per via dell'esperienza di gioco che offrono, ma impegnativi per via delle condizioni variabili. Sono tipici di Scozia, Inghilterra e Irlanda, proprio laddove è nato questo gioco.

Infine, esiste una tipologia definita come *Inland* e sono una tipologia di campo da gioco che nasce dalla fusione di elementi tipici sia dei campi parkland che dei campi heathland. Al loro interno presentano paesaggi variabili da zone più densamente vegetate ad altre che sono più libere, con presenza di ostacoli come laghi artificiali, corsi d'acqua o bunkers o con una morfologia del terreno che varia da pianeggiante a ondulata. In questa tipologia di campi possono giocare sia golfisti alle prime armi ma anche golfisti esperti, tanto che comunemente al loro interno vi si organizzano tornei locali o nazionali (Il Circolo del golf. 2024. "Il Campo da Golf: una guida completa (com'è fatto un campo da golf?)", <http://circolodelgolf.it/>).



Figura 1: campo da golf Augusta National Golf Club, Georgia USA di tipo parkland (http://www.masters.com/en_US/course/hole13.html)



Figura 2: campo da golf Hollinwell Golf Course, Nottingham UK di tipo heathland
(<http://www.golfdayguide.com/venues/notts-golf-club/>)



Figura 3: campo da golf Royal Birkdale Golf Club, Waterloo UK di tipo links
(<http://www.voyages.golf/england/golf-course/royal-birkdale-golf-club/>)

Come precedentemente accennato, tutti i campi da golf presentano una serie di aree che vanno a comporre la singola buca. Queste varie aree sono: *tee*, *fairway*, *rough*, *green* e i vari ostacoli lungo il percorso della singola buca | (Fig. 4) |.



Figura 4: zone che compongono una buca del campo da golf (<https://www.seniorennet.be/>)

1.1.1. Tee

Quando un golfista inizia il gioco della serie di buche previste parte dalla prima buca. Il gioco di ogni buca parte da un'area comunemente chiamata *tee* la quale eredita questo nome dal piccolo appoggio che viene concesso di utilizzare solo per il primo tiro ai giocatori. Più precisamente questa prima area sarebbe chiamata *tee box* | (Fig. 5) |. Molto spesso in una buca si possono trovare due tee, uno più avanzato verso l'arrivo che viene usato per le donne e uno più arretrato che viene usato per gli uomini. Questa diversa disposizione serve a concedere un leggero vantaggio alle donne (Guido Caneo Golf Accademy. 2024. "Il campo da golf", <https://www.caneogolf.it/il-golf/campo-di-gioco/>). Nel caso non vi siano due tee ma solo uno, a livello del terreno saranno presenti degli indicatori chiamati *tee marker* o *puntatori*. Ogni tee marker è composto da due indicatori dello stesso colore che vengono posti in modo frontale l'un l'altro così che si possa creare una linea entro la quale il giocatore dovrebbe posizionare la propria pallina per eseguire il primo colpo che viene chiamato *tee shot*. Ci possono essere anche quattro o cinque puntatori di colore diverso per differenziare il livello di categoria del giocatore. Normalmente il puntatore di colore bianco è destinato ai professionisti di sesso maschile ed è il più distante dalla buca di arrivo, il giallo per i giocatori dilettanti di sesso maschile, il blu per le giocatrici professioniste di sesso femminile e il rosso per le donne dilettanti (Wikipedia. 2024. https://it.wikipedia.org/wiki/Campo_da_golf).

Questa prima area del campo è generalmente rialzata rispetto al livello della restante parte di buca. Il tappeto erboso è tagliato quasi tutti i giorni. Una sua peculiarità è che deve presentare una superficie il più possibile asciutta in quanto il giocatore che si appresta ad eseguire il primo colpo assumerà la posizione di *stance* e dovrà avere sotto ai suoi piedi la massima stabilità e sicurezza di non scivolare. A fianco di questa prima area è sempre presente un totem | (Fig. 6) | il quale riporta: il numero dei colpi che si dovrebbe impiegare per completarla, il numero *par*, in base ai diversi livelli di categoria sono riportate le lunghezze totali della buca e una schematizzazione della buca. Con il termine *par* si indica il numero di colpi che un giocatore dotato di ottime capacità dovrebbe effettuare per mandare la pallina all'interno della buca, valore deciso in base alla lunghezza, difficoltà e layout della singola buca e compreso tra 3 e 5. Di norma il par di un campo da golf con

18 buche, e quindi il numero dei colpi battuti dal golfista per concludere tutte le 18 buche, è compreso tra 69 e 73. È quindi un sistema di punteggio standardizzato che consente ai giocatori di confrontare le proprie prestazioni e capire in quali aree devono migliorare o cambiare strategia in quanto in base al par della buca cambiano le modalità e tattiche di gioco. Infine, il par totalizzato dal giocatore per completare un percorso svolge un ruolo significativo per calcolare il suo personale indice di handicap. Un giocatore con handicap pari a zero è considerato abile.



Figura 5: tee box presente al Golf Club Ca' Amata, sono cerchiati in rosso i diversi tee marker, in giallo è cerchiato il pannello figurativo mentre in celeste è cerchiato il punto di arrivo della buca 3



Figura 6: totem figurativo presente al Golf Club Ca' Amata, appartenente alla buca 3 con par 3

1.1.2. Fairway

Di norma, dopo aver battuto il primo colpo, la pallina cade in una zona chiamata *fairway* (pista) | (Fig. 7) | che è la parte centrale del campo e che attraverso un percorso libero collega il *tee* al punto di arrivo chiamato *green*. Il *fairway* è sempre presente nelle buche che presentano un par-4 o par-5, nel caso in cui il par sia 3 il *fairway* può essere assente in quanto le distanze sono brevi e si presuppone che il golfista dal punto di partenza sia in grado con un solo colpo di posizionare la pallina all'interno del *green*. Le forme e le dimensioni del *fairway* possono variare da buca a buca, e non esistono dei valori da rispettare.

Per quanto riguarda l'altezza di taglio del *fairway* non c'è una regolamentazione, ma può variare in base alla specie che compone il tappeto erboso, dalla tipologia di terreno, dalle condizioni meteorologiche annuali del sito e dal budget che viene messo a disposizione per la gestione del campo da golf, visto che mantenere delle altezze di taglio inferiori richiede una maggiore frequenza di taglio (p-advice. 2024. <https://it.p-advice.com/what-is-fairway-golf-hole>). Bisogna però tenere conto che a partire dalla qualità con cui il tappeto erboso viene mantenuto si differenziano diverse tipologie di gioco in quanto varia il modo con cui la palla reagisce all'impatto e alla possibilità da parte del giocatore di controllare i propri tiri. Infatti, se la superficie è uniforme con un tappeto erboso ben mantenuto la palla avrà la possibilità di rotolare senza subire variazioni alla sua direzione e i tiri fatti dal golfista potranno essere precedentemente programmati. Al contrario, se il *fairway* prevede una gestione con altezze di taglio maggiore e superficie irregolare, la pallina dopo l'impatto potrà subire variazioni portando il golfista a commettere degli errori. Ai lati del *fairway* a volte può essere presente una zona di transizione chiamata *primo taglio o pre-rough*, la quale porta ad una zona più marginale chiamata *rough* (Wikipedia. 2024. https://it.wikipedia.org/wiki/Campo_da_golf). Invece la zona del *fairway* che arriva in prossimità del *green* viene chiamata *avangreen*. Comunemente all'interno del *fairway* sono presenti degli ostacoli come nuclei di cespugli, alberi o addirittura laghetti, corsi d'acqua e ponticelli.



Figura 7: sul margine destro si può osservare il fairway della buca 5 del Golf Club Ca' Amata. Il cerchio rosso rappresenta il green

1.1.3. Rough

Può accadere che la pallina battuta dal golfista non vada proprio in quel preciso punto che si era prefissato di raggiungere e atterri in una zona chiamata *rough*, termine di origine anglosassone che significherebbe grezzo | (Fig. 8) |. Quest'area presenta un'altezza dell'erba maggiore rispetto al *fairway*, infatti, oscilla tra i 50 i 100 mm, fino anche ad essere una superficie quasi incolta presentando altezze maggiori per rendere il gioco ancora più complicato (Guido Caneo Golf Accademy. 2024. "Il campo da golf", <https://www.caneogolf.it/il-golf/campo-di-gioco/>). In questo caso la zona viene definita come *heavy rough*. (Wikipedia. 2024. https://it.wikipedia.org/wiki/Campo_da_golf).

La sua presenza all'interno del percorso serve soprattutto a penalizzare i giocatori che non hanno eseguito correttamente il colpo precedente costringendoli a battere un nuovo colpo. Non tutte le buche di un campo da golf presentano un *rough* composto da tappeto erboso: il *fairway* può essere costeggiato da una zona alberata o da zone con ostacoli d'acqua. Il *rough* può anche essere rasato ciclicamente per limitare le perdite di tempo da parte dei golfisti nella ricerca della pallina che possono tradursi in penalità che ne derivano qualora superi un certo limite di tempo per completare la buca e con conseguenti ritardi che si ripercuotono sui giocatori che vengono al loro seguito.



Figura 8: sul margine destro si può osservare il rough presente alla buca 17 del Golf Club Ca' Amata mentre sulla parte sinistra si osserva il fairway della medesima buca

1.1.4. Green

La zona di arrivo nel campo da golf viene chiamata *green* (Fig. 9) |. È all'interno di questa area di dimensioni contenute che il giocatore compie gli ultimi tiri per mettere in buca la pallina, i quali vengono eseguiti con la massima precisione ed accuratezza: per questo motivo il giocatore richiede una superficie di gioco molto curata. La gestione è eseguita in maniera meticolosa e con l'impiego di attrezzature specifiche. Il tappeto erboso di queste aree viene gestito con altezze di taglio che si aggirano attorno ai 3mm al fine di garantire movimenti il più fluidi possibili alla pallina. In fase di progettazione e realizzazione la superficie del green viene opportunamente modellata creando dei giochi di pendenze al fine di aumentare il grado di difficoltà per il giocatore. Durante l'anno la buca viene spostata in modo tale da diversificare le caratteristiche del percorso ma anche per non usurare continuamente il tappeto erboso nella zona circostante alla buca. Per indicare al golfista dove sia posizionata la buca viene inserita un'asta che all'apice porta una bandiera (Swing Talks. 2024. <https://swingtalks.com/it/parti-di-un-campo-da-golf/>).

Quest'area del campo è normalmente circondata da una fascia di tappeto erboso, chiamata *collar* di larghezza variabile dai 50 cm a un paio di metri e con delle forme più o meno sinuose. Normalmente è composta dalle stesse specie presenti nel green ma è possibile far insediare delle specie differenti avendo l'accortezza di selezionare una specie o varietà che sia poco invasiva per non invadere il *green*. Il *collar* inoltre può avere delle finalità ornamentali qualora sia composto da una specie macroterma, la quale andando in riposo vegetativo nel periodo invernale assumerà una colorazione gialla-marrone, rendendo così il campo da gioco più accattivante. Inoltre, al di fuori dell'area possono essere presenti degli ostacoli come quelli già accennati in precedenza.



Figura 9: green della buca 12 presente al Golf Club Ca' Amata. Al centro la bandiera per indicare la posizione della buca, attorno il green ed esternamente il collar

1.1.5. Ostacoli

All'interno del percorso di una buca in fase progettuale vengono posizionati degli ostacoli al fine di rendere il gioco più difficile e avvincente. Gli ostacoli presenti sono principalmente i *bunkers* e gli ostacoli d'acqua (Wikipedia. 2024. https://it.wikipedia.org/wiki/Campo_da_golf). Anche gli alberi e arbusti possono rappresentare un ostacolo per il golfista, ma vengono definiti come pericolo.

I *bunker* sono depressioni scavate nel terreno, di dimensioni e forma variabile riempite di sabbia, si possono trovare ai lati del *fairway* (*cross bunker*) | (Fig. 10) |, meno profondi rispetto a quelli posizionati a difesa del green che vengono chiamati *deep bunker* (Guido Caneo Golf Accademy. 2024. "Il campo da golf", <https://www.caneogolf.it/il-golf/campo-di-gioco/>). Si possono impiegare diverse tipologie di sabbia per riempire un *bunker* in funzione delle caratteristiche tecniche ed estetiche che si vogliono ottenere. La tipologia che più comunemente si impiega è la sabbia silicea che garantisce un buon drenaggio e consente una giocabilità coerente tra i diversi bunker del campo. Altra tipologia di ostacolo sono gli *ostacoli d'acqua*, i quali apportano sia bellezza al campo che un'ulteriore sfida per i giocatori. Possono essere presenti diversi tipi di ostacoli con l'acqua, ma comunemente sono laghi, stagni, ruscelli, torrenti e pozze vuote. Più raramente sono fiumi e mari. I laghi e gli stagni vengono posizionati in modo strategico lungo il campo andando così a interessare più buche del percorso. Le loro forme e dimensioni sono molto variabili in quanto possono avere anche un ruolo di riserva d'acqua per l'irrigazione del campo | (Fig. 11) |. Anche i ruscelli e piccoli torrenti vengono posizionati in modo preciso al fine di aumentare la difficoltà del gioco, ma servono pure per ricaricare d'acqua i laghi e gli stagni nelle situazioni in cui l'acqua per l'irrigazione viene fornita da un consorzio di bonifica. Contemporaneamente offrono un miglioramento estetico del campo da golf e con il rumore dell'acqua in movimento creano un piacevole sottofondo che regala tranquillità e concentrazione ai giocatori. La loro esistenza viene segnalata dalla presenza di piccoli paletti di colore giallo, oppure, se sono posizionati lateralmente rispetto alla direzione di gioco, i paletti segnalatori sono di colore rosso.

Infine, ci sono gli alberi e i cespugli che vengono visti come pericolo perché il tiro da eseguire per cercare di uscire da tale zona deve considerare la presenza di rami e foglie (Swing Talks. 2024. <https://swingtalks.com/it/parti-di-un-campo-da-golf/>). In qualsiasi caso sia presente uno degli elementi sopra descritti sta tutto nell'abilità del giocatore valutare in base alle sue capacità se eseguire un tiro mirato a deviare l'ostacolo oppure se gli sia più conveniente andare verso l'ostacolo tenendo sempre ben presente le eventuali penalità che potrebbe ricevere.



Figura 10: bunkers laterali al fairway (cross bunker) disposti in successione nella buca 11 del Golf Club Ca' Amata



Figura 11: ostacolo d'acqua posizionato al margine del green 16 del Golf Club Ca' Amata

1.2. La manutenzione del campo da golf

Uno degli aspetti che rende affascinante il gioco del golf è la bellezza del contesto all'interno del quale il giocatore si trova immerso. Proprio il contesto e l'esperienza che il giocatore vive sono aspetti fondamentali per fare in modo che il giocatore ritorni successivamente. Sicuramente chi passeggia per le prime volte all'interno di un campo da golf rimane sorpreso per la qualità del tappeto erboso, tanto che viene spontaneo chiedersi se possa essere finto data la sua perfezione. Chiaramente dietro a tanta perfezione c'è altrettanta attenzione nell'eseguire le pratiche di manutenzione e gestione che portano ad ottenere come risultato finale quel livello di eccellenza. La manutenzione viene eseguita da uno staff che opera sottostando alle direttive fornite da un supervisore qualificato chiamato *Green Keeper*. Il suo ruolo e la sua presenza costante sono fondamentali per raggiungere precisi obiettivi qualitativi e per intervenire immediatamente qualora si verificassero dei problemi sulla superficie di gioco. L'esperienza maturata dal green keeper è importante per mantenere il campo in ottime condizioni, ma anche per cercare di contenere i costi di gestione che ogni circolo si trova a dover sostenere.

1.2.1. I tappeti erbosi

La manutenzione dei tappeti erbosi è fondamentale per ottenere l'elevato standard estetico e tecnico che ogni giocatore si aspetta. Le necessità di specifiche operazioni sono diverse in base alle aree che compongono la buca. Questi tappeti erbosi si contraddistinguono tra loro per le diverse specie che lo compongono, l'altezza di taglio e l'intensità di gestione che dipende principalmente dallo scopo che l'area possiede nel gioco del golf e dalle specie che compongono il tappeto erboso. Oltre all'aspetto estetico è altrettanto importante curare l'aspetto tecnico della superficie come la sua scorrevolezza e l'elasticità; per questo motivo si rendono necessarie delle pratiche specifiche volte a migliorare tali aspetti tecnici, le quali sono eseguite con intervalli più o meno ampi e sono indirizzate a regolare il livello dell'erba, a contenere l'accumulo di feltro e al controllo del compattamento del suolo.

La principale attività eseguita su tutte le diverse superfici è il taglio dell'erba e circa un terzo dei costi per la dotazione del parco macchine all'interno di un campo da golf è da attribuire alle operazioni di taglio. La frequenza di intervento è tanto più elevata quanto il tappeto erboso viene tagliato basso. Genericamente il taglio è quotidiano nei *greens*, i quali vengono tagliati ad altezze di circa 3-3,5 mm. Il taglio quotidiano permette di asportare una minima superficie di lamina fogliare, la quale è l'unico organo dedito alla fotosintesi; in queste superfici si adottano macchinari con apparato di taglio elicoidale. Le macchine che normalmente vengono impiegate possiedono tre gruppi di taglio: due disposti frontalmente e uno in posizione ventrale. Ciascun gruppo di taglio è composto da 9-14 lame, una controlama e dei rulli che seguono la morfologia del terreno. Sono poi disponibili degli accessori come, ad esempio, ulteriori rulli e spazzole, ognuna caratterizzata da diverse zigrinature e funzionalità. Anche nei *tee* e nei *collars* vengono impiegate macchine simili, ma con un minor numero di lame e le altezze di taglio si aggirano tra i 10-12 mm. L'altezza aumenta ancora nei *fairways* dove l'estensione della superficie è maggiore, di norma i macchinari usati per il taglio possiedono sempre un apparato di taglio elicoidale ma con un minor numero di lame nell'elemento, generalmente i macchinari sono composti da cinque gruppi di taglio e motori molto più potenti. Infine, nel *pre-rough* e nel *rough* troviamo le altezze maggiori comprese tra 30 mm e 50-100 mm e in queste aree si vanno ad impiegare macchinari con apparato di taglio composto da lame

orizzontali. Sempre più frequentemente si possono trovare delle porzioni di superficie che ad anni alterni vengono lasciate crescere in modo spontaneo a fini ecologici.

Il taglio dell'erba rappresenta sempre un evento traumatico per la singola pianta che compone il tappeto erboso, la quale si trova immediatamente sprovvista di superficie fogliare dedita alla fotosintesi, inoltre, nel punto dove avviene il taglio si creano delle vie di accesso preferenziali per numerosi patogeni, oltre che al conseguente stress idrico dovuto alla fuoriuscita di essudati cellulari. Fortunatamente a causa della selezione genetica avvenuta nel corso dei secoli le piante hanno sviluppato la capacità di resistere a tagli frequenti e adottato la capacità di accestire.

Sicuramente per ottenere buoni risultati non è sufficiente tagliare regolarmente ed irrigare, infatti, vengo eseguite una serie di pratiche finalizzate a migliorare gli scambi di aria e acqua tra il terreno e l'atmosfera. Queste pratiche presentano una serie di benefici multipli, oltre che a favorire la circolazione dell'aria e degli scambi gassosi vanno a: interrompere/rallentare la formazione di feltro, rendere più efficaci le concimazioni eseguite, favorire l'approfondimento dell'apparato radicale, migliorare le caratteristiche fisiche del suolo, correggere le difformità e il compattamento del suolo. Queste operazioni possono interessare gli strati superficiali fino anche alle prime decine di centimetri del terreno. L'operazione principe di questa serie è la sfeltratura, la quale prevede la rimozione del feltro che si accumula tra la superficie del terreno e la parte aerea della vegetazione. Generalmente questa operazione viene eseguita nei *tees*, nei *greens* e nei *fairways*. In base al macchinario impiegato e alla regolazione dell'altezza di lavoro l'operazione di sfeltratura può diventare un intervento di verticutting e lo scopo della sua realizzazione varia proprio in base alla profondità a cui si va ad agire. Con il verticutting vengono eseguite delle incisioni ravvicinate sulla superficie: incisioni più superficiali andranno a contrastare l'effetto *grain*, andando leggermente più in profondità si riesce a rimuovere il feltro, fino ad arrivare a toccare e incidere i primi centimetri del terreno così che si riesce a ridurre la compattazione superficiale del terreno.

Per ridurre la compattazione più in profondità si possono svolgere operazioni come la carotatura e la bucatatura, le quali vanno a interessare soprattutto il terreno e, come conseguenza, apportano dei benefici al tappeto erboso. La principale differenza tra le due è che la carotatura prevede l'impiego di fustelle cave, le quali entrando e uscendo ripetutamente dalla superficie del terreno vanno ad estrarre dei piccoli cilindretti di terreno, a differenza della bucatatura la quale impiega delle fustelle piene che creano solamente una serie di buchi nel terreno. Successivamente per riempire le cavità create e per contrastare lo sviluppo di ulteriore feltro è eseguito il topdressing, il quale prevede la semplice distribuzione di sabbia sull'intera superficie e attraverso dei passaggi di spazzolatura, eseguiti successivamente, viene fatta scendere in profondità.

Oltre a queste operazioni sono disponibili ulteriori operazioni finalizzate ad apportare i medesimi benefici con delle sfaccettature specifiche per ognuna che sono ad esempio: la vibroforatura, vibrocarotatura, idroforatura, pneumofoforatura e la discatura.

Sono poi necessarie delle operazioni di concimazione, trattamento e diserbo delle superfici al fine di mantenere e favorire delle precise specie e tutelando da altre invasive o da attacchi fungini e parassitari. Qualora un'area del campo presenti una porzione di superficie danneggiata a causa di svariati motivi vengono eseguiti degli interventi di rinnovazione del tappeto erboso attraverso i quali si va a ripristinare la superficie apportando nuovo seme, in alternativa si può procedere con la posa di porzioni di tappeto erboso precedentemente coltivato in una zona specificatamente destinata o acquistato da un produttore.

1.2.2. I bunkers

I *bunkers* sono composti da materiali sabbiosi di diverse origini, apparentemente la loro gestione è molto semplice anche se in realtà dietro a questi ostacoli si celano un insieme di aspetti che per un green keeper non sono affatto da trascurare. Le operazioni principali per la loro gestione sono finalizzate al riordino e alla lisciatura della superficie eseguita per la maggior parte con l'ausilio degli appositi veicoli a tre ruote i quali seguendo le forme della depressione vanno a riordinare la sabbia avendo cura di non lasciare orme. Si possono anche impiegare attrezzi manuali come rastrelli di diverse dimensioni e pale.

Un'altra operazione svolta regolarmente è il taglio dei bordi finalizzata a contrastare l'ingresso delle strutture vegetative del tappeto erboso adiacente evitando così un successivo restringimento della superficie e la perdita della sua originaria forma. Questa operazione normalmente viene svolta con l'ausilio di un decespugliatore e di un disco reciprocatore o con uno speciale accessorio per la rifinitura dei bordi sempre collegato al decespugliatore. Oltre a queste operazioni di routine può essere necessario intervenire a ripristinare il bunker in quanto a seguito di forti piogge il materiale tende ad accumularsi al centro a causa delle pareti ripide.

Durante l'anno va fatta una verifica dello spessore di sabbia all'interno dell'area in quanto con spessori superiori ai 7,5 cm la pallina e le scarpe del giocatore tendono ad infossarsi eccessivamente rallentando il gioco. Occasionalmente potrebbe rendersi necessario apportare nuova sabbia avendo cura di scegliere lo stesso materiale sabbioso usato in origine, o quanto meno della stessa tonalità e della stessa granulometria. Altrettanto fondamentale sia nelle fasi di realizzazione che nelle successive fasi di manutenzione è garantire il drenaggio dell'acqua, altrimenti il bunker resterebbe allagato e nel peggiore dei casi si renderebbe necessario il suo rifacimento.

1.2.3. Altre aree

All'interno di un campo da golf, oltre ad essere presenti le superfici dove si concentra il gioco sono presenti tutt'attorno una serie di zone ed elementi soggetti a interventi di manutenzione. Un primo gruppo di elementi comunemente presente è rappresentato da bacini, laghetti, corsi d'acqua e cascatelle. Principalmente la loro manutenzione riguarda l'attività di rifinitura dei bordi e la rimozione di sporcizia che vi si deposita sulla superficie come foglie, ramoscelli e residui dello sfalcio. Un ampio gruppo di elementi presenti è la vegetazione arborea e arbustiva presente. Nel caso della parte arborea la sua gestione è soprattutto finalizzata a garantire la stabilità e la sicurezza degli individui arborei presenti dato che i giocatori sono continuamente esposti al rischio da loro generato, perciò, sarà costantemente monitorata la loro condizione fisiologica, la presenza di eventuali segnali di cedimento e la presenza di sbrancamenti o rotture di rami importanti. Inoltre, la manutenzione delle alberature può richiedere attività di potatura di vario genere, la necessità di eseguire trattamenti fitosanitari, irrigazioni di soccorso e altre pratiche utili ad assicurare le migliori condizioni di sviluppo dell'individuo arboreo. Per quanto riguarda la gestione della parte arbustiva, per le siepi regolari sono eseguite le tradizionali potature di risagomatura, mentre per il resto di vegetazione arbustiva viene svolta un'attività di gestione comprendente attività di potature dei cespugli, concimazioni e scerbatura.

