



Università degli studi di Padova
Facoltà di Agraria



CORSO DI LAUREA IN RIASSETTO DEL TERRITORIO E TUTELA DEL PAESAGGIO

Curriculum: TUTELA E RIASSETTO DEL TERRITORIO

**TETTI VERDI INTENSIVI LEGGERI A TAPPETO ERBOSO:
CONFRONTO TRA CONCIMAZIONE INORGANICA E
MULCHING**

Relatore:

Dott. Stefano Macolino

Correlatore:

Dott.ssa Lucia Bortolini

Laureando:

Jenny Gallo

Matricola n. 596714

ANNO ACCADEMICO 2011/2012

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	7
1.1. I tetti verdi.....	7
1.1.1. Le tipologie (Dunnett and Kingsbury, 2008)	8
I tetti verdi intensivi	8
I tetti verdi estensivi.....	8
I tetti verdi semi-estensivi e le tipologie ibride	8
I tetti verdi per la biodiversità.....	9
1.1.2. I benefici.....	10
1.1.3. La progettazione (Dunnett and Kingsbury, 2008).....	11
Il problema della pendenza.....	12
Il problema del vento	12
Il problema dell'acqua per l'irrigazione	12
1.1.4. La costruzione (Snodgrass, 2006)	13
Il solaio del tetto	14
Lo strato impermeabilizzante	14
Lo strato isolante.....	14
Lo strato protettivo e d'immagazzinamento	15
Lo strato drenante	15
Lo strato filtrante	15
Il substrato di crescita	16
1.1.5. La vegetazione (Snodgrass, 2006).....	17
Le tipologie di piante per i tetti verdi	17
Le piante annuali.....	18
Le erbacee perenni	18
Le piante succulente	19
L'erba.....	19
Le erbe aromatiche	20
Le geofite.....	20
Le piante a fioritura stagionale o sempreverde.....	20
Confronto fra le tappezzanti e le specie a sviluppo verticale	20
Le forme e i modelli di accrescimento	21

Le piante con radici fibrose e superficiali	21
L'utilizzo delle piante autoctone sui tetti verdi	22
I riferimenti sito-specifici	23
Le tecniche d'impianto (Dunnett and Kingsbury, 2008)	23
Per semina diretta e per talea	24
Per piante coltivate in vaso e in fitocelle	26
Per tappeto in rotoli	27
Per colonizzazione spontanea	28
1.2. Il tappeto erboso	29
1.2.1. La classificazione botanica	29
La struttura di una Poacea	30
Le radici	31
Il fusto	31
Le foglie	31
Il fiore	32
Il frutto	32
Le microterme e le macroterme a confronto	33
Il genere Zoysia	37
La <i>Zoysia japonica</i>	37
La <i>Zoysia tenuifolia</i>	38
La <i>Zoysia matrella</i>	38
1.2.4. Gli interventi gestionali	39
Il taglio	39
Alcune conseguenze del taglio	40
L'altezza di taglio	40
La frequenza di taglio	41
Le tecniche di taglio	41
Il mulching mower	42
Gli aspetti positivi	42
Gli aspetti negativi	43
La fertilizzazione	43
Il fabbisogno nutrizionale	44

L'azoto	44
Il fosforo	44
Il potassio	44
Il calcio.....	45
Il ferro.....	45
I metodi di applicazione	46
Le regole pratiche per il buon esito della concimazione	46
La concimazione in un tappeto erboso di macroterme.....	47
La distribuzione dell'azoto	47
La distribuzione del fosforo	48
La distribuzione del potassio.....	48
L'irrigazione.....	48
Quando irrigare	49
La frequenza d'irrigazione.....	50
Quanto irrigare.....	51
1.2.5. La modalità di valutazione (James B. Beard, nd)	53
L'uniformità.....	53
La densità	53
La tessitura	54
L'abito di crescita	55
La levigatezza	55
Il colore.....	55
2. SCOPO DEL LAVORO.....	58
3. MATERIALI E METODI.....	59
3.1. La costruzione dei cassoni.....	59
3.1.1. Materiali utilizzati	59
3.1.2. Fase di assemblaggio.....	60
3.2. Rilievi e modalità di gestione	68
3.2.1. Valutazione della qualità estetica del manto erboso	68
3.2.2. Determinazione della velocità di crescita verticale e della produzione in sostanza secca	68
3.2.3. Gestione delle parcelle	70

Concimazione	70
Irrigazione	71
Elaborazione dei dati.....	72
4. RISULTATI	73
4.1. Aspetto estetico generale	77
4.2. Colore	79
4.3. Densità	81
4.4. Accrescimento medio giornaliero in altezza	84
4.5. La sostanza secca	86
4.6. I volumi d'acqua	88
5. CONCLUSIONI	90
BIBLIOGRAFIA.....	92

1. INTRODUZIONE

1.1. I tetti verdi

L'idea di inverdire un tetto risale a migliaia di anni fa. Le civiltà della Mesopotamia hanno originato il concetto e Greci, Romani, Persiani e le altre culture avevano una qualche forma di giardini pensili per inverdire e rinfrescare i loro paesaggi spesso eccessivamente caldi. I famosi giardini pensili di Babilonia, per esempio, sono stati effettivamente piantati sui tetti. All'altro estremo climatico, i tetti inerbati hanno a lungo abbellito case in Scandinavia, fornendo calore e isolamento supplementari nei climi freddi e umidi. La natura in se è l'ispirazione per i tetti verdi: i semi spontanei germinano in substrati sottili, sporchi, rocciosi ed inospitali, nelle grondaie e su tratti di tetto piatti e ampi.

I tetti verdi non sono molto utilizzati eccezion fatta per alcune parti dell'Europa settentrionale in cui la scarsità di terreni per nuovi edifici e lo sviluppo di nuovi materiali di copertura hanno favorito la loro rivisitazione in chiave moderna. Dopo la Seconda Guerra Mondiale, quando Svizzera, Germania, Austria e altri paesi hanno intrapreso la campagna di ricostruzione, i tetti verdi sono stati largamente utilizzati per scopi pratici, ambientali ed estetici. Mentre le città tendono ad espandersi verso la campagna, i tetti verdi rappresentano un modo innovativo per preservare il verde urbano, ridurre l'impatto dell'espansione e filtrare e purificare l'aria. I tetti verdi, in particolare, aumentano la produzione di ossigeno, migliorano il paesaggio urbano, riducono le superfici impermeabili e rallentano i deflussi delle acque meteoriche limitando le perdite di questo prezioso elemento utile a dissetare milioni di persone.

I motivi per cui vengono piantati i tetti verdi sono vari e diversificati: dal puro piacere estetico alla gestione del deflusso delle acque piovane, al raffreddamento climatico, alla filtrazione dell'acqua, alla produzione alimentare ed al ripristino dell'habitat. Ognuno di essi, sia un semplice tappeto di *Sedum* o un elaborato ecosistema complesso, ha un impatto netto positivo sul suo ambiente circostante. Un tetto verde fatto a regola d'arte non solo è gradevole alla vista, ma raddoppia potenzialmente la vita del tetto: attenua il suono all'interno di un edificio, abbassa la temperatura ambientale interna ed esterna in estate, con conseguente risparmio sui costi energetici, ed assorbe e filtra le impurità nell'aria. Un tetto verde, come scrivono gli ecologisti Nancy e John Todd, agisce da "macchina vivente" per trattenere l'acqua e ridurre il deflusso dannoso. In particolare i tetti verdi eseguono queste funzioni contemporaneamente (Snodgrass, 2006).

1.1.1. Le tipologie (Dunnett and Kingsbury, 2008)

La creazione di un tetto verde consente l'inserimento di una vasta gamma di piante. In linea di massima, la vegetazione inserita nel tetto ed alcuni accorgimenti costruttivi che ne favoriscono l'insediamento, consentono di classificare i tetti verdi in tre macro-categorie: i tetti verdi intensivi, gli estensivi e quelli utilizzati per favorire la biodiversità.

I tetti verdi intensivi

I tetti verdi intensivi sono simili a quelli costruiti in antichità il cui utilizzo si assomiglia a quello di un giardino convenzionale. Le piante tendono ad essere mantenute nello stesso modo in cui vengono trattate in un giardino a terra. La profondità del terreno è di almeno 15 cm. Sono coperti con prato o piante tappezzanti che richiedono comunque una regolare manutenzione, ma, allo stesso tempo, contengono i costi grazie alla possibilità di essere adagiati su di un substrato più sottile. Questa tipologia può supportare qualsiasi tipo di vegetazione, dagli alberi ai cespugli passando per piante erbacee e tappeto erboso. Essendo veri e propri giardini, sono totalmente vivibili e quindi possono anche contenere giochi d'acqua e piscine.

I tetti verdi estensivi

I tetti verdi estensivi non sono realizzati per l'uso regolare dell'uomo e nemmeno per essere visitati periodicamente. Se le strutture dello stabile sottostante lo consentono, possono essere incorporati anche spazi con percorsi e bacini di raccolta dell'acqua. Sono visti come più "ecologici" e sostenibili in termini di limitata richiesta d'input (acqua e lavoro) rispetto ai tetti tradizionali. La profondità del substrato è minima, compresa tra 2 e 15 cm, che riduce l'ammontare di peso inserito nella costruzione del tetto.

Sono generalmente progettati per subire una minima manutenzione e tendono ad essere più economici rispetto agli intensivi, sia come costruzione sia come manutenzione.

I tetti verdi semi-estensivi e le tipologie ibride

La semplice classificazione che contrappone la tecnica intensiva ed estensiva descritta sopra, non è così netta. Nonostante questi termini siano utilizzati in senso più ampio, essi sono molto restrittivi. I tetti verdi vengono classificati come intensivi o estensivi, ma non esistono ragioni per cui elementi di entrambi non possano coesistere nello stesso tetto verde.

I tetti estensivi si stanno sempre più tecnicamente affinando, ma tendono ad avere lo stesso aspetto in tutto il mondo. Le considerazioni estetiche non sono poste al primo posto e fino a qualche tempo fa promuovere la biodiversità era un aspetto secondario. Analogamente, non vi è alcuna ragione per cui gli approcci ecologici ne limitano il loro accesso. Ci sono buoni motivi per utilizzare tecniche estensive e semi-estensive in tetti accessibili, combinando eventualmente piante erbacee di grandi dimensioni ed arbusti o piccoli alberi in contenitori o fioriere strategicamente poste per creare giardini pensili contemporanei che sono molto più sostenibili rispetto a quelli del passato. Il tema ecologico può essere esteso al riciclo e stoccaggio d'acqua, sfruttando l'energia solare ed eolica disponibile abbondantemente sul tetto. Lo sviluppo della biodiversità non deve essere limitato a tetti invisibili ed inaccessibili: si possono applicare svariati approcci creativi che massimizzano i benefici sia per le persone che per la fauna selvatica.

Il futuro dei tetti verdi sta diventando un futuro ibrido, dove i migliori elementi della tradizione vengono combinati per creare tetti sostenibili da un punto di vista ambientale.

I tetti semi-estensivi, invece, sono ottimali per estendere la creatività nel progettarli quando questi siano visibili e fruibili all'uomo. Essi hanno la stessa filosofia dei tetti estensivi (bassa o assente manutenzione, utilizzo di substrati leggeri e tecniche di costruzione simili), ma strati di terreno leggermente più profondi (spessore di 10-20 cm) che consentono una gamma più ampia e più variabile di piante per la coltivazione.

I tetti verdi per la biodiversità

Sono la risposta alla coesistenza di tetti fini a basso peso con l'identità locale e regionale di tali tecnologie. Il concetto di tetto verde per la biodiversità si concentra principalmente sulla creazione di un habitat sulla superficie del tetto: vengono utilizzati suoli locali lasciati alla colonizzazione spontanea o seminati con erbe autoctone. Vengono anche chiamati tetti marrone poiché sono formati da substrati urbani come cemento spezzato, sabbie, ghiaie e suoli inerti scartati dalla costruzione dei nuovi stabili. Alcuni tetti si prefiggono di creare le condizioni tipiche di un paesaggio degradato o di un'area dismessa e promuovono il proprio valore potenziale nei confronti d'invertebrati rari e di uccelli che nidificano a terra. Solitamente il substrato ha uno spessore variabile nell'intervallo compreso tra 10 e 15 cm ed una superficie non piana ma modellata a costituire una mini-topografia per massimizzare la variabilità ecologica.

Se lo stabile ne consente l'applicazione, possono essere costruite zone umide e vasche d'acqua.

1.1.2. I benefici

I benefici dei tetti verdi si osservano su ampia scala. Alcuni si notano solo se i tetti verdi vengono realizzati su un'area di dimensioni rilevanti (quartieri o città), mentre altri possono essere considerevoli anche su scala molto più piccola (singoli edifici). Le applicazioni dei tetti verdi possono essere connesse sia all'uso domestico che a quello commerciale o industriale. I diversi benefici dei tetti verdi possono essere classificati in tre aree principali (Tab. 1): il paesaggio (e l'estetica), l'ambiente e lo sviluppo economico, anche se, tra queste categorie, c'è una grande quantità d'interrelazioni.

Tabella 1: I benefici correlati alla presenza dei tetti verdi

BENEFICI PAESAGGISTICI ed ESTETICI	BENEFICI AMBIENTALI	BENEFICI ECONOMICI
Il valore paesaggistico	L'importanza della biodiversità e della fauna selvatica La gestione dei deflussi idrici	La maggiore durata fisica del tetto
La produzione alimentare	La qualità dei deflussi La limitazione dell'inquinamento atmosferico e la captazione del carbonio	Il raffreddamento e l'isolamento dello stabile ed il miglioramento dell'efficienza energetica
Il valore estetico	Smorzamento dell'effetto isola di calore urbano L'ammortizzamento dell'inquinamento acustico	L'espansione della bioedilizia e il miglioramento delle pubbliche relazioni

Il modo più utile per identificare rapidamente queste differenze è rappresentato dalla divisione tra benefici privati e pubblici. I benefici privati (come la riduzione dei costi energetici, l'allungamento della vita del tetto e i miglioramenti estetici) sono tali da favorire l'uso dei tetti verdi, dando un vantaggio finanziario o personale ai singoli proprietari di case e sviluppatori. I benefici pubblici (come la gestione delle acque piovane, la mitigazione del clima urbano e lo sviluppo della biodiversità e degli habitat) favoriscono l'adozione di politiche di pianificazione e di regolamentazione da parte delle autorità locali e cittadine per favorire la costruzione di tetti verdi per una migliore qualità della vita e dell'ambiente e per una maggiore efficienza a lungo termine dei costi e benefici per i contribuenti locali e i cittadini.

1.1.3. La progettazione (Dunnett and Kingsbury, 2008)

Nella sua forma più elementare un tetto verde è costituito da piante o semi che crescono in un certo tipo di terreno adagiato su di un tetto. Sia i tetti verdi estensivi leggeri che quelli intensivi richiedono sistemi progettati per assicurarne il corretto funzionamento. Nonostante ogni tetto verde sia unico (variano la barriera anti-radice, il substrato di crescita ed il materiale vegetale) sono presenti delle parti comuni: gli strati impermeabilizzante, isolante, filtrante e drenante. Il funzionamento del tetto verde sarà compromesso qualora uno degli elementi qui sopra elencati manchi o non funzioni correttamente oppure qualità e quantità del substrato siano inadeguate.

Poiché le competenze pratiche legate alla creazione e riparazione di tetti verdi possono essere scoraggianti, i fallimenti sul tetto sono sempre più complessi e costosi rispetto agli insuccessi a terra. Per questa ragione è sempre necessaria la supervisione di figure competenti in grado di compiere una corretta valutazione nella fase progettuale, creativa e costruttiva dei tetti verdi.

In ambito progettuale, innanzitutto, è necessario chiarire i concetti di carico accidentale e permanente.

I carichi di tipo accidentale sono rappresentati da neve, acqua, vento ed altri fattori di sicurezza richiesti per la stabilità dell'edificio. Comprendono anche le sollecitazioni dovute alla fruibilità dell'area, ad installazioni temporanee e a qualsiasi altra opera di natura transitoria.

I carichi di natura permanente, invece, sono il peso proprio del tetto insieme ad ogni elemento stabile che ne costituisce la struttura. I tetti verdi sono progettati per sostenere entrambe le tipologie di carico e possono essere costruiti su un edificio di nuova realizzazione o su di uno già esistente con opportuni accorgimenti effettuati da un ingegnere strutturale in collaborazione con un team di progettazione (Snodgrass, 2006).

Il problema della pendenza

Il maggior problema dei tetti verdi è la pendenza, in particolare per il fenomeno dello scivolamento dei materiali. L'inclinazione massima possibile è determinata dal coefficiente di attrito tra i materiali più scivolosi lungo il profilo del tetto verde. Di fatto ogni tetto verde possiede una membrana isolante oppure piani di contatto fra più membrane (ad esempio fra la barriera anti-radice e quella drenante); e proprio lungo questi piani avviene il movimento degli strati. Senza misure aggiuntive di stabilizzazione non è saggio progettare tetti verdi aventi una pendenza superiore ai 9,5° (17%).

Il problema dello scivolamento e del crollo può essere arginato con l'ausilio d'imbracature orizzontali, reti metalliche, listelli o griglie. Utilizzando questi metodi, i tetti verdi possono essere facilmente costruiti su dislivelli fino a 30° (58%), angolo di riposo per la maggior parte dei materiali granulari. Per realizzare strutture su pendenze più ripide è necessario utilizzare speciali miscele di substrati e strumenti specifici.

Il problema del vento

Le strutture dei tetti verdi si trovano in posizioni particolarmente esposte al flusso del vento: per questo devono saper resistere all'azione di spostamento del vento. Questa forza varia sulla superficie di un tetto piano: è relativamente bassa nella parte centrale e alta lungo i bordi e gli angoli.

Gli strati di un tetto verde sono pertanto vulnerabili alla potenza del vento specialmente se lo strato impermeabilizzante non è ben legato al tetto e se la stratificazione stessa della copertura verde non agisce come zavorra per tenerlo fermo. Una tecnica utile a prevenire il danno del vento consiste nel disporre una striscia di ghiaia, pietra o pavimentazione attorno al bordo del tetto. Tali strisce sono spesso usate anche come barriere per la vegetazione.

Il problema dell'acqua per l'irrigazione

Se i tetti verdi sono stati progettati con cura, con una combinazione appropriata di componenti e substrato, e se le piante sono state scelte attentamente, non dovrebbe essere necessaria l'irrigazione eccezion fatta per le zone climatiche più aride. Anzi, la riduzione al minimo o, addirittura, l'annullamento totale degli input, quali acque e fertilizzanti, rappresenta un approccio ecologico e sostenibile alla gestione del paesaggio. I tradizionali tetti verdi intensivi che richiedono irrigazione costante per la sopravvivenza delle piante sono, sotto quest'aspetto, inammissibili. Tuttavia è possibile in queste circostanze, mediante la selezione di piante, ottenere gli stessi incredibili effetti senza la necessità di distribuire continuamente acqua.

Lo stoccaggio dell'acqua piovana e il sistema di riciclaggio dovrebbero essere considerati effettivamente la base del sistema d'irrigazione. Ci sono anche sviluppi promettenti per quanto riguarda il riuso dell'acqua proveniente dall'uso domestico da impiegare per l'irrigazione dei tetti verdi.

1.1.4. La costruzione (Snodgrass, 2006)

Con il termine tetto verde s'indica un sistema composto da diversi elementi, o strati, che lavorano insieme per funzionare come una singola unità combinata. Tutte le parti devono essere progettate per avere una durata paragonabile alla vita umana in modo che ogni singolo piano non ceda prematuramente e non si renda necessaria una completa ricostruzione della stratificazione.