Tra le altre aree presenti possiamo avere il *campo pratica*; normalmente questo possiede un tappeto erboso di pregio inferiore rispetto alle zone dove si concentra il gioco: viene realizzato appositamente per poter permettere ai giocatori di cimentarsi nell'acquisire praticità in situazioni di gioco lungo, corto e in situazioni particolari come dislivelli da superare o evitare. La gestione

prevede il taglio dell'erba almeno settimanalmente, in alcuni casi delle fertilizzazioni e almeno un paio di volte a settimana la raccolta delle palline dalla superficie.

Come ultima area da gestire ci sono i diversi viali e vialetti, generalmente composti da materiali come ghiaia o ghiaio. La loro gestione prevede la chiusura di alcune buche con del materiale di riporto simile, il livellamento del materiale che tende ad accumularsi ai margini e la gestione delle malerbe che si accrescono nelle carreggiate con diverse modalità come il diserbo o con l'esecuzione di interventi meccanici.

1.3. Assorbimento dell'anidride carbonica da parte del sistema tappeto erboso-suolo

Oltre agli alberi anche il tappeto erboso può provvedere allo stoccaggio a lungo termine di carbonio organico (OC), ma a causa dell'ampia gamma di usi, specie, età e modalità di gestione può facilmente passare da sink a source di gas serra. Generalmente i tappeti erbosi gestiti correttamente formano una copertura densa e uniforme composta da piante perenni e, a differenza delle colture agrarie, i tappeti erbosi non vengono coltivati per ottenere elevate rese di biomassa dalla parte fuori terra, di conseguenza si prevede già da subito che la capacità di immagazzinare carbonio nella parte fuori terra sia inferiore rispetto alle colture agrarie. I tappeti erbosi invece possiedono un apparato radicale molto ampio ed esteso per superare le condizioni di stress a cui sono sottoposti, per questo motivo il carbonio di questi sistemi viene immagazzinato nel terreno sotto forma di carbonio organico. Se nelle colture agrarie l'irrigazione e la fertilizzazione migliorano la produttività delle piante e lo stoccaggio di carbonio, lo stesso avviene anche nei tappeti erbosi con l'incremento del carbonio organico. Generalmente nei tappeti erbosi la quantità di OC diminuisce con la profondità del suolo e l'accumulo è più rapido a livello superficiale. Con il passare del tempo il carbonio si accumula ma non rimane costante, infatti, la capacità di sequestro e stoccaggio non è illimitata. Dalle ricerche effettuate è emerso che l'accumulo iniziale di carbonio organico è massimo quando l'erba del prato si è appena stabilita, poi rimane costante per un lungo periodo, ma dopo inizia a decrescere con l'aumentare dell'età del sistema; questo periodo è di circa 25 anni, anche se i risultati sono variabili. Oltre a questo limite i tappeti erbosi vanno incontro ad un deterioramento causato da parassiti e patogeni, ma non è ancora chiaro se interventi come la trasemina possano influenzare il processo e prolungare il numero di anni in cui l'accumulo è massimo; di conseguenza, la ricerca sul tema è da sviluppare ulteriormente nel futuro. Altrettanto importanti sono le specie che compongono la superficie: infatti, la relazione tra la biomassa radicale e il carbonio organico contenuto nel suolo non è stata chiaramente descritta e il maggior tasso di crescita di alcune specie non è un indicatore affidabile del tasso di sequestro del carbonio, pertanto, si dovrebbe valutare anche la biomassa prodotta e la posizione in cui il carbonio viene allocato, per questo motivo con la ricerca è importante continuare a selezionare e adattare nuove specie. Tra gli altri fattori che regolano l'assorbimento ci sono gli aspetti climatici; nel lavoro di Luo et al. (2017) si riporta che le dinamiche di assorbimento del soil organic carbon (SOC) sono controllate principalmente dai fattori climatici, edafici e abiotici e che l'importanza di questi fattori è stata riconosciuta in diversi contesti (Carvalhais et al., 2014; Luo et al., 2013; Schimel et al., 1994; Wynn et al., 2006). Nello studio condotto da Fantappiè et al. 2011 si conclude che l'effetto climatico più notevole è stato che le alte temperature dell'aria corrispondevano a bassi valori di SOC, probabilmente a causa della mineralizzazione di SOC. Le precipitazioni elevate, invece, se considerate singolarmente, hanno avuto un effetto positivo sul contenuto di SOC, ma la loro interazione con la temperatura sembrava

avere un effetto maggiore sulle variazioni di SOC. Di conseguenza, quando le precipitazioni elevate erano accompagnate da temperature dell'aria elevate, l'effetto diventava negativo sul contenuto di SOC. In effetti, il basso contenuto di SOC delle terre con clima caldo e umido è ben noto e, nel caso dell'Italia, potrebbe essere una fonte di prova basata sul suolo per le conseguenze della tropicalizzazione del clima. Di conseguenza, considerando l'interazione delle variabili climatiche tra loro, si possono avere notevoli variazioni sul contenuto di SOC. Seguono poi ulteriori fattori che vanno a influenzare l'assorbimento, come ad esempio l'uso del terreno negli anni precedenti e quindi, nel nostro caso, negli anni precedenti alla realizzazione del campo da golf, le specie componenti il tappeto erboso e probabilmente anche la sua altezza di mantenimento. Fondamentali sono anche le operazioni che l'uomo svolge su tali superfici perché non sempre l'elevata intensità di gestione corrisponde ad un aumento del contenuto di carbonio, ma potrebbero generare inutili emissioni, di conseguenza si dovranno valutare attentamente le ripercussioni sul sequestro di carbonio di tutte le pratiche che comunemente vengono eseguite.

1.4. Emissioni di gas serra dai fertilizzanti

I tappeti erbosi vengono considerati un particolare tipo di coltura agraria nella quale il prodotto non è quello che si asporta ma quello che rimane nel campo. Parallelamente ad una normale coltura agraria anche i tappeti erbosi con il loro accrescimento vanno ad asportare dal suolo una certa quantità di elementi nutritivi che in qualche modo dovranno venir reintegrati al fine di evitare carenze nutritive che poi si ripercuoterebbero sul suo aspetto finale. Per questo motivo oltre al taglio della superficie e alla sua irrigazione è necessario che questa venga fertilizzata. La cadenza con la quale avviene questa pratica varia in funzione delle specie che lo compongono, dall'andamento climatico, dal tipo di utilizzo della superficie, dal tipo di substrato e dal tipo di prodotti impiegati. In funzione di questi aspetti possono essere necessarie una o più fertilizzazioni durante l'anno, ma proprio sulla base di questa pratica la sostenibilità che potrebbe generare un tappeto erboso può rapidamente svanire o addirittura diventare negativa. Questo accade a causa delle emissioni carboniose che si generano durante la produzione e distribuzione dei prodotti, che normalmente sono dei concimi granulari. Altri fattori di inquinamento possono essere rappresentati dalle molecole che si originano in seguito alle trasformazioni chimiche che il concime subisce, oppure dalla frazione di prodotto che in qualche modo viene perso perché non viene assorbito per una serie di motivi. Normalmente i concimi distribuiti sono composti da tre macro-elementi, ovvero azoto, fosforo e potassio e in aggiunta si possono trovare ulteriori macro e microelementi. Nel caso di un tappeto erboso l'elemento minerale che viene maggiormente consumato è l'azoto, il quale poi è rintracciabile nelle molecole più importanti come la clorofilla, gli aminoacidi, le proteine ed enzimi vari. Le quantità presenti all'interno di un terreno non sono sufficienti per sostenere nel tempo un tappeto erboso di elevato pregio e quindi si ricorre alla fertilizzazione. Considerando il contesto la modalità di reintegrazione nel sistema di nutrienti ed elementi vari avviene attraverso la fertilizzazione, mentre le modalità con cui può uscire sono molteplici. In primis i residui di taglio contengono una frazione di azoto e, se vengono raccolti, quella piccola frazione, che attraverso i processi di decomposizione e mineralizzazione sarebbe ritornata disponibile, viene asportata. Un'altra modalità di uscita dell'azoto dal ciclo è attraverso la volatilizzazione. Con questa modalità l'azoto esce sotto forma di soluzione gassosa a causa dei processi di volatilizzazione, il quale a partire dall'azoto ammoniacale del terreno viene rilasciato in atmosfera sotto forma di ammoniaca (NH_3), oppure con il processo di denitrificazione durante il quale i nitrati o i nitriti vengono trasformati

in composti gassosi come azoto molecolare (N_2) o il protossido di azoto (N_2O). Tra le altre modalità di uscita c'è la lisciviazione, il ruscellamento e l'erosione. Tutte queste possibili vie di uscita vanno a far disperdere l'azoto dal sistema e conseguentemente andrà ad accumularsi in altre parti. Sicuramente le uscite generate in forma gassosa sono le più impattanti a livello ecologico vista la tipologia di molecole che si generano. Come sappiamo il protossido di azoto è uno dei principali gas serra ed è presente in atmosfera in misura minore rispetto all'anidride carbonica, ma possiede una capacità climalterante di 310 volte maggiore rispetto alla CO_2 . Purtroppo, oltre alla sua maggior influenza rispetto ad altri gas serra è anche molto più persistente: infatti, la sua vita media di persistenza in atmosfera è di circa 120 anni rispetto ai 5 anni dell'anidride carbonica e se questo non fosse sufficiente a marcare la sua pericolosità si aggiunge il fatto che negli ultimi decenni la sua emissione è aumentata del 20% rispetto ai livelli preindustriali. Il motivo principale per il quale si continua ad emettere protossido di azoto è il continuo e crescente utilizzo di fertilizzanti azotati nel settore agricolo, i quali sono responsabili di circa il 70% delle quantità emesse; inoltre, gran parte di queste emissioni sono generate dai paesi emergenti come Brasile, Cina e India in cui la produzione agricola e l'allevamento sono in forte aumento. Tra tutte le regioni del mondo, l'Europa è l'unica che negli anni è riuscita a ridurre tali emissioni grazie alle rigide politiche agricole e industriali adottate. Come anticipato nelle righe precedenti, il protossido di azoto viene emesso a causa delle frequenti concimazioni azotate, nel nostro caso tali concimi vengono distribuiti ai tappeti erbosi per ridare spinta vegetativa, vigore e colorazione intensa ai tappeti erbosi. Ci sono alcune variabili come il contenuto idrico e le temperature del terreno che vanno ad incrementare il tasso delle emissioni, ma fortunatamente i progressi fatti nella tecnologia dei fertilizzanti possono ridurre le emissioni di N_2O . Principalmente i rimedi vanno a inibire l'attività microbica o enzimatica che sono direttamente coinvolte nella denitrificazione e sono attuati ad esempio con dei rivestimenti polimerici ai granuli del concime oppure speciali aggiunte al concime come inibitori della nitrificazione, i quali lo rendono a rilascio controllato così che verrà mantenuto un livello costante di azoto nel terreno. Si ottengono così dei concimi a cessione controllata e a rilascio controllato i quali permettono un rilascio graduale o prevedibile degli elementi contenuti in funzione della tipologia di concime. Questa capacità è influenzata esclusivamente dalla temperatura e dall'acqua, a differenza dei concimi a lenta cessione che rilasciano le sostanze solo in seguito a processi di idrolisi e/o biodegradazione e/o solubilità limitata; tali processi vengono regolati da numerosi fattori come ad esempio temperatura, disponibilità idrica, pH del terreno e dall'attività microbica. In generale per quanto riguarda i concimi classificati a cessione controllata sono disponibili diverse tecnologie che permettono il rilascio controllato dei minerali. Si possono avere dei granuli rivestiti da diversi prodotti: una soluzione sono degli speciali polimeri di diversa tipologia e percentuale con cui avvolgono i granuli e che attraverso l'effetto osmotico permettono il rilascio dei nutrienti, oppure granuli rivestiti da una membrana a base di zolfo, il quale solamente in seguito alla sua conversione in solfato permette il rilascio dell'azoto. Oltre a queste soluzioni si possono avere anche delle vere e proprie variazioni a livello molecolare, come nel caso della metilurea, la quale viene comunemente impiegata nei concimi a lenta cessione. In questo caso attraverso una reazione chimica tra l'urea e il metanolo uno o più atomi di idrogeno dell'urea vengono sostituiti con dei gruppi metilici. Infine, sono disponibili anche dei concimi a pronto effetto che contengono i nutrienti in forma semplice e possiedono una facile dissoluzione a contatto con l'acqua dell'irrigazione o della pioggia. In questa tipologia i nutrienti diventano immediatamente disponibili per l'assorbimento e manifestano una risposta immediata delle piante. Purtroppo se sono rilasciati in quantità eccessive rispetto al fabbisogno della pianta non verranno assorbiti e potranno essere facilmente soggetti alla percolazione o al dilavamento.

Nel nostro caso specifico il campo da golf è stato realizzato all'interno del parco di Villa Ca' Amata in seguito all'intervento di restauro generale ed attualmente è visitabile. La villa venne progettata e realizzata dal conte Giovanni Rizzetti seguendo i canoni architettonici della media armonica proporzionale che lui stesso identificò. Attualmente è uno degli esempi architettonici più prestigiosi della Venezia del Settecento e in quegli anni vennero ospitati i più illustri studiosi dell'epoca, i quali discutevano delle nuove teorie e scoperte scientifiche del loro tempo | (Fig. 13) |.



Figura 13: Villa Ca' Amata, realizzata dal conte Giovanni Rizzetti all'inizio del Settecento, è composta dal corpo centrale della Villa, due Barchesse gemelle poste sui lati e da due rustici uno ad est ed uno ad ovest

Il Golf Club Ca' Amata è facilmente raggiungibile in quanto è vicino alla Strada Provinciale SP 102; questa si raggiunge provenendo dalla Strada Regionale SR53 la quale parte dalla periferia di Vicenza e, passando per i comuni di Cittadella, Castelfranco, Istrana, Treviso, Oderzo e Motta di Livenza, arriva nella zona di Portogruaro. Inoltre, la strada SP 102 è raggiungibile anche dalla Strada Provinciale SP667 che collega la zona di Castelfranco Veneto passando per i comuni di Vallà, Caselle, Caerano di San Marco e nel comune di Nogarè si innesta con la Strada Statale comunemente conosciuta come Feltrina. Seguendo la Strada provinciale SP 102 si arriva alla rotonda vicina al noto Istituto Agrario ISIS Domenico Sartor, da questa procedendo in direzione Nord per circa 1 Km si arriva ad una piccola rotonda dalla quale si intravedono le 30 case a schiera realizzate in seguito al restauro di Villa Ca' amata. Seguendo la strada che conduce alle unità abitative si arriva ad un cancello che permette di accedere al parcheggio del campo da golf; il parcheggio è ampio, con un filare di querce che fornisce ombreggiamento alle auto in sosta, ci sono alcuni parcheggi riservati ai dirigenti, altri sono liberi e alcuni sono dotati della colonnina di ricarica per le auto elettriche. Il campo da golf, come anche tutti i comuni circostanti, si colloca in una zona completamente pianeggiante e possiede una quota altimetrica media di 43m.s.l.m. Data la presenza di ampi spazi aperti e l'assenza di edifici i golfisti possono ammirare in direzione Nord un'affascinante vista sul Massiccio del Grappa e sui colli circostanti | (Fig. 14) |.



Figura 14: una delle visuali sul Massiccio del Grappa che i giocatori possono ammirare

Il clima della zona è subcontinentale, con inverni moderatamente freddi e umidi, mentre le estati sono calde e afose a causa della persistenza dell'umidità, come avviene nel resto della Pianura Padana. Il trimestre invernale è freddo e umido ed il cielo è per lo più coperto, le medie sono inferiori allo zero con frequenti gelate quando il cielo è sereno e di conseguenza le temperature minime si abbassano di molto. Occasionalmente è presente la nebbia che si forma durante i periodi in cui vi è alta pressione e la sua persistenza varia in base alle condizioni che si presentano. Negli ultimi anni le nevicate sono un fenomeno occasionale che muta rapidamente in precipitazione piovosa, anche se fino ad una decina di anni fa la neve cadeva con più frequenza.

Da metà febbraio in poi le temperature iniziano ad aumentare fino all'arrivo del periodo estivo. L'estate è calda e afosa a causa della persistenza di anticloni subtropicali che negli ultimi anni stanno diventando sempre più intensi, frequenti e di maggior durata. Queste ondate di calore e afa persistono per qualche settimana fino a quando arriva una perturbazione atlantica che causa un brusco cambiamento dando origine a fenomeni violenti caratterizzati da raffiche di vento e forti piogge che sono vere e proprie bombe d'acqua che occasionalmente lasciano il posto a grandinate anche di elevata intensità. In questa zona le precipitazioni medie annue sono di poco inferiori a 1000 mm, concentrate nel periodo autunno-primaverile (Wikipedia. 2024. <https://it.wikipedia.org/wiki/Treviso#Clima>). La zona presenta dei terreni molto fertili, ricchi di sostanza organica e dotati di una buona componente scheletrica che favorisce il rapido drenaggio delle acque superficiali. La rapida percolazione dell'acqua e la concentrazione delle piogge in due periodi rende il campo da golf praticabile tutto l'anno ad esclusione di eventuali aree che vengono temporaneamente chiuse per permettere di eseguire le operazioni agronomiche necessarie al mantenimento del tappeto erboso.

2.1.2. Il percorso di gioco

Come detto in precedenza, il campo da golf si sviluppa all'interno del parco di Villa Cà Amata. Il percorso di gioco è composto da 18 buche disposte all'interno di una superficie di circa 60 ha di terreno e con una lunghezza totale del percorso di 5945 m. In Tabella 1 si riportano le superfici dei diversi spazi. L'ampia superficie permette ai giocatori di eseguire colpi spettacolari su lunghe distanze; la presenza di ampi fairways e greens a volte molto grandi e altre più piccoli e tecnici con notevoli dislivelli e l'alternanza di buche par 4 molto lunghe con buche più corte, rendono il percorso un severo test anche per i giocatori più bravi, il tutto racchiuso all'interno del parco che contiene molti elementi di vegetazione sia arborea che arbustiva, ma anche altrettanti elementi tipici dei parchi romantici costruiti all'epoca. Infatti, 11 delle 18 buche sono interessate da un sistema di laghetti e canali dove sono stati inseriti elementi architettonici come muretti, ponticelli e cascatelle che danno a tutto il percorso un aspetto particolare (www.golf.caamata). Le buche sono state create e disposte in modo da far variare il par e cercando di alternare percorsi lunghi con altri brevi ma più tecnici. In Figura 15 è riportata la posizione delle buche all'interno dell'area, mentre nelle figure successive è presente la descrizione di ogni buca con la rispettiva scheda tecnica | (Fig. 16, 17, 18, 19, 20 e 21) |. All'interno del campo da golf è anche presente un campo pratica con: postazioni coperte, *putting green*, *chipping green*, *approach green*, bunkers di pratica e un campo corto composto da 3 buche.

Tabella 1: superfici delle diverse zone del campo da golf Ca' Amata

Area del campo	Superficie (ha)
Greens e collars	2
Tees	1
Fairways	11
Roughs	30
Bunkers	1
Parcheggio	0,5
Campo pratica	4
Vigneto	1
Acqua	3
Vegetazione	6,5
Magazzino e deposito	0,3
Vialetti	0,9



Figura 15: posizione delle buche all'interno della superficie del Golf Club Ca' Amata



Figura 16: schede tecniche delle buche 1,2 e 3 del Golf Club Ca' Amata (<https://www.golfcaamata.it/golf-course/>)



Figura 17: schede tecniche delle buche 4,5 e 6 del Golf Club Ca' Amata (<https://www.golfcaamata.it/golf-course/>)



Figura 18: schede tecniche delle buche 7,8 e 9 del Golf Club Ca' Amata (<https://www.golfcaamata.it/golf-course/>)



Figura 19: schede tecniche delle buche 10,11 e 12 del Golf Club Ca' Amata (<https://www.golfcaamata.it/golf-course/>)



Figura 20: schede tecniche delle buche 13,14 e 15 del Golf Club Ca' Amata (<https://www.golfcaamata.it/golf-course/>)



Figura 21: schede tecniche delle buche 16,17 e 18 del Golf Club Ca' Amata (<https://www.golfcaamata.it/golf-course/>)

2.1.3. Servizi offerti

Il campo da golf offre una serie di servizi, tra cui nella *club house* sono presenti anche un bar-bistrot e un pro-shop, mentre negli spazi adiacenti è presente il servizio di noleggio dell'attrezzatura | (Fig. 22) |. Al pro-shop è possibile acquistare le attrezzature e tutti gli strumenti necessari per il gioco come: mazze, palline e capi d'abbigliamento. Nella zona di passaggio dal parcheggio alla club house sono anche presenti gli spogliatoi. Per quanto riguarda il noleggio dell'attrezzatura, al momento del pagamento della quota d'ingresso il giocatore può decidere di noleggiare delle componenti specifiche, come ad esempio delle mazze, il carrello porta sacca o dei cart elettrici. La dirigenza consente l'ingresso al campo ai cani purché siano tenuti al guinzaglio e concede l'uso del cellulare sul campo.



Figura 22: club house del Golf Club Ca' Amata

2.2. Manutenzione del verde all'interno del Golf Club Ca' Amata

Un qualsiasi campo da golf è costituito in gran parte da elementi naturali e quindi viventi che richiedono delle cure e attenzioni per la loro gestione. Questo tipo di attenzioni e lavori manutentivi vengono resi ancora più necessari qualora il campo fa golf sia localizzato all'interno di un parco di una villa storica la cui gestione deve essere minuziosa senza tralasciare nessun dettaglio. Al fine di assicurare il miglior mantenimento di tutte le varie aree del campo, il club giornalmente si avvale del lavoro di circa sette operatori che vengono guidati dal superintendent Daniele Frigo, anche se nei periodi più intensi il personale coinvolto può aumentare. Durante l'anno ci sono alcuni lavori che vengono eseguiti costantemente, mentre altri vengono svolti in precisi periodi o con precise cadenze che sono stabilite dal superintendent e per questo il suo ruolo di coordinatore delle attività

è fondamentale. Purtroppo, la manodopera non è sempre commisurata alle necessità dei lavori e a volte si deve ricorrere all'aiuto di aziende esterne per eseguire interventi specifici o per delegare alcune operazioni che altrimenti porterebbero via troppo tempo al personale del club.

2.2.1. Gestione della vegetazione arborea e arbustiva

Dato il contesto e la modalità con cui è stato realizzato il campo da golf, la gestione della vegetazione è un aspetto fondamentale per avere sempre un campo esteticamente ordinato e in ottima forma. A causa della contenuta presenza di aree di vegetazione lasciate a libera evoluzione e della diffusa presenza di siepi da tenere in forma obbligata, si rendono necessari gli interventi di potatura delle siepi, soprattutto di quelle site nelle zone di confine, nei parcheggi e nelle zone di divisione tra i vialetti e l'area del campo da gioco. Una parte di questa operazione viene affidata ad una ditta esterna principalmente per due motivi: il primo per natura economica (ai gestori risulta più economico far tagliare alcune siepi alla ditta rispetto a sottrarre i propri operai dalle operazioni ordinarie), il secondo motivo è rappresentato dalla necessità di dover dotarsi di specifiche attrezzature che poi non troverebbero altro impiego all'interno del campo da golf. A questa ditta vengono fatte tagliare le siepi di confine e altre all'interno del campo visto che sono le più alte e che dispongono dei macchinari necessari, mentre gli operai del club durante l'anno eseguono i lavori di sagomatura delle siepi di dimensione inferiore, come quelle che separano i vialetti dal campo di gioco. Anche la minima gestione fatta sugli alberi viene affidata alla ditta esterna in quanto, oltre ad avere le attrezzature necessarie, possiede maggior competenza in questo tipo di manutenzione. Tutti i residui di taglio delle potature vengono raccolti e poi accumulati in un'area appartata del campo dove vengono fatti compostare.