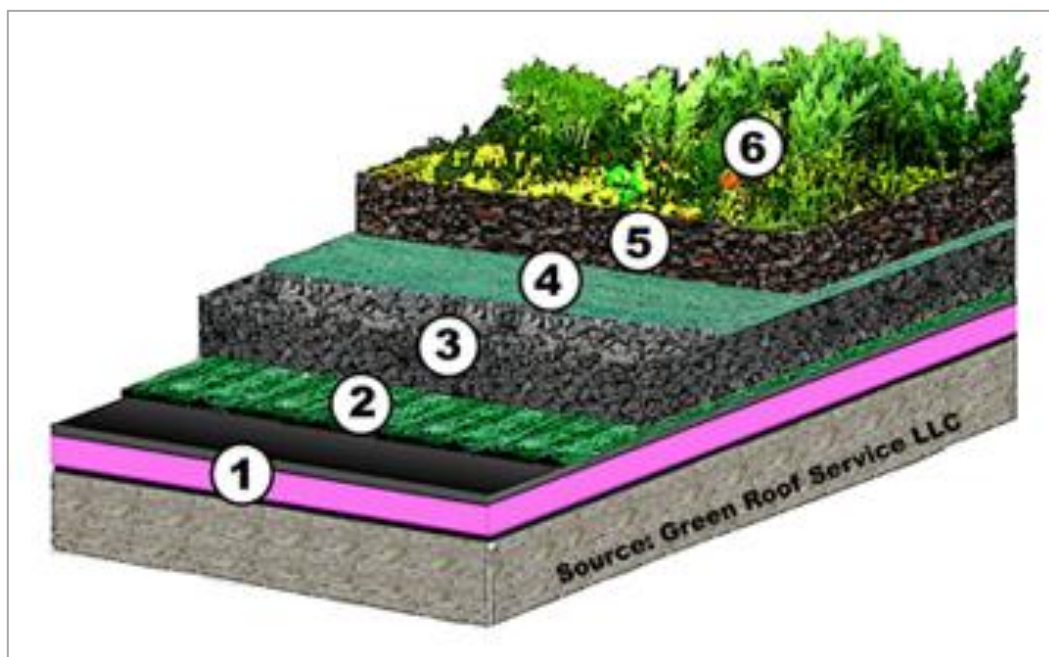


Figura 1: Il sistema multistrato
Fonte: Green Roof Service LLC

Un tetto verde si realizza tramite il sistema multistrato; partendo dalla superficie del tetto troviamo:

1. Il solaio, lo strato isolante e anti-vapore
2. Lo strato impermeabilizzante e d'immagazzinamento
3. Lo strato drenante
4. Lo strato filtrante
5. Il substrato di crescita
6. La vegetazione

Il solaio del tetto

Il primo e più essenziale strato in un tetto verde è il solaio della casa che può essere costruito in cemento, legno, metallo, plastica o gesso. Il legno ha meno forza strutturale rispetto a cemento e metallo, materiali scelti in molti progetti commerciali, per questo richiede tecniche ingegneristiche addizionali per supportare un tetto verde. Le costruzioni con solaio in cemento sono le migliori candidate per accogliere un tetto verde poiché esse sono più resistenti fin dalla base e quest'ultima non degrada insieme al tetto nello stesso modo in cui lo fa il legno. I solai in metallo sono solitamente ondulati e, sebbene forti e meglio adatti ai tetti verdi, richiedono un supporto per la membrana impermeabilizzante poiché è richiesto l'isolamento. Questo supporto è solitamente installato sopra al solaio ondulato ed è in grado di sostenere il peso del tetto verde.

Lo strato impermeabilizzante

Un'effettiva ed affidabile membrana impermeabilizzante è il successivo fattore critico senza cui il tetto verde non può sopravvivere. Questa membrana deve essere al 100% impermeabilizzante, poiché qualsiasi debolezza o guasto può essere difficilmente visibile dato che è coperta. Un considerevole dibattito riguarda il metodo migliore d'impermeabilizzazione, che appartiene a diverse categorie: integrata col tetto, bituminosa, mono-strato e con applicazione liquida.

Una valida tecnica impermeabilizzante è rappresentata dalle membrane multistrato consistono in fogli arrotolati di materiali inorganici a base di plastica (PVC, gomma sintetica, ecc.) con giunzioni termosaldate. Questo tipo di membrana ha anche un'addizionale funzione anti-radice. Con l'utilizzo di qualunque altro metodo d'impermeabilizzazione sono necessari strati aggiuntivi aventi funzioni isolanti o protettive.

Lo strato isolante

Un adeguato isolamento del tetto influisce sui vantaggi di risparmio energetico offerti dai tetti verdi. Lo strato isolante si può porre sotto la membrana impermeabilizzante, oppure sopra di essa (metodo conosciuto con il nome di "inverted roof membrane assembly system"- IRMA). I tetti IRMA consistono in un solaio, una membrana impermeabilizzante, l'isolante e poi gli altri strati del tetto verde. I vantaggi di questo sistema sono: protezione totale della membrana, ostacolo alla penetrazione meccanica del tetto, annullamento degli shock termici causati da grandi variazioni di temperature al livello della membrana e sua protezione contro la degradazione per opera dei raggi UV.

Il trend attuale nella costruzione dello strato isolante tende a portare l'isolamento in piccola parte al di fuori dello stabile per contrastare i problemi di muffa comuni nelle aree umide.

Lo strato protettivo e d'immagazzinamento

Siccome i tetti verdi contengono anche materiale vivente e in continua crescita, tra i componenti essenziali deve essere sempre presente uno strato protettivo e di deposito (la barriera anti-radice), elemento di fondamentale importanza che non deve mai essere compromesso. Se un solaio è fatto di materiale organico, la barriera anti-radice deve essere posta al di sopra della membrana impermeabilizzante per assicurare che la vegetazione non faccia breccia e comprometta l'intero sistema. Questo strato anti-radice è spesso composto da fogli di polivinilcloruro (PVC) o polietilene ad alta densità (PE-AD); si possono utilizzare analogamente fogli di rame o altri impregnanti chimici.

Lo strato drenante

Un tetto verde deve anche avere un impianto drenante ben funzionante che consenta l'eliminazione dell'acqua dalle radici delle piante il più velocemente possibile. Un corretto drenaggio è importante sia per il tetto sia per la salute delle piante. I tetti piani sono suscettibili all'accumulo d'acqua e, in assenza di un adeguato impianto drenante, il materiale vegetale marcirebbe in breve tempo. Il drenaggio dell'acqua, nella maggior parte dei tetti estensivi, specialmente in pendenza, può essere compiuto attraverso il substrato, in particolare, dove le precipitazioni sono limitate. Nei luoghi in cui c'è un eccesso di precipitazioni o non si può condurre un adeguato drenaggio, questo dovrà essere costruito manualmente. Il tipo e la misura del sistema di drenaggio sono determinati attraverso considerazioni specifiche come capacità portanti, altezza dello stabile e budget.

Lo strato filtrante

Se il sistema si basa sull'auto-drenaggio attraverso il substrato o con un sistema artificiale, possono essere inserite delle stuoie filtranti. Queste stuoie separano il substrato dallo strato drenante evitando l'intasamento di quest'ultimo e proteggendo il primo dal dilavamento. Le stuoie filtranti, inoltre, possono essere un tutt'uno con il sistema drenante o costituire un proprio strato.

Il substrato di crescita

Per consentire lo sviluppo della vegetazione, il tetto verde ha bisogno di un supporto o substrato di crescita. A differenza dei giardini a terra, che possono contare sulla disponibilità di materiali organici, le piante dei tetti verdi estensivi devono crescere in un substrato poroso e leggero. Questo strato si prefigge importanti obiettivi: trattenere acqua ed ossigeno, assorbire e fissare i nutrienti e fornire una certa stabilità all'apparato radicale delle piante che ospita; sono obiettivi difficili e talvolta contrapposti da raggiungere, tuttavia devono stare in equilibrio.

Il substrato per i tetti verdi estensivi deve essere maggiormente inorganico perché aiuta il mantenimento dell'integrità verticale ed evita la riduzione dello spessore, ma anche perché un substrato organico aggiunge peso e nutrienti, entrambi problematici per la struttura.

Il substrato ideale per un tetto estensivo dovrebbe comporsi nel 75-90% di materiale inorganico come ad esempio ardesia, scisto, argilla espansa, terracotta, pomice, scoria, sabbia e tegole rotte. La parte rimanente dovrebbe essere compost organico, non suolo perché contiene limo che può bloccare lo strato filtrante e distruggere il sistema drenante.

Riassumendo, il substrato dovrebbe avere una compattazione molto bassa, ancorare le piante, trattenere l'umidità ed alcuni nutrienti ed essere poroso. Il miscuglio esatto va determinato secondo il tipo di piante inserite nel tetto, delle condizioni climatiche del sito, dei carichi ammissibili e delle esigenze di drenaggio. Il substrato deve avere anche un pH circa neutro e deve essere applicato umido per evitare perdite a causa del vento.

Va tenuto in considerazione anche lo spessore del substrato poiché, a sua volta, influisce su alcuni fattori quali la selezione delle piante ed il tasso di crescita. Nei tetti verdi estensivi lo spessore raramente supera i 15 cm a causa soprattutto dei vincoli portanti; si compone principalmente di materiali inorganici e fin dall'inizio limita la scelta delle piante. All'interno di questi parametri la redditività dell'impianto subisce variazioni significative con spessore del substrato compreso fra 5 e 15 cm e con la presenza variabile di sostanza organica. Mentre le specie di *Sedum* possono vivere bene in 5 cm di substrato inorganico, piante con un apparato radicale profondo e con elevate richieste nutritive, come l'erba, non vegetano altrettanto bene. Ottenere un corretto miscuglio ed un'adeguata profondità è un delicato equilibrio ed acquisire familiarità con i diversi substrati e le varie profondità per una varietà di condizioni richiede del tempo.

Così come gli altri strati del tetto verde, il substrato deve essere progettato a lungo termine, per una durata di 40-50 anni per massimizzare l'ammortizzamento dell'investimento ed anche per evitare di dover stravolgere l'intero tetto per ricostruirlo. Così come per tutti gli altri elementi strutturali, la conoscenza e la manipolazione non possono essere separati dall'uso stesso del materiale.

1.1.5. La vegetazione (Snodgrass, 2006)

I progettisti dei tetti verdi devono considerare vari criteri nell'elaborazione di un progetto. Nel dettaglio, sono diversi i fattori che contribuiscono all'insediamento ottimale della vegetazione in un tetto verde. Come nella produzione vegetale in pieno campo, risultano importanti i fattori climatici, in particolare precipitazioni, esposizione, umidità, presenza di periodi di siccità, andamento termico, ventosità, localizzazione geografica, andamenti micro- e macro-climatici. Tutti questi caratteri vanno a formare una suddivisione per fasce climatiche e vegetazionali a cui vengono associate le piante più adatte. Sempre da un punto di vista agronomico, riveste notevole importanza il suolo su cui la vegetazione viene posata: la profondità, il peso e la composizione sono gli aspetti del substrato che richiedono la maggior attenzione in sede di progetto. Altri ambiti da tenere in debita considerazione riguardano le richieste del committente (budget, risultato finale, tipologia costruttiva, ecc), il livello di manutenzione, la sicurezza e l'accessibilità del tetto. Il miglior risultato, quindi, si raggiungerà solo dopo un'adeguata analisi di tutti questi aspetti.

Le tipologie di piante per i tetti verdi

Le piante vengono solitamente classificate come annuali, biennali o perenni in base al loro ciclo vitale. Le annuali crescono, fioriscono, producono semi e muoiono in un solo anno. Le biennali, invece, crescono nel primo anno e fioriscono, producono semi e muoiono nel secondo. Quest'ultime non sono generalmente usate sui tetti verdi perché creano spazi vuoti nel terreno e muoiono al termine della fioritura. Le perenni crescono, fioriscono e producono semi in una o più stagioni vegetative e non muoiono dopo aver prodotto i semi.

Le regole che determinano la selezione delle piante nei tetti verdi scartano la grande maggioranza delle piante annuali e perenni frequenti nei giardini tradizionali, incluse parecchie piante autoctone. Qualche erbacea perenne ed annuale può essere utilizzata come pianta ornamentale o d'interesse stagionale in luoghi selezionati con una profondità appropriata di substrato ed un'adeguata irrigazione; ciononostante non dovrebbero costituire la base vegetale in un tetto verde estensivo.

Le piante annuali

Le annuali non offrono il requisito di longevità richiesto per realizzare un progetto a costo conveniente, ma possono essere incorporate in aree specifiche, come per le stagionali, a condizione che il substrato abbia uno spessore adatto. Le annuali vengono ampiamente utilizzate in zone con precipitazioni che garantiscano più di 75 mm d'acqua al mese. Le specie appartenenti a questa categoria possono essere utilizzate nei tetti verdi estensivi per colmare e fornire un rapido colore durante la prima stagione di crescita oppure per una loro auto-disseminazione senza diventare invasive.

Le erbacee perenni

Per ragioni estetiche, le erbacee perenni sono le piante più richieste nei tetti verdi estensivi. Offrono miglior colore, tessitura e mutevolezza stagionale, ma richiedono un substrato più profondo e umido di quello che si trova nella maggior parte dei tetti verdi estensivi. La maggior parte delle perenni ha inoltre una limitata tolleranza alla siccità e agli stress del tetto verde e possiede radici profonde che ne limitano l'utilizzo nei tetti verdi; tuttavia alcune possono essere impiegate nei tetti verdi estensivi. L'utilizzo delle perenni richiede attenzione perché la produzione di biomassa vegetale provoca un aumento del peso del sistema; l'applicazione di substrati ricchi necessaria per la gran parte di tali specie, inoltre, può portare ad un aumento dei costi riguardanti la manutenzione, poiché le infestanti tendono a colonizzare completamente il tetto andando a sopraffare le erbacee messe a dimora durante la costruzione.

Molte piante erbacee sono sempreverdi, quindi sono utili a dare un tocco di colore in quei tetti verdi fruibili anche in inverno, stagione in cui il colore marrone la fa da padrone.

Un attento progettista deve scegliere specie longeve con adeguata tolleranza a calore e siccità, poiché generalmente le erbacee hanno una durata di vita breve ed una sensibilità rilevante ai fattori ambientali, alle malattie ed alla competizione.

Le piante succulente

Le succulente sono le piante più sfruttate nei tetti verdi estensivi e le principali per i sistemi che utilizzano un substrato di spessore pari o inferiore ai 10 cm. Queste specie hanno un'insuperabile attitudine a sopravvivere in condizioni di siccità e vento perché possono immagazzinare acqua nelle loro foglie per lunghi periodi. Questo straordinario processo metabolico di conservazione dell'acqua prende il nome di fotosintesi CAM (acronimo di Crassulacean Acid Metabolism, ossia metabolismo acido delle Crassulacee). Queste piante riducono la perdita d'acqua aprendo gli stomi durante la notte (momento in cui avviene la fissazione del carbonio per fotosintesi) e li richiudono durante il giorno, così da ridurre le perdite per traspirazione. Tale adattamento ad ambienti secchi è detto xerofilo e le piante che ci vivono sono definite xerofite o piante xerofile. Questi vegetali sono caratterizzati da radici superficiali e possono sopravvivere per lunghi periodi a temperature estreme, siano esse calde o fredde.

Le piante succulente, capaci di sopravvivere in un'ampia gamma di condizioni, sono l'unica scelta possibile per i tetti verdi estensivi, poiché costituiti da substrati sottili e non irrigati. Detto ciò, si può supporre che la disponibilità di tali specie sia pressoché scarsa, ma questo non è corretto. Esiste, infatti, un infinito assortimento di specie, con tonalità cromatiche che variano dal bianco al giallo, dal rosso al viola, e che permettono una copertura vegetata e fiorita durante tutto l'arco dell'anno.

L'erba

Mentre l'erba viene ampiamente utilizzata nella costruzione dei giardini tradizionali, sui tetti verdi è ancora una novità. Anche se non assicura una copertura fiorita e piena di colori come avviene con annuali, perenni e sempreverdi, l'erba ha molto da offrire. Essa aggiunge movimento e tessitura, dà origine ad un tappeto più spesso rispetto alle succulente, offre habitat per uccelli ed insetti e richiede una limitata attenzione d'inverno, stagione in cui lo sfalcio è assente. Come visto per le erbacee perenni, richiede un substrato più profondo per accogliere l'apparato radicale e, inoltre, produce una quantità maggiore di biomassa rispetto alle succulente, differenza che può influire negativamente sul carico e rappresentare un pericolo d'incendio durante la dormienza invernale. Alcune specie, inoltre, possono entrare in dormienza durante l'estate, mentre altre lo fanno nella stagione invernale: si possono quindi creare delle chiazze marroni sul suolo e, al momento dello sfalcio, si potranno vedere anche delle aree nude. L'erba più bassa, largamente adeguata ai sistemi estensivi, non ha un'altezza e una struttura invernale tale da sostituire quella più alta impiegata nei giardini a livello terra.

Come numerose perenni, l'erba richiede parecchia manutenzione, compreso un intenso sfoltimento prima dell'inizio della nuova ricrescita; tale necessità richiede che il tetto sia fruibile.

Le erbe aromatiche

Le erbe aromatiche, come timo, origano, salvia e alloro, richiedono un substrato di almeno 10 cm e un sistema d'irrigazione utile a fornire l'umidità necessaria per aiutare l'eradicazione. Alcune di esse, una volta attecchite, sono tolleranti alla siccità a seconda della regione geografica in cui si trovano. Possono essere efficaci sui tetti di abitazioni private, ristoranti, ospedali o altri edifici, dove possono crescere ed essere raccolte per scopi culinari, aromatici, terapeutici o educativi.

Le geofite

Un numero limitato di geofite è idoneo all'uso sui tetti verdi in zone con primavera umide e fresche. Un substrato sottile, tra l'altro, non ospita i grandi bulbi: le tipologie che assicurano un buon risultato appartengono alle piante nane come iris, aglio, tulipani, narcisi, muscari e crocus.

Le piante a fioritura stagionale o sempreverde

Per avere tutto l'anno una vista gradevole sui tetti verdi è importante conoscere bene le caratteristiche delle piante. Le erbacee perenni hanno una limitata fioritura e perdono le foglie durante l'inverno, mentre le succulente hanno la caratteristica di avere foglie sempreverdi e/o colorate, che offrono una bellezza estetica per la maggior parte dell'anno. Molte di queste fioriscono in tempi sfalsati con colori differenti e le foglie cambiano il colore in base alla stagione. Le annuali, una volta seminate e piantate, sono capaci di auto-disseminarsi dopo il loro primo anno di vita, ma probabilmente si diffonderanno sul tetto in un modo casuale. Una studiata combinazione di succulente, erbacee perenni e annuali può attirare l'interesse per tutto l'anno.

Confronto fra le tappezzanti e le specie a sviluppo verticale

I tetti verdi sono composti per la maggior parte da tappezzanti, con una quantità limitata di piante a sviluppo verticale. Le piante tappezzanti offrono un'espansione rapida, affidabile ed economica sul tetto, con un'estensione orizzontale che va dai 15 ai 25 cm solo nel primo anno.

Le piante a sviluppo verticale, che hanno una fioritura spettacolare, non vivono più a lungo di cinque anni su un tetto. Oltre a ciò non si espandono velocemente come le tappezzanti e quindi sono necessarie più piante per coprire un'unica area, offrono una sola stagione gradevole alla vista e costringono una risemina periodica per essere rinnovate.

Le forme e i modelli di accrescimento

La forma e il modello incidono sulla progettazione. Le piante sono molto variabili in crescita e struttura: soffici, compatte, a lenta crescita, diffuse, dritte o striscianti. Molte delle piante specifiche per i tetti verdi possono essere tappezzanti a bassa densità le quali crescono rapidamente, sono perenni e si espandono tra i 15 e i 25 cm nel primo anno dall'impianto. Questa relativamente rapida diffusione permette una più lenta crescita, in aggiunta le piante a sviluppo verticale si possono inserire purché siano compatibili. Solitamente, una consociazione di specie a lenta e rapida copertura permette lo sviluppo di un piacevole aggregato ecologico, dove gli spazi vuoti sono riempiti da semi vaganti. Quando si usano piante con diverso livello di accrescimento, bisogna verificare che quelle con crescita più lenta non vengano sopraffatte. Le piante aggressive possono essere piantate fra le colonie per impedire l'espansione delle altre.

I modelli di crescita possono essere sfruttati al massimo e controllati in vari modi. Un modo è confinare le piante in aree desiderate con moduli, siepi o pavimentazioni in modo tale che le loro radici non si mescolino con le specie adiacenti. Così facendo si creano singolari sistemi e modelli che possono essere enfatizzati ancora di più con l'utilizzo di svariati contrasti tra i colori di foglie e fiori. In progetti che possiedono specifici disegni, il piano di mantenimento è cruciale per preservare l'integrità dell'intero sistema. Questo può richiedere l'asportazione di alcune piante, il rimpianto periodico di altre ed altre successive modifiche. I nuovi germogli possono anche essere tagliati occasionalmente per arrestare l'espansione delle piante all'esterno del sistema di contenimento, operazione da effettuare, però, con attenzione. Il sovraffollamento delle piante, comunque, può portare ad un accorciamento della durata della loro vita.

Le piante con radici fibrose e superficiali

La profondità dell'apparato radicale può, in parte, prevedere il successo dei tetti verdi. Per esempio, le piante che si trovano in climi aridi hanno solitamente profonde radici a fittone. I tetti verdi, ovviamente, non possono ospitare tali specie, poiché il substrato risulta privo di profondità cosicché non permette il loro ancoraggio radicale.

Le piante che si trovano in montagna, su rocce e pietrisco, invece, sono spesso all'ombra ed hanno radici diffuse con cellule e tessuti fogliari che resistono all'essiccazione. Non sorprende, perciò, che molte piante alpine crescano rigogliose sui tetti verdi. Tuttavia, l'unica collocazione e costruzione dei tetti verdi differisce il luogo da qualsiasi altro ambiente naturale. Le piante montane, ad esempio, nel proprio ambiente sopportano generalmente temperature giornaliere e notturne fresche e basse umidità; viceversa nei tetti verdi, spesso posti in aree cittadine, subiscono esasperatamente le notti calde dovute all'effetto isola di calore urbana. Quando le temperature notturne rimangono alte, la respirazione aumenta, la fotosintesi netta diminuisce e, per tentare di sopravvivere, le piante esauriscono le proprie riserve di zucchero arrivando a morire prematuramente. Nella scelta delle piante a radice superficiale, quindi, il progettista deve preferire specie che abbiano una tolleranza nei confronti del caldo e della siccità.

L'utilizzo delle piante autoctone sui tetti verdi

Per impedire l'attacco di piante invasive esotiche e la riduzione del numero di specie animali e d'insetti, le piante indigene nei tetti verdi risultano essere un buon compromesso poiché si sono evolute ed adattate alla propria nicchia ecologica e climatica. Hanno una forte resistenza ai danni dovuti al clima, alle patologie locali, agli insetti, agli animali e provvedono a una stabile biodiversità, di vitale importanza per la sopravvivenza dell'uomo. Tuttavia costruire efficaci giardini con specie originarie, dipende dalla creazione di affiatate comunità di piante. Le condizioni dei tetti verdi estensivi, però, non favoriscono il raggiungimento di tale obiettivo; in ogni caso possono ospitare specie provenienti da altre comunità.

Riprodurre una prateria selvaggia e un pascolo autoctono fiorito può non essere possibile in un tetto verde semplicemente perché non è un ambiente naturale e non può ospitare l'insieme di specie che originano una prateria. Se si desidera una comunità naturale, il progetto non può essere limitato al tetto, ma deve considerare l'intero sito. Le praterie, inoltre, si rigenerano autonomamente nel tempo grazie agli incendi, ovviamente non attuabili sui tetti degli edifici.

Le piante autoctone, inoltre, sono suscettibili agli insetti nocivi ed alle patologie esotiche e non sono di solito ben adattabili all'ecosistema dei tetti verdi estensivi. I problemi nascono quando trovano difficoltà ad adattarsi alle univoche condizioni costruttive, ambientali e pedologiche (profondità e composizione del substrato) del tetto verde. Parecchie piante indigene si sono evolute in suoli profondi con una particolare struttura, una definita attività microbica ed un equilibrio dei nutrienti, condizioni impossibili da ricreare in un tetto, date le restrizioni dovute all'esposizione al vento, al sole e al tipo e profondità del substrato.

I riferimenti sito-specifici

La scelta delle specie vegetali può subire l'influenza delle nebbie e delle foschie nelle zone costiere, che contengono sale disciolto, e delle piogge acide derivanti dall'inquinamento industriale. Le concentrazioni di sale nel terreno possono essere monitorate con l'analisi del sale disciolto. La pioggia acida può essere benefica o nociva in funzione ai requisiti di pH richiesti da particolari specie di piante. Alcune varietà crescono bene in terreni acidi (pH 5,2-6,2), altre in terreni alcalini (pH 7-7,8), ma la maggior parte in condizioni circa neutre (pH 6,2-7). Le analisi chimiche annuali aiutano a stabilire il modo migliore per mantenere il desiderato equilibrio tra nutrienti e pH.

La conoscenza dell'area dove si accumula il calore potrebbe inoltre essere importante. In climi freddi, l'accumulo di calore può portare beneficio, ma in climi caldi o durante l'estate in climi freschi, un troppo accumulo di calore può essere dannoso per molte piante. Gli edifici di mattoni o di cemento e i muri di parapetto trattengono il calore durante il giorno e lo rilasciano durante la notte.

Il vento, specialmente quello invernale, può rappresentare un grave problema che colpisce l'essiccazione del substrato e delle piante. Se l'apparato radicale non è in equilibrio con la crescita epigea, le piante possono avvizzire o morire a causa dell'effetto del vento e delle alte temperature, anche se hanno a disposizione umidità nel terreno. In generale le tappezzanti succulente a lenta crescita e a forma di tappeto sono molto resistenti al combinato effetto di vento, sole e sbalzi di temperatura.

Le tecniche d'impianto (Dunnnett and Kingsbury, 2008)

Esistono quattro principali approcci per installare la vegetazione sui tetti verdi: applicazione diretta di sementi o talee, impianto di colture di vegetazione in vaso o in fitocella, posa di tappetini di vegetazione pre-coltivati (compreso il tappeto erboso) e colonizzazione spontanea. Nei prossimi capitoli si procede alla descrizione ed all'analisi di vantaggi e svantaggi di ogni metodo.

Per semina diretta e per talea

Spargere direttamente le misture di seme è una tecnica utile ed economica per collocare le piante su tetti più grandi di 20 m². È particolarmente adatta per la semina del tappeto erboso o del prato semplice, in cui viene istituita un'intera comunità di piante. I substrati alcalini migliori sono con pH compreso tra 8 e 8,5, condizioni ottimali che offrono un'ampia quantità di erba ed erbacee tolleranti allo stress.

Gli svantaggi della semina diretta includono il lungo periodo di tempo che le piante impiegano ad accrescersi. Se la semina è effettuata in quantità maggiore per cercare di ovviare a questo problema, nel caso di miscele complesse, c'è una possibilità che la concorrenza si tradurrà in specie a forte crescita che sopraffanno le più deboli, con conseguente scarsa diversità. Viceversa le particelle di substrato aventi grandi dimensioni, fino a 16 mm, contribuiscono a ridurre la capacità d'impianto delle erbacee indesiderate, ma sono troppo grandi anche per la germinazione di semi buoni. Uno strato superficiale di particelle più sottili aiuta la germinazione dei semi e la nascita delle piantine. I materiali di colore più chiaro liberano lentamente il calore rispetto a quelli scuri, conducono meno all'essiccamento derivante dalla luce del sole e quindi, di solito, favoriscono la crescita della pianticella. I tassi di semina dipendono dal tipo di vegetazione scelta, secondo quanto riportato nella guida di riferimento del fornitore. La semina sarebbe da effettuare in primavera, poiché ci sarebbe il pericolo di erosione se fosse fatta quando il freddo o la siccità rallentano la crescita della piantina.

Le miscele di seme che comprendono erbacee ed erbe, o solo erbacee, possono essere difficili da distribuire in modo uniforme e, data l'importanza di eliminare le lacune e ogni rischio di erosione del substrato, è vitale che l'uniformità complessiva sia adeguata. Questa impresa può essere facilitata se le sementi sono mescolate con sabbia prima della distribuzione e, nel caso di ampie zone, il tetto sia suddiviso in settori di egual area ed il miscuglio sementi-sabbia venga proporzionalmente tarato. Per garantire ulteriormente una distribuzione uniforme, ciascuna partita di sementi può essere spartita in due gruppi, procedendo con una distribuzione effettuata dapprima in una direzione e successivamente lungo la perpendicolare, coprendo l'intera superficie. Il seme dovrebbe essere leggermente coperto dopo essere stato distribuito: 3-5 mm di profondità nel substrato sarebbero l'ideale. Colpire il suolo con la parte posteriore di una pala piatta è un buon modo per raggiungere tale obiettivo: l'azione serve a battere in basso il seme negli interstizi del substrato. Innaffiando poi con una pioggerellina sottile aiuterà a depositare il seme nel substrato, oltre a fornirne l'umidità necessaria.

Le sementi inoltre possono essere introdotte attraverso la tecnica dell'idro-semina, per mezzo di cui un miscuglio di semi, acqua e collante sono spruzzati sul substrato. Questa è una tecnica utile per grandi aree: la colla tiene i sottili semi sul substrato e rende più facile la conservazione dell'umidità in prossimità del seme. L'idro-semina è anche molto utile per i siti in pendenza, dove sia il substrato che le sementi sono esposte al dilavamento da pioggia o irrigazione prima che siano fissati al loro posto dalle radici.

Le piante che radicano molto facilmente per talea possono essere distribuite attraverso la diffusione del germoglio: le talee da 3 a 5 cm di lunghezza sono distribuite attraverso il lancio a mano; nello stesso modo potrebbero essere distribuiti anche sementi o piccoli bulbi. In alternativa, l'idro-stolonizzazione è il processo attraverso cui le talee vengono applicate con un impasto liquido in un modo analogo all'idro-semina. L'uso di varietà di *Sedum* consente lo sviluppo di vegetazione in pendenze maggiori rispetto a quelle raggiungibili con piante in vaso o fitocella. Comunque l'uso di germogli risulta essere più sensibile alle condizioni climatiche nel periodo d'insediamento, particolarmente nelle stagioni secche.

Un'efficace uniformità di distribuzione è fondamentale, allo stesso livello delle condizioni climatiche del periodo d'insediamento, possibilmente coincidenti con eventi piovosi o, se necessario, con interventi d'irrigazione. Qualsiasi momento tra la primavera e l'estate è adatto alla semina. Idealmente è opportuna una distribuzione di 60-80 talee per metro quadro, facendo attenzione a garantire che, dopo la diffusione, non vi siano interruzioni o cumuli di germogli nelle aree alle spalle. Per una copertura rapida, comunque, si può utilizzare una densità di 200-250 talee per metro quadro. La pioggia o l'irrigazione sono necessarie immediatamente dopo la distribuzione, per garantire un buon contatto tra germogli e substrato. Un radicamento significativamente avanzato deve essere visibile già dopo 14 giorni, con una radicazione ottimale entro sei-otto settimane, periodo in cui si raggiunge il 60% della copertura. Gli uccelli possono causare problemi durante la fase d'insediamento, perciò è saggio considerare l'uso di reti protettive o tecniche di allontanamento. Una volta radicati, i germogli potranno beneficiare di un sottile strato di terriccio umido.

Per piante coltivate in vaso e in fitocelle

Piantare direttamente è il modo migliore per realizzare un progetto di piccola scala come un tetto verde e permette la messa a dimora delle piante in modo tale da raggiungere effetti naturalistici o artistici. Nelle valutazioni dei tetti verdi, le aree generalmente piantate hanno un punteggio superiore a quelle seminate, soprattutto nei primi anni.



Figura 2: Esempio di piante in fitocella

Fonte: <http://www.freshplaza.it/print.asp?id=3481>

Le piante acquistate nei centri di giardinaggio convenzionali o nei vivaio non sono sempre una buona scelta poiché possono far aumentare rapidamente i costi, in particolare se non sono state acquistate all'ingrosso. La dimensione della zolla, inoltre, può essere troppo grande per le tipologie con substrato più sottile. La scelta migliore è quella di utilizzare le piante in fitocelle, unità cellulari ampiamente utilizzate nel commercio vivaistico per far crescere un gran numero di piccole piante. Può essere utile chiedere in un vivaio un preventivo per la produzione di piante in fitocelle o, in alternativa, ottenere dal vivaio alcune vaschette di seconda mano (un gran numero di questi contenitori viene eliminato alla fine della primavera) per tentare la moltiplicazione delle piante da soli. Le vaschette sono disponibili in una grande varietà di dimensioni, ma per questo scopo sono ideali quelle con cella di diametro pari a 2,5 cm e profondità di 3-5 cm. Le piante in fitocelle sono solitamente molto efficienti quando s'impiana la vegetazione perché hanno un ben sviluppato sistema radicale e copertura del suolo. Possono cominciare a crescere direttamente dopo essere state trapiantate nel campo, ma è necessario un gran numero di piante per ottenere una copertura rapida della superficie, giacché lo sviluppo della vegetazione avviene solo da un limitato numero di piante o germogli. Per un tappeto fitto di vegetazione, l'impianto viene normalmente effettuato con dieci piante per m². Le densità più elevate sono raccomandate dove le specie non coprono rapidamente o ogniqualvolta il cliente sia interessato ad una rapida copertura. A causa della loro piccola dimensione e della mancanza di radici di ancoraggio, le piante in fitocelle possono essere soggette all'estrazione dal substrato mediante volatili in ricerca di cibo.

L'impianto deve essere fatto in primavera o all'inizio dell'estate e organizzato in modo che le aree più lontane dal punto di accesso siano piantate per prime. Non devono essere utilizzati utensili affilati, poiché potrebbero danneggiare le membrane. L'irrigazione dopo la piantagione non solo fornirà l'umidità necessaria alle piante, ma aiuterà anche l'assestamento delle piante. Un substrato minerale con funzione di pacciamatura, applicato dopo la piantagione, aiuterà a conservare l'umidità nelle aree circostanti; le pacciamature colorate come pietra calcarea chiara, trucioli rossastri o ardesia scura possono conferire un particolare effetto ornamentale.

Per tappeto in rotoli

I tappeti erbosi in rotoli sono fogli pre-vegetati. Essi sono prodotti su un tessuto sintetico sopra il quale è disposto un sottile spessore di substrato colturale nel quale le piante crescono, siano esse seminate direttamente o talee. Il substrato è spesso rinforzato con reti di plastica sottile per evitarne la frammentazione. I tappeti solitamente si avviano in tunnel o serra di vetro o polietilene, per poi venir coltivati all'aperto. Per impianti di grandi dimensioni vengono arrotolati e poi srotolati sul sito come un normale tappeto. Per le aree di minore entità si usano zolle o sezioni di tappeti che possono essere montati insieme come moquette.

I tappeti o le zolle a verde hanno il vantaggio di un effetto immediato e sono anche usati in situazioni di pendenza o inaccessibili, dove il controllo fisico delle piante risulterebbe difficile. I tappeti hanno anche il vantaggio di non avere bisogno di giardinieri o di altre figure specializzate perché sono pre-vegetati, quindi non hanno bisogno di alcun intervento. Sono di solito seminati con miscugli di specie di *Sedum* e raggiungono il 90-100% di copertura vegetale fin dall'inizio. Essi vengono direttamente distesi sopra al substrato, sul tetto. I tappeti devono essere distesi il più rapidamente possibile dopo la raccolta. Devono essere posizionati in modo che non vengano lasciati spazi tra i frammenti e poi appesantiti sugli angoli e ad intervalli lungo i lati, per evitare che vengano spazzate via, almeno finché non siano ben radicati, circa dopo quattro o cinque settimane. I tappeti erbosi pre-vegetati sorreggono i prati fioriti per il tetto verde. I rotoli o le zolle possono essere posati su un tetto tanto facilmente quanto lo si stende in un prato su terra, ma particolare attenzione deve essere posta lungo i margini, che devono essere tagliati con la massima precisione possibile per evitare la presenza di zone di substrato libere che possano essere esposte e quindi assoggettabili all'erosione e l'irrigazione è essenziale fino a quando il tappeto erboso non è ben insediato.

Per colonizzazione spontanea

La vegetazione spontanea sul nudo suolo è il più ecologico dei metodi d'impianto finora descritti: solo le piante disponibili a livello locale e totalmente adatte all'ambiente tetto sopravvivranno. Chiaramente, l'utilizzo della colonizzazione spontanea risulta il metodo d'impianto meno costoso, ma è probabile che sia visivamente inaccettabile in luoghi di alto profilo, perché inevitabilmente il risultato ottenuto sarà giudicato da molte persone come vegetazione infestante con macchie di nuda terra. Per i tetti meno visibili e inaccessibili il problema non si presenta, e l'uso di una vegetazione spontanea conferisce benefici economici ed ecologici. Con il tempo, gli abitanti capiranno quanto la colonizzazione spontanea possa essere estremamente preziosa in termini di biodiversità dove quest'ultima è molto importante nella politica di sostegno dei tetti verdi.

La vegetazione spontanea che si sviluppa su aree industriali dimesse o fortemente costruite può anche fungere da guida alla selezione delle specie all'interno di una particolare regione. Le condizioni dei suddetti siti possono essere simili a quelle sperimentate sui tetti: substrato sterile con contenuto minimo di sostanze organiche, bassa capacità di trattenuta dell'acqua ed esposizione estrema. I cosiddetti tetti marrone portano ad un risultato logico, basandosi sulla capacità di colonizzazione di tali specie e di auto-selezione per ottenere un funzionamento ottimale degli ecosistemi. Un'alternativa all'approccio di non interferenza (e forse un po' ad alto rischio), nel tetto marrone si può ricorrere all'uso intenzionale di specie che sono note localmente come colonizzatrici spontanee scelte, per essere affidabili, vigorose o per avere qualche valore decorativo.

I costi dei vari metodi sopra analizzati variano notevolmente. La semina diretta è il sistema convenzionale meno costoso, seguito dalla diffusione delle talee, dall'impianto di piante in fitocelle e in vaso. Il metodo più costoso è l'uso di tappeti erbosi in rotoli. Comunque, l'aumento dei prezzi per i differenti metodi è anche associato alla crescente rapidità dei risultati e alla garanzia dei risultati stimabili. Così, per la creazione di tetti di *Sedum*, anche le stuoie pre-vegetate sono il metodo più costoso, ma hanno senza dubbio un effetto immediato e una copertura totale.

Dopo aver analizzato tutte le caratteristiche fondamentali di un tetto verde, si passa ora ad analizzare nel dettaglio gli elementi distintivi dei tetti utilizzati nella sperimentazione, a partire dalla vegetazione impiegata: il tappeto erboso.

1.2. Il tappeto erboso

Tra le varie possibilità costruttive di un tetto verde c'è anche quella nell'ambito della tipologia intensiva che prevede l'impiego del tappeto erboso. Perché applicare questa tecnica? Dal canto suo, il tappeto erboso ha una notevole dote: può essere calpestato. Ci sono, infatti, dei tetti che non sono veri e propri tetti, in realtà sono dei solai che fungono da grandi terrazze oppure superfici pensili piane al di sopra di un garage, quindi aree che possono essere sfruttate al pari di un comune giardino convenzionale. Ma sotto l'aspetto tecnico, cos'è un tappeto erboso?

Si tratta di prato gestito definito come *“copertura erbacea avente lo strato più superficiale di suolo interessato dalla presenza di radici e rizomi, usualmente tagliato basso e caratterizzato da uniformità e crescita contenute”*. È composto, quindi, dal cotico (o manto) e dallo strato superficiale del terreno in cui si trovano le radici e i rizomi. Si differenzia dal comune prato d'interesse foraggero (funzione produttiva) per la sua finalità ornamentale, sportiva o ricreativa.