2.2.2. Manutenzione del tappeto erboso

La gestione di questa parte fondamentale del campo da golf è quella che richiede il maggior impegno energetico sia dal punto di vista delle energie necessarie da parte degli operatori che da quelle impiegate per il funzionamento dei macchinari. Gran parte del lavoro svolto dal gruppo è finalizzato alla manutenzione dei tappeti erbosi, alcune operazioni vengono eseguite quotidianamente come il taglio e l'irrigazione, altre vengono eseguite a calendario come la concimazione o l'esecuzione di alcuni trattamenti fogliari, infine, alcune vengono eseguite qualora se ne riscontri la necessità visto che richiedono l'investimento di tempo ed energia e quindi denaro. Queste sono valutate sapientemente dal superintendent, il quale riscontrandone la necessità valuta anche la possibilità di intervenire in quel preciso momento o se sia opportuno attuare dei rimedi temporanei per poi eseguire l'intervento nel momento più adatto. La scelta di attendere il momento opportuno dipende principalmente dalle condizioni in cui si trova il tappeto erboso e se può recuperare rapidamente dopo l'intervento in quanto il campo da golf è aperto tutto l'anno e si cerca sempre di limitare la chiusura di alcune buche al fine di garantire al giocatore un'esperienza completa.

Un'altra caratteristica che viene valutata qualora si vadano ad eseguire delle operazioni che interessano soprattutto il terreno è che sia nelle condizioni di tempera, infatti, se fosse troppo bagnato l'operazione potrebbe perdere di efficacia, mentre nel caso fosse troppo asciutto lo sforzo fatto dalle macchine aumenterebbe inutilmente causando maggior usura alle componenti dei macchinari o addirittura la loro rottura, oltre ad un aumento delle emissioni. Anche in questo caso

alcune operazioni di manutenzione al tappeto erboso vengono fatte direttamente dal personale, mentre altre vengono fatte eseguire ad una ditta della zona specializzata nella gestione dei tappeti erbosi. Questo avviene perché la ditta possiede macchinari specifici per alcune attività, i quali vengono costantemente rinnovati, mentre se dovessero essere acquistati dal Club, oltre al costo importante da sostenere, essendo usati in modo saltuario si renderebbe necessaria la loro sostituzione con macchine più moderne prima di giungere a fine ciclo della macchina stessa, per questo motivo il club preferisce investire in altri macchinari di uso quotidiano e indispensabili. Quindi, al contrario di quanto avviene per la gestione della vegetazione arborea e arbustiva, la gran parte delle ore annuali è destinata alla gestione e manutenzione dei tappeti erbosi. Le grandi superfici presenti e la moltitudine di operazioni svolte sulle diverse aree del campo richiedono un elevato impiego di tempo da parte degli operatori. In Tabella 2 sono riportate le superfici delle diverse aree a tappeto erboso del campo da golf Ca' Amata.

Tabella 2: superfici a tappeto erboso del Golf Club Ca' Amata

Area del campo	Superficie (ha)
Greens e collars	2
Tees	1
Fairways	11
Roughs	30
Campo pratica	4

Su tutte queste superfici viene eseguito il taglio dell'erba con un'altezza di taglio diversificata in funzione della singola area sulla base delle finalità di gioco e della composizione specifica. Di seguito si riporta la Tabella 3 che espone le specie e le altezze di taglio delle diverse zone del campo da golf.

Tabella 3: specie ed altezze di taglio caratterizzanti le diverse aree del campo da golf del Golf Club Ca' Amata. Si precisa che l'altezza di taglio dei greens può venire aumentata di 1 mm nei periodi più rigidi o nei periodi più caldi

Area del campo	Specie	Altezza di taglio mm
Greens	- <i>Poa pratensis</i> - <i>Agrostis stolonifera</i>	3,5 mm (+1)
Collars	- <i>Poa pratensis</i> - <i>Agrostis stolonifera</i>	12 mm
Tees	- <i>Agrostis stolonifera</i>	12 mm
Fairways	- <i>Cynodon dactylon</i> - <i>Lolium perenne</i> - <i>Poa pratensis</i>	20 mm

Roughs	- <i>Cynodon dactylon</i> - <i>Festuca arundinacea</i> - <i>Festuca rubra</i>	50 mm
--------	---	-------

2.3. Stima dell'emissione di anidride carbonica per la gestione del campo da golf

Sulla base delle informazioni e dei dati forniti dal superintendent relativi alle operazioni svolte, frequenze e tempi necessari è stata stimata l'anidride carbonica emessa durante le operazioni che vengono effettuate per la gestione della superficie del campo di gioco. Per ogni operazione svolta nelle diverse aree del campo da golf, a partire dalla frequenza e dai tempi di lavoro, si sono calcolate le ore di lavoro annue e successivamente conoscendo i consumi orari dei vari macchinari impiegati si è stimato il consumo annuo del carburante, distinguendo il gasolio dalla benzina. Conoscendo quindi la quantità totale dei carburanti usati e le emissioni generate dalla combustione di una singola unità di carburante si è stimata la quantità di anidride carbonica emessa per la gestione della specifica superficie del campo da golf.

Come valori di emissione generati dalla combustione di un singolo litro di gasolio e da un litro di benzina si sono assunti i valori forniti dalle linee guida dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): rispettivamente 2,692 kg di anidride carbonica per il gasolio e 2,345 kg per la benzina. I risultati fanno riferimento ad un'ordinaria gestione del campo e perciò eventuali operazioni straordinarie, ovvero operazioni che potrebbero rendersi necessarie a seguito di eventi o necessità specifiche, non sono state stimate in quanto difficili da valutare oltre che essere dipendenti dalle caratteristiche della singola annata. Questi interventi potrebbero essere: operazioni di bucatatura straordinaria, trasemina aggiuntiva, interventi straordinari di potatura o qualsiasi altra operazione che normalmente viene eseguita ma che per qualche motivo deve venir ripetuta con una frequenza diversa rispetto al regime ordinario a seguito di qualche motivo tecnico o di origine naturale.

2.3.1. Manutenzione della vegetazione arborea ed arbustiva

Una modesta parte del monte ore totale annuo è destinato alla cura e gestione del patrimonio arboreo e arbustivo. I lavori principali eseguiti sono risagomatura di piccoli tratti di siepe, pulizia delle siepi naturali, potatura degli alberi da frutto e infine potatura di piccoli arbusti. Gran parte di queste operazioni vengono eseguite manualmente avvalendosi di utensili come: forbici da potatura, tronca rami, segacci, tagliasiepi a batteria e scale di varie dimensioni. Queste attività sono svolte principalmente nei periodi autunno primaverili, ad eccezione del taglio delle siepi che avviene ciclicamente non appena la sporgenza dei rami diventa eccessiva. Vengono potate le piccole siepi che separano i vialetti carrabili dall'area di gioco e i nuclei di vegetazione disposta a macchie per formare una sorta di ampi cuscini laddove ci sia qualcosa da separare o in situazioni che in altri modi sarebbero difficili da gestire. Tra questi lavori c'è anche la pulizia delle siepi naturali presenti su dei tratti di confine del campo da golf. Durante questa attività viene eseguita la selezione di alcuni polloni che si originano dalle ceppaie, il taglio di alcuni semenzali e la rimozione delle infestanti che si sviluppano annualmente o dell'edera. Alla fine dell'inverno gli operai svolgono anche la potatura degli alberi da frutto presenti in alcune aree del campo e di altri piccoli cespugli come ortensie,

spiree e viburni. Il resto della gestione della vegetazione arboreo e arbustiva, come riportato al capitolo 2.2.1, viene affidata ad una ditta esterna. A questa ditta tocca il taglio delle ampie siepi di confine formate principalmente da *Prunus laurocerasus*, le quali raggiungono anche altezze di 6-7 m. Durante queste operazioni viene impiegato un trattore John Deere 6105 dotato di braccio tagliasiepi. Complessivamente questo lavoro di taglio delle grandi siepi viene svolto una volta all'anno richiedendo l'intervento della ditta esterna per un totale di due giornate lavorative.

2.3.2. Manutenzione nei greens e collars

Le operazioni di manutenzione interessano tutta la superficie del green e anche il collar dato che lo circonda. Complessivamente la superficie occupata da entrambi è circa di due ettari. Le operazioni eseguite nelle due aree sono le stesse ma svolte da macchinari diversi. All'interno del green la superficie viene tagliata ad un'altezza di 3,5 mm, mentre nella zona del collar a 12 mm. La frequenza con la quale viene eseguito il taglio varia tra le due zone e anche in base al periodo. Si distinguono due periodi: il periodo vegetativo che va da aprile a novembre e il periodo di riposo vegetativo che occupa la parte restante dell'annata. Mediamente durante la stagione vegetativa il green viene tagliato sei giorni su sette, mentre durante la stagione di riposo la frequenza diventa di una volta a settimana. Il collar nel periodo vegetativo viene tagliato tre volte a settimana, mentre nel periodo di riposo una volta ogni sette giorni. Per eseguire il taglio vengono impiegate delle macchine dotate di apparato di taglio di tipo elicoidale e data la complessità nel cambiare e regolare precisamente l'altezza di taglio vengono impiegate due macchine di modelli diversi in modo tale che una volta impostata quell'altezza la macchina sia sempre pronta a operare ed eventualmente verranno eseguiti solo dei controlli per accertarsi che l'apparato di taglio sia ancora impostato a quel preciso valore di altezza. La John Deere 2500 B viene usata per il taglio dei greens, mentre per i collars si usa una macchina leggermente più datata, ovvero la John Deere 2243 D | (Fig. 23 e Fig. 24) |. Entrambe possiedono tre gruppi di taglio (due frontali e uno centrale) e sono dotate di cestini di raccolta, capacità di manovra in aree ristrette e capacità di operare in superfici modellate artificialmente con pendenze e scarpate di diverso grado. Per quanto riguarda le tempistiche di esecuzione di tale operazione su tutte le aree del campo sono necessarie quattro ore di lavoro nei greens e due ore per il taglio dei collars durante il periodo vegetativo, mentre durante la stagione di riposo il tempo nei greens si riduce leggermente arrivando a tre ore e mezza, mentre nei collars rimane invariato a due ore.

Oltre al taglio queste superfici vengono anche concimate con concimi granulari in precisi periodi e con cadenze dettate in base al loro diverso tempo di rilascio. Al fine di rendere più chiaro come viene suddivisa l'operazione durante l'anno si riportano i dati in Tabella 4. Per distribuire il concime granulare in queste superfici si impiega il veicolo John Deere ProGator2030A con applicato nel pianale posteriore uno spandiconcime a pendolo. Questa precisa tipologia di attrezzo garantisce la miglior precisione e uniformità di distribuzione del prodotto rispetto al tipo centrifugo perché dotato di un tubo con un beccuccio che oscillando distribuisce il concime in modo accurato anche su superfici inclinate. Il tempo impiegato per eseguire la concimazione su queste superfici (compresi anche i tees in quanto viene distribuito lo stesso concime con la stessa frequenza) è di otto ore per singola applicazione.



Figura 23: tosaerba modello John Deere 2500 B posseduto dal Golf Club Ca' Amata per il taglio dei greens



Figura 24: tosaerba modello John Deere 2243 D posseduto dal Golf Club Ca' Amata per il taglio dei collars

Tabella 4: periodo di distribuzione, titolo e dosaggio del concime applicato sui greens e collars

Area del campo	Periodo di concimazione granulare	Titolo NPK	Dosaggio g/m ²
Greens, Collars e Tees	Gennaio	/	
	Febbraio	/	
	Marzo	/	
	Aprile	13-0-13	32
	Maggio	13-0-13	32
	Giugno	16-0-24	32
	Luglio	/	
	Agosto	/	
	Settembre	13-0-13	28
	Ottobre	13-0-13	28
	Novembre	16-0-24	28
	Dicembre	/	

In aggiunta a queste concimazioni, il campo da Golf Ca' Amata segue anche dei protocolli che prevedono l'applicazione di diverse tipologie di prodotti per via fogliare. Questi protocolli indicano delle precise finestre entro le quali applicare dei prodotti specifici e la frequenza con la quale si devono ripetere tali trattamenti. Durante questi trattamenti, che non sono trattamenti fitosanitari dato il tipo di prodotto utilizzato, vengo distribuite delle soluzioni contenenti principalmente prodotti derivanti dalla lavorazione di materiali organici sia di origine vegetale che animale, microelementi utili a contrastare carenze e patologie, agenti umettanti e microrganismi utili come ad esempio

batteri PGPR, nematodi e micorrize. Negli anni l'aver seguito questi precisi protocolli ha portato il campo da golf ridurre via via i trattamenti fitosanitari fino ad arrivare a non eseguirne più. Qualora si verificasse l'insorgere di piccoli focolai di patologie fungine, se ancora alle fasi iniziali e di entità contenute, si interviene con dei trattamenti a base di microelementi e con apporto di specifici ceppi di micelio che, attraverso un'azione saprofitaria, vanno ad annullare il fungo parassita. Per rispettare le indicazioni fornite dai protocolli sono necessari continui interventi durante l'anno i quali sono riassunti nella Tabella 5.

Tabella 5: mese dell'anno e numero di volte in cui vengono eseguiti i trattamenti fogliari in *green collar* e *tee*

Mese dall'anno	Numero di trattamenti fogliari
Gennaio	2
Febbraio	2
Marzo	2
Aprile	6
Maggio	6
Giugno	6
Luglio	6
Agosto	6
Settembre	6
Ottobre	6
Novembre	/
Dicembre	/

La distribuzione della soluzione avviene mediante l'apposita irroratrice a barra abbinata al John Deere ProGator 2030A | (Fig. 25) |. L'impiego di questo veicolo consente di trattare velocemente greens, collars e tees in sole cinque ore a singolo intervento. All'interno di questo tempo sono compresi anche i tempi per la preparazione della soluzione e il lavaggio del veicolo, in quanto il veicolo resta con il motore acceso e accelerato per permettere la miscelazione dei prodotti inseriti.



Figura 25: John Deere ProGator 2030A equipaggiato dell'accessorio irroratore
(<https://www.deere.com/en/turf-sprayers/2030a-gps-precision-sprayer/>)

Il verticutting viene eseguito con il John Deere 2500 B, stesso modello impiegato per il taglio dell'erba nei greens, ma con l'apparato di taglio modificato. Infatti, al posto del cilindro rotante con lame elicoidali si monta un cilindro rotante con dischi dentati che ruotando eseguono il verticutting | (Fig. 26) |. Durante l'operazione vengono prodotti dei piccoli residui che vengono raccolti nei cestini di raccolta posti in modo frontale al cilindro rotante. La frequenza con la quale viene eseguita tale operazione sui greens è di cinque volte all'anno, mentre nei collars è di una volta all'anno. Il tempo necessario per eseguire un giro completo di verticutting in tutti i greens è di cinque ore mentre nei collars è di due ore. A livello pratico nei greens vengono eseguite due passate incrociate di 90° e lungo il bordo di tale area si esegue una sola passata in senso orario, mentre nei collars una singola passata | (Fig. 27) |. Successivamente al verticutting avviene un passaggio di taglio dell'erba per asportare gli eventuali residui caduti a terra o alcuni stoloni di erbe infestanti che durante l'operazione sono stati sollevati.



Figura 26: a sinistra gruppo di taglio con cilindro dotato di lame elicoidali mentre a destra cilindro composto dai dischi per l'esecuzione del verticutting



Figura 27: differenza tra superficie interessata da verticutting a sinistra, invece a destra superficie ancora da lavorare

Un'altra operazione svolta molto frequentemente all'interno del campo da golf e successivamente al verticutting è il top-dressing. Viene impiegato un veicolo utilitario del marchio Cushman modello Truckster con il cassone e accessorio spandisabbia TD 1500 | (Fig. 28) |. Questa tipologia di spandisabbia assicura una distribuzione uniforme grazie ad una spazzola rotante sul retro del veicolo che riceve il materiale dalla tramoggia e lascia cadere al suolo un sottile strato di sabbia. Il dosaggio distribuito è regolabile tramite un'apposita vite che agisce sulla quantità che scende dalla tramoggia. Nel caso del Golf Club Ca' Amata tale operazione viene eseguita frequentemente e il quantitativo distribuito è basso, evitando così di dover eseguire interventi con dosaggi importanti. La frequenza di tale operazione è ogni 15 giorni durante i cinque mesi e per eseguire un giro completo di top-dressing su tutta la superficie dei green e dei collars sono necessarie circa dieci ore di lavoro. Per caricare agevolmente la sabbia nella tramoggia viene impiegato un trattore Antonio Carraro modello Tigrone dotato di una pala frontale.



Figura 28: veicolo Cushman adibito al top-dressing nel collar della buca 9 del Golf Club Ca' Amata

Successivamente si passa un macchinario appositamente modificato, il John Deere 1200 A con un accessorio appositamente realizzato ed esclusivamente impiegato nella fase di spazzolatura | (Fig. 29) | (nella parte frontale è stata montata una doppia spazzola). Normalmente dopo aver eseguito il top dressing si attende un lasso di tempo sufficiente a far asciugare la sabbia così che il processo di spazzolatura sia di maggiore efficacia. La frequenza di utilizzo di questo macchinario è pari al numero di volte con cui avviene il top dressing e per eseguire un passaggio di spazzolatura in tutti i greens e collars sono necessarie quattro ore di lavoro a ciclo. Solitamente, successivamente al top-dressing e alla spazzolatura, viene eseguita una breve irrigazione dell'area.



Figura 29: spazzolatrice in attesa di poter spazzolare la superficie dei greens e dei collars

Tra le operazioni comunemente eseguite si inserisce anche la rullatura delle superfici. Questa operazione è di fondamentale importanza per garantire una superficie ottimale al giocatore, migliorando la scorrevolezza della superficie e per appiattire eventuali accumuli di sabbia o terra che si formano sulla superficie evitando bruschi cambi di direzione alla pallina. Sembrerebbe anche limitare gli attacchi di *Sclerotinia homeocarpa* a vantaggio del tappeto erboso. Per eseguire questa operazione viene impiegato un tosaerba John Deere 2243 B sostituendo il gruppo di taglio elicoidale con dei semplici rulli di ferro | (Fig. 30) |. Questo modello è alimentato a benzina a differenza di quello utilizzato per il taglio dei collars che è alimentato a diesel. La rullatura viene svolta solamente nei greens per ben quattro volte a settimana durante i sette mesi della stagione vegetativa e impiegando due ore e mezza di tempo per compiere un giro completo di tutte le aree.



Figura 30: a sinistra gruppo di taglio con lame elicoidali mentre a destra rulli di ferro per eseguire la rullatura

Tra le operazioni che agiscono più in profondità nel terreno rientra la chiodatura che viene eseguita con un macchinario dotato di una serie di bracci collegati ad un albero a gomiti azionato dalla presa di potenza del trattore, con spuntoni comunemente chiamati chiodi. Questi chiodi sono di diverse dimensioni sia nel loro diametro (comunemente di diametro 8 o 12 mm) che nella loro lunghezza. Del macchinario si può anche regolare la distanza tra i vari fori eseguiti. Per questa operazione il golf club si affida ad una ditta della zona altamente specializzata nei lavori di manutenzione dei campi da gioco che possiede il macchinario. La ditta per eseguire tale lavorazione impiega un trattore Same Frutteto 95 con abbinato il Verti-Drain 7416 della ditta Redexim | (Fig. 31) |. Durante la seguente operazione il trattore avanza con una velocità max di 0,85 km/h eseguendo una chiodatura della superficie ad una profondità di circa 15-17 cm e ad una distanza tra i fori di 7 cm.



Figura 31: trattore Same Frutteto 95 accoppiato alla Verti-Drain 7416

Normalmente prima di eseguire questa operazione viene eseguito il top-dressing, successivamente alla chiodatura avviene la spazzolatura della superficie, segue poi la concimazione e infine viene azionato l'impianto di irrigazione.

I chiodi sono soggetti a forti sollecitazioni e ad una forte usura; può succedere che alcuni chiodi si spezzino qualora vadano ad impattare con dei sassi di grosse dimensioni nel sottosuolo e quindi è necessario fermare l'operazione e sostituirli. Si riporta la Figura 32 che evidenzia l'usura generale dei chiodi e la rottura di due chiodi.



Figura 32: la freccia gialla indica i due chiodi rotti, si può inoltre notare il generale stato di usura dei chiodi e la struttura di questa particolare macchina

Questa operazione, richiedendo l'intervento di una ditta esterna, viene programmata per tempo e viene eseguita due volte all'anno su tutti i greens e i collars. Il tempo necessario per eseguire un singolo intervento di questo tipo è di circa diciotto ore.

Con la stessa macchina si esegue la carotatura utilizzando particolari fustelle cave all'interno che perforando il terreno ripetutamente portano in superficie delle piccole carotine di terreno. Nei terreni del Golf Club Ca' Amata con buon drenaggio la carotatura è stata eseguita negli anni passati mentre attualmente non è stato eseguito nessun intervento.

2.3.3. Manutenzione nei tees

Anche in questa zona la cura del tappeto erboso è minuziosa e vengono eseguite molteplici operazioni per raggiungere gli obiettivi prefissati. Il taglio in queste zone durante il periodo vegetativo viene eseguito quattro giorni su sette impiegando un tosaerba John Deere 2500 B impostato per mantenere un'altezza di taglio di 1,2 cm. Viene ridotto ad un unico taglio ogni sette giorni durante il periodo di riposo, impiegando sempre lo stesso modello di tosaerba e mantenendo sempre la stessa altezza. Il tempo necessario per eseguire un giro completo di taglio su tutti i tees è di tre ore e mezza e resta invariato nei due diversi periodi.

Per quanto riguarda la concimazione granulare, periodi e dosaggi sono pari a quanto eseguito nei greens e nei collars e alla Tabella 5 è riportato lo schema annuale seguito. Anche nel caso dei vari trattamenti fogliari eseguiti per rispettare i protocolli adottati non ci sono variazioni, per questo motivo si rimanda alla Tabella 6 per osservare la suddivisione annuale di tale operazione.

A differenza dei greens nei tees il verticutting viene eseguito solamente una volta all'anno richiedendo in totale cinque ore di lavoro con il tosaerba John Deere 2500 B opportunamente adattato per eseguire tale operazione. In queste aree viene eseguito anche il top-dressing per un totale di cinque volte all'anno. Viene sempre impiegato il veicolo utilitario Cushman con montato lo spandisabbia e per eseguire un giro completo sono necessarie circa nove ore di lavoro. Operazione complementare al top dressing è la spazzolatura della superficie, anche qui eseguita con il John Deere 1200 A che viene utilizzato per circa un'ora e mezza ad ogni giro di sabbiatura della superficie. Nei tees viene svolta la carotatura da parte della ditta esterna che interviene con trattore abbinato al Verti-Drain 7416 con fustelle cave | (Fig. 33) |. Questa pratica viene svolta una volta all'anno necessitando l'impiego del trattore e del macchinario per dieci ore totali di lavoro.



Figura 33: attività di carotatura svolta dalla ditta esterna, a terra si possono osservare i piccoli cilindri, o carotine, di terreno estratti dall'operazione

Successivamente questi cilindretti di terreno vengono raccolti impiegando un veicolo utilitario del marchio Cushman, il quale è dotato di un apposito accessorio che le raccoglie. Questo macchinario in dotazione alla ditta esterna viene impiegato complessivamente per otto ore e mezza nella raccolta delle carotine in tutti i tees.

2.3.4. Manutenzione nei fairways

Quest'area, nel caso del Golf Club Ca' Amata, copre una superficie complessiva di circa 11 ha, includendo anche il campo pratica. La sua gestione è più contenuta rispetto ai greens per ridurre le spese e la limitata quantità di operatori disponibili. Un'operazione indispensabile è il taglio dell'erba che durante il periodo vegetativo viene mantenuta a 20 mm di altezza tagliandola 5 volte a settimana. Data la vasta superficie da curare vengono impiegati due tosaerba, il John Deere 3235 C e il John Deere 7700, entrambi equipaggiati con motore a diesel e gruppo di taglio elicoidale | (Fig. 34 e Fig.35) |. Complessivamente i due macchinari per eseguire tutte le piste impiegano nove ore, ovvero quattro ore e mezza di lavoro per ciascun tosaerba. Invece, durante il periodo di riposo vegetativo viene impiegato un altro modello di tosaerba, ovvero il Toro 4700 usato anche per i roughs, effettuando dai 2 a 4 tagli al mese in quanto l'erba cresce molto meno e di conseguenza anche il tempo per eseguire un giro completo di taglio diminuisce passando ad otto ore di lavoro. Varia anche l'apparato di taglio che monta il tosaerba impiegato, che è rotativo con una lama per ogni piatto di taglio.