1.2.1. La classificazione botanica

Le piante sono classificate ponendo quelle con le caratteristiche simili nello stesso gruppo. È importante comprendere la terminologia di classificazione.

Le angiosperme, o piante da fiore, sono divise in due classi principali: le monocotiledoni e le dicotiledoni. Le differenze che permettono di distinguerle sono:

- il numero di cotiledoni, ossia le foglioline del seme in cui vengono immagazzinate le sostanze di riserva: uno nelle monocotiledoni e due nelle dicotiledoni;
- il tipo di radice: fascicolata nelle monocotiledoni, a fittone nelle dicotiledoni;
- la disposizione dei vasi conduttori nel fusto: sparsi nelle monocotiledoni, a strati concentrici nelle dicotiledoni;
- le nervature delle foglie: parallele (parallelinervie) nelle monocotiledoni, ramificate nelle dicotiledoni;
- il numero dei petali del fiore: 3 o multipli di 3 nelle monocotiledoni e 4-5 (o multipli) nelle dicotiledoni.

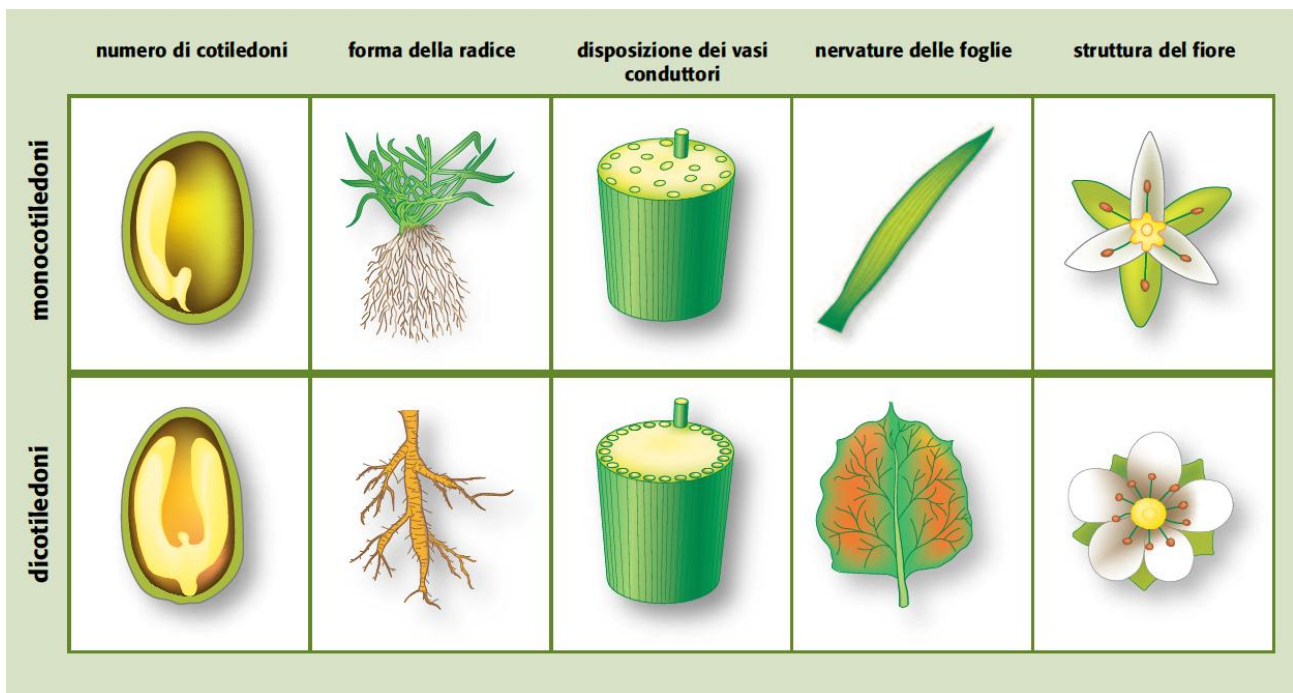


Figura 3: Monocotiledoni e dicotiledoni a confronto

Fonte:http://online.scuola.zanichelli.it/barbonescienzeteravita/files/2010/01/APP_SV_C06.pdf

Nella classe delle monocotiledoni trovano luogo le Poaceae o Gramineae dell'ordine Poales, comunemente conosciute anche come Graminacee, famiglia a cui appartengono le specie da tappeto erboso.

La specie è l'unità di base per la classificazione delle piante e definisce uno specifico gruppo di piante aventi una classificazione uniforme riguardo al portamento e al fogliame oltre che alla fioritura, in grado di incrociarsi tra loro per produrre una progenie simile. Esistono però dei processi evolutivi in natura che possono apportare variazioni alle caratteristiche tipiche: s'indicano come sottospecie e varietà o forma. Un'ulteriore divisione della specie esiste in base alle leggere diversità nelle caratteristiche morfologiche o nel colore della fioritura. In natura queste differenze rimangono stabili, ma se coltiviamo più piante della stessa specie, queste possono ibridarsi tra loro per via sessuata, e diventare ibridi delle specie stesse, dando origine ad una discendenza con le caratteristiche di entrambi i genitori, quindi anche di entrambi gli ibridi.

La struttura di una Poacea

Alla famiglia delle Poaceae, come in precedenza accennato, fanno parte le specie da tappeto erboso. Qui di seguito è brevemente illustrata la morfologia delle piante appartenenti a questa famiglia poiché, se ben compresa, può essere utile nel processo d'identificazione e può contribuire allo sviluppo di strategie di gestione efficaci.

Le radici

L'apparato radicale è costituito da radici secondarie (si sviluppano dalla parte basale del culmo), fascicolate (tutte di pari efficienza) e superficiali.

Il fusto

Il fusto (o culmo), di forma cilindrica o leggermente appiattita, è generalmente cavo ed articolato in nodi che lo suddividono in internodi. I primi sono strutture rigide e piene ove s'incrociano i fasci cribro vascolari (monocotiledoni: fasci chiusi, senza cambio fra libro e legno), mentre i secondi sono generalmente flessibili e di lunghezza variabile, di norma più brevi nella parte basale.

Le foglie

Le foglie, unico carattere utile alla classificazione delle specie da tappeto erboso data l'assenza di fioriture, sono alterne ed opposte, in numero di due per ciascun nodo e si compongono di due parti. La guaina, detta fessa (tagliata per lungo), può abbracciare in tutto o in parte il culmo e può essere più corta o più lunga dell'internodo superiore al nodo su cui è inserita. La lamina, invece, che è sessile, si trova in diretta comunicazione con la guaina e non avvolge lo stelo, ma si allontana con angolazione variabile.

A livello del punto di contatto fra lamina e guaina si possono osservare dei caratteri che permettono la distinzione fra una specie e l'altra: la ligula, le auricole ed il collare. La ligula è un'escrescenza epidermica cartilaginea, trasparente o di colore bianco che forma una barriera tra lamina e guaina. Può essere di forma tronca, acuta, a margine irregolare, arrotondata, ciliata, oppure, in alcuni casi, assente. Le auricole sono estroflessioni della lamina fogliare di color bianco; possono essere abbraccianti, incrociate, rudimentali o anche mancare. Il collare, infine, è la zona meristemica posta tra la lamina e la guaina che si differenzia da esse per il colore più chiaro. Può essere largo, stretto, diviso (interrotto in corrispondenza della nervatura centrale) o continuo, inclinato, in alcuni casi provvisto di peli al margine, ma mai assente.

La ligula crea una barriera che impedisce la penetrazione dell'acqua nello spazio compreso tra culmo e guaina e, le auricole fungono da canali di scarico dell'acqua bloccata dalla ligula. Le cellule del collare permettono il movimento della lamina.

Il fiore

Il fiore è una sorta di ramo ad accrescimento definito, le cui foglie si sono trasformate per la riproduzione sessuata. È ermafrodita con impollinazione autogama (autofecondazione) e generalmente sono uniti a formare un'infiorescenza (spiga). Il fiore non è presente nei tappeti erbosi a causa dei tagli bassi e frequenti.

Il frutto

Il frutto è una cariosside (seme concresciuto con il frutto) raramente visibile a causa degli sfalci frequenti.

Le graminacee sono in grado di riprodursi per via vegetativa consentendo al tappeto erboso di rigenerarsi. Tale capacità rigenerativa è conosciuta come accestimento, ossia il risultato della ramificazione della parte basale del culmo. Consiste nella produzione di nuovi germogli dalla zona meristemica alla base della pianta (corona). Col termine accestimento ci si riferisce anche al singolo ramo.

Gli accestimenti extraguainali (il giovane germoglio si accresce esternamente perforando la guaina), in alcuni casi, allungano gli internodi dando origine a stoloni e rizomi. Lo stolone è il ramo laterale secondario con sviluppo prevalentemente orizzontale e superficiale. Può produrre radici avventizie e ramificare in corrispondenza dei nodi. Svolge funzione di riserva e propagazione vegetativa al pari del rizoma, ramo laterale secondario che si sviluppa nel terreno, di colore biancastro perché privo di clorofilla. In corrispondenza dei nodi è provvisto di gemme da cui si sviluppano radici avventizie e nuovi rami.

Tra la parte vegetativa aerea dell'erba e la superficie del suolo si può osservare la presenza di uno strato organico compatto denominato feltro. La sua composizione è data principalmente da frammenti di foglie, di culmi e di radici morti o ancora in vita.

Questo strato si forma quando, in una fase di eccessiva crescita del tappeto erboso, avviene uno squilibrio fra il tasso di formazione della sostanza organica morta ed il suo corrispondente tasso di decomposizione. Ciò accade in presenza di cultivar particolarmente vigorose, in condizioni di acidità o di scarso arieggiamento del suolo (che portano ad una minor presenza di lombrichi e microrganismi) e favoriti da eccessivi livelli di nutrizione azotata.

Tra gli effetti positivi della formazione di feltro si fa presente che questo strato fornisce maggiore elasticità al tappeto erboso, incrementa la resistenza al logorio e protegge il suolo dagli stress termici. Tra i negativi, invece, si ricorda che esso causa un incremento di malattie fungine e di attacchi d'insetti, dà origine a chiazze localizzate di suolo idrofobico, incrementa il rischio di scalping e spesso porta a clorosi diffusa sul manto erboso, con conseguente abbassamento della qualità.

Le microterme e le macroterme a confronto

I parametri climatici che influenzano principalmente la distribuzione geografica delle specie da tappeto erboso sono le temperature e le precipitazioni; sono questi i due elementi che definiscono la distinzione fra i due grandi raggruppamenti delle specie utilizzate: le microterme e le macroterme.

Le microterme sono specie tipiche dei climi freddo-umidi del continente euroasiatico. Crescono attivamente durante il periodo più fresco della stagione vegetativa, quando le temperature sono comprese tra i 15° ed i 23°C; durante la stagione calda possono entrare in dormienza e subire danneggiamenti. Al contrario, si definiscono macroterme le specie tipiche dei climi caldo-umidi, caldo-semiumidi e caldo-semiaridi caratteristici dell'Africa, dell'America e dell'Asia. Presentano un optimum di temperatura compreso fra i 27 ed i 35°C. Le temperature di base per l'accrescimento variano, secondo differenze inter ed intraspecifiche, fra gli 0° ed i 13°C, sebbene la maggior parte delle specie, al raggiungimento di queste temperature, metta in atto un meccanismo di sopravvivenza, detto dormienza, caratterizzato visivamente dalla perdita di clorofilla nei tessuti (le piante diventano gialle e/o marroni).

Le due categorie raggruppano le specie da tappeto erboso in considerazione della loro peculiarità fisiologica, in risposta alle sollecitazioni di ordine climatico che ricevono dall'ambiente in cui vivono.

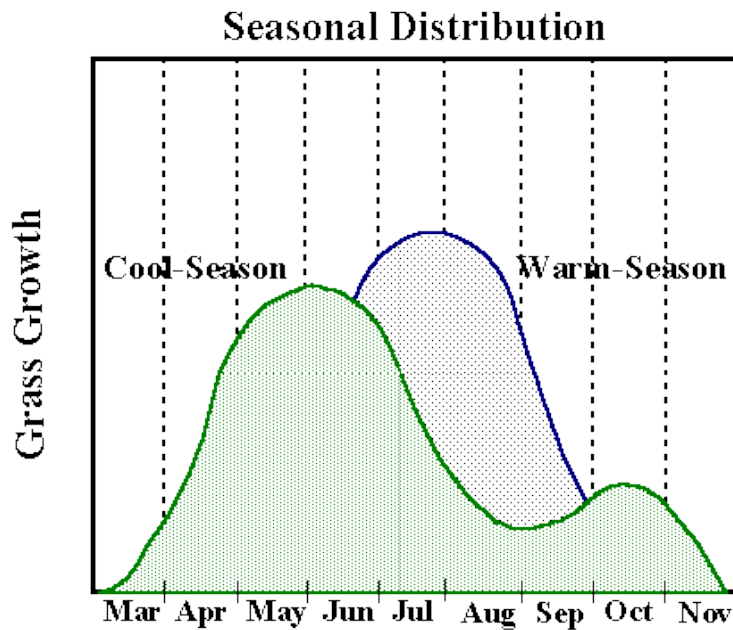


Figura 4: L'andamento stagionale delle micro- e macroterme
Fonte: <http://www.agron.iastate.edu/moore/434/grass.html>

Per quanto riguarda il trend stagionale, come si può osservare dalla Fig. 4, le microterme hanno un'uscita graduale dalla dormienza, un picco di massima attività vegetativa fra i mesi di maggio e giugno, una fase d'inattività durante i caldi mesi estivi ed un secondo picco di crescita, più modesto rispetto al primo, nel mese di ottobre. Poi si avviano repentinamente alla dormienza (novembre). Le macroterme, invece, hanno una repentina uscita dalla dormienza, un picco massimo nei mesi estivi più caldi (luglio-agosto) ed infine un graduale ritorno alla dormienza (settembre).

Si dice dormienza invernale delle micro- e macroterme il periodo temporaneo di cessazione della crescita stimolato dalla diminuzione delle temperature e dalla riduzione del fotoperiodo, in cui entrambe sfruttano le riserve di carbonio accumulate negli organi basali (corona, parte basale delle guaine, rizomi e stoloni). Nelle macroterme comporta anche il disseccamento e la morte di parte dei tessuti fogliari; le microterme, invece, rimangono verdi, anche se il colore perde d'intensità in modo variabile da specie a specie per la perdita solo parziale della clorofilla.

La ripresa vegetativa delle macroterme avviene quando la temperatura del terreno raggiunge i 15°C, mentre può avvenire in qualsiasi momento nelle microterme, purché la temperatura dell'aria e la luce lo consentano.

La distinzione fra micro- e macroterme è data principalmente dalle caratteristiche fisiologiche che riguardano il processo fotosintetico, in particolare al primo prodotto della fissazione del carbonio. Le specie microterme sono dette anche specie C₃ poiché il primo prodotto è un composto a tre atomi di carbonio (acido trifosfoglicerico), mentre le macroterme sono chiamate C₄ in quanto il composto di fissazione è formato da quattro atomi di carbonio (acido ossalacetico).

Oltre alla fisiologia, nel confronto fra specie microterme e macroterme si denota un'importante differenziazione nell'approfondimento radicale: le macroterme presentano un apparato radicale molto sviluppato in profondità (raggiungono addirittura i 50 cm), le microterme, invece, hanno radici distribuite quasi totalmente nei primi 15-20 cm di suolo.

L'impiego delle macroterme nel settore dei tappeti erbosi è dovuto ad una crescita più lenta, se paragonata allo sviluppo delle microterme, ed alla maggiore tolleranza nei confronti di basse altezze di taglio. Le macroterme, inoltre, grazie alla tipologia di habitus vegetativo, alla rigidità fogliare e alla maggiore densità, sono più resistenti al calpestio della maggior parte delle microterme.

Per quanto riguarda i consumi idrici, la resistenza alla siccità è uno dei fattori maggiormente limitanti lo sviluppo dei tappeti erbosi, in particolar modo nelle aree urbane e nei tetti verdi, dove la disponibilità di acqua per l'irrigazione è sempre piuttosto limitata. Una strategia attuabile per ridurre la necessità di irrigare consiste nell'utilizzare specie e cultivar resistenti alla siccità. Il quantitativo di acqua di cui le macroterme hanno bisogno è inferiore rispetto a quello delle microterme in percentuali variabili dal 20 al 45%. Nel caso in cui, invece, la disponibilità idrica sia quantitativamente sufficiente ma qualitativamente scarsa, le macroterme offrono ulteriori garanzie di buoni risultati. Per quanto concerne, ad esempio, la resistenza alla salinità (sia dell'acqua che del terreno), le specie di questo gruppo superano tutte le microterme, grazie a meccanismi che consentono loro di tollerare elevate pressioni osmotiche. Attenzione particolare merita *Paspalum vaginatum*, per la cui irrigazione è possibile utilizzare acque a contenuto di sale elevatissimo (tollera l'acqua marina) o parzialmente inquinate, incluse quelle contenenti metalli pesanti.

Oltre alla problematica della qualità delle acque irrigue, assumono particolare importanza anche i problemi legati all'attacco di funghi fitopatogeni. Nei casi in cui l'attacco fungino porti ad un deterioramento della qualità della superficie inerbita e, soprattutto negli ambiti dove le risorse economiche lo consentono, si rivela spesso necessaria l'adozione di misure di lotta dirette. Un approccio alternativo all'uso di prodotti anticrittogamici è rappresentato dall'impiego di specie e varietà più resistenti alle malattie. Anche per quanto riguarda quest'aspetto, le macroterme risultano, nel complesso, migliori delle microterme.

Come detto in precedenza, prima dell'arrivo della stagione fredda le graminacee da tappeto erboso avviano una serie di processi fisiologici fondamentali rappresentati dal rallentamento della crescita, dall'incremento delle riserve di carboidrati e dalla riduzione del contenuto idrico dei tessuti. Mentre nelle microterme questi processi non causano mai un arresto completo della crescita, nelle macroterme s'instaura un vero e proprio meccanismo di dormienza/stasi vegetativa che comporta la cessazione delle funzioni metaboliche (compresa la produzione di clorofilla), determinante l'arresto della crescita e la perdita di colore. Questo potrebbe essere un aspetto negativo, specialmente nei luoghi in cui il giardino o, in questo caso, il tetto verde venga utilizzato anche durante la stagione invernale. In ogni caso, si può ovviare alla problematica del prato secco invernale con trasemina di microterme o con consociazioni fra micro- e macroterme che assicurano un tappeto di buona qualità per tutto l'arco dell'anno.

Le macroterme, inoltre, sono efficacemente utilizzate nelle zone di transizione. Tali zone sono le aree climatiche in cui sembra ottimale l'abbinamento di specie micro- e macroterme in un miscuglio che assicura una copertura verde del tappeto erboso per tutta la stagione in cui questo viene utilizzato. L'Italia è una tipica zona di questo tipo.

Da un'attenta analisi delle caratteristiche che differenziano le microterme dalle macroterme, si denota che per un ambiente tetto, pur trovandoci in una zona di transizione, risulta maggiormente adatta una specie macroterma. Per questo nella sperimentazione è stato scelto un tappeto erboso in rotoli della specie *Zoysia japonica*, che di seguito verrà analizzata nel dettaglio.

Il genere Zoysia

Al genere *Zoysia* appartengono cinque diverse specie, tra cui solo tre vengono impiegate nella realizzazione dei tappeti erbosi nelle regioni a clima caldo-umido e temperato; esse sono: *Zoysia japonica*, *Zoysia tenuifolia* e *Zoysia matrella*. Si tratta di specie native delle regioni dell'Asia orientale, diffuse successivamente, tramite l'intervento antropico, in tutta la fascia tropicale e subtropicale.

Le *Zoysie* sono caratterizzate da:

- Formazione di un manto erboso estremamente denso e compatto e da crescita molto lenta. Il folto intreccio di stoloni e rizomi forma una coltre praticamente impenetrabile dai semi delle infestanti.
- Bassa velocità d'insediamento e capacità di recupero dei danni, a causa del basso tasso di crescita dei germogli e degli stoloni.
- Eccellente tolleranza alla siccità e al caldo. Sebbene siano relativamente resistenti alle basse temperature, le *Zoysie* non prosperano bene nelle regioni con estati brevi o fredde.
- Buona tolleranza all'ombra quando la loro coltivazione è effettuata nelle regioni caldo-umide.
- Tolleranza al freddo che le rende coltivabili con successo anche nelle regioni temperate. Nelle condizioni ambientali dell'Italia centrale, le *Zoysie* trattengono più a lungo il colore durante l'inverno di tutte le altre macroterme.
- Ottima resistenza al calpestio. La consistenza dura e rigida delle foglie e degli steli conferisce alle *Zoysie*, in piena attività vegetativa, la maggiore resistenza al calpestio tra tutte le macroterme.
- Buona tolleranza alla salinità.

Le *Zoysie* si sviluppano in maniera ottimale su terreni ben drenati e con pH compreso fra 6 e 7. La loro propagazione avviene prevalentemente per via vegetativa.

La Zoysia japonica

La *Zoysia japonica* (*Japanese lawngrass*) è la specie con densità più bassa e tessitura più grossolana: ha una specie di struttura ossea all'interno delle foglie che la rende resistente al taglio e al calpestamento. Al contempo ha un accrescimento più rapido e un adattamento migliore alle basse temperature e necessita di almeno 4 ore al giorno di sole.

Tabella 2: Le peculiarità della *Zoysia japonica*

PARAMETRI	CARATTERISTICHE
Tessitura	medio-fine
Densità	molto elevata
Colore	verde chiaro
Lamina	appuntita e pelosa alla base
Guaina	arrotondata, ciuffi di peli all'inserzione, margini sovrapposti
Ligula	sfrangiata
Auricole	assenti
Collare	pubescente
Habitus di crescita	culmi eretti, portamento strisciante con interazione di rizomi e stoloni
Tipo di suolo ottimale	fine tessitura, fertile, ben drenato, pH 6/7
Velocità insediamento	molto scarsa
Potenziale di recupero	medio-buono
Resistenza logorio	eccellente
Resistenza alte temperature	eccellente
Resistenza basse temperature	buona
Resistenza siccità	molto buona
Tolleranza ombreggiamento	medio-buona
Intensità manutentiva	media-bassa
Esigenze idriche	medie
Impiego	tappeti ornamentali, sportivi e rinverdimenti

La *Zoysia tenuifolia*

La *Zoysia tenuifolia* (*Mascarenegrass*) è caratterizzata da una tessitura medio fine (lamina fogliare sottilissima) e da un'alta densità. L'insediamento è molto lento e ha bisogno di almeno 5-6 ore di sole al giorno perché fra le tre specie è quella più sensibile al freddo.

La *Zoysia matrella*

La *Zoysia matrella* (*Manilagrass*) presenta caratteristiche intermedie alle precedenti.

Come affermato in precedenza, le macroterme sono caratterizzate da un habitus vegetativo stolonifero e rizomatoso che conferisce un'aggressività nell'insediamento e nello sviluppo estremamente elevata. Le conseguenze di quest'attitudine sono rappresentate da una sostanziale maggiore tolleranza alla fruizione, da una grande aggressività nei confronti delle infestanti, da una maggiore capacità di recupero e dall'ottima adattabilità ad altezze di taglio ridotte. Proprio per questi motivi, combinati alla spiccata capacità di adattamento a condizione di elevate temperature ed alla portanza fisica del manto erboso, si ha prediletto per la sperimentazione l'impiego della *Zoysia japonica*.

La scelta della specie maggiormente adatta all'insediamento su di un tetto verde, però, deve inevitabilmente considerare anche tutta la serie d'interventi gestionali da svolgere, dato che la realizzazione di tali attività al di sopra di un tetto può non sempre essere di facile attuazione.

Si procede, quindi, con l'analisi degli interventi spettanti nei confronti di un tappeto erboso costituito da una generica macroterma, indipendentemente dal genere a cui essa appartenga.

1.2.4. Gli interventi gestionali

Il taglio

Il taglio è considerato la più importante pratica culturale eseguita sul tappeto erboso, esso, infatti, influenza i principali processi metabolici e di crescita della pianta.

Con il taglio si asporta una porzione della lamina fogliare che è sede della maggior parte dei processi fotosintetici. Con ciò s'influenza più o meno fortemente il metabolismo e la fisiologia del tappeto. Le Poaceae sono in grado di sopravvivere ai tagli frequenti per la presenza di un continuo sviluppo fogliare che ha inizio alla base della pianta stessa. Un ulteriore problema è legato alla possibile penetrazione di agenti patogeni attraverso la ferita provocata dal taglio. La qualità e la persistenza di un tappeto erboso, quindi, dipende in buona parte da come viene eseguito il taglio.

Alcune conseguenze del taglio

Il taglio è considerato la pratica colturale più importante per il tappeto erboso, che si caratterizza per essere sottoposto a interventi frequenti ed eseguiti in prossimità della superficie del terreno con lo scopo di regolare l'altezza dell'erba. Nell'esecuzione del taglio è fondamentale tenere in considerazione alcuni accorgimenti importanti per garantire la buona riuscita dello stesso.

- Il taglio del tappeto erboso non deve essere effettuato quando la vegetazione è bagnata: in tali condizioni, infatti, si rischia di ingolfare il tosaerba con conseguente rilascio sulla superficie di fitomassa umida e concentrata di difficile decomposizione.
- E' necessario mantenere sempre l'apparato di taglio ben affilato, al fine di garantire un taglio netto della lamina fogliare, riducendo, in tal modo, la possibilità di attacco da parte di patogeni e la perdita eccessiva di acqua dai tessuti recisi.
- Durante l'operazione di taglio è opportuno non tosare il manto erboso sempre nello stesso senso, quest'accorgimento serve per evitare che l'erba si prostri nella direzione del taglio.

La qualità di un tappeto erboso, inoltre, dipende anche, in buona parte, dalle prestazioni della macchina impiegata nell'operazione di taglio.

Tra i vari effetti negativi dovuti al taglio, si ricorda anche l'arresto temporaneo della crescita radicale, la diminuzione della capacità di assorbimento dell'acqua e la possibilità di sviluppo e diffusione di malattie. La ferita prodotta dalla lama del tosaerba costituisce, infatti, un facile punto di accesso per i patogeni. In molti casi si può osservare che la malattia si diffonde seguendo il percorso delle operazioni di taglio.

L'altezza di taglio

Può definirsi come la distanza tra il piano di lavoro (base della ruota, del rullo, della slitta) e il piano parallelo di taglio. Si possono considerare due altezze di taglio:

- L'altezza al banco, cioè l'altezza alla quale il bordo tagliente o la controlama è fissata sopra una determinata superficie di livello. E' l'altezza alla quale si fa generalmente riferimento quando si raccomanda, per una data specie, una certa altezza di taglio.
- L'altezza di taglio effettiva, cioè l'effettiva altezza di taglio sopra la superficie del suolo alla quale il tappeto è stato tagliato. Di solito è una misura più grande dell'altezza al banco a causa ad esempio della presenza o meno di feltro (e della variabilità del suo spessore), della diversa resistenza meccanica dei tessuti vegetali, della flottazione dell'unità di taglio, ecc.

L'altezza di taglio è determinata dalla tipologia di essenza del tappeto erboso, dalle condizioni pedoclimatiche e dalla tipologia di essenze impiegata.

La frequenza di taglio

Con il termine frequenza di taglio ci si riferisce al numero di tagli a cui è sottoposto il tappeto erboso per settimana, mese o stagione. Da non confondersi con il termine inter-taglio che intende l'intervallo di taglio ossia il numero di giorni o settimane che intercorrono tra due tagli successivi.

È buona norma asportare, a ogni taglio, non più del 30-40% (circa 1/3) dell'altezza dell'erba. Tale regola nasce dal presupposto che l'asportazione di una porzione eccessiva di tessuti fotosintetizzanti provoca uno shock fisiologico alla pianta, le cui conseguenze negative si ripercuotono soprattutto sull'apparato radicale. La frequenza di taglio è, pertanto, definita sulla base dell'altezza a cui deve essere mantenuto il tappeto erboso ed è dipendente dalla velocità di accrescimento verticale del manto.

Sulla base di quanto detto è facile intuire che un tappeto erboso nelle condizioni di clima temperato, se correttamente gestito, è sottoposto ad un numero elevato di tagli durante tutto il periodo dell'anno, con la sola eccezione del periodo invernale e parzialmente di quello estivo, nel caso di specie microterme, quando le alte temperature riducono l'accrescimento della vegetazione. Rispettando la regola che prevede di asportare 1/3 dell'altezza dell'esistente parte epigea di tappeto erboso si verifica un aumento della frequenza di taglio al diminuire dell'altezza a cui si esegue il taglio (altezza di taglio).

Le tecniche di taglio

Le varie tipologie di taglio differiscono fondamentalmente per la raccolta o meno dei residui. I residui di taglio, detti clippings, sono il prodotto di risulta delle operazioni di taglio e generalmente vengono raccolti e asportati.

In alcuni casi, invece, si ricorre alla tecnica colturale del grasscycling, conosciuto anche come mulching mower o bioclip. Con tale tecnica colturale i residui del taglio vengono lasciati sul cotico erboso dopo essere stati sottoposti, eventualmente, ad una più o meno intensa triturazione.

Altra tecnica di taglio, solitamente effettuata erroneamente su superfici particolarmente sconnesse, è lo scalping.

Lo scalping consiste nella rimozione di un'eccessiva quantità di foglie in un solo taglio. In genere avviene quando si asporta più del 40% della lamina fogliare. Il tappeto soggetto a scalping appare irregolare, ispido, stopposo e di colore marrone, poiché è stata rimossa la maggior parte del tessuto fogliare (di colore verde) e vengono soltanto lasciati i culmi che hanno colore più tendente al bruno.

Lo scalping è un fenomeno abbastanza comune in aree aventi profili, forme e contorni irregolari oppure che presentino un eccessivo strato di feltro.

Il tasso di recupero dopo uno scalping spesso dipende dall'ammontare delle riserve di carboidrati contenuti nei tessuti rimasti, dal numero dei punti di crescita (punti meristematici) non asportati con il taglio, dalle condizioni ambientali (in particolare disponibilità di acqua, temperatura e luce) e dalla disponibilità degli elementi nutritivi essenziali.

Il mulching mower

Come detto, la tecnica del mulching mower, o più semplicemente mulching, consiste nel rilasciare in loco i residui del taglio. Il ritorno al tappeto per un periodo di tempo piuttosto esteso dei residui di taglio, tende a ridurre la qualità del tappeto erboso stesso. I residui dovrebbero essere rimossi quando:

1. Interferiscono con il tipo di utilizzo del tappeto erboso.
2. Sono troppo grandi o spessi a causa di tagli infrequenti.
3. Lo sviluppo di malattie può essere favorito.

D'altra parte il ritorno al tappeto dei residui di taglio comporta benefici in termini nutrizionali poiché essi arricchiscono il suolo con i principali macro-elementi nutritivi e migliorano la struttura del suolo stesso. Normalmente si afferma che il ritorno dei residui contribuisce alla formazione del feltro; tale affermazione è valida solo ed esclusivamente se il residuo di taglio non è abbastanza sminuzzato.

Gli aspetti positivi

I vantaggi del *mulching* sono numerosi sia da un punto di vista che economico.

L'erba finemente tritata che viene lasciata sul terreno, si decompone rapidamente rilasciando, o meglio restituendo, nel terreno sostanze nutritive per cui il prato avrà meno bisogno di concimazioni aggiuntive. Si possono così ridurre o in alcuni casi eliminare le concimazioni minerali fosfopotassiche, mentre quelle azotate possono essere addirittura dimezzate. Inoltre il terreno si mantiene più umido e questo riduce la necessità d'irrigazioni. Non va dimenticato il fatto che lasciando l'erba sul terreno non è più necessario né portarla fino alla compostiera né, peggio ancora, doverla smaltire.

L'effetto più evidente del rilascio dei residui del taglio in loco è rappresentato da una maggiore intensità di colore del tappeto erboso soprattutto nel periodo invernale.

Gli aspetti negativi

L'apporto di sostanza organica che con il tempo sarà mineralizzata rappresenta una costante nutrizione per le piante che si evidenzia con un aumento dell'accrescimento ed in particolare di quello verticale. L'unico svantaggio, quindi, è il fatto di dover eseguire tagli più frequenti in quanto, se l'erba diventa troppo alta, il tosaerba mulching non è più in grado di assicurare uno sminuzzamento sufficiente. La massima altezza di erba che è possibile tagliare è circa 4 cm.

Infine se il residuo di taglio non è correttamente triturato, il suo rilascio favorisce l'accumulo di feltro e la diminuzione della densità del tappeto erboso poiché se la frequenza di taglio è bassa vengono rilasciati sul tappeto erboso frammenti di pianta di grandi dimensioni. Il deposito di fitomassa in superficie è responsabile di una diminuzione della densità radicale; inoltre, la maggiore disponibilità di elementi nutritivi in superficie riduce l'approfondimento delle radici alla ricerca di nutrienti in profondità.

In conclusione, in un tappeto erboso di macroterme, il residuo andrebbe rimosso durante il periodo primaverile, poiché le piante sono in pieno sviluppo. Andrà invece lasciato in loco durante la stagione estiva in cui la crescita è lenta e le temperature sono elevate. In un tappeto erboso di microterme andrebbe seguita la procedura opposta (raccolta in primavera e rilascio in estate).

La fertilizzazione

Per una corretta gestione del tappeto erboso, tra le altre pratiche manutentive, la fertilizzazione riveste un ruolo di particolare importanza.

La scelta di un idoneo piano di concimazione e l'impiego dei prodotti più appropriati, infatti, hanno una forte influenza sulla resistenza del tappeto erboso a stress biotici e abiotici, oltre ad influire in modo significativo sull'ambiente in cui si opera e a regolare il tasso di crescita del manto.

Gli interventi di fertilizzazione devono però essere scelti in base alle proprietà chimiche del terreno in cui si opera, che possono essere conosciute grazie a preventive analisi del suolo.

Il fabbisogno nutrizionale

Le specie da tappeto erboso richiedono nutrienti per crescere e completare il loro ciclo vitale.

Il terreno trattiene alcuni nutrienti, ma non sempre in quantità sufficiente a soddisfare il fabbisogno nutrizionale delle piante; per questo motivo è necessario prevedere un accurato regime di fertilizzazione per accompagnare la loro crescita.

Il prelievo di elementi nutritivi dal terreno è determinato dalle caratteristiche e dalle condizioni dell'apparato radicale e del suolo. I fattori più importanti che influenzano la mobilitazione dei nutrienti sono rappresentati dalla profondità e dall'estensione laterale delle radici, in particolare per l'intercettazione di elementi poco mobili nel suolo, come il fosforo. Un altro fattore vincolante è l'energia ottenibile dalla respirazione radicale: un'adeguata quota di respirazione si mantiene assicurando una riserva sufficiente di ossigeno nel suolo ed un optimum di temperatura per l'attività radicale.

L'azoto

L'azoto è l'elemento richiesto in maggiore quantità dal tappeto erboso poiché non viene trattenuto dal potere assorbente del suolo. Per questo motivo nei programmi di fertilizzazione viene applicato in dosi più alte e con un maggior numero d'interventi. Essendo soggetto alla dilavazione, quindi causa d'inquinamento, è importantissimo utilizzarlo con dosi corrette e nel momento in cui la pianta ne ha effettivamente bisogno.

Il fosforo

La quantità di fosforo utilizzata dalle specie da tappeto erboso è considerevolmente minore rispetto alle quantità di azoto e di potassio. Il fosforo è un elemento caratterizzato da una bassa mobilità nel terreno: per questo motivo è frequentemente presente in buona quantità, ma in forme non assimilabili dalla pianta.

Questo elemento è presente in larga quantità nei tessuti giovani, nelle regioni meristematiche della pianta ed all'interno del seme ed è particolarmente importante al momento della germinazione: dovrebbe trovarsi disponibile al momento della semina, per assicurare un rapido attecchimento ed una radicazione ottimale.

Il potassio

Rispetto alle richieste della pianta, il potassio è il secondo più importante macroelemento.

Viene assorbito sotto forma di ioni K^+ e può essere dilavato in presenza di suoli a struttura grossolana, dove è bassa la capacità di scambio cationico.

Il potassio è fondamentale nei processi di crescita e di sviluppo ed è facilmente traslocato all'interno della pianta. Regola l'assorbimento e la ritenzione dell'acqua, influenzando così la resistenza al caldo, al freddo e alla siccità, aumentando inoltre lo sviluppo e la ramificazione dell'apparato radicale. Fertilizzazioni potassiche possono contribuire a ridurre gli attacchi di numerosi patogeni fungini.

Il calcio

Il calcio è presente nel terreno sotto forma disponibile all'assorbimento come ione Ca^{++} . La sua mobilità nel suolo è piuttosto ridotta ed è perciò poco soggetto a fenomeni di lisciviazione. È un catione facilmente scambiabile ed è l'elemento più largamente riconosciuto per i suoi effetti sulle proprietà chimiche e fisiche del suolo.

Il ferro

Il ferro è il microelemento più comunemente carente nelle specie da tappeto erboso. La sua disponibilità aumenta con il diminuire del pH. È un elemento importante poiché rientra nella sintesi della clorofilla: ne consegue che il colore del tappeto erboso è strettamente influenzato dalla quantità di ferro disponibile nella pianta.

I sintomi di carenza di ferro sono quindi simili a quelli azotati: si nota un ingiallimento fogliare che coinvolge le foglie più giovani. Generalmente, su tappeti erbosi a medio-alta manutenzione vengono largamente effettuate fertilizzazioni con ferro, solitamente distribuito con una concimazione fogliare.

L'effetto a lungo termine, però, è scarso, poiché è un elemento abbastanza solubile in acqua e quindi soggetto a dilavamento, oppure viene trasformato in forme insolubili ed inutilizzabili. Se combinato con composti organici forma i chelati di ferro, composti stabili difficilmente dissociabili nel suolo e, di conseguenza, meno disponibili a perdite per lisciviazione.

I metodi di applicazione

Quando si concimano i tappeti erbosi è di fondamentale importanza l'uniformità di distribuzione del concime. Per questo motivo si dovrebbero evitare concimi che tendono a polverizzare, preferendo fertilizzanti granulari e soprattutto composti, che riescono a garantire una migliore omogeneità di distribuzione. È importante inoltre valutare le caratteristiche di solubilità del concime scelto che condiziona aspetti quali la lisciviazione, il tempo di risposta della pianta ed il rischio di bruciature fogliari. Solitamente si ricorre a concimi poco solubili e quindi a lento rilascio. Rispetto ai concimi tradizionali i concimi a lenta cessione o a cessione controllata, hanno costi maggiori, ma questi vengono ammortizzati da una riduzione del costo di distribuzione poiché consentono un numero di applicazioni minore rispetto al concime tradizionale.

Per un'ottimale distribuzione è preferibile affidarsi ad uno spandiconcime per la cui scelta dovrebbero essere presi in considerazione fattori quali: uniformità della distribuzione, buoni controlli di chiusura, efficienza dell'agitatore, facilità di regolazione, larghezza di applicazione, capacità del recipiente, facilità di riempimento, facilità di pulizia e ruote di sufficiente dimensione e larghezza. Le tecniche di distribuzione del concime granulare variano a seconda del tipo di spandiconcime.