Figura 34: tosaerba John Deere 3235 C impegnato nel taglio del fairway della buca 10 del Golf Club Ca' Amata



Figura 35: tosaerba John Deere 7700 impegnato nel taglio del fairway della buca 18 del Golf Club Ca' Amata

Anche su queste superfici vengono eseguite delle concimazioni granulari e dei trattamenti fogliari. Al fine di rendere più chiaro lo schema adottato durante l'anno si riportano le Tabelle 6 e 7. Per la distribuzione del concime granulare viene impiegato il trattore John Deere 4720 con attaccato uno spargi concime sempre di tipo a pendolo, mentre per eseguire i trattamenti fogliari si utilizza nuovamente il John Deere ProGator 2030A. Per quanto riguarda i tempi necessari per la distribuzione del concime granulare vi è un utilizzo pari a dieci ore, mentre per gli interventi con prodotti liquidi è di otto ore e mezza per ogni singola applicazione.

Tabella 6: periodo di distribuzione, titolo e dosaggio del concime applicato ai fairways

Periodo di concimazione	Titolo NPK	Dosaggio g/m ²
Gennaio	/	
Febbraio	/	
Marzo	/	
Aprile	25-5-5	15
Maggio	/	
Giugno	12-5-28	30
Luglio	/	
Agosto	/	
Settembre	16-24-12	22
Ottobre	12-5-28	30
Novembre	/	

Dicembre	/	
----------	---	--

Tabella 7: mese dell'anno e numero di volte in cui vengono eseguiti i trattamenti fogliari in fairway

Mese dall'anno	Numero di trattamenti fogliari
Gennaio	
Febbraio	
Marzo	
Aprile	
Maggio	
Giugno	1
Luglio	1
Agosto	1
Settembre	
Ottobre	
Novembre	
Dicembre	

Sempre sui fairways viene eseguito il verticutting. Anche in questo caso come per il taglio si deve impiegare un macchinario che abbia una capacità di lavoro maggiore date le superfici di grandi dimensioni su cui intervenire. Per questo motivo il trattore John Deere 4720 viene accoppiato ad un trinciaerba Peruzzo con raccolta (modello Panther multifit 1800 | (Fig. 36) |) che esegue tre azioni differenti in una singola passata: taglio dell'erba, verticutting (arieggiatura) e raccolta di tutto il residuo prodotto | (Fig. 37) |. Questa operazione viene svolta 1 volta all'anno su tutti i fairways richiedendo quaranta ore di lavoro totali.



Figura 36: trattore John Deere 4720 e trinciaerba Peruzzo Panther multifit 1800 mentre esegue il verticutting sul fairway della buca 2 del Golf Club Ca' Amata

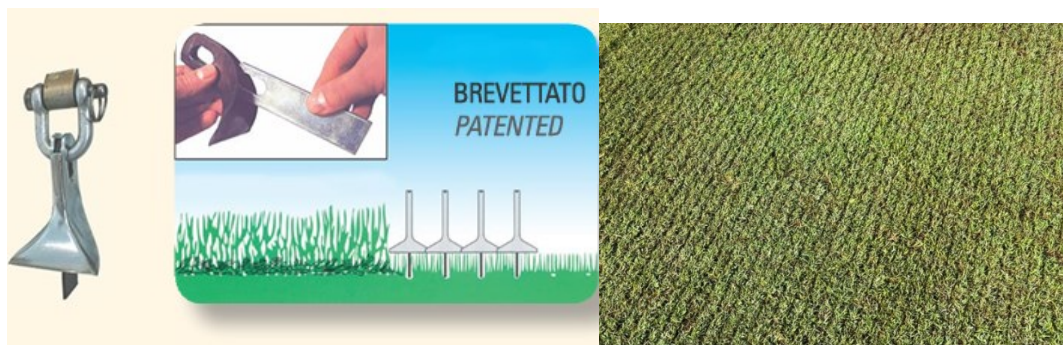


Figura 37: Coltello a paletta con inserito il coltello verticut brevettato da Peruzzo ed effetto sulla superficie del fairway della buca 2 dopo il passaggio del trinciaerba

Nei fairway viene eseguita la trasemina su tutte le superfici in quanto queste sono composte da delle specie macroterme che, come noto, durante il periodo di riposo vegetativo assumono una colorazione giallo/bruna. Un altro motivo della sua esecuzione è per arricchire di nuovo seme il manto erboso ottenendo un prato più denso e robusto. Per questo viene eseguita la trasemina con un blend di *Lolium perenne*. Per questa ultima operazione il Golf Club Ca' Amata si avvale di una ditta esterna, la stessa che eseguiva la chiodatura. Il cantiere sarà composto dal trattore Same Frutteto 95 accoppiato alla traseminatrice Vredo modello 218.07.05 compact | (Fig. 38) |. Il modello impiegato ha una larghezza di lavoro di 160 cm e interspazio tra le file di 3 cm. Dipendentemente dalla superficie nella quale si sta operando e dalle condizioni in cui ci si trova ad operare, se più o meno degradate, vengono eseguite due o tre passate incrociate. Al fine di favorire il miglior contatto tra il seme e il terreno viene sempre preceduta da verticutting. La frequenza di esecuzione di tale operazione è di una volta all'anno e per eseguire un passaggio su tutte le piste sono necessarie quarantotto ore di lavoro.



Figura 38: esecuzione della trasemina sul fairway della buca 1 al Golf Club Ca' Amata con un tappeto erboso in condizioni discrete

2.3.5. Manutenzione nei roughs

In questa zona marginale del campo da golf che circonda il fairway le operazioni di manutenzione sono limitate e si caratterizza per la presenza di erba più alta, rendendo difficile colpire la pallina qualora il colpo precedente battuto dal golfista sia caduto in questa zona. Complessivamente al Golf Club Ca' Amata sono presenti 30 ha di rough. L'unica operazione che viene svolta su questa superficie è il taglio dell'erba, la quale viene mantenuta a circa 50 mm di altezza. Inoltre, il taglio viene eseguito solamente durante la stagione vegetativa e durante il periodo di riposo vegetativo non si esegue il taglio vero e proprio, ma piuttosto si adotta un "taglio di pulizia" che viene eseguito all'occorrenza, ma molto limitatamente. Viene impiegato il tosaerba Toro modello Groundmaster 4700 | (Fig. 39) | dotato di motore diesel e trazione integrale, ben sette piatti di taglio dotati di lama rotante e una larghezza totale di taglio di 3,80 m. Il taglio dei rough viene eseguito una volta alla settimana richiedendo un totale di trenta ore di lavoro. Date le dimensioni il macchinario non riesce a raggiungere alcuni punti stretti e per questo alcune rifiniture vengono eseguite con un John Deere f 935 dotato di apparato di taglio rotativo e motore diesel. Il suo utilizzo è limitato a certi punti infatti lavora circa centosessanta ore all'anno, le quali sono maggiormente concentrate durante la stagione vegetativa lavorando otto ore ogni 15 gg e la parte rimanente è rappresentata da alcuni interventi saltuari.



Figura 39: tosaerba Toro Groundmaster 4700 alle prese con il taglio del rough della buca 17 presente al Golf Club Ca' Amata

2.3.6. Manutenzione dei bunkers

Al Golf Club Ca' Amata sono presenti ben 54 bunkers, ognuno di forma e dimensione completamente diversa, occupando nell'insieme circa 1 ha di superficie. Sono tutti riempiti di sabbia

di quarzo. La gestione prevede il taglio dei bordi, il contenimento dell'avanzata di fusti striscianti come stoloni o rizomi che tenderebbero ad invadere l'area e infine l'azione più importante prevede il rastrellamento dello strato sabbioso per riordinarlo e lisciarlo. Per eseguire il taglio dei bordi e il contenimento dell'avanzata dei fusti striscianti viene impiegato il decespugliatore dotato di un disco reciprocante. Queste operazioni di rifinitura vengono eseguite tre volte all'anno e per compiere un giro completo sono necessarie trenta ore di lavoro complessivo. Il riordino della sabbia all'interno del bunker viene eseguito meccanicamente impiegando il John Deere 1200 A, stesso veicolo adottato per la spazzolatura. In questo caso il veicolo viene usato tale e quale, infatti, al posteriore possiede un rastrello con lame seghettate composto da più sezioni, ognuna indipendente dall'altra, che operando in posizione flottante vanno a rastrellare e lisciare la superficie sabbiosa | (Fig. 40) |. Questa operazione normalmente viene svolta 3 volte a settimana e riservando un intervento nelle fasi di preparazione del campo alla gara. Complessivamente sono necessarie otto ore di lavoro a settimana.



Figura 40: John Deere 1200 A impegnato nel riordino di uno dei bunkers presenti alla buca 18 del Golf Club Ca' Amata

In caso di precipitazioni importanti o acquazzoni improvvisi, si rende necessario eseguire un intervento straordinario di risistemazione del bunker stesso | (Fig. 41) |. Il numero di questi interventi svolti in via eccezionale è difficile da stimare in quanto sono legati all'intensità delle piogge, per questo non è possibile conteggiarli nel bilancio dato che non c'è un numero minimo delle volte che si esegue l'operazione.



Figura 41: risultato dell'erosione e conseguente accumulo della sabbia in uno dei bunkers presenti al Golf Club Ca' Amata in seguito al fenomeno temporalesco avvenuto la sera precedente

2.3.7. Altre attività eseguite all'interno del campo

Un'operazione che si aggiunge alle altre è il taglio dell'erba del giardino presente di fronte alla club house. Il taglio avviene settimanalmente impiegando un tosaerba a spinta con apparato di taglio rotativo del marchio Stiga e con un tempo di lavoro di un'ora e mezza a taglio. Oltre a tagliare il piccolo giardino viene anche eseguito il rastrellamento del ghiaino presente impiegando un normale rastrello. C'è poi da tagliare l'erba nei filari del vigneto presente all'interno del campo da golf ogni 15 gg nell'arco di 8 mesi impiegando il tosaerba John Deere f935 per circa due ore e mezza alla volta. Continuando con le attività, c'è il taglio dell'erba presente nel campo pratica, il quale avviene con cadenza quindicinale per un periodo di 10 mesi e quindi leggermente più ampio del periodo vegetativo. Per il taglio si impiega, in base alla disponibilità, o il tosaerba John Deere 3235 C o il modello 7700 per circa due ore e mezza al singolo intervento.

La raccolta palline dal campo di pratica viene svolta da una Fiat Panda che frontalmente ha agganciato un apposito raccoglitore | (Fig. 42) |. Le palline raccolte dopo essere state lavate vengono reinserite nei distributori a gettoni presenti vicino all'ingresso del campo pratica. La raccolta avviene in media quattro volte a settimana. Di questa attività risulta variabile il tempo necessario e altrettanto la stima del consumo orario. Si riporta quindi il consumo annuo di carburante che risulta di più facile reperimento.



Figura 42: Fiat Panda adibita con apposito attrezzo per la raccolta delle palline nel campo pratica del Golf Club Ca' Amata

Per riempire rapidamente e agevolmente di sabbia la tramoggia del veicolo Cushman viene impiegato un trattore Antonio Carraro Tigrone dotato di una pala caricatrice frontale. Il suo utilizzo è pari al numero delle volte alle quali viene eseguito il top dressing e altrettanto vale per il tempo di funzionamento visto che dovendo riempire frequentemente la tramoggia viene sempre lasciato acceso al minimo dei giri motore.

All'interno del campo da golf come mezzo di trasporto di alcuni attrezzi o per spostarsi rapidamente viene impiegato un veicolo utilitario dotato di un piccolo cassone sul quale caricare gli oggetti. È il caso del John Deere Gator che è in funzione per circa venticinque ore a settimana durante i 10 mesi di maggior fermento lavorativo. Infine, ma non meno importante vista l'agevolazione che apporta agli operatori, è il soffiatore che viene agganciato al trattore John Deere 4720. Questo potente soffiatore azionato dalla presa di potenza viene impiegato per soffiare via dalle zone interessate al gioco del golf l'abbondante strato di fogliame che si deposita a terra nel periodo autunnale. Nel periodo in cui è concentrata la caduta delle foglie, circa due mesi, il suo utilizzo è quotidiano anche se questo lasso di tempo può essere leggermente più corto o lungo in funzione dell'andamento stagionale e dei fattori che regolano la caduta delle foglie. In questo periodo il trattore lavora per circa trecentocinquanta ore, ma oltre a questa attività il soffiatore durante l'anno viene utilizzato saltuariamente anche per spazzare via alcuni residui di erba che rimangono in seguito al taglio, verticutting e soprattutto in seguito ai fenomeni temporaleschi, in quanto il giorno seguente a terra sono numerose le foglie e i rametti presenti. Mediamente, anche se è fortemente variabile dal

numero degli eventi atmosferici che avvengono durante l'annata, si vanno ad aggiungere altre cinquanta ore di attività.

2.3.8. Irrigazione e gestione dell'acqua

Come detto, nella parte di introduzione, il campo da gioco del Golf Club Ca' Amata si contraddistingue per la presenza di numerosi elementi tipici dei parchi romantici, in particolar modo l'acqua e tutto quello che ne discende come laghetti, canali, ponticelli e cascatelle. Questi laghetti e canali sicuramente svolgono un ruolo di decoro dell'ambiente, ma la loro principale funzione è quella di convogliare l'acqua come nel caso dei canali, mentre i laghetti svolgono un ruolo di contenimento diventando così dei veri e propri bacini idrici dai quali si attinge per permettere l'irrigazione delle superfici. L'acqua che il circolo impiega viene prelevata dal Fosso Brenton il quale costeggia un'ampia parte del confine lungo il lato Ovest del campo. L'acqua entra da una serie di tombotti i quali vengono aperti o chiusi in funzione del livello che si deve raggiungere all'interno dei bacini anche se un flusso minimo in entrata viene sempre lasciato scorrere | (Fig. 43) |.



Figura 43: tombotti dai quali il Golf Club Ca' Amata preleva l'acqua

Successivamente l'acqua che entra viene convogliata in una serie di canali e portata nei vari bacini. In questo campo da golf sono irrigati solamente i greens, collars e fairways, non i roughs. Sono quindi irrigati solamente 15 ha, ovvero 14 ha di tappeto erboso e circa 1 ha di aiuole distribuite all'interno del campo da gioco. L'impianto a pioggia è alimentato utilizzando quattro pompe da 15 kW, ciascuna con un apposito inverter. L'impianto di irrigazione è composto da 824 irrigatori Toro di diverse tipologie in quanto negli anni sono stati aggiunti nuovi irrigatori all'impianto, alcuni sono stati

sostituiti a causa della rottura o dell'usura e altri sono stati cambiati per avere delle caratteristiche specifiche migliori come l'incremento della gittata. Di conseguenza l'attuale impianto d'irrigazione è frutto di una serie di migliorie e ampliamenti che negli anni sono stati eseguiti e che ancora tutt'ora vengono apportati al fine di ottenere la massima efficienza irrigua. Alcuni modelli di irrigatori presenti sono ad esempio Toro 630, Toro 730, Toro DT34, Toro 720, Toro t7 e Toro t5. All'interno del campo da golf sono presenti in totale 17 satelliti che fanno aprire l'elettrovalvola posizionata sul singolo irrigatore. Un computer centrale gestisce vari programmi di irrigazione facendo lavorare le pompe alla massima efficienza con un regime di giri costante.

La parte di acqua che non viene utilizzata dall'irrigazione o che tracima dal livello limite dei bacini viene reimpressa più a valle del campo, sempre nel medesimo fosso da cui era stata prelevata attraverso un piccolo canale scolmatore. Chiaramente durante l'anno all'acqua vengo eseguite da un ente esterno delle analisi chimiche al fine di garantire che l'acqua in eccesso rispetti dei parametri ben precisi e che non contenga agenti inquinanti.

2.4. Stima delle emissioni carboniose generate dei fertilizzanti

Al fine di rendere possibile la stima di queste emissioni si è reso necessario eseguire una ricerca bibliografica per poter ottenere dei valori numerici. È stato adottato questo sistema in quanto si voleva fornire un'indicazione sulla possibile quantità di emissioni che vengono generate dai fertilizzanti distribuiti e concentrandosi in modo particolare sulle emissioni di protossido di azoto. Data la presenza di un insieme di fattori che vanno ad influire su questa fonte di inquinamento si renderanno necessarie delle misurazioni ad hoc al fine di valutare con più precisione le quantità rilasciate. Innanzitutto, si sono raccolti i valori risultanti dai seguenti articoli scientifici: Braun e Bremer, 2018a; Braun e Bremer 2018b e Gilette et al., 2016. Si è dovuto procedere a calcolare un valore medio in quanto, oltre alla carenza di studi svolti in Italia, si è osservato che le specie presenti sulle superfici in cui erano stati condotti gli studi non corrispondevano con quelle presenti nel sito di analisi, di conseguenza il valore specifico impiegato per eseguire la stima è frutto di una media di valori misurati in altri contesti golfistici e successivamente impiegato per stimare le emissioni totali del campo da golf del Golf Club Ca' Amata. Dalle indicazioni fornite dal superintendent, all'interno del campo da golf vengono impiegati sia concimi a pronto effetto che a cessione e rilascio controllato in funzione dell'area che viene concimata, alle necessità manifestate dal tappeto erboso e soprattutto in base al periodo dell'anno in cui ci si trova. Come riportato nei capitoli precedenti, al Golf Club Ca' Amata vengono concimati con lo stesso piano greens, tees e collars mentre per i fairways si adotta un piano di concimazione diverso. Nelle tre zone si impiegano concimi a pronto effetto composti da urea quattro volte all'anno, più precisamente nei periodi primaverili e autunnali, e nella concimazione pre-estiva e pre-invernale si impiegano concimi a cessione controllata composti da metilene urea. Nei fairways invece normalmente si impiegano esclusivamente concimi a rilascio controllato in tutte e quattro le concimazioni eseguite durante l'anno le quali sono composte da granuli di urea ricoperti da membrane polimeriche che nella bibliografia vengono contraddistinte dalla sigla PCU (Polymeric Coated Urea).

2.5. Stima dell'assorbimento dell'anidride carbonica da parte della vegetazione

Per ottenere una stima di quanta anidride carbonica la vegetazione presente all'interno del campo da golf possa assorbire è stato impiegato il software i-Tree Eco, il quale esegue una valutazione di alcuni benefici ambientali ed economici offerti dai dati raccolti dalla vegetazione oggetto di studio. Questo software è una delle tante applicazioni fornite dal sistema i-Tree.

2.5.1. i-Tree

I-Tree è un pacchetto di software in continua espansione che sono stati sviluppati e costantemente aggiornati dall'USDA Forest Service e da altri numerosi collaboratori operanti nel mondo dell'arboricoltura, dei servizi ecosistemici e da alcune accademie. Il software fornisce strumenti di analisi e valutazione dei servizi ecosistemici offerti in ambito urbano. La suite open source i-Tree è stata lanciata nel 2006 ed è ormai conosciuta e utilizzata da molte comunità, organizzazioni non profit, consulenti, volontari e studenti di ogni parte del mondo per ottenere una valutazione dei servizi ecosistemici (SE) forniti dal verde urbano ed è applicabile su diverse scale, a partire dai singoli alberi, piccole aree, quartieri, città fino a stati interi. Gli utenti di i-Tree possono utilizzare questo strumento per dimostrare il valore e stabilire le priorità per un processo decisionale più efficace. Anche se il software è stato sviluppato in USA tenendo conto delle condizioni climatiche, ambientali e sociali del posto, con il passare degli anni è stato adattato per essere fruibile in altri stati come Canada, Australia, Regno Unito, Messico, Corea del Sud, Colombia e gran parte dell'Europa. Come anticipato, i-Tree offre diverse applicazioni, alcune delle quali possono essere utilizzate esclusivamente via web (web) ed altre tramite interfaccia desktop (DT). Inoltre, non tutte le applicazioni sono utilizzabili in Italia. Volendo fare una suddivisione, si possono distinguere cinque categorie:

- Core Programs: sono gli strumenti principali che valutano la popolazione di alberi, i servizi ecosistemici e ne quantificano il valore. Questi programmi forniscono dati forestali e aiutano nella scelta delle strategie per la gestione delle foreste urbane. Sono ad esempio: i-Tree Landscape, i-Tree Design, i-TreeEco, i-Tree Canopy e i-Tree Hydro.
- Utilities: sono strumenti autonomi che supportano il funzionamento dei programmi di base o applicazioni specializzate per scopi specifici. Sono ad esempio: i-Tree Species, i-Tree Projects, i-Tree Database e altri.
- Altri tools sono stati sviluppati da i-Tree appositamente per specifici partner come ad esempio County Tree Benefits e GHG Planting Calculator
- Strumenti di ricerca come ad esempio: i-Tree Buffer, i-Tree Energy, i-Tree Hydro+ e Tree Compensation Calculator che sono disponibili per utenti tecnici avanzati e i loro risultati sono spesso incorporati negli strumenti Core di i-Tree.
- Strumenti Legacy sono programmi incorporati in altri strumenti o utility, o che non vengono più aggiornati da i-Tree. È il caso di i-Tree Storm, i-Tree Vue, i-Tree Streets e MCTI.

2.5.2. i-Tree Eco

Per poter giungere alla valutazione dei benefici ambientali ed economici offerti dal verde urbano si può utilizzare l'applicativo i-Tree Eco. Questo è applicativo desktop (DT) molto flessibile che applicando l'evoluzione di quello che era il modello UFORE, ideato negli anni '90, a dati di campo di vegetazione, qualità dell'aria e meteorologici descrive la struttura della foresta urbana e i suoi benefici ambientali ed economici. Tali dati vengono elaborati dal software per poi restituire in output la struttura della foresta, i servizi ecosistemici e i valori di qualsiasi popolazione arborea (compreso il numero di alberi, la distribuzione dei diametri, la diversità delle specie, il potenziale rischio di parassiti, le specie invasive, la rimozione dell'inquinamento atmosferico e gli effetti sulla salute, lo stoccaggio e la rimozione del carbonio, la riduzione del deflusso idrico, le emissioni dei VOC (composti organici volatili), gli effetti delle condizioni energetiche degli edifici). L'applicativo Eco è utilizzabile in ogni paese del mondo perché grazie all'interazione con l'utilities i-Tree Database i dati vengono elaborati e convalidati per poi essere formattati in modo tale che i-Tree Eco possa utilizzarli nella sua stima. Il database dispone anche di una sezione dove sono raccolte le specie vegetali in cui vi possono accedere gli utenti per aggiungerne altre. Inoltre, il modello non è dedicato ad una scala spaziale specifica, ma è adattabile e permette non solo lo studio del singolo albero, ma anche del verde di parchi, foreste fino a paesi interi. Dato che il suo utilizzo sta crescendo sempre più nel mondo i-Tree Eco è giunto alla versione Eco v6 ed è lo strumento più evoluto del pacchetto. Grazie ai risultati numerici ottenuti a valle dell'analisi eseguita con il software si riesce a mostrare l'efficacia del verde nel contesto urbano ed indirizzare le amministrazioni comunali, i managers, i ricercatori, ed altri stakeholders a prendere decisioni efficaci di gestione delle risorse, sviluppare politiche e stabilire priorità. Come detto in precedenza è stato sviluppato i-Tree Database che è composto da due sezioni principali: specie e località. La sezione dedicata alle specie contiene una raccolta molto ampia di specie vegetali e per ognuna sono date informazioni su nome del genere, nome della specie, sinonimo, famiglia, ordine, classe, nome comune, codice della specie, forma delle foglie, dimensione foglia, tipo di foglia, tasso di crescita, longevità, altezza alla maturità. Per quanto riguarda la sezione del database dedicata alle località, questa viene continuamente aggiornata con nuovi dati, permettendo agli utenti che vorranno fare un'analisi su località di cui si hanno informazioni, di usufruire direttamente di Eco. Si identificano diverse fasi fondamentali nello sviluppo di un progetto tramite le quali è possibile personalizzare il lavoro e ottenere risultati migliori. Come inizio si deve identificare il confine dell'area che si vuole studiare perché, come precedentemente anticipato, il software è in grado di sviluppare l'analisi su diverse scale spaziali, da un'intera città a un quartiere, un parco sino a un cortile. Gli approcci di scelta legati alla scala spaziale sono due: Plot-Based Sample Inventory e Complete Inventory: il primo è un inventario per aree di campionamento utile quando si studiano aree vaste per il quale non si specificano i dati di tutti gli alberi, mentre il secondo prevede la raccolta di dati sul singolo albero in modo estensivo ed è utilizzato quando l'area di studio è ridotta perché la raccolta dei dati è un'operazione abbastanza impegnativa. Nel nostro caso è stato eseguito un *Complete Inventory* (CI). Utilizzato per aree con estensione modesta, questo inventario riguarda ogni singolo albero ed è un'operazione più impegnativa rispetto all'approccio *plot-based sample inventory* che ha il vantaggio di fornire risultati più precisi. Quando l'utente possiede a priori l'inventario completo per l'area di studio, tale informazione può essere introdotta in Eco con un foglio di calcolo Excel, file CSV21 o anche con Access22. In caso contrario è necessaria la raccolta dei dati di campo per il quale è previsto l'inserimento obbligatorio di sole due informazioni riguardanti l'albero: Specie e DBH (Diameter at Breast Height) che sarebbe la misura del diametro del tronco dell'albero a 4,5 piedi (circa 1,4 m) di

altezza (letteralmente tradotto vuol dire diametro all'altezza del petto). Questa semplificazione permette agli utenti che posseggono dati limitati sugli alberi di eseguire comunque un'analisi con i-Tree Eco, a discapito della bontà dei risultati prodotti che saranno più approssimativi in quanto il software per compilare i dati mancanti utilizza valori predefiniti e quindi uguali per tutti gli alberi, oppure in altri casi utilizza equazioni di regressione. Per questo motivo, oltre ai dati minimi di specie e DBH, è consigliabile raccogliere altri dati sugli alberi come ad esempio uso del suolo, copertura del suolo, altezza totale dell'albero, altezza della chioma viva (nel caso in cui la cima dell'albero sia appassita), altezza alla base della chioma, larghezza della chioma, percentuale di chioma mancante, salute della chioma e l'esposizione alla luce della chioma. I dettagli tecnici su come reperire i dati sono forniti dal manuale di campo presente al link:

<https://www.itreetools.org/documents/274/EcoV6.FieldManual.2021.10.06.pdf>

Le informazioni altamente raccomandate, assieme alle specie e ai dati di DBH, sono fondamentali per la stima dei SE. Pertanto, la qualità dei risultati del modello sarà migliore qualora siano disponibili più dati. Nel caso in cui si fosse seguito l'approccio *plot-based sample inventory* si dovrà fornire la percentuale di area accessibile e misurabile e la percentuale di copertura arborea. Anche per questo approccio si possono raccogliere ulteriori dati al fine di rendere più precisi i risultati della stima. Per passare a una valutazione economica dei servizi ecosistemici offerti dal verde urbano, l'applicativo Eco possiede dei valori predefiniti per gli Stati Uniti riguardo al costo unitario dell'elettricità, riscaldamento, carbonio e deflusso evitato, fornendo anche la possibilità di modificare questi costi qualora si disponga di dati più aggiornati che rappresentano la zona di progetto (Lagonigro, 2021). Per quanto riguarda la raccolta dei dati in campo i-Tree ha sviluppato un protocollo standardizzato per la raccolta dati a consultabile liberamente da tutti gli utenti. Durante le fasi di rilievo svolte al golf club per ogni individuo arboreo o arbustivo sono state raccolte le seguenti informazioni: specie, DBH, altezza totale dell'albero, altezza alla base della chioma e larghezza della chioma. Al capitolo 2.5.3 verrà descritta la loro modalità di raccolta seguendo il protocollo. Dopo aver completato la parte di configurazione del progetto e aver inserito il file contenente i dati di campo si procede al collegamento dei campi delle informazioni raccolte con le informazioni richieste dal software. Segue poi un'analisi automatica dei dati caricati e qualora si riscontrino delle specie o valori non congruenti vengono segnalati e manualmente si deve provvedere alla loro sistemazione. Terminato questo passaggio è possibile inviare il progetto alla stima dei valori e dopo aver atteso qualche decina di minuti si riceverà un avviso via mail che segnala il termine dell'operazione. Andando a riaprire il progetto troveremo generati gli output del progetto sotto forma di grafici, tabelle e rapporti. Questo processo permette di ottenere una visione completa e dettagliata del contributo degli alberi all'ambiente urbano e di prendere decisioni informate per la loro gestione, in particolare la struttura della foresta urbana, effetti ambientali (SE) e i valori economici.