- Spandiconcime a distribuzione gravitazionale: a volte possono avere difetti di distribuzione, quindi è consigliabile fare due passaggi in senso ortogonale uno dall'altro.
- Spandiconcime a distribuzione centrifuga: basta essenzialmente un solo passaggio in una sola direzione.

Le regole pratiche per il buon esito della concimazione

1. Somministrare il concime dopo le operazioni di taglio (la fitomassa è minore ed è più facile per il concime raggiungere il terreno, nei tappeti erbosi densi vi è il rischio che il concime sia intercettato dalla vegetazione rimanendo temporaneamente sospeso).
2. Lasciar passare alcuni giorni prima di eseguire il taglio (vi è il rischio di asportare con il tosaerba parte del concime o alterarne la distribuzione).
3. Evitare di irrigare subito dopo la distribuzione del concime (lo scorrimento superficiale dell'acqua può accumulare il concime in alcune zone a discapito di altre).
4. In caso di necessità, quando si vuole anticipare l'effetto dell'azoto, è consigliato distribuire l'acqua, però in quantità tale da evitare lo scorrimento superficiale.

Oltre che in forma granulata gli elementi nutritivi possono essere somministrati anche in forma liquida (concimazioni fogliari a pronto effetto). Lo scopo della nutrizione fogliare è quello di far assorbire gli elementi nutritivi direttamente dai tessuti ed è applicata solitamente per correggere le carenze nell'assorbimento radicale.

La concimazione in un tappeto erboso di macroterme

Per le macroterme, soggette ad un periodo più o meno prolungato di dormienza invernale, azoto, fosforo e potassio giocano un ruolo fondamentale nella resistenza al freddo, soprattutto se combinati nelle giuste proporzioni. Piante che ricevono fertilizzazioni autunnali a base di solo azoto sono meno resistenti alle basse temperature, mentre la resistenza aumenta quando vengono somministrati fosforo e potassio. Concimazioni effettuate in tarda estate-inizio autunno, oltre a ridurre la probabilità di danni da freddo, inducono una velocità maggiore nella ripresa vegetativa primaverile, probabilmente grazie all'accumulo di sostanze nutritive che si rendono immediatamente disponibili non appena le temperature s'innalzano.

La distribuzione dell'azoto

Il programma di concimazione azotata per le specie macroterme si differisce a seconda che esse mantengano inverdita la vegetazione in inverno oppure no. Nelle zone a clima temperato, in cui, la porzione epigea ingiallisce e dissecca completamente, la fertilizzazione azotata è piuttosto semplice: si raccomanda la distribuzione di 30-40 kg/ha di azoto per ogni mese del periodo vegetativo (maggio-ottobre).

Per le zone climatiche in cui le macroterme continuano a vegetare anche durante l'inverno, è importante evitare un eccesso di concimazione in autunno, quando la pianta si sta preparando alla dormienza; per il resto si procede ad una normale concimazione con interventi nei mesi di maggio, inizio settembre e dicembre con apporti attorno ai 50 kg/ha e nel mese di giugno una distribuzione pari a 20-30 kg/ha.

La distribuzione del fosforo

È fondamentale un'adeguata distribuzione di fosforo all'atto dell'insediamento del tappeto erboso (concimazione starter). Una volta insediato, è preferibile una ridotta somministrazione di tale elemento, poiché la sua presenza nel terreno può favorire le infestanti, sia come persistenza e sia come germinabilità dei semi e sviluppo delle giovani plantule.

Per motivi pratici, si preferisce distribuire il fosforo contemporaneamente all'azoto mediante concimi composti. Gli eccessi fosfatici nel terreno vanno ovviati mediante l'utilizzo di concimi composti a basso livello di fosforo, o eventualmente evitarne la somministrazione utilizzando concimi semplici.

La distribuzione del potassio

Nonostante le graminacee utilizzino quantità relativamente elevate di potassio, è consigliato non eccedere con la sua somministrazione, soprattutto nei suoli con bassa capacità di scambio cationico (suolo sabbioso). Una quantità eccessiva di questo catione (K^+) determina una saturazione dei siti di scambio a svantaggio di altri cationi quali Ca^{2+} , Mg^{2+} ecc.

Sarebbe consigliabile intervenire solo in presenza dei sintomi di carenza. Poiché è molto difficile individuare carenze di potassio, si tende a distribuirlo come concimazione di base (prima della semina) e successivamente in più apporti, a dosi ridotte, quale rifornimento costante e indispensabile.

L'irrigazione

Con questo termine s'intende quel processo attraverso il quale si apporta acqua al tappeto erboso quando la quantità di acqua piovana non è sufficiente al fabbisogno delle piante.

Nelle aree a clima freddo umido è possibile coltivare il tappeto erboso senza necessità d'irrigazione, purché siano scelte specie e cultivar adatte. Di massima, in queste zone, si mantengono senza irrigazione i tappeti erbosi estensivi di minor pregio. Per i tappeti erbosi ove è richiesta una migliore qualità è comunque prevista l'irrigazione per mantenere sempre elevato lo standard qualitativo.

Nelle regioni arido-desertiche, invece, l'irrigazione è una necessità per la sopravvivenza del tappeto erboso. In queste aree la spesa per l'irrigazione rappresenta la più importante fra tutte quelle necessarie alla conduzione del tappeto erboso, per questo motivo i programmi e le modalità d'irrigazione devono essere valutati molto attentamente.

Anche nelle condizioni climatiche italiane il ricorso al supporto idrico non è quasi mai un'opzione, ma più spesso una necessità. Nel nostro Paese la quantità totale di acqua che raggiunge il terreno a seguito delle precipitazioni atmosferiche sarebbe in molti casi sufficiente per la vita del tappeto erboso, ma la frequenza e la distribuzione delle precipitazioni non consentono il mantenimento del tappeto erboso in condizioni accettabili.

Quando irrigare

Il momento in cui effettuare l'irrigazione dipende dal momento in cui la pianta comincia ad appassire, e il tempo ottimale sarebbe immediatamente prima dell'appassimento. E' piuttosto difficile rispettare questo momento ottimale poiché spesso cause esterne impediscono di intervenire al momento desiderato. L'appassimento si determina quando si realizza all'interno della pianta uno stress idrico dovuto al fatto che la quantità d'acqua persa per evapotraspirazione supera la quantità assorbita tramite l'apparato radicale.

È molto importante che l'irrigazione sia effettuata prima che l'appassimento diventi permanente, in modo da evitare al tappeto danni consistenti. Il modo più semplice per diagnosticare l'imminenza dell'appassimento consiste nel camminare sulla superficie del tappeto ed osservare quanto piegano le foglie, piegate dal peso del nostro corpo, a riassumere la posizione eretta. Tale sistema è detto dell'impronta: le foglie turgide aventi un positivo bilancio idrico tornano erette con immediatezza, mentre quelle in deficit idrico sono decisamente più lente e lasciano per qualche tempo sul terreno l'impronta del piede. Un ulteriore metodo consiste nell'inserire nel terreno una lama di coltello sufficientemente lunga e valutare la resistenza opposta dal terreno alla penetrazione. Il metodo più semplice, comunque, rimane l'osservazione delle lamine fogliari, che tendono a chiudersi, ed il cambiamento di colore del tappeto erboso che, in condizioni di stress idrico prolungato tende a scurirsi.

Una volta preso atto della necessità di intervenire con l'irrigazione bisogna decidere il momento della giornata più opportuno. Il momento ottimale è al mattino presto: la perdita d'acqua per evaporazione è ridotta e la vegetazione si asciuga rapidamente.

Da evitare è l'irrigazione serale o notturna perché il tappeto erboso si mantiene per lungo tempo bagnato, condizione che favorisce la diffusione di malattie ed in particolare di funghi. Effettuare l'irrigazione nelle ore centrali della giornata è sconsigliato: rappresenta uno spreco di acqua dal momento che le alte temperature favoriscono l'evaporazione della stessa. Saranno quindi necessari maggiori volumi irrigui rispetto a quelli forniti nelle prime ore del mattino.

La frequenza d'irrigazione

La scelta della frequenza con cui apportare acqua al tappeto erboso è una decisione molto importante. Irrigare troppo frequentemente può causare la perdita di vigoria e di qualità del tappeto erboso tanto quanto la scarsa irrigazione.

Uno dei principali obiettivi nella gestione del tappeto erboso è quello di sviluppare un apparato radicale esteso e profondo. Sebbene sia ovvio che la frequenza d'irrigazione varia a seconda delle caratteristiche locali e della specie seminata, la regola base per una corretta irrigazione consiste nel somministrare acqua in modo abbondante e infrequente.

L'effetto immediato dovuto alla mancanza di acqua è rappresentato dalla perdita di turgore, seguito dal ripiegamento della lamina fogliare e quindi dalla chiusura degli stomi. In molti casi le specie da tappeto erboso in condizioni di stress idrico variano anche la tonalità di colore che da un verde brillante passa ad un verde scuro-blu. L'effetto a lungo termine di una condizione di moderato e non prolungato stress idrico è rappresentato dall'ispessimento della cuticola e da un maggiore accrescimento dell'apparato radicale.

In alcuni casi non è possibile eseguire l'irrigazione in modo infrequente e abbondante. Nel caso di terreni sabbiosi l'apporto di grandi quantità di acqua risulterebbe uno spreco. La maggior parte dell'acqua somministrata percolerebbe al di sotto della zona esplorabile dalle radici. Per i terreni argillosi, magari compattati, con ridottissima velocità d'infiltrazione dell'acqua (1-3 mm/h), risulta pressoché impossibile irrigare in profondità, l'acqua rimarrebbe troppo a lungo in superficie producendo un effetto analogo a quello prodotto da interventi frequenti ossia un aumento di umidità nell'interfaccia suolo-aria che può durare anche per molte ore. Dal punto di vista agronomico, inoltre, non risulterebbe efficiente poiché parte della stessa andrebbe persa per evaporazione prima di essere utilizzata dalle piante. In queste condizioni estreme è preferibile quindi irrigare frequentemente ma con scarsi volumi.

Salvo queste eccezioni, comunque, la regola che prevede la distribuzione dell'acqua ad intervalli di tempo prolungati dovrebbe essere sempre rispettata, infatti, l'elevata frequenza oltre ad interagire negativamente sullo sviluppo dell'apparato radicale è responsabile dello sviluppo di malattie fungine, insetti e nematodi. Va anche ricordato che la somministrazione frequente di acqua nel periodo caldo (estate) favorisce la germinabilità dei semi delle specie infestanti macroterme.

Quanto irrigare

La quantità di acqua necessaria ad un tappeto erboso è molto variabile e dipende da:

- Specie impiegata.
- Tipo di terreno (tessitura e porosità). Lo stato del terreno è molto importante nella scelta della quantità di acqua da somministrare. Quanto maggiore è il contenuto idrico tanto minore dovrà essere la quantità da apportare; terreni organici e/o a tessitura fine sono in grado di trattenere più a lungo l'acqua e pertanto richiedono in genere minori volumi d'acqua rispetto ai terreni sciolti.
- Condizioni climatiche. I programmi d'irrigazione non possono non tenere in considerazione le precipitazioni totali e la distribuzione delle stesse nel corso dell'anno in una determinata zona.

Questi fattori del resto interagiscono tra loro in modo anche molto complesso rendendo spesso impossibile definire un programma irriguo senza valutazione in loco delle effettive condizioni del tappeto erboso. In media un tappeto erboso in condizioni di normale mantenimento ha bisogno di circa 30-35 mm di acqua per settimana, quantità che può giungere come precipitazioni, irrigazione o entrambe.

La quantità d'irrigazione prevista per le specie macroterme (C_4) differisce da quella prevista per le specie microterme (C_3). La temperatura ottimale per la fotosintesi è minore per le specie a C_3 rispetto a quelle a C_4 . La fotorespirazione è maggiore alle alte temperature e quindi danneggia maggiormente le specie a C_3 . Le specie a C_4 continuano a fissare carbonio e quindi a produrre carboidrati (energia) utilizzando la CO_2 presente nelle cellule della guaina del fascio anche quando nelle giornate calde e siccitose gli stomi sono chiusi. Normalmente le specie a C_4 presentano meno stomi delle piante a C_3 e quindi consumano meno acqua. Concludendo le macroterme sono più adatte delle microterme ai climi caldo-aridi. Durante i periodi di prolungata mancanza d'acqua si verifica una riduzione dello sviluppo radicale a seguito della ridotta produzione di carboidrati. Le specie microterme caratterizzate da apparati radicali generalmente superficiali, si trovano, anche per questo, in forte difficoltà in condizioni di carenza idrica.

Come si è potuto apprendere dalla parte della gestione del tappeto erboso, affinché si desideri avere un tappeto erboso di una certa qualità, è doveroso impiegare tempo e denaro. Innanzitutto per la realizzazione di un tappeto erboso di un qualsiasi tipo è di primaria importanza valutare le dimensioni dell'area d'intervento. Nel caso di tetti verdi, siano essi di tipo intensivo e/o estensivo, l'area d'intervento risulta essere di ridotte dimensioni. Sotto un certo punto di vista, quindi, l'area in questione potrebbe beneficiare di attenzioni particolari e la cura dei dettagli potrebbe raggiungere il massimo grado. D'altro canto, la limitata estensione potrebbe rendere poco efficiente sia tecnicamente che economicamente la cura del verde.

Per ovviare a questi problemi gestionali ed avere un tappeto erboso che assolvi nel miglior modo al suo compito ecologico, con questa sperimentazione ci siamo prefissati di perseguire l'obiettivo di limitare all'essenziale il lavoro di manutenzione in un tetto verde.

La completa assenza di manutenzione nei tetti verdi è probabilmente un obiettivo irrealizzabile. Per i tipi estensivi e semi-estensivi il mantenimento può essere limitato ad una serie di semplici attività annuali. Bisogna enfatizzare che l'obiettivo per cui i tetti verdi sono progettati è quello di minimizzare la manutenzione e ridurre o eliminare il bisogno di risorse esterne, come fertilizzazione o irrigazione, dove possibile.

Per perseguire quest'obiettivo è stata scelta la specie *Zoysia japonica* per la sua limitata richiesta di manutenzione e per la lenta crescita, motivo per cui richiede un numero minimo di tagli. Ci siamo poi posti delle domande per cercare delle strategie utili ad abbassarne ulteriormente la manutenzione. In particolare sono sorti questi quesiti: se si lascia il residuo del taglio che cosa succede? La crescita dell'erba risulta inferiore o uguale o addirittura superiore? L'utilizzo del mulching ci permette di ridurre gli interventi di concimazione? E per quanto riguarda la qualità del manto erboso, questa risulta incrementata dal rilascio dei residui oppure possiede un livello comparabile a quello di un tappeto comune? Per rispondere a queste domande, la sperimentazione ha valutato attentamente questi aspetti, osservando e paragonando tappeti a gestione normale con altri mantenuti con la tecnica del mulching.

1.2.5. La modalità di valutazione (James B. Beard, nd)

La valutazione del tappeto erboso è complessa, è un problema difficile. Perché una zona del tappeto erboso è considerata di alta qualità mentre un'altra è giudicata per essere di qualità scadente? La qualità del tappeto erboso è un termine relativo che varia con il tipo di manto erboso, il periodo dell'anno, la persona che effettua la valutazione e il fine per cui il tappeto erboso deve essere utilizzato. Il grado di dettaglio coinvolto nel valutare la qualità del tappeto erboso varia con le esigenze e gli obiettivi della persona che effettua la valutazione.

La qualità di un tappeto erboso è difficile da misurare quantitativamente considerato che dipende da molte caratteristiche e molti fattori. Le caratteristiche del tappeto erboso di alta qualità sono state istituite nel corso degli anni dalla preferenza personale e delle esigenze degli utenti. Ci sono sei componenti basilari utilizzate per la qualità del tappeto erboso: l'uniformità, la densità, la tessitura, l'abito di crescita, la levigatezza ed il colore. L'importanza relativa di questi componenti varia a seconda dello scopo per cui viene utilizzato il tappeto erboso.

L'uniformità

Un tappeto erboso di alta qualità deve essere estremamente uniforme in apparenza. La presenza di aree nude, erbacce, difetti dovuti a insetti, lesioni o malattie o un abito di crescita irregolare abbassa il livello di qualità del tappeto erboso. Una stima visiva è la misura più rappresentativa disponibile per la valutazione dell'uniformità.

La densità

La densità è uno fra i più importanti componenti della qualità di un tappeto erboso. Le valutazioni di qualità visiva sono correlate positivamente con la densità. La densità del tappeto erboso può essere misurata quantitativamente contando il numero di accestimenti o foglie per unità di superficie (solitamente in dm^2). Il conteggio degli accestimenti è da preferire a causa della maggiore facilità e precisione con cui i conteggi possono essere fatti. Un'alta densità di accestimenti o piante sui tappeti erbosi è anche voluta per limitare l'invasione delle infestanti. Sono stati fatti tentativi per misurare la densità utilizzando un densitometro a transistor. La tecnica non è stata finora sufficientemente perfezionata per essere utilizzata come metodo standard per la determinazione della densità dei germogli sul tappeto erboso. In ogni caso la misurazione con questo strumento dovrebbe essere presa subito dopo la falciatura.

Tabella 3: Le classi di densità

Densità relativa	Germogli/dm ²
Alta densità	> 200
Media densità	100-200
Bassa densità	< 100

La densità degli accestimenti varia a seconda della specie e della cultivar del tappeto erboso; e all'interno della stessa cultivar varia al variare del regime culturale, dell'ambiente e del periodo dell'anno. Anche il tasso di semina e il grado di distribuzione iniziale possono essere fattori importanti per determinare la densità degli accestimenti. Un'adeguata umidità del terreno, un taglio frequente ed una corretta concimazione azotata generalmente aumentano la densità degli accestimenti.

La tessitura

La tessitura del tappeto erboso è una funzione della larghezza della lamina fogliare. Una tessitura media-fine, che va da 1,5 a 3 mm di larghezza, è generalmente preferita per la maggior parte dei tappeti erbosi. Le misurazioni comparative per la tessitura fogliare devono essere fatte con foglie della stessa età o stadio di sviluppo che dovrebbero essere messe nella stessa posizione nel tappeto erboso.

Tabella 4: Le classi di tessitura

Categorie di tessitura	Larghezza fogliare (mm)
Molto fine	< 1
Fine	1-2
Media	2-3
Grossolana	3-4
Molto grossolana	> 4

Le pratiche culturali come l'altezza di taglio e la concimazione influenzano la tessitura, che varia anche con la densità e con lo stress ambientale. Nella realizzazione di miscele di semi e miscugli vari da tappeto erboso, è preferibile utilizzare cultivar e specie aventi una tessitura fogliare simile con lo scopo di ottenere un aspetto uniforme.

L'abito di crescita

Per abito di crescita delle specie da tappeto erboso s'intende il portamento della pianta. L'accuratezza della traiettoria di una pallina è influenzata dal *grain*, che è la tendenza di alcune specie di svilupparsi orizzontalmente in una o più direzioni (portamento plagiotropo, tipico delle specie rizomatose e stolonifere) piuttosto che verticalmente (portamento ortotropo, tipico delle specie cespitose). Un tappeto erboso di qualità, quindi, è caratterizzato da un portamento di foglie e steli rette. Un corretto portamento dipende non solo da una scelta conscia della specie, ma anche dalle alterazioni che può subire il tappeto erboso a causa del taglio. In questo caso si parla di effetto *grain*: le foglie tendono a prostrarsi nella direzione del taglio quando questo viene eseguito con lame elicoidali sempre nella stessa direzione.

La levigatezza

La levigatezza è una componente particolarmente significativa per quanto concerne la qualità di un tappeto erboso. Il green deve essere libero da ostacoli o buche che potrebbero deviare la traiettoria di una pallina. L'abito di crescita e la levigatezza sono valutati attraverso una stima visiva o attraverso l'accuratezza e la distanza effettuata dalla rotazione di una pallina. Tuttavia non è stato ancora perfezionato un metodo rapido e accurato per misurare quantitativamente questa componente della qualità del tappeto erboso.