2.5.3. Raccolta dei dati secondo il protocollo di i-Tree

I dati raccolti nel censimento eseguito al golf club sono:

- specie: questa informazione va raccolta obbligatoriamente per qualsiasi soggetto censito. È anche presente una lista di tutte le piante riconosciute e accettate nell'applicativo Data base, qualora una specie non fosse presente è possibile aggiungerla e all'interno del database seguendo delle specifiche modalità di registrazione. All'interno della lista ad ogni pianta è associato un codice e l'utente durante le fasi di rilievo può decidere se registrare l'individuo

digitando il proprio codice specifico oppure riportando il suo genere e specie. Fondamentale è la conoscenza in materia di riconoscimento da parte dell'utente per reperire questi dati. In caso contrario l'identificazione della specie può anche essere raggiunta cercando su applicazioni che tramite il riconoscimento di una foto di una parte della pianta come foglia, fiore, corteccia o frutto riescono ad identificare con diversi gradi di probabilità la specie che più si avvicina a quella indagata.

- DBH (diameter at breast height): è il diametro dell'albero all'altezza del petto che è stimato essere posto a 1,37m. Anche questa informazione è obbligatoria per tutti i soggetti censiti in quanto è necessaria per calcolare alcuni dei risultati forniti alla fine del processo. Gli strumenti più indicati per la misura di questo parametro sono la cordella metrica con la quale si misura il diametro e dopo con un passaggio inverso si ricava il diametro, oppure per chi lo possiede si può impiegare un calibro forestale che fornisce direttamente il valore del diametro. All'interno del protocollo vengo anche descritte delle situazioni che potremmo riscontrare in campo e come affrontarle per risolverle | (Fig. 44 e Fig. 45) |. Ad esempio, individui composti da più fusti, individui con l'intersezione dei fusti o con l'allargamento del colletto oppure rigonfiamenti sul fusto.

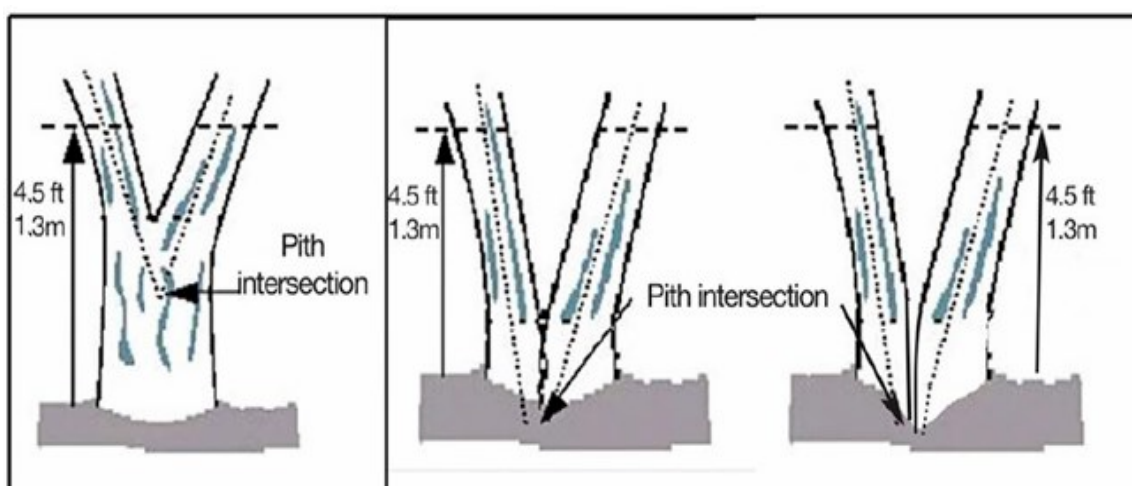


Figura 44: albero che presenta fusti intersecati, se la separazione del midollo è fuori terra la pianta è considerata un albero mentre se invece, l'unione del midollo è sottoterra ogni fusto è considerato come un albero separato

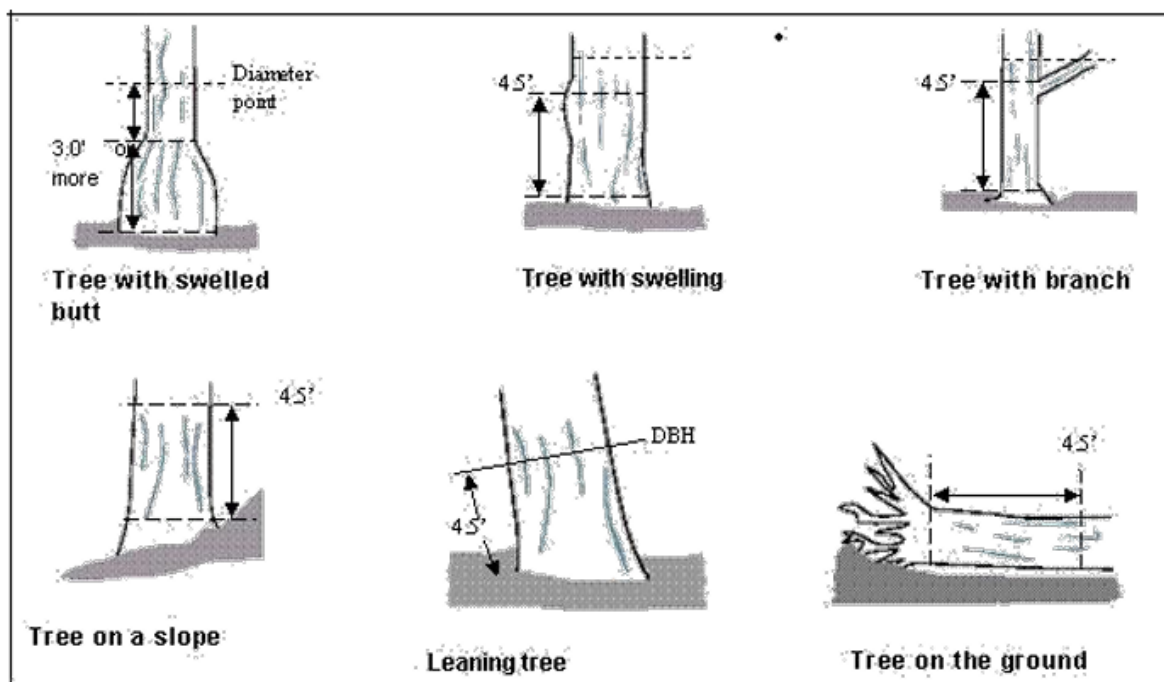


Figura 45: nel protocollo vengono spiegate delle situazioni particolari come quelle riportate in figura

- Altezza totale dell'albero: con questo parametro si deve cercare di misurare l'altezza dell'albero a partire dal piano di campagna fino al suo apice. Si possono sfruttare diversi metodi o strumenti per ricavare tale misura. Se l'utente è pratico con tali operazioni la misura può essere fatta ad occhio utilizzando degli oggetti di riferimento per aiutarsi nella stima. Ci sono invece strumenti appositi come l'ipsometro oppure delle applicazioni per gli smartphone che attraverso il principio della trigonometria forniscono l'altezza dell'albero.
- Altezza alla base della chioma: molto semplicemente si deve misurare la distanza tra il piano di campagna e il punto ottenuto proiettando sul fusto una linea che colleghi il livello inferiore delle foglie che compongono la chioma. Per eseguire la misura si potrà utilizzare una cordella metrica oppure ad occhio.
- Larghezza della chioma: questo parametro viene determinato misurando lungo due linee direttrici in direzione Nord-Sud ed Est-Ovest. Il punto di misura inizierà e finirà laddove verranno individuati gli estremi della chioma attraverso la proiezione della stessa. I valori saranno misurati impiegando la cordella metrica oppure ad occhio e saranno utili per stimare il volume della chioma.

2.6. Censimento della vegetazione presente

Per poter applicare il software i-Tree Eco è stato realizzato un censimento arboreo totale su tutta la superficie del Golf Club Ca' Amata. Questa operazione è stata facilitata dalla presenza di vegetazione disposta a nuclei che formano delle macchie molto spesso composte da due, massimo tre specie contemporaneamente. In altri casi le specie arboree erano piccoli nuclei monospecifici o singole piante. Oltre al censimento dei singoli soggetti arborei sono state stimate le piante che compongono le siepi di confine e il vigneto presente all'interno del campo da golf. Dopo un confronto con il superintendent sulle modalità per operare in sicurezza all'interno del campo da golf si è provveduto a raccogliere tutte le informazioni necessarie. Le operazioni di censimento si sono svolte nei giorni

14, 18, 19 e 21 giugno, si sono interrotte nel mese di luglio per poter svolgere l'attività di tirocinio e sono riprese nei giorni 1 e 2 agosto. Durante queste date si è proceduto alla raccolta dei dati per circa 6-7 ore iniziando nelle ore più fresche della giornata. Come accennato nel paragrafo precedente, sono state raccolte le seguenti informazioni: specie, diametro del fusto a 1,30 m, altezza totale dell'albero, altezza del primo palco, larghezza della chioma in direzione Nord-Sud e quella in direzione Est-Ovest. Le varie misure sono state raccolte rispettando il più possibile le indicazioni fornite dal protocollo. Più precisamente: il diametro dell'albero è stato ricavato misurandolo direttamente e le varie altezze sono state stimate ad occhio. Le larghezze delle chiome degli alberi di maggiori dimensioni sono state misurate con la cordella metrica mentre le larghezze degli alberi con dimensioni inferiori venivano stimate.

Per le piante che compongono le siepi e il vigneto risultava complicato misurarle e contarle singolarmente. Per questo per le diverse siepi si sono misurate le lunghezze totali della singola siepe e dopo aver raccolto i dati di una pianta modello e le distanze tra due piante vicine si è calcolato il numero di piante presenti in quel tratto ed avendo tutte la stessa misura si sono estese a tutte le medesime misure. Anche per le piante componenti il vigneto è stato applicato lo stesso criterio contando il numero di filari e dopo aver calcolato il numero di piante presenti in un singolo filare si è ottenuto il totale delle viti presenti. Anche in questo caso essendo gestite tutte allo stesso modo avranno tutte dimensioni simili, per questo dopo aver raccolto i dati di una vite modello questi sono stati estesi a tutte le viti del vigneto. A mano a mano che veniva censito un albero i dati venivano riportati all'interno di un foglio Excel presente in uno smartphone e alla fine della giornata veniva trasferito sul pc. Dopo aver eseguito tutto il censimento del campo da golf è stato creato un unico file e si è verificato che i nomi delle specie fossero corretti e che ad ogni cella fosse attribuito un valore.

2.7. Stima dell'assorbimento dell'anidride carbonica da parte dei tappeti erbosi-suolo

Al fine di rendere possibile la stima dell'assorbimento dell'anidride carbonica ad opera del sistema tappeto erboso-suolo, com'è avvenuto anche per la stima delle emissioni da parte dei fertilizzanti, si è reso necessario eseguire una ricerca bibliografica per poter ottenere dei valori numerici. Durante questa fase si sono selezionati una serie di articoli scientifici, i quali andavano a misurare proprio questi specifici valori. Gli articoli scientifici consultati sono stati i seguenti: Barlett e James, 2011; Tidaker et al., 2017; Qian e Follet, 2002; Selhorst, 2007; Ow e Chan, 2022 e Wang et al., 2022. Dagli articoli sopracitati sono stati annotati i valori di assorbimento risultanti e per ognuno è stato appuntato: la zona di riferimento, il tipo di area sulla quale era presente il tappeto erboso (se un campo da golf, se un giardino domestico, ecc.) e a quale specifica zona del campo da golf era riferito. Si è proceduto con la conversione dei valori alla stessa unità di misura al fine di renderli comparabili e poterli confrontare. Dopo aver selezionato solamente i valori riferiti al campo da golf e suddivisi in base alla zona del campo da golf su cui erano stati ottenuti sono stati scartati i valori posti agli estremi e infine calcolato il valore medio. Il valore risultante, specifico per ciascuna area del campo, verrà poi adottato per stimare le quantità totali assorbite dal campo da golf del Golf Club Ca' Amata.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1. Stima dell'emissione di anidride carbonica per la gestione del campo da golf

Il valore risultante dalla stima sarà dato dalla sommatoria delle varie emissioni generate dalle diverse pratiche eseguite sulle diverse aree costituenti il campo da golf. Al fine di una migliore comprensione e una maggior chiarezza sulle diverse operazioni svolte si riporta la Tabella 8, la quale riepiloga per ogni area le pratiche eseguite e riassume quanto spiegato nei sottocapitoli del capitolo 2.3.

Tabella 8: operazioni eseguite sulle singole aree del campo da golf del Golf Club Ca' Amata

	Zona del campo	Operazioni eseguite
Vegetazione arborea e arbustiva		-potatura
Tappeti erbosi	Greens e collars	-taglio, -concimazione, -trattamenti fogliari, -verticutting, -topdressing, -spazzolatura, -rullatura, -chiodatura,
	Tees	-taglio, -concimazione, -trattamenti fogliari, -verticutting, -topdressing, -spazzolatura, -carotatura, -raccolta carote
	Fairways	-taglio, -concimazione, -trattamenti fogliari, -verticutting -trasemina
	Roughs	-taglio
	Bunkers	-rastrellamento, -taglio bordi
Altre attività	Giardinetti club house	-taglio

	Vigneto	-taglio
	Campo pratica	-taglio -raccolta palline
	Rifinitura bordi laghi e alberi	-taglio
	Trattore Antonio Carraro	-carico sabbia
	Mezzi di trasporto interno	-movimentazione attrezzi e persone
	Rimozione foglie	-soffiatore

Procedendo con il processo di stima delle emissioni di anidride carbonica secondo le modalità descritte al capitolo 2.3 si riportano ora le Tabelle 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15, le quali vanno ad esplicitare per le diverse aree del campo da golf le operazioni eseguite, il modello di macchina impiegata, la frequenza e le ore necessarie per eseguire un giro completo dell'operazione.

Tabella 9: dati e tempistiche per la gestione della vegetazione arborea e arbustiva del Golf Club Ca' Amata

Operazioni eseguite	Macchina	Frequenza	Ore per un giro (h)
Potatura siepi	JD 6105	1 volta anno	16

Tabella 10: dati e tempistiche per la gestione dei greens e collars del Golf Club Ca' Amata

Operazioni eseguite	Macchina	Frequenza	Ore per un giro (h)
Taglio periodo vegetativo Greens	JD 2500 B	6 gg su 7 per 8 mesi	4
Taglio periodo riposo Greens	JD 2500 B	1 gg su 7	3,5
Taglio periodo vegetativo Collars	JD 2243D	3 gg su 7 per 8 mesi	2
Taglio periodo riposo Collars	JD 2243D	1 gg su 7	2
Concimazione	JD ProGator 2030	6 volte all'anno	4
Trattamenti fogliari	JD ProGator 2030	50 volte all'anno	2,5
Verticutting greens	JD 2500 B	5 volte all'anno	5

Verticutting collars	JD 2500 B	1 volta all'anno	2
Topdressing	Cushman Truckster	2 volte al mese per 5 mesi	10
Spazzolatura	JD 1200 A	2 volte al mese per 5 mesi	4
Rullatura	JD 2243 B	4 gg su 7 per 7 mesi	2,5
Chiodatura	Same Frutteto 95	2 volte all'anno	18

Tabella 11: dati e tempistiche per la gestione dei tees del Golf Club Ca' Amata

Operazioni eseguite	Macchina	Frequenza	Ore per un giro (h)
Taglio periodo vegetativo	JD 2500 B	4 gg su 7 per 8 mesi	3,5
Taglio periodo riposo	JD 2500 B	1 gg su 7	3,5
Concimazione	JD ProGator 2030	6 volte all'anno	4
Trattamenti fogliari	JD ProGator 2030	50 volte all'anno	2,5
Verticutting	JD 2500 B	1 volta all'anno	5
Topdressing	Cushman Truckster	5 volte all'anno	9
Spazzolatura	JD 1200 A	5 volte all'anno	1,5
Carotatura	Trattore Same Frutteto 95	1 volta all'anno	10
Raccolta carote	Cushman Truckster	1 volta all'anno	8,5

Tabella 12: dati e tempistiche per la gestione dei fairways del Golf Club Ca' Amata

Operazioni eseguite	Macchina	Frequenza	Ore per un giro (h)
Taglio periodo vegetativo	JD 3235 C e JD 7700	5 gg su 7 per 8 mesi	9
Taglio periodo riposo	Toro 4700	3 volte mese	8
Concimazione	Trattore JD 4720	4 volte all'anno	10
Trattamenti fogliari	JD ProGator 2030	3 volte all'anno	8,5
Verticutting	Trattore JD 4720	1 volta all'anno	40
Trasemina	Trattore Same frutteto 95	1 volta all'anno	48

Tabella 13: dati e tempistiche per la gestione dei roughs del Golf Club Ca' Amata

Operazioni eseguite	Macchina	Frequenza	Ore per un giro (h)
Taglio periodo vegetativo	Toro 4700	1 gg su 7 per 8 mesi	30
Rifinitura bordi	JD f935	15 gg per 10 mesi	8

Tabella 14: dati e tempistiche per la gestione dei bunkers del Golf Club Ca' Amata

Operazioni eseguite	Macchina	Frequenza	Ore per un giro (h)
Rastrellamento	JD 1200 A	3 gg su 7	8 a settimana
Taglio bordi	Decespugliatore reciprocatore	3 volte all'anno	30 h

Tabella 15: dati e tempistiche di altre attività connesse alla gestione del Golf Club Ca' Amata

Operazioni eseguite	Macchina	Frequenza	Ore per un giro (h)
Taglio giardinetti club house	Tosaerba Stiga	1 gg su 7 per 10 mesi	2,5
Taglio erba vigneto	JD f935	2 volte al mese per 8 mesi	2,5
Taglio erba del campo pratica	JD 3235 C o JD 7700	2 volte al mese per 10 mesi	2,5
Raccolta palline	Fiat Panda	4 volte a settimana	2
Taglio bordi laghi e piante	Decespugliatore	3 volte all'anno	30
Carico sabbia	Antonio Carraro Tigrone	pari al tempo topdressing	145
Mezzi di trasporto/attrezzi	JD Gator	tutti i giorni per 10 mesi	25 a settimana
Pulizia e soffiatura foglie	JD 4720 e soffiatore	350 h in autunno e 50 h durante l'anno	400

Si riporta ora la Tabella 16 che mostra i consumi orari di ciascun mezzo, i valori poi sono stati impiegati per stimare le emissioni generate durante le varie operazioni.

Tabella 16: consumi orari dei diversi macchinari utilizzati nella gestione del Golf Club Ca' Amata

Modello del macchinario	Operazione	Carburante	Consumo orario (l/h)
John Deere 2500 B	Taglio	Benzina	3
John Deere 2243 D	Taglio	Diesel	1,5
John Deere 3235 C	Taglio	Diesel	5
John Deere 7700	Taglio	Diesel	5
Toro 4700	Taglio	Diesel	7,5
John Deere f935	Taglio	Diesel	4
Tosaerba Stiga	Taglio	Benzina	0,5
John Deere ProGator 2030	Concimazioni granulari	Diesel	2,6
Trattore John Deere 4720	Concimazioni granulari	Diesel	6
John Deere ProGator 2030	Trattamenti fogliari	Diesel	2,6
John Deere 2500 B	Verticutting	Benzina	3

Cushman Truckster	Top-dressing	Diesel	1,18
John Deere 1200 A	Spazzolatura	Benzina	0,7
Trattore Same Frutteto 95	Chiodatura	Diesel	8
Trattore Same Frutteto 95	Carotatura	Diesel	8
Cushman Truckster	Raccolta carote	Diesel	0,7
Trattore John Deere 4720	Verticutting	Diesel	6
Trattore Same frutteto 95	Trasemina	Diesel	8
John Deere 1200 A	Rastrellamento	Benzina	0,7
John Deere 2243 B	Rullatura	Benzina	3,3
Trattore Antonio Carraro Tigrone	Carico sabbia	Diesel	4
Trattore JD 6105	Potatura siepi	Diesel	10
Fiat Panda	Raccolta palline	Benzina	/
Decespugliatore	Rifinitura bordi	Benzina	0,5
Decespugliatore con reciprocatore	Rifinitura bordi	Benzina	0,5
Trattore John Deere 4720	Soffiatura foglie	Diesel	6
John Deere Gator	Trasporto	Benzina	0,3

Disponendo della frequenza e il tempo necessario per compiere un ciclo della singola operazione si sono ottenute le ore totali annue lavorate dal singolo macchinario che moltiplicate per il consumo orario hanno fornito il consumo annuo di carburante. Nelle tabelle seguenti (Tab. 17,18,19,20,21,22 e 23) vengono riportati i valori del monte ore annuo lavorato dalle singole macchine e il loro consumo annuo totale.

Tabella 17: ore e consumi totali annui generati per la gestione della vegetazione arborea e arbustiva al Golf Club Ca' Amata

Operazioni eseguite	Macchina	Carburante	Ore totali annue (h/yr)	Consumo totale annuo (L/yr)
Taglio siepi	Trattore JD 6105	Diesel	16	160

Tabella 18: ore e consumi totali annui generati dalla singola macchina per la gestione dei greens e collars al Golf Club Ca' Amata

Operazioni eseguite	Macchina	Carburante	Ore totali annue (h/yr)	Consumo totale annuo (L/yr)
Taglio periodo vegetativo Greens	JD 2500 B	Benzina	768	2304
Taglio periodo riposo Greens	JD 2500 B	Benzina	56	168

Taglio periodo vegetativo Collars	JD 2243 D	Diesel	192	288
Taglio periodo riposo Collars	JD 2243 D	Diesel	32	48
Concimazione	JD ProGator 2030	Diesel	24	62,4
Trattamenti fogliari	JD ProGator 2030	Diesel	125	325
Verticutting Greens	JD 2500 B	Benzina	25	75
Verticutting Collars	JD 2500 B	Benzina	2	6
Topdressing	Cushman Truckster	Diesel	100	118
Spazzolatura	JD 1200 A	Benzina	40	28
Rullatura	JD 2243 B	Benzina	280	924
Chiodatura	Same Frutteto 95	Diesel	36	288

Tabella 19: ore e consumi totali annui generati dalla singola macchina per la gestione dei tees al Golf Club Ca' Amata

Operazioni eseguite	Macchina	Carburante	Ore totali annue (h/yr)	Consumo totale annuo (L/yr)
Taglio periodo vegetativo	JD 2500 B	Benzina	448	1030,4
Taglio periodo riposo	JD 2500 B	Benzina	56	128,8
Concimazione	JD ProGator 2030	Diesel	24	62,4
Trattamenti fogliari	JD ProGator 2030	Diesel	125	325
Verticutting	JD 2500 B	Benzina	5	15
Topdressing	Cushman Truckster	Diesel	45	53,1
Spazzolatura	JD 1200 A	Benzina	7,5	5,25
Carotatura	Trattore Same Frutteto 95	Diesel	10	80
Raccolta carote	Cushman Truckster	Diesel	8,5	10,03

Tabella 20: ore e consumi totali annui generati dalla singola macchina per la gestione dei fairways al Golf Club Ca' Amata

Operazioni eseguite	Macchina	Carburante	Ore totali annue (h/yr)	Consumo totale annuo (L/yr)
Taglio periodo vegetativo	JD 3235 C e JD 7700	Diesel	1440	7200
Taglio periodo riposo	Toro 4700	Diesel	96	720
Concimazione	Trattore JD 4720	Diesel	40	240
Trattamenti fogliari	JD ProGator 2030	Diesel	25,5	66,3
Verticutting	Trattore JD 4720	Diesel	40	240
Trasemina	Trattore Same frutteto 95	Diesel	48	384

Tabella 21: ore e consumi totali annui generati dalla singola macchina per la gestione dei roughs al Golf Club Ca' Amata

Operazioni eseguite	Macchina	Carburante	Ore totali annue (h/yr)	Consumo totale annuo (L/yr)
Taglio periodo vegetativo	Toro 4700	Diesel	960	7200
Rifinitura bordi	JD f935	Diesel	160	640

Tabella 22: ore e consumi totali annui generati dalla singola macchina per la gestione dei bunkers al Golf Club Ca' Amata

Operazioni eseguite	Macchina	Carburante	Ore totali annue (h/yr)	Consumo totale annuo (L/yr)
Rastrellamento	JD 1200 A	Benzina	1152	806,4
Taglio bordi	Decespugliatore reciprocatore	Benzina	90	45

Tabella 23: ore e consumi totali annui generati da altre attività connesse alla gestione del Golf Club Ca' Amata

Operazioni eseguite	Macchina	Carburante	Ore totali annue (h/yr)	Consumo totale annuo (L/yr)
Taglio giardinetti club house	Tosaerba Stiga	Benzina	100	50
Taglio erba vigneto	JD f935	Diesel	40	160
Taglio erba del campo pratica	JD 3235 C o JD 7700	Diesel	50	250
Raccolta palline	Fiat Panda	Diesel	/	250
Taglio bordi laghi e piante	Decespugliatore Shindaiwa	Benzina	90	45
Carico sabbia	Antonio Carraro Tigrone	Diesel	145	580
Mezzi di trasporto attrezzi	JD Gator	Benzina	250	75
Pulizia e soffiatura foglie	JD 4720 e soffiatore	Diesel	400	2400

A questo punto, possedendo le informazioni necessarie, si sono potute calcolare le emissioni prodotte annualmente da ciascun macchinario; sommando poi tutte le fonti di emissioni possiamo ottenere sia quanta anidride carbonica viene emessa per la manutenzione di ogni diversa area del campo da gioco che il totale delle emissioni per la gestione del campo da golf del Club Ca' Amata. Nella Tabella 24, riportata di seguito, si può osservare a quanto ammontino le emissioni delle diverse aree e la loro sommatoria.

Tabella 24 emissioni di anidride carbonica generate dalla gestione e manutenzione delle diverse aree del Golf Club Ca' Amata

Area del campo	Emissioni di CO ₂ (kg CO ₂ /yr)
Vegetazione arborea e arbustiva	430,72
Greens e collars	11259,57
Tees	4194,00
Fairways	23825,01
Roughs	21105,28
Bunkers	1996,53
Altro	10197,53
Tot (kg CO ₂ /anno)	73008,64

Come si evince, le emissioni totali annue di anidride carbonica generate dalle operazioni svolte all'interno del Golf Club Ca' Amata col fine di garantire ai giocatori la miglior superficie di gioco e un'area che sia il più possibile curata sono 73008,64 kg di CO₂, o più semplicemente 73,01 megagrammi di anidride carbonica. La gran parte delle emissioni totali viene generata dalla cura dei fairways, seguiti poi dai roughs come osservabile dal grafico sottostante | (Fig. 46) |.

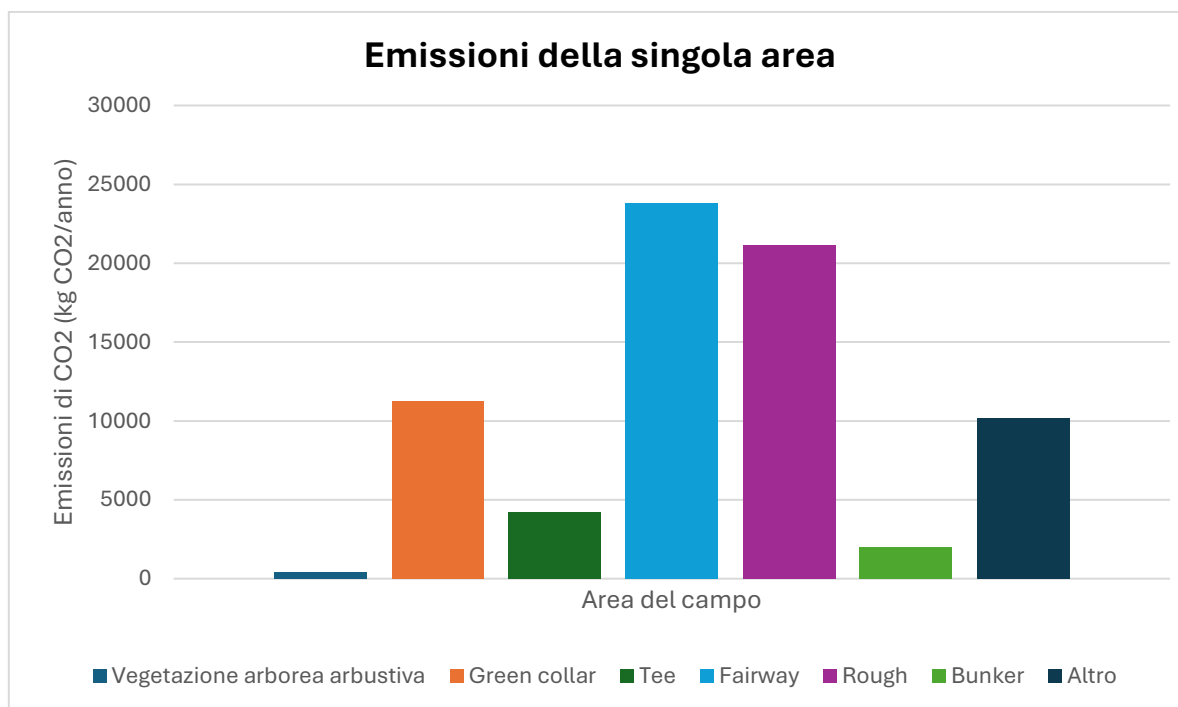


Figura 46: emissioni di CO₂ totali generate dalle attività di manutenzione adottate in ciascuna area.

Da come rappresentato nel grafico soprastante, i fairways e i roughs sono le aree con il maggior source di anidride carbonica seguite poi dai greens, dai collars e dalle altre attività eseguite per la gestione del campo da golf che in qualche modo vanno a rilasciare CO₂. Chiaramente le quantità totali emesse da ciascuna area variano in funzione della dimensione della superficie e dalla quantità di operazioni che vengono eseguite per il suo mantenimento, infatti, andando ad osservare la quantità di CO₂ emessa per la gestione di una singola unità di superficie (1 ha) la sequenza viene stravolta. A tal proposito si riporta la Figura 47 contenente il grafico specifico.

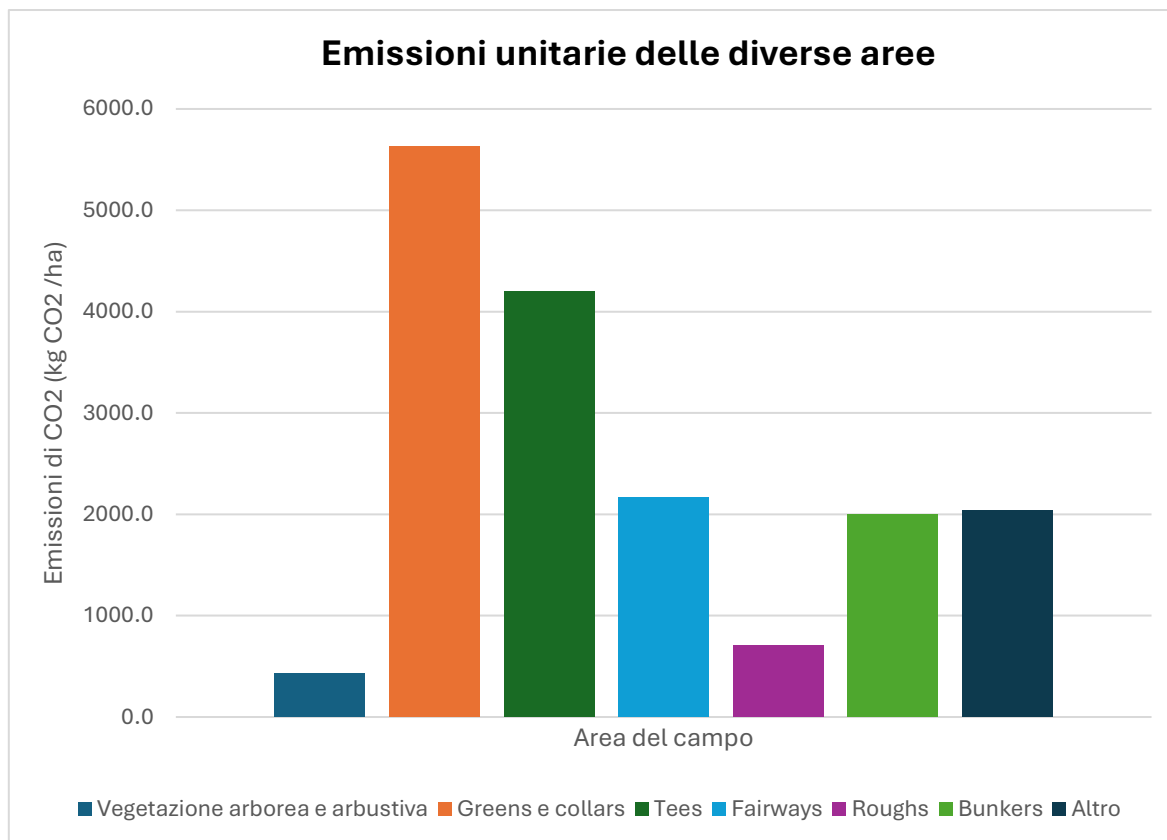


Figura 47: emissioni di CO₂ generate per unità di superficie delle diverse aree presenti all'interno del Golf Club Ca' Amata

Osservando il grafico soprastante appare evidente che andando a relazionare le emissioni totali della singola area alla sua superficie l'ordine cambia. Infatti, a causa della loro ridotta estensione e dell'elevato numero di operazioni eseguite, i greens, i collars ed i tees risultano le aree che principalmente contribuiscono alle emissioni, mentre le aree di maggiori dimensioni, ovvero i fairways e roughs sulle quali viene eseguita una gestione più blanda, il valore di emissione per la gestione di una singola unità di superficie è nettamente inferiore. Si è anche cercato di capire a livello complessivo quali siano le attività di gestione maggiormente impattanti. Per fare ciò le operazioni si sono raggruppate nelle seguenti macrocategorie: taglio dell'erba di tutte le superfici con copertura a tappeto erboso e la rifinitura dei bordi, le fertilizzazioni (sia di tipo granulare che i trattamenti fogliari), il rinnovo del tappeto erboso (la quale comprende le operazioni di verticutting, topdressing, carotatura, bucatatura e trasemina), la gestione dei bunkers in quanto sono un elemento separato dai tappeti erbosi e, infine, un'ultima categoria che raggruppava le altre operazioni svolte come: taglio siepi, soffiatura foglie, raccolta palline e l'utilizzo dei veicoli per il trasporto. In Figura 48 si riportano i valori percentuali.

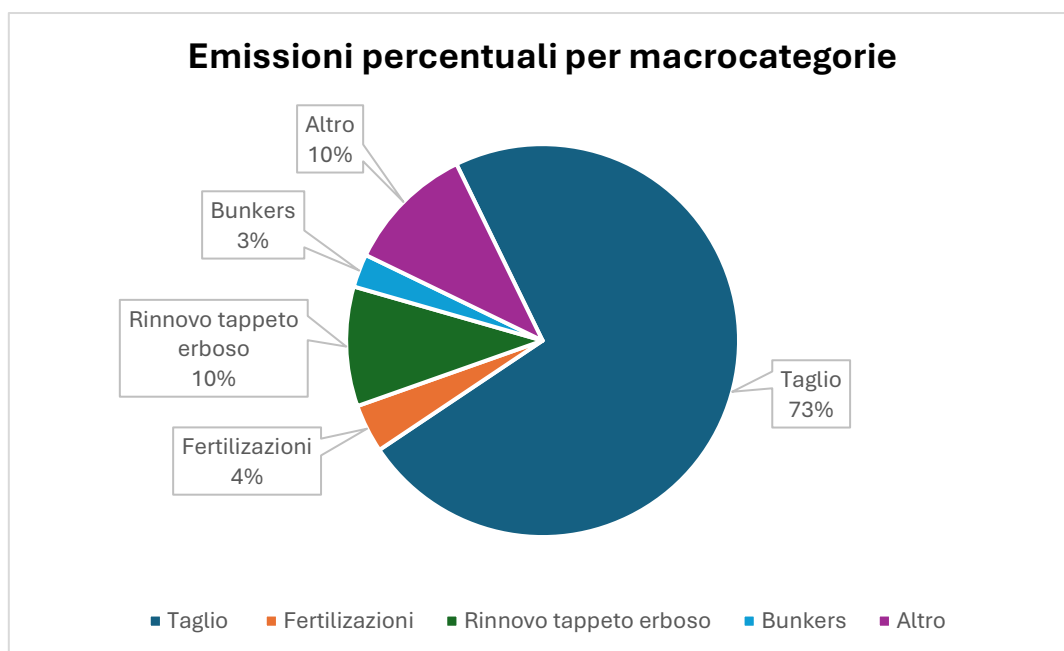


Figura 48: suddivisione percentuale delle emissioni generate dalle diverse macrocategorie di operazioni eseguite

Dal grafico appare ben chiaro che l'insieme di tutte le operazioni di taglio è responsabile del 73% delle emissioni rilasciate durante l'anno dal Golf Club Ca' Amata. Questo è dovuto sia alla frequenza di taglio richiesta da aree come greens, collars e tees, ma anche dalle ampie superfici di fairways e rough che richiedono una gestione costante seppur di intensità inferiore e con mezzi più potenti e di conseguenza con un maggior consumo.

3.2. Stima dell'emissione di anidride carbonica da parte dei fertilizzanti

In seguito alla consultazione di articoli scientifici si è giunti all'ottenimento di un valore medio delle emissioni di protossido di azoto specifico per le diverse tipologie di concime. Si riporta ora la Tabella 25, la quale presenta i valori ricavati. Tali valori sono variabili in funzione della quantità di azoto distribuita annualmente ad ettaro. Nel nostro caso i valori riportati sono riferiti ad un apporto annuo di azoto compreso tra 100-150 kg di N ha il quale è stato calcolato conoscendo i dosaggi distribuiti e i titoli dei concimi impiegati, altrimenti per apporti annui superiori o inferiori i valori sarebbero diversi.

Tabella 25: valori medi delle emissioni di protossido di azoto misurate su tappeti erbosi da golf

Tipo di concime	Emissioni di N ₂ O (kg/ha yr)
Pronto effetto	2,14
Cessione controllata	3,5
PCU (Polymeric Coated Urea)	1,97

Successivamente, moltiplicando il valore di emissione specifico per la tipologia di concime e la dimensione della superficie sulla quale viene applicato, si sono ottenute le diverse quantità di protossido di azoto rilasciato. Sommandole tutte si è ottenuto l'ammontare complessivo che è stato poi convertito in anidride carbonica per poter essere incluso all'interno del bilancio. La conversione è avvenuta secondo quanto riportato all'interno dell'articolo di Law e Patton (2017). Nella Tabella 26 si espongono i valori risultanti.

Tabella 26: emissioni di anidride carbonica generate dalle fertilizzazioni azotate

Emissioni greens, collars e tees (kg N₂O yr)	16,92
Emissioni fairways (kg N₂O yr)	21,67
Totale emissioni (kg N₂O yr)	38,59
Conversione in CO₂e (kg CO₂e yr)	11499,82
Totale emissioni (Mg CO₂e yr)	11,50

Come si può osservare nella tabella soprastante, dalla fertilizzazione delle superfici si genera il rilascio di 38,59 kg all'anno di protossido di azoto che equiparato all'anidride carbonica si traduce in 11499,82 kg di CO₂e, o più semplicemente 11,50 Mg di CO₂e.

3.3. Censimento della vegetazione presente

L'attività di censimento ha portato alla rilevazione di 7119 individui arborei e arbustivi. Si precisa che del totale 2916 individui sono rappresentati dalle siepi di confine sagomate regolarmente e dalle viti presenti all'interno del vigneto. Il numero di questo gruppo è stato ottenuto seguendo le indicazioni fornite al capitolo 2.6. Della parte rimanente, altri 1813 individui sono stati censiti lungo le siepi miste di confine, i quali per la maggior parte sono presenti sottoforma di polloni di varie dimensioni e in parte minore rappresentati da singoli soggetti. I singoli soggetti presentano diametro e dimensioni maggiori rispetto ai vari polloni presenti. La parte rimanente, ovvero 2390 soggetti, si colloca nei vari spazi verdi presenti all'interno della superficie del campo da gioco, nella maggior parte dei casi questi sono dei veri e propri alberi di dimensioni variabili e solo una piccola quota è rappresentata da arbusti o alberi da frutto. In appendice (Capitolo 5) è possibile osservare una serie di foto di dettaglio utili a rappresentare al meglio lo stato di fatto della vegetazione finora citata e la sua disposizione.

Dai dati raccolti durante il censimento si sono create delle tabelle e dei grafici utili a riassumere ed esprimere con maggior chiarezza lo stato di fatto della vegetazione presente. Dal rilievo in campo sono state individuate 84 specie arboree riassunte in Tabella 27. Chiaramente a causa del sesto d'impianto e delle dimensioni del vigneto le viti risultano essere presenti con il maggior numero, seguite poi dal lauroceraso che va a comporre la maggior parte delle siepi. Troviamo poi un'abbondante presenza di robinia, acero campestre ed olmo in quanto vanno a comporre le siepi miste di confine con soggetti sottoforma di pollone o nati da seme e solamente un numero ristretto di individui è presente come albero singolo all'interno delle aree verdi del campo.

Tabella 27: Specie presenti e numero di individui per ciascuna specie.

Specie (Nome scientifico)	Numero individui
<i>Vitis vinifera</i>	1680
<i>Prunus laurocerasus</i>	1132
<i>Robinia pseudoacacia</i>	407
<i>Acer campestre</i>	401
<i>Ulmus minor</i>	385
<i>Quercus robur</i>	294
<i>Ostrya carpinifolia</i>	258
<i>Populus alba</i>	251
<i>Crataegus monogyna</i>	195
<i>Quercus cerris</i>	187
<i>Populus nigra</i>	184
<i>Amelanchier canadensis</i>	182
<i>Corylus avellana</i>	147
<i>Liquidambar styraciflua</i>	138
<i>Prunus cerasifera</i>	105
<i>Celtis australis</i>	103
<i>Tilia x europaea</i>	84
<i>Carpinus betulus</i>	74
<i>Sequoia sempervirens</i>	71
<i>Prunus avium</i>	62
<i>Morus alba</i>	59
<i>Tilia cordata</i>	53
<i>Fraxinus excelsior</i>	46
<i>Ligustrum lucidum</i>	46
<i>Osmanthus x burkwoodii</i>	40
<i>Acer pseudoplatanus</i>	37
<i>Morus nigra</i>	37
<i>Cornus sanguinea</i>	33
<i>Malus domestica</i>	31
<i>Pinus nigra</i>	30
<i>Taxodium distichum</i>	25
<i>Melia azedarach</i>	21
<i>Alnus cordata</i>	19
<i>Betula pubescens</i>	18
<i>Cornus mas</i>	18
<i>Acer saccharinum</i>	17
<i>Punica granatum</i>	17
<i>Juglans regia</i>	15
<i>Alnus glutinosa</i>	14
<i>Hibiscus syriacus</i>	14
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	14
<i>Salix alba</i>	12
<i>Salix babylonica</i>	12
<i>Quercus rubra</i>	10

<i>Diospyros kaki</i>	9
<i>Albizia julibrissin</i>	8
<i>Ginkgo biloba</i>	8
<i>Prunus serrulata</i>	8
<i>Osmanthus heterophyllus</i>	7
<i>Laurus nobilis</i>	6
<i>Viburnum rhytidophyllum</i>	6
<i>Ziziphus jujuba</i>	6
<i>Acer buergerianum</i>	6
<i>Acer negundo</i>	5
<i>Cornus florida</i>	5
<i>Lagerstroemia indica</i>	5
<i>Platanus orientalis</i>	5
<i>Populus x canadensis</i>	5
<i>Quercus acutissima</i>	4
<i>Abies nordmanniana</i>	3
<i>Acer saccharum</i>	3
<i>Aesculus hippocastanum</i>	3
<i>Cupressus arizonica</i>	3
<i>Magnolia x soulangeana</i>	3
<i>Parrotia persica</i>	3
<i>Populus x canescens</i>	3
<i>Prunus domestica</i>	3
<i>Salix atrocinerea</i>	3
<i>Cedrus deodara</i>	2
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	2
<i>Photinia serrulata</i>	2
<i>Prunus mahaleb</i>	2
<i>Quercus ilex</i>	2
<i>Sambucus nigra</i>	2
<i>Acer tataricum</i>	1
<i>Ailanthus altissima</i>	1
<i>Cedrus atlantica</i>	1
<i>Cercis siliquastrum</i>	1
<i>Cotoneaster lacteus</i>	1
<i>Fagus sylvatica</i>	1
<i>Prunus armeniaca</i>	1
<i>Pyrus communis</i>	1
<i>Zelkova carpinifolia</i>	1
TOTALE	7119

Segue ora la Tabella 28 che mostra il valore medio, massimo e minimo di diametro ed altezza per ciascuna specie presente all'interno del campo da golf riportate in ordine alfabetico.