La levigatezza e la linearità, essendo caratteristiche della superficie, dipendono dal taglio: un taglio mal eseguito fa diminuire la qualità estetica del manto erboso provocando ondulazioni oppure lacerazioni della parte terminale della lamina fogliare che può risultare così slabbrata e opaca.

Il colore

Il colore è una valutazione della composizione spettrale della luce attraverso il senso visivo. Come l'energia radiante entra in contatto con il tappeto erboso, determinate lunghezze d'onda sono assorbite e trasmesse mentre altre lunghezze d'onda sono riflesse. Le onde riflesse nel raggio compreso tra 380 e 760 μm sono percettibili dall'occhio umano come il colore del tappeto erboso. Il colore è uno dei migliori indicatori disponibili riguardanti lo stato generale del manto erboso. Una perdita di colore verde può indicare lo sviluppo di problemi correlati alla nutrizione, alle malattie, agli insetti, ai nematodi, ad un'eccessiva quantità d'acqua, all'avvizzimento o altri stress ambientali. Il colore del tappeto erboso è fondamentalmente una preferenza personale; un colore verde scuro viene preferito dalla maggior parte delle persone. Il colore del tappeto erboso è difficile da misurare perché è una combinazione di foglie, steli e ritagli verdi, marrone chiaro e marrone, anziché essere un unico colore verde uniforme.

L'indice di misura di clorofilla si utilizza per conoscere il contenuto di clorofilla (mg di clorofilla/dm² di cotico erboso). Questo indice è efficace nel misurare certe risposte nutrizionali, ma non risponde agli effetti del taglio, irrigazione o ombreggiatura.

Lo spettrofotometro portatile a fascio è utilizzato per valutare oggettivamente il colore dei tappeti erbosi. Questo metodo di misura attua una proporzione a due: relaziona la riflessione della lunghezza d'onda con le valutazioni visive del colore. Questo metodo di valutazione è correlato con il colore del tappeto erboso, ma non rappresenta il vero colore del manto erboso nel suo complesso. Forse la misura accurata del colore del tappeto erboso non è critica in quanto l'accettabilità del colore si basa sulle preferenze personali e non influenza i principali componenti della qualità.

Le tavole cromatiche (Tavole di Munsell) sono utilizzate come punti di riferimento nella determinazione del colore effettivo del tappeto erboso. Questa tecnica è comunemente utilizzata in pieno campo per determinare il colore, nonostante sia difficile a causa della sua natura variegata. La misura della luce riflessa dalle piante costituenti la cenosi erbacea, infatti, dipende dalla stagione, dalle specie e dalle varietà.

La natura complessa della qualità del tappeto erboso ha impedito, quindi, lo sviluppo di adeguate misure quantitative che non comportano un approccio empirico in una certa misura. Ciascuno dei sei componenti di qualità dei tappeti erbosi varia con le specie, le cultivar e con i sistemi culturali. Un qualsiasi componente di qualità non è necessariamente rappresentativo della qualità complessiva. Inoltre, l'importanza relativa di ciascun elemento di qualità varia con l'uso specifico per il quale è stato stabilito il manto erboso. A causa della natura unica di qualità del tappeto erboso, la stima visiva è il metodo più pratico, rapido, e rappresentante di valutazione ora disponibile.

Le persone hanno tentato di misurare la qualità complessiva sommando i valori ottenuti dalla misurazione di ogni singolo componente della qualità del tappeto erboso. I coefficienti ponderati sono stati assegnati ai componenti basati sull'importanza stimata di ciascun elemento. Il valore di ciascun elemento varia secondo lo scopo per cui il tappeto erboso deve essere utilizzato e l'ambiente in cui il manto erboso deve essere coltivato. Questo metodo inoltre necessita, per alcune parti, di un approccio empirico o di osservazione.

La stima visiva o voto dovrebbe essere fatta da diversi osservatori competenti su base indipendente. Le valutazioni sono fatte su una delle tante scale arbitrarie e con la media dei punteggi. Un sistema di punteggio comune comporta un intervallo da 1 a 9 con 1 classificato come di qualità peggiore possibile e il 9 di qualità migliore o viceversa. Vista l'evidente soggettività della stima visiva, l'affidabilità di quest'approccio è limitata dalla capacità e, in altra misura, dal metodo usato dallo stimatore. Le stime visuali sono di tipo quantitativo all'interno di un esperimento, ma il confronto delle stime tra i luoghi, anni, ed estimatori sono limitate ad una base relativa. Anche con i suoi limiti, sembra che le osservazioni visive continueranno ad essere usate nella valutazione della qualità del tappeto erboso finché non sarà ideato un metodo più obiettivo.

2. SCOPO DEL LAVORO

È ben noto, oramai, che i tetti verdi, sia di tipo estensivo che intensivo, stanno acquisendo sempre maggior importanza nel territorio nazionale. Per studiare alcuni aspetti inerenti la gestione dei tetti verdi a tappeto erboso (prati-tetti), è stata realizzata una sperimentazione presso l'Azienda Agraria Sperimentale "Lucio Toniolo" dell'Università degli Studi di Padova. A tal fine sono state ricreate, in appositi contenitori, le condizioni di tetti verdi intensivi leggeri a tappeto erboso, impiegando una specie a bassa intensità di gestione: *Zoysia japonica*. Nel presente lavoro sono stati presi in esame la qualità del manto erboso, la produzione in sostanza secca e la velocità di crescita verticale, ponendo a confronto la concimazione inorganica tradizionale con la tecnica colturale del mulching che prevede il rilascio dei residui del taglio in loco.

3. MATERIALI E METODI

Nell'arco di tempo compreso tra la metà di giugno e la fine di ottobre, presso l'Azienda Agraria Sperimentale dell'Università degli Studi di Padova sita nel Comune di Legnaro, è stata realizzata una prova sperimentale di campo. L'attività di ricerca svolta riguardava la simulazione di coperture a verde di tipo intensivo. Sono stati realizzati dei cassoni in legno che rappresentavano dei tetti verdi vegetati che sono stati opportunamente riempiti con il substrato di coltura sul quale è stato posto un tappeto erboso in rotoli di *Zoysia japonica* varietà Zenith. Sono stati posti a confronto due trattamenti: tappeto erboso concimato con concime chimico e tappeto erboso coltivato con il rilascio dei residui del taglio e concimato solo in parte con concime chimico.

3.1. La costruzione dei cassoni

Presso l'azienda agraria sono stati realizzati undici cassoni in legno della misura di 1 m², ognuno con profondità pari a 30 cm. Ciascun contenitore rappresenta una mini copertura a verde che simula un tetto di tipo intensivo leggero: tre cassoni sono stati lasciati privi di vegetazione, mentre i restanti otto sono stati ricoperti da un tappeto erboso della specie *Zoysia japonica*.

3.1.1. Materiali utilizzati

- Legno di abete trattato
- Chiodi
- Impregnante
- Ferro per cavalletti di supporto
- Antiruggine
- Telo impermeabile trasparente
- Materiale drenante preformato in plastica GEODREIN® (Geoplast S.p.a.)
- Tessuto non tessuto
- Argilla espansa
- Raccordi a Y per scarichi
- Contenitori graduati per la raccolta dell'acqua
- Substrato colturale VULCAFLOR® per estensivo (Europomice S.r.l.)
- Tappeto erboso in rotoli specie *Zoysia japonica* var. Zenith fornito dalla Poliflor

3.1.2. Fase di assemblaggio

Il legno è stato assemblato per formare, come anticipato sopra, dei contenitori di 1 m² e aventi una profondità di 30 cm. A cassoni ultimati è stato applicato uno strato d'impregnante, per aiutare la conservazione del legno il più a lungo possibile.



Foto 1: a) Legno assemblato in cassoni da (1 x 1 x 0,30) m; b) Impregnante su cassoni ultimati

Una volta che i cassoni si sono completamente asciugati, si è eseguito sul fondo del cassone un foro di circa 5 cm di diametro per applicare il raccordo di plastica per il deflusso dell'acqua. In seguito è stato applicato un telo impermeabilizzante. Sono stati tagliati, quindi, dei quadrati di 1,50 m² in modo da ricoprire anche le pareti interne dei contenitori e permetterne l'ancoraggio esterno tramite spara-punti da legno.



Foto 2: a) Foro con raccordo per lo scarico dell'acqua; b) Telo impermeabile

Per il sostegno degli undici cassoni in legno, infine, è stato necessario predisporre dei cavalletti rettangolari in ferro. Per permettere, però, di variare la loro inclinazione una volta appoggiati sopra sono stati realizzati 3 cavalletti rettangolari da (2,5 x 0,80 x 0,70) m ed un che misura (1,25 x 0,80 x 0,70) m. Le varie parti metalliche della struttura sono state elettrosaldate e verniciate con materiale antiruggine e di protezione.



Foto 3: a) Cavalletti di supporto verniciati; b) Materiale drenante GEODREIN®

A questo punto s'iniziano ad inserire all'interno dei contenitori le componenti che costituiscono la stratificazione del tetto verde. Per prima cosa si dispone nella base in legno dei cassoni un materiale drenante preformato in plastica, il GEODREIN®. Nel dettaglio s'inseriscono 4 quadrati da 50 cm² agganciati fra loro tramite ganci di plastica presenti su ogni lato.

Le caratteristiche che presenta questo materiale sono:

- Materiale: polipropilene rigenerato (PP) al 100%
- Dimensioni: (50 x 50 x 6) cm
- Resistenza a compressione: 6000 kg/m²
- Superficie drenante: 1144 cm²/m²
- Riserva idrica: 20 l/m²
- Peso al m²: 4 kg

Dopo un'attenta osservazione è stato inserito all'interno degli spazi vuoti del modulo di plastica dell'argilla espansa di diametro che varia dai 6 ai 20 mm. L'argilla espansa, infatti, oltre a creare una base piana per poi adagiare sopra il tessuto non tessuto senza creare affossamenti, aiuta a trattenere l'acqua in profondità creando un'ulteriore riserva. Se non si fosse inserita l'argilla espansa negli spazi vuoti, il tessuto non tessuto con il peso del substrato si sarebbe lacerato e avrebbe perso la sua funzione di filtro delle particelle più grosse di terriccio, rischiando quindi un'ostruzione a livello dei fori del materiale in plastica.



Foto 4: a) Argilla espansa; b) Tessuto non tessuto (strato filtrante)

Per lo strato filtrante, quindi, è stato utilizzato il tessuto non tessuto. All'interno di ogni contenitore è stato messo un quadrato di tessuto di $1,15 \text{ cm}^2$ per avere del materiale in più da poter far risalire lungo i bordi allo scopo di aver un maggior filtraggio e una maggior resistenza.

Lo strato successivo che è stato sistemato è il substrato colturale (VULCAFLOR®) che è stato fornito dall'Europomice S.r.l. Questo è un elemento fertile ed è costituito dalla miscela di materiali vulcanici (pomice e lapilli di cui circa il 90% lapillo vulcanico e il 10% pomice di granulometria compresa tra 0 e 10 mm) e sostanza organica (tipo torba bionda di granulometria media). Fonte: Europomice.it



Foto 5: a) Substrato VULCAFLOR® in dettaglio; b) Cassoni riempiti con il substrato colturale

Le caratteristiche del substrato VULCAFLOR® sono:

- Peso specifico: da 950 a 1050 kg/m³
- Granulometria: da 0 a 10 m
- Permeabilità: superiore a 0,6 mm/min saturo e compresso; maggiore di 6 mm/min in condizioni normali
- Ritenzione idrica (acqua disponibile/utile): dal 9 al 15% in volume
- pH: tra 6,5 e 7,4
- Sostanza organica: 8%

Ciascun cassone è stato così riempito con uno strato di 18 cm di terreno; si sono lasciati circa 4 cm di bordo esterno di legno. Prima di stendere il tappeto erboso in rotoli, tuttavia, è stato bagnato lo strato colturale per compattare il terreno ed eventualmente intervenire con un reintegro del materiale. Lo strato colturale è stato irrigato anche per trattenere una discreta quantità di umidità per favorire attecchimento e radicamento del tappeto erboso, e per dilavare il materiale in preparazione di una futura campionatura dell'acqua che defluirà al di sotto. Sono stati utilizzati 20 litri d'acqua per contenitore.

Lo schema sperimentale adottato è stato il blocco randomizzato a tre ripetizioni le cui tesi erano rappresentate da:

- un cassone con tappeto erboso in rotoli al quale veniva asportato il tagliato e concimato con $180 \text{ kg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ di N e frazionato in due interventi di pari entità (maggio e agosto);
- un cassone con tappeto erboso al quale veniva lasciato il tagliato materiale di taglio (tecnica del mulching) e concimato con $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ di N con un solo intervento a maggio;
- un cassone col solo strato colturale, concimato con $180 \text{ kg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ di N e frazionato in due interventi di pari entità (maggio e agosto).

Oltre a questi contenitori (per un totale di 9) ve ne sono due detti di recupero che servono per il reintegro del materiale per il mulching. Nel dettaglio, come si può osservare dalla figura sottostante, le diverse tipologie di cassone che compongono la terzina sono disposte in una posizione che varia in ognuno dei tre raggruppamenti per poter contenere l'influsso di un cassone nel suo più prossimo quindi limitare il numero di variabili.

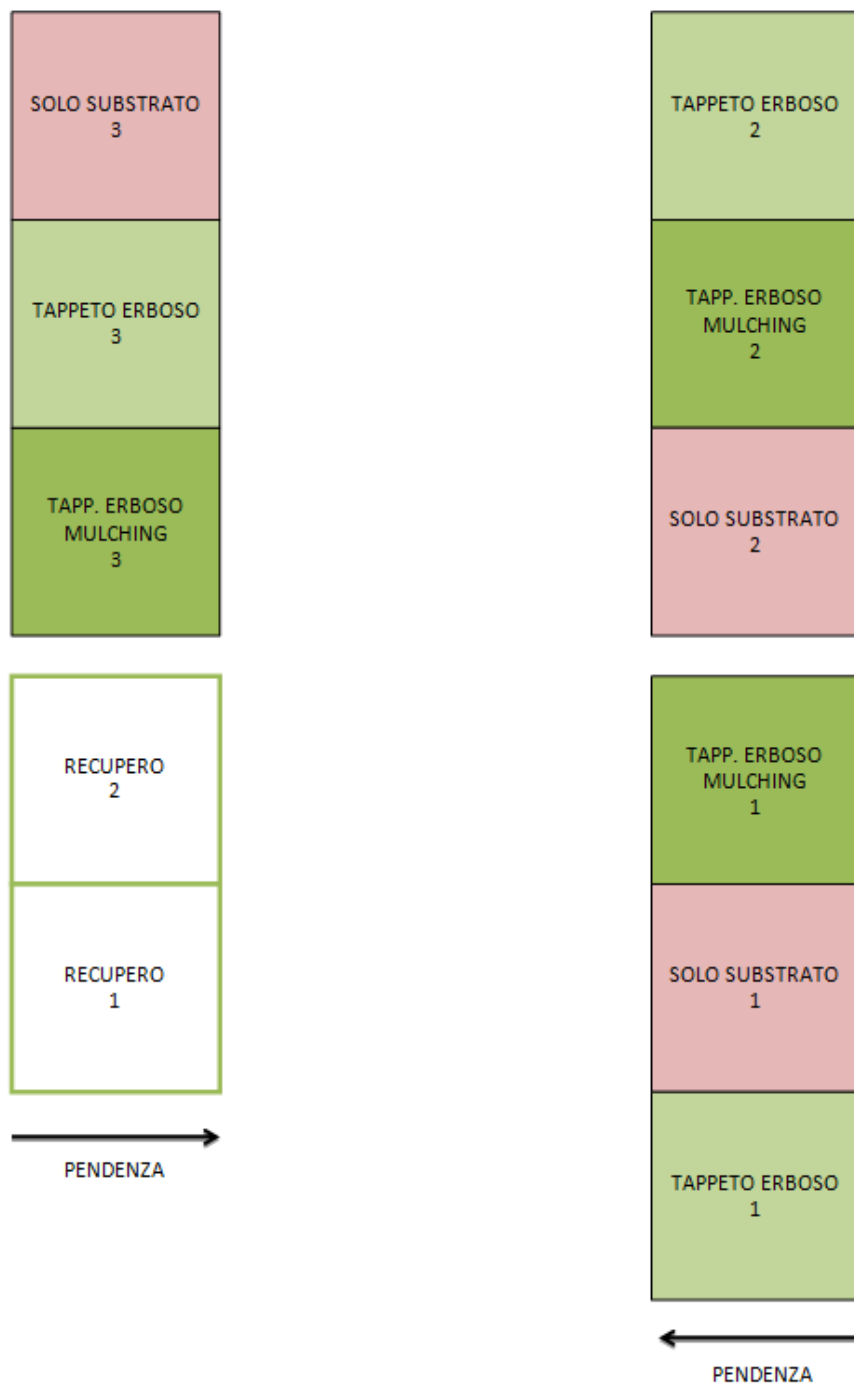


Figura 5: Schema parcelle

Per il posizionamento della vegetazione nei cassoni i rotoli del tappeto erboso sono stati tagliati e collocati sopra le parcelle, saltando quelle che devono rimanere solamente con il terreno. I due rotoli avanzati, invece, sono stati posti in disparte su uno strato di sabbia per formare una sorta di vivaio da poter utilizzare nel caso vi fosse bisogno di sostituire o integrare parte del tappeto erboso.



Foto 6: a) Misurazione del tappeto erboso in rotoli; b) Tappeto erboso tagliato ed adagiato sul substrato

Il tappeto erboso in rotoli, come più volte ripetuto, appartiene al genere *Zoysia japonica* var. Zenith. È stata utilizzata una specie macroterma perché, come ben trattato nel capitolo dedicato alle micro- macroterme, oltre a prediligere climi caldo-umidi, si adatta anche a climi freschi e di transizione. In particolare la varietà Zenith è stata selezionata poiché resiste a climi più freschi caratterizzati da inverni piuttosto freddi ed ha una buona resistenza alle condizioni di eccesso di luce, o di ombra, e di umidità tipici dell'Italia settentrionale.

Tale varietà viene utilizzata per la formazione di tappeti erbosi ornamentali e sportivi. Presenta una densità molto elevata, una tessitura fine (lamina fogliare di 3-7 mm di larghezza), un colore verde chiaro e una crescita prostrata. Si ottengono tappeti erbosi di elevato valore estetico ed elevata resistenza alla siccità, al calpestamento ed all'ombreggiamento.

Fra gli aspetti negativi si evidenziano limitate velocità di germinazione, d'insediamento, di rigenerazione e una formazione elevata di feltro. Eccetto la fase d'insediamento, la cui lentezza favorisce l'instaurazione delle infestanti, quando il tappeto erboso è ben formato ha una compattezza tale da limitarne lo sviluppo.



Figura 6: *Zoysia japonica* var. Zenith
Fonte: zoysias.com

Una volta ultimata la stesura del tappeto erboso, la superficie è stata annaffiata abbondantemente con un getto d'acqua il più possibile vaporizzato per evitare un immediato dilavamento delle particelle più fine di substrato sul fondo dei contenitori. Allo stesso modo sono stati irrigati anche i cassoni privi di copertura a tappeto erboso. Per favorire la raccolta dei deflussi, al di sotto di ogni singola parcella sono state sistemate due taniche da 20 l.



Foto 7: Struttura completa della sperimentazione

3.2. Rilievi e modalità di gestione

La sperimentazione riportata nel seguente lavoro è la continuazione della prova in campo avviata il 28 aprile 2011, giorno in cui è avvenuta la posa del tappeto erboso.