Tabella 28: valori medi massimi e minimi del diametro e dell'altezza di tutte le specie rilevate

Specie (Nome scientifico)	Diametro medio (cm)	Diametro minimo (cm)	Diametro massimo (cm)	Altezza media (m)	Altezza minima (m)	Altezza massima (m)
<i>A. nordmanniana</i>	30,33	27	35	10,17	10	11
<i>A. buergerianum</i>	17,00	12	22	6,60	6	7
<i>A. campestre</i>	17,05	8	58	4,69	2	11
<i>A. negundo</i>	30,60	24	36	6,90	6	8
<i>A. pseudoplatanus</i>	23,78	15	48	7,19	6	10
<i>A. saccharinum</i>	24,29	18	45	7,26	6	8
<i>A. saccharum</i>	24,67	17	30	8,67	8	9
<i>A. tataricum</i>	18,00	18	18	6,00	6	6
<i>A. hippocastanum</i>	36,67	34	40	9,33	8	11
<i>A. altissima</i>	80,00	80	80	13,00	13	13
<i>A. julibrissin</i>	19,75	16	30	5,75	5	7
<i>A. cordata</i>	26,26	12	43	6,64	6	8
<i>A. glutinosa</i>	16,71	9	30	5,93	3	11
<i>A. canadensis</i>	5,25	3	12	4,09	2	6
<i>B. pubescens</i>	14,67	9	39	4,86	3	9
<i>C. betulus</i>	6,74	5	25	2,52	2	7
<i>C. atlantica</i>	80,00	80	80	12,00	12	12
<i>C. deodara</i>	68,50	67	70	16,75	17	17
<i>C. australis</i>	26,02	9	110	5,90	3	13
<i>C. siliquastrum</i>	33,00	33	33	8,50	9	9
<i>C. florida</i>	12,80	10	19	4,00	3	6
<i>C. mas</i>	10,61	7	13	3,64	3	4
<i>C. sanguinea</i>	10,12	10	12	2,58	2	3
<i>C. avellana</i>	10,84	8	24	3,46	3	7
<i>C. lacteus</i>	13,00	13	13	3,00	3	3
<i>C. monogyna</i>	12,28	6	29	3,87	2	8
<i>C. arizonica</i>	16,67	13	20	5,67	5	7
<i>D. kaki</i>	23,56	13	32	5,67	4	8
<i>F. sylvatica</i>	18,00	18	18	8,00	8	8
<i>F. excelsior</i>	28,59	15	54	8,89	4	13
<i>F. pennsylvanica</i>	36,50	34	39	10,00	10	10
<i>G. biloba</i>	27,13	12	43	8,33	5	12
<i>H. syriacus</i>	11,86	10	15	4,57	4	6
<i>J. regia</i>	19,00	10	39	5,27	3	10
<i>L. indica</i>	15,20	13	18	6,40	5	7
<i>L. nobilis</i>	11,67	10	12	4,58	4	6
<i>L. lucidum</i>	19,91	9	30	6,30	5	9
<i>L. styraciflua</i>	21,10	9	43	6,62	4	10
<i>M. x soulangeana</i>	17,00	12	21	5,67	5	7
<i>M. domestica</i>	18,97	12	27	3,84	3	5
<i>M. azedarach</i>	24,38	16	32	8,52	7	9
<i>M. glyptostroboides</i>	37,43	18	48	6,75	4	9

<i>M. alba</i>	20,64	10	48	5,98	4	11
<i>M. nigra</i>	30,00	9	62	6,32	4	10
<i>O. x burkwoodi</i>	4,00	4	4	1,00	1	1
<i>O. heterophyllus</i>	8,00	4	10	4,00	4	7
<i>O. carpinifolia</i>	17,62	8	46	5,55	3	10
<i>P. persica</i>	14,00	12	16	6,33	6	7
<i>P. serrulata</i>	19,00	10	28	4,50	4	5
<i>P. nigra</i>	37,27	22	60	7,27	5	10
<i>P. orientalis</i>	69,60	30	120	13,60	10	18
<i>P. alba</i>	17,96	10	70	4,40	3	16
<i>P. nigra</i>	31,99	10	103	12,84	4	20
<i>P. x canadensis</i>	73,60	60	90	13,20	12	14
<i>P. x canescens</i>	68,33	55	78	12,50	12	14
<i>P. armeniaca</i>	39,00	39	39	6,00	6	6
<i>P. avium</i>	12,81	10	40	3,85	4	9
<i>P. cerasifera</i>	13,66	4	49	4,32	2	9
<i>P. domestica</i>	25,67	19	30	4,67	4	5
<i>P. laurocerasus</i>	8,56	6	9	4,77	2	7
<i>P. mahaleb</i>	22,00	12	32	4,25	4	5
<i>P. serrulata</i>	23,75	20	33	4,13	4	5
<i>P. granatum</i>	10,41	7	12	3,53	3	4
<i>P. communis</i>	23,00	23	23	5,00	5	5
<i>Q. acutissima</i>	24,25	22	27	8,13	8	9
<i>Q. cerris</i>	31,52	10	87	10,34	4	14
<i>Q. ilex</i>	21,50	20	23	6,25	6	7
<i>Q. robur</i>	32,99	10	84	10,15	5	14
<i>Q. rubra</i>	39,30	21	60	10,45	7	18
<i>R. pseudoacacia</i>	14,27	8	51	4,35	3	10
<i>S. alba</i>	14,25	7	30	4,46	3	8
<i>S. atrocinerea</i>	10,33	9	12	5,67	5	6
<i>S. babylonica</i>	33,50	16	46	6,08	4	10
<i>S. nigra</i>	13,00	10	16	4,50	4	5
<i>S. sempervirens</i>	46,80	9	120	10,70	5	21
<i>T. distichum</i>	51,76	25	70	12,36	5	18
<i>T. cordata</i>	25,17	12	45	8,72	4	13
<i>T. x europaea</i>	23,86	14	35	8,62	6	11
<i>U. minor</i>	14,38	10	60	3,91	3	13
<i>V. rhytidophyllum</i>	10,57	10	12	4,00	4	4
<i>V. vinifera</i>	4,50	5	5	3,00	3	3
<i>Z. carpinifolia</i>	20,00	20	20	6,50	7	7
<i>Z. jujuba</i>	12,17	9	18	4,67	4	6

Osservando la tabella precedente possiamo concludere che le specie che presentano il diametro medio maggiore sono l'ailanto (*Ailanthus altissima*) e il cedro dell'atlante (*Cedrus atlantica*), ma è bene notare come queste due specie sono rappresentate da un singolo soggetto arboreo, quindi in definitiva è più opportuno dire che le specie con il diametro medio maggiore sono *Populus x*

canadensis, *Platanus orientalis*, *Cedrus deodara* e *Populus x canescens*. Queste sono seguite poi dal cipresso delle paludi (*Taxodium distichum*), dalla sequoia della California (*Sequoia sempervirens*), dalla quercia rossa (*Quercus rubra*) e da *Metasequoia glyptostroboides*. Per quanto riguarda le specie con altezza media maggiore, in ordine decrescente abbiamo: *Cedrus deodara*, *Platanus orientalis*, *Populus x canadensis*, *Ailanthus altissima*, *Pinus nigra*, *Populus x canescens*, *Taxodium distichum*, *Cedrus atlantica* e *Sequoia sempervirens*. È stata poi analizzata la distribuzione diametrica degli individui rilevati durante il censimento; questa è stata calcolata solamente per un gruppo ristretto di specie che quali sono state selezionate in base alla maggiore quantità di anidride carbonica assorbita rispetto alle altre. La selezione è avvenuta a partire dai risultati forniti dal software I-Tree Eco, selezionando solamente le prime 10 specie e tralasciando le viti e le siepi di lauroceraso, le quali avrebbero offuscato il dettaglio che si voleva ottenere. Le classi sono state create con ampiezza di 10 cm. Il risultato viene riportato nella tabella sottostante (Tab.29).

Tabella 29: distribuzione diametrica delle 10 specie selezionate

Specie	Numero totale di individui	Classi diametriche (cm)						
		<=10	>10 - <=20	>20 - <=30	>30 - <=40	>40 - <=50	>50 - <=60	>60
<i>R. pseudoacacia</i>	407	136	213	38	18	1	1	0
<i>A. campestre</i>	401	89	213	69	17	11	2	0
<i>U. minor</i>	385	105	237	31	6	4	2	0
<i>Q. robur</i>	294	3	37	114	83	35	15	7
<i>O. carpinifolia</i>	258	62	116	51	26	3	0	0
<i>P. alba</i>	251	35	132	75	5	1	2	1
<i>S. sempervirens</i>	71	1	4	15	14	15	9	13
<i>L. styraciflua</i>	138	2	65	64	6	1	0	0
<i>Q. cerris</i>	187	1	44	56	45	34	4	3
<i>P. nigra</i>	184	7	33	27	87	26	1	3

La distribuzione diametrica è un indicatore che viene utilizzato per comprendere la struttura cronologica e dimensionale di un popolamento arboreo/forestale. Infatti, come si può osservare dalla tabella, alcune specie presentano una distribuzione degli individui su più classi, mentre in altre sono concentrati in poche classi diametriche. Questo significa che alcune specie presentano individui che vanno dalla giovane età fino ad individui maturi, mentre altre specie possono avere esclusivamente individui giovani o maturi. Bisogna distinguere anche se la specie è arbustiva o arborea, infatti, una specie arbustiva presenterà la maggior parte degli individui in un numero di classi ristrette e con piccoli diametri al contrario una specie arborea sarà presente con individui di tutte le età e presenterà una distribuzione all'interno di più classi qualora questa specie sia sufficientemente ricca di individui giovani, maturi e adulti. Normalmente il diametro dell'individuo viene correlato all'età del soggetto anche se è importante ricordarsi che ci possono essere delle variazioni dovute a diversi fattori legati sia al singolo individuo che alla specie, al sito di impianto, all'esposizione, alle condizioni climatiche e a molti altri fattori che potrebbero andare a interferire con il suo normale sviluppo in modo positivo o negativo. Nel contesto di questa tesi la distribuzione diametrica potrebbe venire usata come base di riferimento qualora si vogliano realizzare dei nuovi impianti al fine di comprendere quali specie necessitino di nuovi individui, magari selezionando in

un primo momento le specie che hanno una maggiore capacità di assorbimento dell'anidride carbonica. I dati poi sono stati inseriti all'interno di un istogramma a colonne raggruppate al fine di rappresentare al meglio i dati della tabella precedente e per poter confrontare al meglio i valori della distribuzione diametrica di alcune categorie di specie rispetto ad altre. Dal grafico sottostante | (Fig. 49) | si può verificare quanto accennato sopra, ovvero che alcune specie quali *Robinia pseudoacacia*, *Acer campestre* ed *Ulmus minor* presentano un buon numero degli individui all'interno delle classi diametriche basse in quanto sono specie che compongono le siepi miste di confine e presenti sottoforma di piccoli gruppetti all'interno del campo. La rimanente parte del gruppo si distribuisce abbastanza in modo uniforme all'interno delle altre classi e gli individui di dimensioni maggiori presenti in parte minore spesso si trovano come singoli soggetti. Per quanto riguarda le altre specie, generalmente, la distribuzione diametrica rispecchia la presenza di buona parte di individui all'interno di classi diametriche centrali, con una buona distribuzione anche all'interno delle classi maggiori ma con una ridotta presenza di individui delle classi inferiori. Questo principalmente è dovuto all'assenza di nuova rinnovazione, anche se considerando il contesto sicuramente non si può contare sulla rinnovazione da seme o dai polloni ma saranno necessari nuovi impianti qualora si volesse garantire la sostituzione degli individui già maturi.

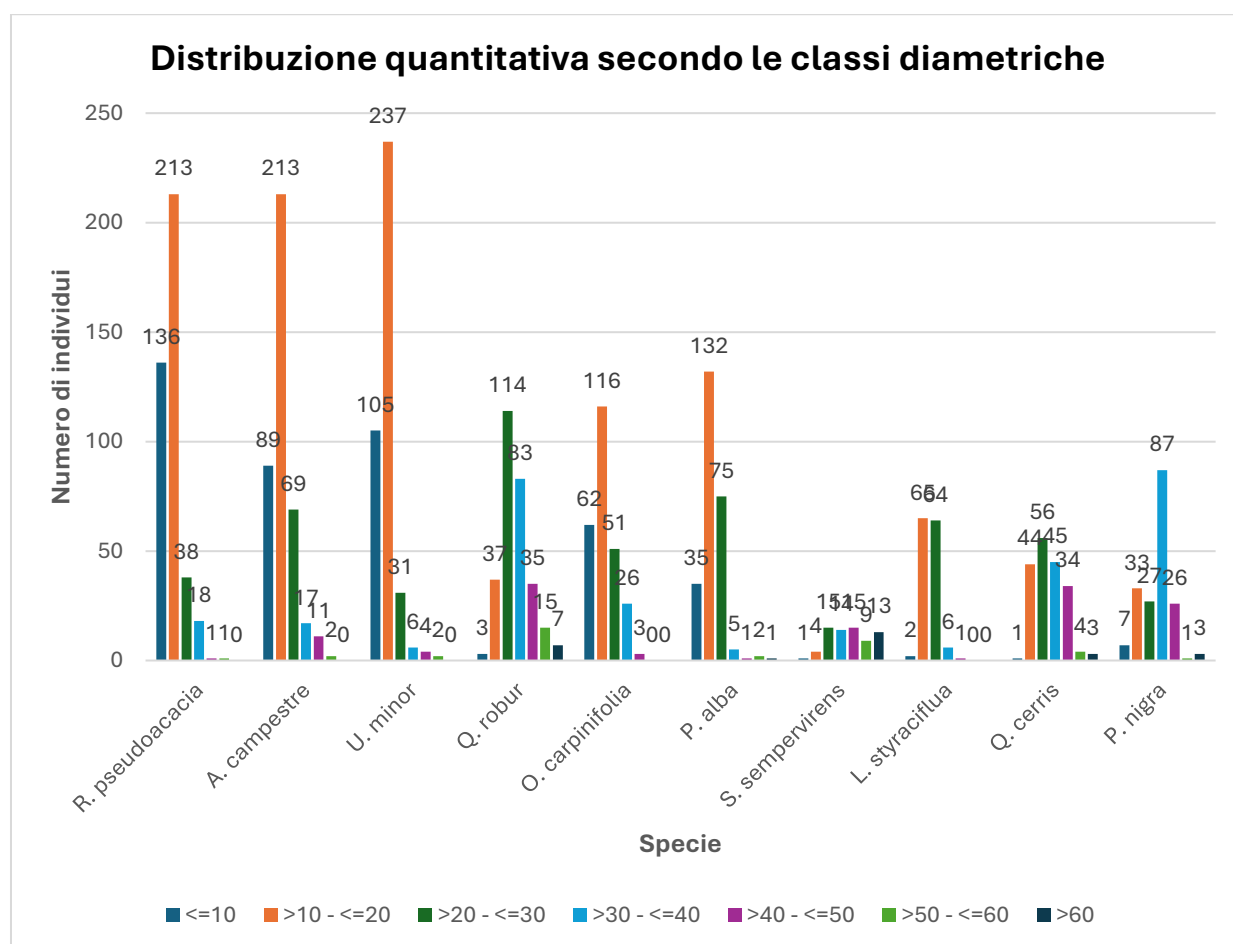


Figura 49: curva di distribuzione diametrica di alcune specie presenti al Golf Club Ca' Amata

Sempre per il gruppo di specie selezionato è stata analizzata anche la distribuzione delle altezze. In questo caso si è posto un range delle classi di 5 m (Tabella 30 e la Figura 50).

Tabella 30: distribuzione delle altezze delle 10 specie selezionate

Specie	Numero di individui	Classi di altezza (m)				
		<=5	>5 <=10	>10 <=15	>15 <=20	>20 <=25
<i>R. pseudoacacia</i>	407	335	72	0	0	0
<i>A. campestre</i>	401	286	113	2	0	0
<i>U. minor</i>	385	328	52	5	0	0
<i>Q. robur</i>	294	3	154	137	0	0
<i>O. carpinifolia</i>	258	130	128	0	0	0
<i>P. alba</i>	251	186	60	4	1	0
<i>S. sempervirens</i>	71	3	37	19	11	1
<i>L. styraciflua</i>	138	21	117	0	0	0
<i>Q. cerris</i>	187	3	78	106	0	0
<i>P. nigra</i>	184	1	43	111	29	0

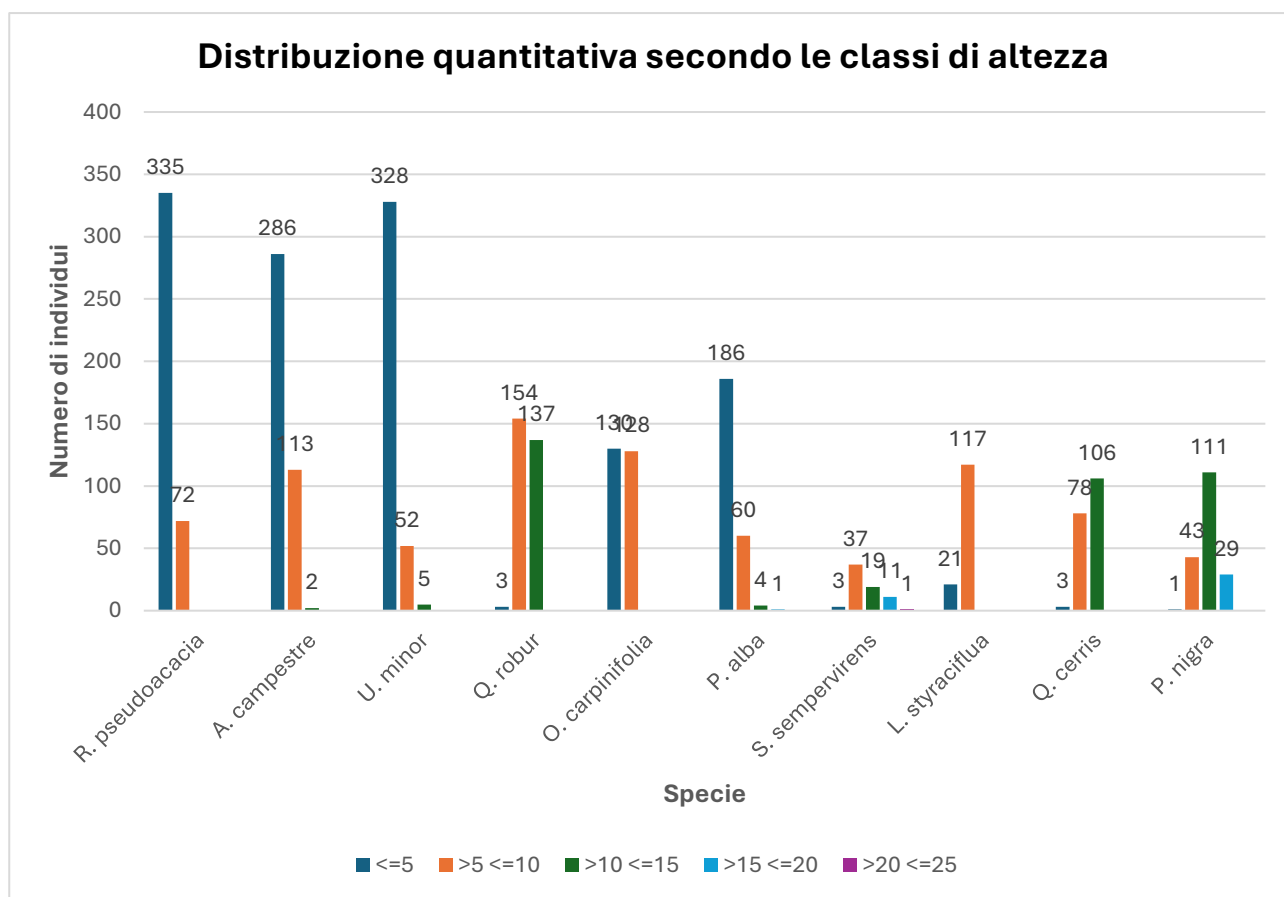


Figura 50: distribuzione delle altezze di alcune specie presenti al Golf Club Ca' Amata

Come si può osservare dalla tabella dei dati relativi alla distribuzione delle altezze, tutte le specie presentano un buon numero di individui con altezze inferiori o uguali ai 10 m. Dalla classe successiva solamente alcune specie presentano un buon numero di individui con altezze comprese tra i 10 e i 15 m: è questo il caso per *Quercus robur*, *Sequoia sempervirens*, *Quercus cerris* e *Pinus nigra*. Per le classi maggiori, ovvero dai 15 m di altezza in poi, le specie presentano via via un numero contenuto di individui. Bisogna comunque tenere presente che tale distribuzione si riferisce a solo 10 specie e

che la maggior distribuzione degli individui all'interno delle classi di altezza medio bassa varia in funzione dei diametri e dell'età degli alberi presenti all'interno del Golf Club Ca' Amata.

3.4. Stima dell'assorbimento dell'anidride carbonica da parte della vegetazione secondo i-Tree Eco

Come introdotto nel capitolo 2.5, per stimare la quantità di anidride carbonica assorbita dalla vegetazione presente all'interno del Golf Club Ca' Amata si è impiegato il software i-Tree Eco. Dopo aver verificato con accuratezza i dati del censimento sono state inserite alcune informazioni di base come, ad esempio, il luogo del sito oggetto di studio e la stazione meteo più vicina da usare come riferimento. I dati sono stati elaborati dal programma che ha restituito una serie di informazioni, tra cui la quantità di carbonio che attualmente e annualmente viene stoccato ed anche la quantità di CO₂ che attualmente e annualmente viene stoccata. I valori sono riassunti in Tabella 31, la quale riporta alcuni valori generati dal software i-Tree utili al nostro scopo finale.

Tabella 31: valori riassuntivi dello stoccaggio generati dal software i-Tree Eco

Specie (Nome scientifico)	Numero individui	Totale carbonio stoccato	Carbonio stoccato	Sequestro lordo del carbonio annuo	CO ₂ Sequestrata annua
		(Mg/C)	(%)	(Mg/C/yr)	(Mg/ CO ₂ /yr)
<i>V. vinifera</i>	1680	9,13	1,4%	3,48	12,77
<i>P. laurocerasus</i>	1132	20,93	3,3%	5,51	20,22
<i>R. pseudoacacia</i>	407	25,24	3,9%	2,95	10,82
<i>A. campestre</i>	401	39,58	6,2%	1,64	6
<i>U. minor</i>	385	21,51	3,3%	1,92	7,05
<i>Q. robur</i>	294	113,48	17,6%	5,56	20,37
<i>O. carpinifolia</i>	258	20,81	3,2%	1,53	5,62
<i>P. alba</i>	251	18,71	2,9%	1,81	6,64
<i>C. monogyna</i>	195	8,41	1,3%	0,73	2,68
<i>Q. cerris</i>	187	82,15	12,8%	4,07	14,92
<i>P. nigra</i>	184	53,24	8,3%	3,04	11,14
<i>A. canadensis</i>	182	0,97	0,2%	0,29	1,06
<i>C. avellana</i>	147	3,98	0,6%	0,37	1,34
<i>L. styraciflua</i>	138	8,8	1,4%	0,87	3,19
<i>P. cerasifera</i>	105	6,73	1,0%	0,61	2,23
<i>C. australis</i>	103	5,74	0,9%	0,26	0,94
<i>T. x europaea</i>	84	9,6	1,5%	0,65	2,38
<i>C. betulus</i>	74	1,61	0,3%	0,22	0,82
<i>S. sempervirens</i>	71	36,5	5,7%	1,15	4,22
<i>P. avium</i>	62	3,5	0,5%	0,33	1,21
<i>M. alba</i>	59	10,95	1,7%	0,67	2,47
<i>T. cordata</i>	53	8,04	1,3%	0,48	1,75

<i>F. excelsior</i>	46	10,08	1,6%	0,66	2,42
<i>L. lucidum</i>	46	4,73	0,7%	0,34	1,25
<i>O. x burkwoodi</i>	40	0,11	0,0%	0,05	0,17
<i>A. pseudoplatanus</i>	37	6,24	1,0%	0,38	1,39
<i>M. nigra</i>	37	16,96	2,6%	0,35	1,28
<i>C. sanguinea</i>	33	0,75	0,1%	0,12	0,46
<i>M. domestica</i>	31	3,08	0,5%	0,27	0,99
<i>P. nigra</i>	30	6,7	1,0%	0,27	0,99
<i>T. distichum</i>	25	14,26	2,2%	0,53	1,94
<i>M. azedarach</i>	21	3,25	0,5%	0,28	1,03
<i>A. cordata</i>	19	2,69	0,4%	0,17	0,62
<i>B. pubescens</i>	18	1,3	0,2%	0,11	0,4
<i>C. mas</i>	18	0,42	0,1%	0,04	0,16
<i>A. saccharinum</i>	17	1,91	0,3%	0,14	0,5
<i>P. granatum</i>	17	0,58	0,1%	0,09	0,33
<i>J. regia</i>	15	1,9	0,3%	0,17	0,62
<i>A. glutinosa</i>	14	0,92	0,1%	0,08	0,31
<i>H. syriacus</i>	14	0,41	0,1%	0,08	0,28
<i>M. glyptostroboides</i>	14	2,58	0,4%	0,13	0,47
<i>S. alba</i>	12	0,4	0,1%	0,05	0,18
<i>S. babylonica</i>	12	3,74	0,6%	0,18	0,65
<i>Q. rubra</i>	10	5,72	0,9%	0,22	0,81
<i>D. kaki</i>	9	1,01	0,2%	0,07	0,26
<i>A. julibrissin</i>	8	0,64	0,1%	0,07	0,25
<i>G. biloba</i>	8	0,79	0,1%	0,03	0,11
<i>P. serrulata</i>	8	1,74	0,3%	0,12	0,44
<i>O. heterophyllus</i>	7	0,12	0,0%	0,01	0,05
<i>A. buergerianum</i>	6	0,42	0,1%	0,04	0,15
<i>L. nobilis</i>	6	0,19	0,0%	0,02	0,07
<i>V. rhytidophyllum</i>	6	0,28	0,0%	0,05	0,18
<i>Z. jujuba</i>	5	0,45	0,1%	0,04	0,15
<i>A. negundo</i>	5	1,09	0,2%	0,07	0,27
<i>C. florida</i>	5	0,2	0,0%	0,02	0,09
<i>L. indica</i>	5	0,28	0,0%	0,03	0,11
<i>P. orientalis</i>	5	8,57	1,3%	0,12	0,44
<i>P. x canadensis</i>	5	9,07	1,4%	0,27	0,99
<i>Q. acutissima</i>	4	0,95	0,1%	0,07	0,26
<i>A. nordmanniana</i>	3	0,52	0,1%	0,02	0,06
<i>A. saccharum</i>	3	0,62	0,1%	0,03	0,1
<i>A. hippocastanum</i>	3	1,31	0,2%	0,06	0,23
<i>C. arizonica</i>	3	0,29	0,0%	0,02	0,08
<i>M. x soulangeana</i>	3	0,23	0,0%	0,02	0,08
<i>P. persica</i>	3	0,14	0,0%	0,01	0,04
<i>P. x canescens</i>	3	4,58	0,7%	0,15	0,55
<i>P. domestica</i>	3	0,8	0,1%	0,05	0,19
<i>S. atrocinerea</i>	3	0,05	0,0%	0,01	0,04

<i>C. deodara</i>	2	2,65	0,4%	0,07	0,26
<i>F. pennsylvanica</i>	2	0,35	0,1%	0,02	0,06
<i>P. serrulata</i>	2	0,34	0,1%	0,02	0,09
<i>P. mahaleb</i>	2	0,47	0,1%	0,03	0,1
<i>Q. ilex</i>	2	0,33	0,1%	0,02	0,09
<i>S. nigra</i>	2	0,06	0,0%	0,01	0,02
<i>A. tataricum</i>	1	0,08	0,0%	0,01	0,02
<i>A. altissima</i>	1	3,09	0,5%	0,04	0,14
<i>C. atlantica</i>	1	1,76	0,3%	0,03	0,11
<i>C. siliquastrum</i>	1	0,29	0,0%	0,02	0,06
<i>C. lacteus</i>	1	0,06	0,0%	0,01	0,03
<i>F. sylvatica</i>	1	0,1	0,0%	0,01	0,02
<i>P. armeniaca</i>	1	0,85	0,1%	0,02	0,07
<i>P. communis</i>	1	0,15	0,0%	0,02	0,06
<i>Z. carpinifolia</i>	1	0,07	0,0%	0,01	0,02
TOTALE	7119	643,37 (Mg/C)	100 (%)	44,58 (Mg/C/yr)	163,48 (Mg/CO ₂ /yr)

Da questa tabella possiamo vedere come la vegetazione presente all'interno del Golf Club Ca' Amata sequestra all'anno 163,48 Mg di anidride carbonica, che attraverso il processo di fotosintesi si convertono in 44,58 Mg di carbonio stoccato nelle parti epigee ed ipogee della vegetazione legnosa. Questi valori sono stati ottenuti dall'elaborazione delle informazioni e dei dati forniti al software i-Tree Eco. Osservando i diversi valori riportati nella tabella si può dedurre che la capacità d'assorbimento dell'anidride carbonica dipende dal numero di individui presenti, dalle loro dimensioni, ma anche dalla singola specie. Della quantità totale si sottolinea che ben 12,77 Mg vengono assorbiti dalle viti che compongono il vigneto, di conseguenza il suo contributo non è da trascurare sebbene rappresenti un'esclusività del Golf Club Ca' Amata rispetto ad altri club.

3.5. Stima dell'assorbimento dell'anidride carbonica da parte dei tappeti erbosi-suolo

Si riportano ora all'interno della Tabella 32 i valori medi ottenuti dalla consultazione degli articoli scientifici. I valori sono stati impiegati per stimare l'assorbimento di anidride carbonica da parte del sistema tappeto erboso-suolo. Inoltre, si precisa che per il campo pratica e per il vigneto si è adottato il valore medio dei rough vista la presenza delle medesime specie, dello stesso tipo di gestione e aspetto visivo.

Tabella 32: valori medi ottenuti dalla ricerca in letteratura

Area del campo	Green	Fairway	Rough
Valore medio	0,8 (Mg C ha yr)	1,7 (Mg C ha yr)	2,2 (Mg C ha yr)

A partire dai valori riportati sopra si è potuto calcolare la quantità di carbonio che i sistemi tappeto erboso-suolo sono in grado di accumulare. Quindi, il valore della quantità accumulata è stato convertito in quantità di CO₂ che il sistema assorbe al fine di poterlo confrontare con le altre voci componenti l'equazione di bilancio (Tabella 33).

Tabella 33: Assorbimento totale ad opera delle superfici erbose

Area del campo	Green	Tee	Fairway	Rough	Campo pratica	Vigneto
Valore medio (Mg C yr)	0,80	0,80	1,74	2,20	2,20	2,20
Superficie (ha)	2	1	11	30	4	1
Risultato (Mg C yr)	1,60	0,80	19,12	66,10	8,80	2,20
Totale (Mg C yr)	98,62					
Conversione in CO ₂	361,66 Mg CO ₂ yr					

Come si evince dalla tabella precedente, il sistema tappeto erboso-suolo annualmente è in grado di immagazzinare 98,62 Mg di carbonio, che sottoforma di anidride carbonica sono 361,66 Mg. La maggior parte viene assorbita dai roughs e dai fairways presenti all'interno del sito data la loro ampia estensione, ma anche il contributo portato dalla presenza del campo pratica non è da trascurare.

3.6. Bilancio finale

Dopo aver calcolato e stimato i valori oggetto di analisi è stato possibile eseguire il bilancio finale per poter decretare se il Golf Club Ca' Amata sia sink o source di anidride carbonica. Si riporta la Tabella 34, la quale riepiloga i valori stimati e successivamente un grafico di confronto tra assorbimenti ed emissioni totali | (Fig. 51) |.

Tabella 34: riassunto dei valori di emissione e di assorbimento calcolati per il Golf Club Ca' Amata

	Fonte	Quantità (Mg CO ₂ yr)
Assorbimenti	Vegetazione	163,48
	Tappeti erbosi-suolo	361,66
	Totale	525,14
Emissioni	Macchinari gestione campo	73,01
	Fertilizzanti azotati	11,50
	Totale	84,51

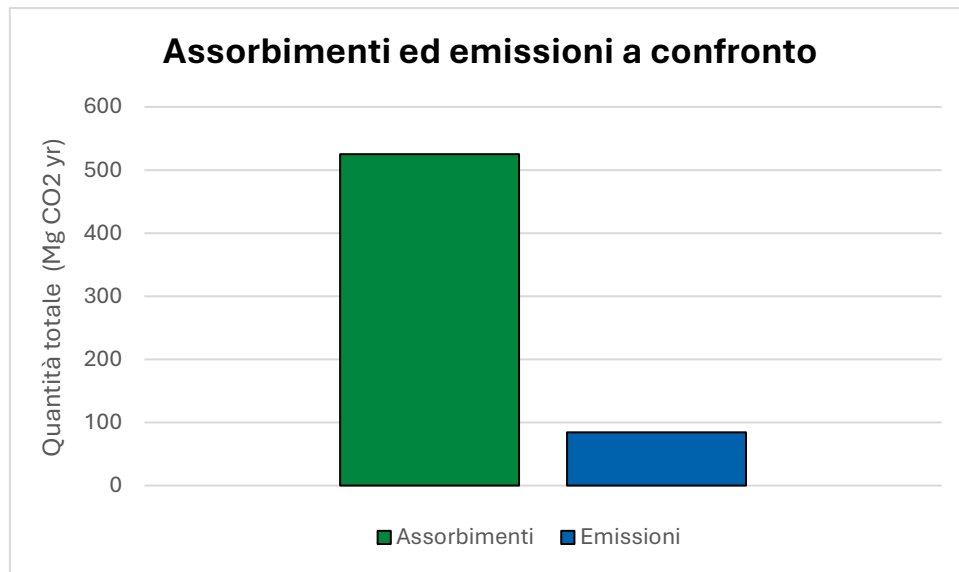


Figura 51: confronto tra i valori totali stimati degli assorbimenti e quelli delle emissioni

A partire dai valori totali delle quantità assorbite e di quelle emesse è stato possibile eseguire il bilancio. Osservando il grafico soprastante si nota che gli assorbimenti sono nettamente superiori delle emissioni totali; quindi, a primo impatto possiamo dedurre che il bilancio è positivo. Infatti, eseguendo la differenza tra le due quantità abbiamo un surplus di 440,63 Mg di anidride carbonica assorbita. Questo significa che il campo da golf analizzato riveste un ruolo di sink della CO₂. Circa il 69% dell'assorbimento avviene ad opera dei tappeti erbosi, mentre il rimanente 31% è assorbito dalla vegetazione presente all'interno del sito analizzato. Nonostante la capacità di assorbimento dei tappeti erbosi sia stata stimata a partire da dei valori misurati in altri Stati, che quindi nel caso dell'Italia potrebbero variare, comportando un possibile decremento o incremento dell'assorbimento, risulta comunque che il solo assorbimento da parte della componente arborea e arbustiva sarebbe in grado di coprire la totalità delle emissioni generate, manifestando comunque un surplus di 78,97 megagrammi di anidride carbonica assorbita. Per quanto riguarda le emissioni, l'86% viene generato dall'impiego dei macchinari per eseguire le varie operazioni di manutenzione del campo da golf e il 14% proviene dalle emissioni di protossido di azoto equiparato ad anidride carbonica. Anche in questo caso i valori impiegati per stimare le emissioni di protossido di azoto sono stati misurati in altri Stati e poi applicati al nostro contesto, di conseguenza si potrebbe aver commesso un leggero errore di sovrastima o sottostima. La maggior parte delle emissioni viene generata dai macchinari e per questo motivo dovrebbe rappresentare per la dirigenza un'ulteriore sprono nel continuare ad investire in mezzi sempre più efficienti, tecnologicamente avanzati e dotati di nuovi sistemi e soluzioni per ridurre i consumi.

Eseguendo una media ponderata sull'area del campo da golf analizzato risulta che le emissioni per la gestione di una singola unità di superficie (ettaro) sono di circa 1,41 Mg CO₂ per ettaro all'anno, valore che è assolutamente in linea con quanto risulta negli studi di Bartlett and James (2011) e Tidaker et al. (2017) come riportato anche da Bekken e Soldat (2022). L'esito positivo di questo bilancio rispecchia anche l'enorme impegno posto nel pianificare attentamente la strategia di gestione attuata in quanto riesce a combinare il miglior risultato ottenibile in termini di qualità del campo da gioco con un occhio di riguardo anche alla sostenibilità dell'ecosistema circostante. Il tutto viene reso possibile grazie alla dedizione e conoscenza posseduta dal superintendent Daniele Frigo,

il quale da questi risultati troverà un ulteriore incipit di incoraggiamento per proseguire sulla strada intrapresa.

4. CONCLUSIONI

Come sappiamo all'interno di un campo da golf tutti gli sforzi sono indirizzati nel cercare di garantire la migliore condizione tecnico funzionale della superficie di gioco, oltre che alla cura delle aree circostanti al percorso di gioco. In questa prima analisi eseguita al Golf Club Ca' Amata si sono esaminate le componenti che comunemente si vanno ad includere all'interno di un bilancio delle emissioni, ma anche due ulteriori fattori, ovvero l'assorbimento da parte del sistema tappeto erboso-suolo e le emissioni rilasciate dai concimi distribuiti, aspetti che raramente vengono considerati. Quindi, per realizzare il bilancio si sono quantificate le emissioni che si generano per la manutenzione dell'intera superficie e gli assorbimenti generati dalla componente arborea-arbustiva presente; successivamente, nell'ottica di rendere più preciso il giudizio e che fosse completo delle principali fonti di assorbimento ed emissioni, si sono provate a stimare le possibili quantità di anidride carbonica assorbita ad opera del sistema tappeto erboso-suolo per poi essere stoccata sottoforma di carbonio. Infine, si sono incluse anche le emissioni generate dalle fertilizzazioni azotate che periodicamente vengono eseguite. Il tutto è stato reso possibile grazie alla completa disponibilità manifestata da parte del Golf Club Ca' Amata e dalle molteplici informazioni fornite da superintendent Daniele Frigo. Si sono quindi calcolate le emissioni generate dai mezzi impiegati per eseguire le operazioni di manutenzione sia del tappeto erboso, che delle altre attività svolte. Combinando le ore di lavoro annuo dei macchinari utilizzati con il loro consumo orario, accuratamente misurato dal superintendent del campo da golf, si sono ottenute le emissioni totali generate. Il valore di queste risulta essere pari a 73008,64 kg di CO₂ all'anno (73,01 Mg CO₂ anno). Il 73% di queste vengono rilasciate dalle molteplici operazioni di taglio svolte all'interno del campo da golf e il maggior contributo proviene dall'attività di taglio svolto nei fairways e nei roughs. Per cercare di limitare queste quantità emesse si possono applicare delle soluzioni che non dovranno però andare ad influire sulle modalità di gioco. Le soluzioni saranno differenti in base alla zona del campo. Nel caso delle piste, ad esempio, il parco macchine si potrebbe dotare di tosaerba con un sistema di guida collegato ad un ricevitore satellitare andando quindi ad evitare le eccessive sovrapposizioni, migliorando la produttività della macchina e le condizioni dell'operatore, oppure dotarsi di macchinari di taglio azionati da motori elettrici o, nell'idea di inserire macchinari all'avanguardia, si potrebbero adottare un paio di tosaerba completamente autonomi come quello in Figura 52. Per quanto riguarda i fairways si potrebbe ampliare quanto già attuato in altre aree adottando la tecnica di taglio differenziato. Oltre a contenere le emissioni si andrebbe a favorire ulteriormente la biodiversità e la presenza di fauna selvatica che è già presente all'interno del golf e che nelle giornate di raccolta dati si è avuto modo di osservare. Anche in quest'area si potrebbero introdurre dei rasaerba autonomi e, secondo quanto accennato dal superintendent, la dirigenza del golf si starebbe muovendo proprio verso questa direzione, seppur presenti ancora delle lacune in termini di sicurezza a terze persone.



Figura 52: tosaerba autonomi della ditta Firefly Automatrix impiegati al The Santaluz Club a San Diego, California (<https://fireflyautomatrix.com/amp-mowers/>)

In seguito all'attività di censimento eseguita per poter stimare la quantità di anidride carbonica assorbita con il software I-Tree Eco, sono risultati presenti all'interno della superficie un totale di ben 7119 alberi e arbusti, che comprendono anche le ampie siepi e il vigneto presente all'interno della proprietà del golf club, il quale rappresenta un'esclusiva rispetto ad altri circoli. L'ampio numero di individui è composto da 84 specie vegetali differenti, ognuna caratterizzata da una specifica capacità di assorbimento della CO₂. Il risultato restituito dal modello i-Tree Eco per quanto riguarda l'assorbimento da parte della componente arborea è stato di 163,48 MgCO₂ all'anno. Si è poi stimata la quantità di anidride carbonica assorbita dai tappeti erbosi e successivamente trattenuta dal terreno sottoforma di carbonio. A partire da valori presenti in letteratura, ciascuno rappresentativo di una diversa area di riferimento del campo da golf, si è ottenuto che l'insieme dei tappeti erbosi presenti al Golf Club Ca' Amata assorbono circa 98,62 Mg di carbonio all'anno, che equiparati all'anidride carbonica sono 361,66 Mg di CO₂ yr.

Si è poi proceduto a combinare i valori di emissioni raccolti in letteratura con le fertilizzazioni normalmente effettuate ed è risultato che si ha un rilascio di 38,59 kg di N₂O all'anno che equiparati all'anidride carbonica sono 11,50 Mg di CO₂e yr.

L'assorbimento totale di anidride carbonica è risultato essere di 525,14 Mg mentre sono state stimate emissioni pari a 84,51 Mg, ottenendo così un bilancio positivo con un surplus di assorbimento pari a 440,63 Mg di CO₂.

Sebbene il risultato finale sia positivo, non bisogna smettere di migliorare e di muoversi nella direzione di limitare il più possibile le emissioni dato che le opportunità disponibili sono molteplici. Ad esempio, per quanto riguarda le emissioni dei macchinari, si potrebbero installare sistemi a guida satellitare, selezionare mezzi e macchinari che possiedono una maggiore efficienza ed una maggiore capacità di lavoro ed infine adottare mezzi dotati di motorizzazioni elettriche. Qualora parte del parco macchine venga rinnovato con veicoli elettrici si potrà valutare l'installazione un impianto fotovoltaico per poter generare l'energia elettrica necessaria, oltre a considerare altri sistemi che sfruttino le risorse rinnovabili. Inoltre, parte dell'energia elettrica proveniente da fonti rinnovabili potrebbe essere impiegata per azionare le elettropompe usate per l'irrigazione, per ricaricare le

batterie delle attrezzature impiegate nella manutenzione, oppure per ricaricare le golf car disponibili al noleggio. Tra le altre azioni ci sarebbe la possibilità di eseguire nuovi impianti arborei nella parte più a nord del campo da golf vista l'ampia superficie disponibile. Questa azione dovrà essere svolta valutando attentamente quali specie inserire e tenendo in considerazione alcuni requisiti come la maggior capacità di assorbimento della CO₂ ed evitando possibili conflitti con le pratiche di gestione del campo dovute ad esempio all'epoca e alle modalità di caduta delle foglie. Potrebbe anche essere prevista una programmazione degli impianti sulla base della quale eseguire ciclicamente l'introduzione di alcuni nuovi individui arborei per evitare una carenza di individui all'interno di alcune classi diametriche qualora i soggetti più adulti oltrepassino la maturità per andare incontro ai processi di senescenza. Per quanto riguarda le fertilizzazioni, si potrebbe cercare di favorire il più possibile concimi a rilascio controllato, consapevoli del fatto che presentano un costo d'acquisto maggiore, oppure prendere in considerazione la possibilità di distribuire gli elementi fertilizzanti durante l'irrigazione. Questa tecnica chiamata fertirrigazione consentirebbe di ridurre le emissioni di CO₂ visto che non si impiegherebbe nessun macchinario per la distribuzione del concime granulare, oltre che a ridurre i costi e la quantità di lavoro richiesta. La riduzione progressiva dei dosaggi distribuiti è già in corso in quanto il superintendent sostiene di essersi accorto che negli anni, grazie ai diversi protocolli seguiti per la gestione del tappeto erboso, le quantità indispensabili di fertilizzante richiesto sono leggermente diminuite e di conseguenza ha già progressivamente ridotto le quantità distribuite. Infine, anche in questo caso si potrebbe applicare ai veicoli impiegati per la distribuzione un sistema di guida satellitare, il quale aiuterebbe a ridurre gli sprechi di concime dovuti all'eccessiva sovrapposizione delle passate o delle quantità che vanno a finire nelle zone circostanti all'area concimata.

Concludendo, è fondamentale proseguire sulla strada intrapresa dal Golf Club Ca' Amata nell'ottica di rendere più sostenibile la gestione di queste superfici, o perlomeno cercare di contenere il più possibile il loro impatto ambientale. Per questo motivo, a livello generale è fondamentale proseguire con ulteriori attività di ricerca in tutti gli ambiti che presentano dei riscontri con il mondo del golf e verificare l'applicazione delle diverse possibili soluzioni al fine di massimizzare gli assorbimenti e ridurre le emissioni di qualsiasi genere.

Si dovrebbe inoltre misurare e convalidare i dati applicati per stimare gli assorbimenti da parte dei tappeti erbosi e le emissioni di protossido di azoto dei fertilizzati, oltre che includere nel bilancio altri gas serra rilasciati come il metano proveniente dalla decomposizione dei materiali vegetali e dai residui di taglio ed eventualmente considerare anche le emissioni generate dall'impiego dell'energia elettrica se proveniente da fonti non sostenibili. Fondamentale sarà cercare di ridurre l'uso dei combustibili fossili e favorire l'uso di energia elettrica proveniente da fonti rinnovabili al fine di ridurre le emissioni di anidride carbonica da questo e dagli altri campi da golf.

BIBLIOGRAFIA

- Bartlett, M. D., & James, I. T. (2011). A model of greenhouse gas emissions from the management of turf on two golf courses. *Science of the total environment*, 409(8), 1357-1367.
- Bekken M. & Soldat D. (2022). Estimated energy use and greenhouse gas emissions associated with golf course turfgrass maintenance in the Northern USA. *International Turfgrass Society Research Journal* 14 (1): 58–75.
- Ow, L. F., & Chan, E. (2022). Managing the turf of an urban golf course: energy consumption and greenhouse gas emission. *Advances in Environmental and Engineering Research*, 3(1), 1-20.
- Lagonigro I. 2021. Forestazione urbana al Parco Colonnetti (Torino): determinazione dei Servizi Ecosistemici. Relatore Revelli R. Correlatore Busca F. Tesi di laurea magistrale in Ingegneria civile. Politecnico di Torino
- Tidåker, P., Wesström, T., & Kätterer, T. (2017). Energy use and greenhouse gas emissions from turf management of two Swedish golf courses. *Urban Forestry & Urban Greening*, 21, 80-87.
- White, O. 2021. The Opportunity for Sustainability in Golf. Acer Sustainability, Vermont, USA.

Assorbimento tappeti erbosi suolo

- Bartlett, M. D., & James, I. T. (2011). A model of greenhouse gas emissions from the management of turf on two golf courses. *Science of the total environment*, 409(8), 1357-1367.
- Tidåker, P., Wesström, T., & Kätterer, T. (2017). Energy use and greenhouse gas emissions from turf management of two Swedish golf courses. *Urban Forestry & Urban Greening*, 21, 80-87.
- Qian, Y., & Follett, R. F. (2002). Assessing soil carbon sequestration in turfgrass systems using long-term soil testing data. *Agronomy journal*, 94(4), 930-935.
- Selhorst, A. L. (2007). *Carbon sequestration and emissions due to golf course turfgrass development and maintenance in central Ohio* (Master's thesis, The Ohio State University).

- Ow, L. F., & Chan, E. (2022). Managing the turf of an urban golf course: energy consumption and greenhouse gas emission. *Advances in Environmental and Engineering Research*, 3(1), 1-20.
- Wang, R., Mattox, C. M., Phillips, C. L., & Kowalewski, A. R. (2022). Carbon sequestration in turfgrass-soil systems. *Plants*, 11(19), 2478.

Emissione fertilizzanti

- Law, Q. D., & Patton, A. J. (2017). Biogeochemical cycling of carbon and nitrogen in cool-season turfgrass systems. *Urban Forestry & Urban Greening*, 26, 158-162.
- Braun, R. C., & Bremer, D. J. (2018). Nitrous oxide emissions from turfgrass receiving different irrigation amounts and nitrogen fertilizer forms. *Crop Science*, 58(4), 1762-1775.
- Braun, R. C., & Bremer, D. J. (2018). Nitrous oxide emissions in turfgrass systems: a review. *Agronomy Journal*, 110(6), 2222-2232.
- Gillette, K. L., Qian, Y., Follett, R. F., & Del Grosso, S. (2016). Nitrous oxide emissions from a golf course fairway and rough after application of different nitrogen fertilizers. *Journal of Environmental Quality*, 45(5), 1788-1795.

Siti web:

- 1 [Il Campo da Golf: una guida completa \(com'è fatto un campo da golf?\) - IlCircoloDelGolf](#)
- 2 [Tutto su come è fatto un campo da golf - Caneo Golf](#)
- 3 [Campo da golf - Wikipedia](#)
- 4 [Il fairway sui campi da golf: definizione e nelle regole - Attività 2024 \(p-advice.com\)](#)
- 5 [Esplorando le diverse parti di un campo da golf | Guida ai campi da golf | SwingTalks](#)
- 6 [www.golf.caamata](#)
- 7 [Treviso - Wikipedia](#)
- 8 [CO2 equivalents | Climate Change Connection](#)
- 9 [Macchine da golf | John Deere IT](#)
- 10 [Groundsmaster® 4700 con larghezza di taglio 3,8 m | Toro](#)

5. APPENDICE

In questa sezione sono riportate una serie di immagini scattate durante le giornate trascorse al campo da golf per censire la vegetazione presente o per raccogliere i dati sulle tempistiche dei diversi lavori. Queste immagini sono utili per comprendere meglio lo stato attuale della componente arborea e arbustiva, la sua distribuzione all'interno delle superfici e l'ampia variabilità delle specie presenti, argomenti trattati nei capitoli precedenti.