Il mio predecessore, il dott. Alessandro Simonato, fin dall'inizio ha riscontrato una problematica sull'insediamento del tappeto appena deposto, che ha visibilmente segnato in modo negativo la qualità dei rotoli posti al di sopra dei cassoni. Questa problematica, molto probabilmente legata alle caratteristiche granulometriche del substrato (eccessivamente grossolano), ha portato ad una variazione nell'iniziale piano di concimazione ed irrigazione. Le modifiche, comunque, sono state apportate alla sola fase insediativa, di competenza di chi mi ha preceduto. Da me, poi, il piano è stato proseguito secondo le disposizioni iniziali, come vedremo in seguito, in particolare una volta che i difetti legati al lento insediamento sono andati via via scemando.

Passando ad analizzare le attività che venivano effettuate periodicamente nella gestione dei cassoni, si ricorda che, contemporaneamente alla sperimentazione riguardante il tappeto erboso, è stata eseguita un'analisi della qualità e quantità dei deflussi derivanti da eventi meteorici ed irrigui, curata dal dott. Michele Pegolo.

3.2.1. Valutazione della qualità estetica del manto erboso

Con cadenza settimanale si procedeva all'analisi delle condizioni generali del tappeto erboso. Ci si recava in azienda e si quantificava con un punteggio compreso tra 1 e 9 (come descritto nel cap. 1.2.5) l'aspetto estetico generale, l'intensità del colore e la densità del tappeto erboso di ogni parcella. I dati venivano inseriti in opportune tabelle in file Excel, per poter essere elaborati e consentire la costruzione di grafici utili nella valutazione dei risultati.

3.2.2. Determinazione della velocità di crescita verticale e della produzione in sostanza secca

Ogni due settimane, oltre alla valutazione della qualità del manto erboso, si procedeva al taglio preceduto dalla misurazione dell'altezza dell'erba.

L'altezza dell'erba si determinava mediante l'utilizzo di un'asta graduata secondo lo schema in Fig. 7. Anche questi dati sono stati riportati in tabelle ed utilizzati per la costruzione del grafico riguardante l'accrescimento.

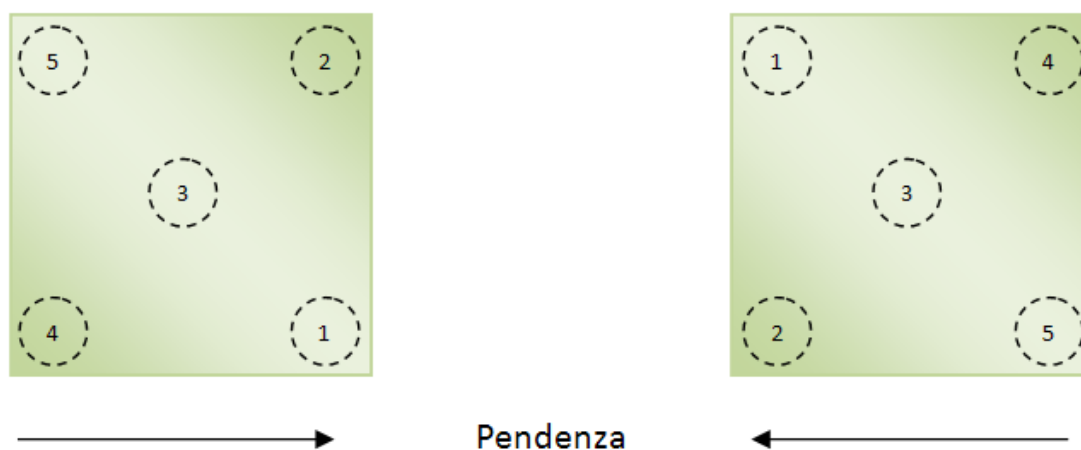


Figura 7: Mappa dei rilievi

Dopo aver compiuto la misurazione, si procedeva al taglio vero e proprio, utilizzando un tosaerba a batteria, chiamato anche Trimmer, di tipo Bosch. Lo sfalcio veniva effettuato ad un'altezza di 20 mm utilizzando un'asse di metallo come livello di riferimento ed i residui del taglio venivano accuratamente raccolti in vaschette di alluminio riportanti un cartellino d'identificazione del cassone di provenienza. Questa pratica veniva attuata indistintamente in ogni parcella con tappeto erboso, inclusi i due cassoni aventi funzione di reintegro del materiale asportato denominati Recupero 1 e Recupero 2.

I residui del taglio venivano poi pesati utilizzando una bilancia elettronica (precisione 0,001 g) ed i pesi registrati in file Excel. Attraverso le pesate riguardanti i residui provenienti dalle parcelle con mulching veniva predisposto il materiale da reintegrare sui tappeti erbosi, sfruttando l'erba ottenuta dal pareggio effettuato sui cassoni Recupero e, se non sufficiente, anche quella disponibile sulle strisce poste a terra.

Una volta predisposto l'ammontare di sostanza verde da reintegrare, si procedeva immediatamente allo sminuzzamento accurato dell'erba con l'utilizzo dei mezzi a disposizione, solitamente adoperando mezzaluna e tagliere. L'operazione andava fatta nel minor tempo possibile per limitare la perdita d'acqua dai tessuti fogliari. Il materiale triturato veniva distribuito uniformemente sulle parcelle sottoposte a mulching in quantità pari a quella effettivamente asportata col taglio.

Dopodiché il lavoro procedeva all'interno dei laboratori del Dipartimento di Agronomia e Produzioni Vegetali nel polo di Agripolis, in cui le vaschette contenenti il materiale raccolto venivano poste in stufa a 105°C per 24 ore, per consentire l'evaporazione completa dell'acqua contenuta nei residui del taglio. Una volta ultimata l'essiccazione, le vaschette venivano nuovamente sottoposte a pesatura ed i dati, ancora una volta, riportati in tabelle per un confronto del contenuto idrico nei tessuti vegetali.

3.2.3. Gestione delle parcelle

Concimazione

Come detto in precedenza, la fase d'insediamento è stata piuttosto gravosa a causa della granulometria grossolana del substrato culturale. Questa problematica ha influito sul piano di concimazione predisposto dal mio predecessore attraverso l'incremento delle dosi per rinvigorire il tappeto erboso.



Foto 8: Nitrophoska Gold

In particolare il mio predecessore ha effettuato quattro concimazioni fogliari con Flory 3 (15-10-15 + 2% di magnesio), distribuito attraverso due passaggi incrociati per ogni cassone con una dose pari a 50 g/10 l utilizzando una pompa a spalla con getto vaporizzato.

In seguito, a causa della forte sofferenza osservata nella crescita del tappeto erboso, il dott. Simonato ha somministrato a ciascuna parcella 60 g/m² di Nitrophoska Gold (composizione: 15-9-15 + 2% magnesio + 20% zolfo) a fine maggio. Una volta ultimata la parte di sua competenza, ha lasciato a me la prosecuzione del piano originario di concimazione, che prevedeva un ulteriore intervento a fine agosto che avrebbe interessato solamente le parcelle vegetate a tappeto erboso senza l'applicazione del residuo (no mulching) ed a quelle prive di vegetazione.

Il concime è stato pesato in 11 vaschette ed è stato distribuito a mano in modo omogeneo su ciascuna parcella, avendo cura di non farlo cadere nei bordi in cui vi erano spazi vuoti.

Il piano completo finale d'interventi è riportato nella tabella a lato.

Tabella 5: Interventi di concimazione

Data	05/05/2011	10/05/2011	12/05/2011	18/05/2011	24/05/2011	26/08/2011
TE 1	FLORY 3	FLORY 3	FLORY 3	FLORY 3	Nitrophoska Gold	Nitrophoska Gold
TE 2	FLORY 3	FLORY 3	FLORY 3	FLORY 3	Nitrophoska Gold	Nitrophoska Gold
TE 3	FLORY 3	FLORY 3	FLORY 3	FLORY 3	Nitrophoska Gold	Nitrophoska Gold
TE MUL 1	FLORY 3	FLORY 3	FLORY 3	FLORY 3	Nitrophoska Gold	
TE MUL 2	FLORY 3	FLORY 3	FLORY 3	FLORY 3	Nitrophoska Gold	
TE MUL 3	FLORY 3	FLORY 3	FLORY 3	FLORY 3	Nitrophoska Gold	
SUB 1					Nitrophoska Gold	Nitrophoska Gold
SUB 2					Nitrophoska Gold	Nitrophoska Gold
SUB 3					Nitrophoska Gold	Nitrophoska Gold

Irrigazione

Partendo dal presupposto che l'insediamento del tappeto erboso in rotoli richiede un substrato fine e capace di trattenere una certa quantità d'acqua per favorire lo sviluppo delle radici e sapendo che il substrato colturale utilizzato ha una granulometria grossolana e molto drenante in cui l'acqua è soggetta al dilavamento, per le prime due settimane si è ritenuto opportuno irrigare ogni giorno per due volte al dì. Sono stati distribuiti, con getto a pioggia per ridurre la perdita per percolazione, una quantità pari a 24 mm d'acqua nella prima settimana e 20 mm nella successiva. Nella terza settimana, infine, il tappeto ha ricevuto solo 10 mm d'acqua ogni due giorni, divisi in due volte al dì.

Ad insediamento avvenuto, l'irrigazione sulle parcelle ripristinava un terzo dell'evapotraspirazione totale di riferimento (dato ottenuto dalla banca dati del sito dall'ARPAV) e veniva eseguita in condizioni di stress idrico evidenti che depauperassero la qualità del manto erboso.

Dopo ogni evento piovoso o intervento irriguo, si procedeva con la raccolta dei dati: si misuravano i deflussi raccolti nelle taniche con un cilindro graduato e se ne segnavano i volumi. Veniva poi prelevata una provetta di acqua, circa 50 ml, da destinare alle analisi di laboratorio, curate dal mio collaboratore Pegolo Michele.

Elaborazione dei dati

Nel presente lavoro sono stati elaborati i dati relativi alla qualità del tappeto erboso (aspetto estetico generale, colore e densità) rilevati settimanalmente, nonché l'accrescimento medio giornaliero in altezza e la produzione totale di sostanza secca. Tutti i dati ottenuti sono stati sottoposti all'analisi della varianza ove necessario le medie sono state differenziate con il test LSD al $p < 0.05$. Relativamente ai rilievi relativi alla qualità del tappeto erboso si è adottata l'analisi della varianza per misure ripetute.

4. RISULTATI

Per quel che concerne l'aspetto botanico-vegetazionale e quello colturale, il clima è uno dei principali fattori ambientali che condiziona l'introduzione, la diffusione e l'estensione degli organismi vegetali. Tra i vari fattori climatici che sarebbe possibile prendere in esame si sono qui valutati i due principali: la temperatura e la piovosità, poiché sono quelli che maggiormente condizionano lo sviluppo delle piante. A testimonianza di questa affermazione vi sono i numerosi indici e diagrammi presenti in letteratura, tutti incentrati sul rapporto tra la precipitazione totale annua e la temperatura media annua.

Dal momento che la sperimentazione ha avuto la durata di circa quattro mesi, con i dati relativi a piovosità e temperatura forniti dall'Agenzia Regionale per la Prevenzione e protezione Ambientale del Veneto (ARPAV) è stato elaborato un termoudogramma a cadenza giornaliera (Fig. 8). Questo grafico permette di verificare in maniera semplice ed immediata il rapporto fra la temperatura e le precipitazioni e, se opportunamente confrontato con i grafici che rappresentano la variabilità della vegetazione, l'influenza del clima sullo sviluppo della stessa.

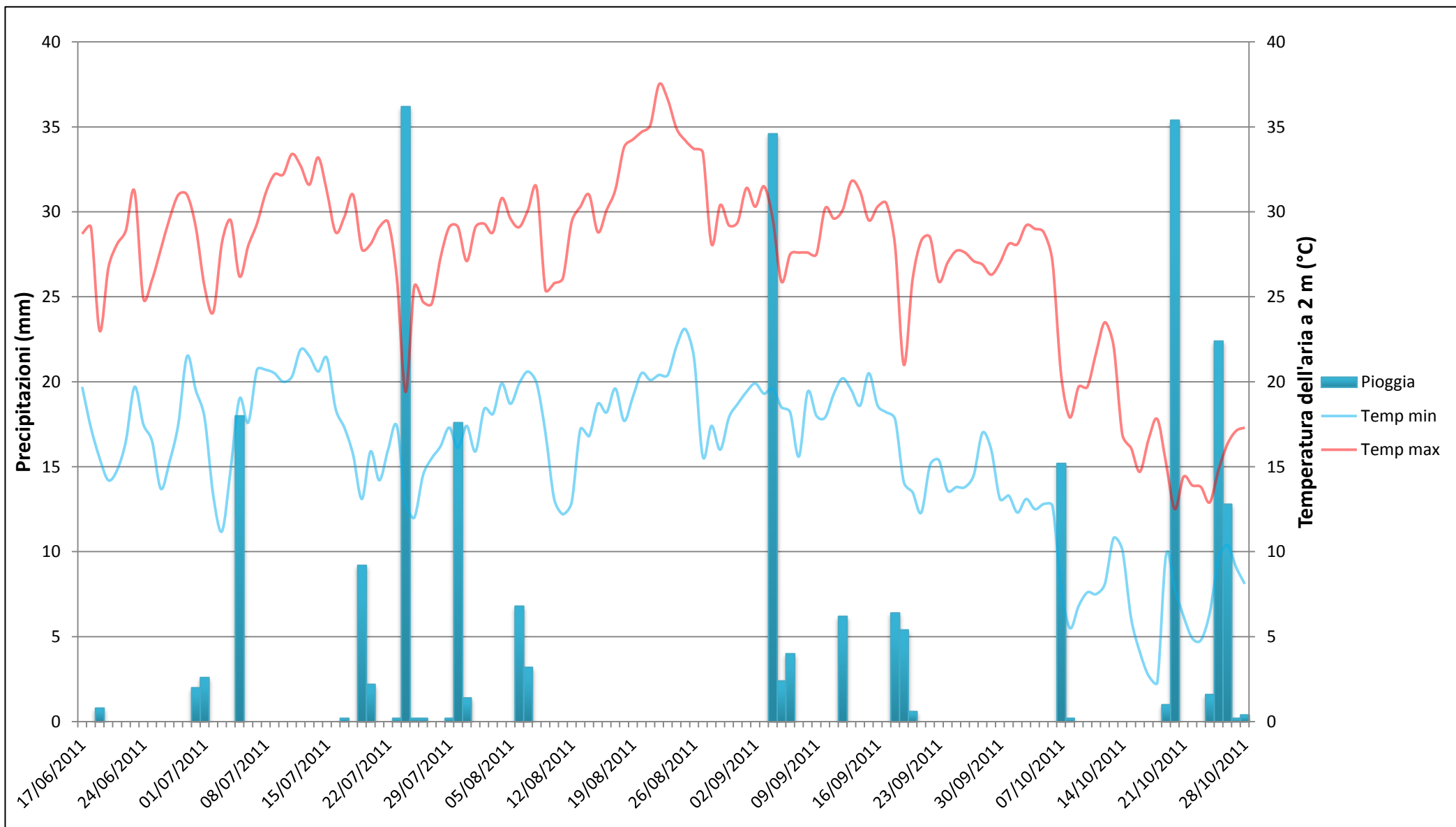


Figura 8: 'Termoudogramma' a cadenza giornaliera relativo al periodo di prova (dal 17/06/11 al 28/10/11)

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi della varianza per i parametri: aspetto estetico generale (AEG), colore, densità e per l'accrescimento medio giornaliero e la produzione totale del periodo di prova.

Tabella 6: Risultati dell'analisi della varianza

Effetto	AEG	Colore	Densità	Accrescimento medio giornaliero	Produzione totale
mulching	ns [†]	ns	ns	ns	ns
epoca	**	***	***		
mulching*epoca	***	***	***		

[†] ns, *, **, *** non significativo, significativo al p<0.05,0.01 e 0.001 rispettivamente

L'analisi della varianza considera l'effetto mulching (effetto mulching), l'epoca (effetto epoca) e l'interazione fra essi (effetto mulching*epoca).

Dalla tabella si può osservare che l'utilizzo della tecnica del mulching non influisce in modo significativo sulla variabilità dei parametri AEG, colore, densità, accrescimento medio giornaliero e produzione totale. Per questi ultimi due parametri è stata valutata solo l'influenza del mulching dal momento che ai fini della sperimentazione risultava di maggior interesse la produzione totale in sostanza secca rispetto alla produzione alle singole epoche.

L'epoca indica la variabilità dei tre parametri qualitativi nel tempo ed è rappresentata dal valore medio delle curve di mulching e no mulching presenti in ogni grafico. Tale effetto è risultato significativo per l'aspetto estetico generale e molto significativa nei riguardi dei parametri colore e densità.

Molto significativo è risultata anche l'interazione epoca*mulching. L'effetto epoca*mulching rappresenta come varia l'andamento delle curve mulching e no mulching nel tempo.

Come abbiamo evidenziato, per quanto riguarda l'accrescimento medio giornaliero, la produzione totale e gli altri parametri qualitativi l'effetto mulching non è risultato molto significativo. È interessante, invece, osservare come quest'ultimo si comporta alle diverse epoche di rilevamento. Per far ciò di seguito analizzeremo per ciascun parametro il relativo grafico.

Prima di procedere nell'analisi dettagliata è utile far notare che la fase dell'insediamento risulta anomala per tutti i parametri qualitativi. Come detto l'insediamento è stato penalizzato dalla granulometria grossolana del substrato e l'effetto negativo è ben riscontrabile anche nell'andamento delle curve. Nonostante si avesse da subito iniziato il trattamento di mulching risulta, però, esserci una grossa differenza iniziale tra i tappeti erbosi. Casualmente le parcelle comuni che poi sarebbero state sottoposte al mulching si sono insediate meglio, ma questo effetto è indipendente dal trattamento, poiché all'inizio è impossibile che sia già visibile. Col passare del tempo le differenze si vanno affievolendo e si intravede l'effetto del trattamento.

4.1. Aspetto estetico generale



Figura 9: Aspetto estetico generale. Interazione trattamento per epoca

Tabella 7: Punteggi medi per il parametro AEG

Trattamento	AEG (1-9)
No mulching	5,58
Mulching	5,85
Significatività	ns

Una volta risolti i problemi legati all'insediamento, per tutto il mese di luglio le curve tendono a mantenere un andamento simile. In particolare il trattamento del mulching consente alle parcelle che lo subiscono di avere mediamente un punto in più.

Nel successivo mese di agosto, le temperature hanno subito un brusco innalzamento che le ha portate a sfiorare i 40°C, mentre le precipitazioni sono state pressoché nulle. Queste condizioni tipicamente estive hanno visibilmente debilitato il tappeto erboso, il cui aspetto estetico generale è drasticamente diminuito raggiungendo punteggi molto bassi. Viste le prolungate condizioni di siccità è stato opportuno procedere con un'irrigazione di soccorso verso la metà del mese di agosto, il cui effetto è visibile già dalla valutazione successiva. L'abbondante macroporosità del substrato, unita all'anomala evapotraspirazione, ha limitato la permanenza nel tempo della riserva d'acqua, causando un ulteriore calo di AEG.

Le due tecniche hanno affrontato le condizioni avverse in ugual modo, ma al momento della ripresa, le parcelle no mulching hanno reagito in maniera più efficace, invertendo il trend iniziale. Per il successivo mese di settembre, l'andamento dell'AEG rispecchia all'incirca le condizioni climatiche e l'approssimarsi della dormienza che, influenzando in particolar modo sul colore, abbassa anche il livello qualitativo estetico. È importante notare che, una volta sopraggiunta la dormienza, le differenze legate alla gestione dei residui si affievoliscono e l'aspetto estetico generale si eguaglia.

Dall'andamento complessivo del grafico è importante osservare come le variazioni risentano dell'effetto epoca: i mutamenti nel tempo rispecchiano particolarmente le condizioni termometriche registrate nello stesso intervallo di giorni.

Come detto in precedenza, l'effetto mulching non è risultato significativo per l'aspetto estetico generale, si notano comunque due epoche in cui vi è differenza significativa essendo la distanza tra le curve superiore alla differenza minima significativa (LSD = 0,92).

4.2. Colore

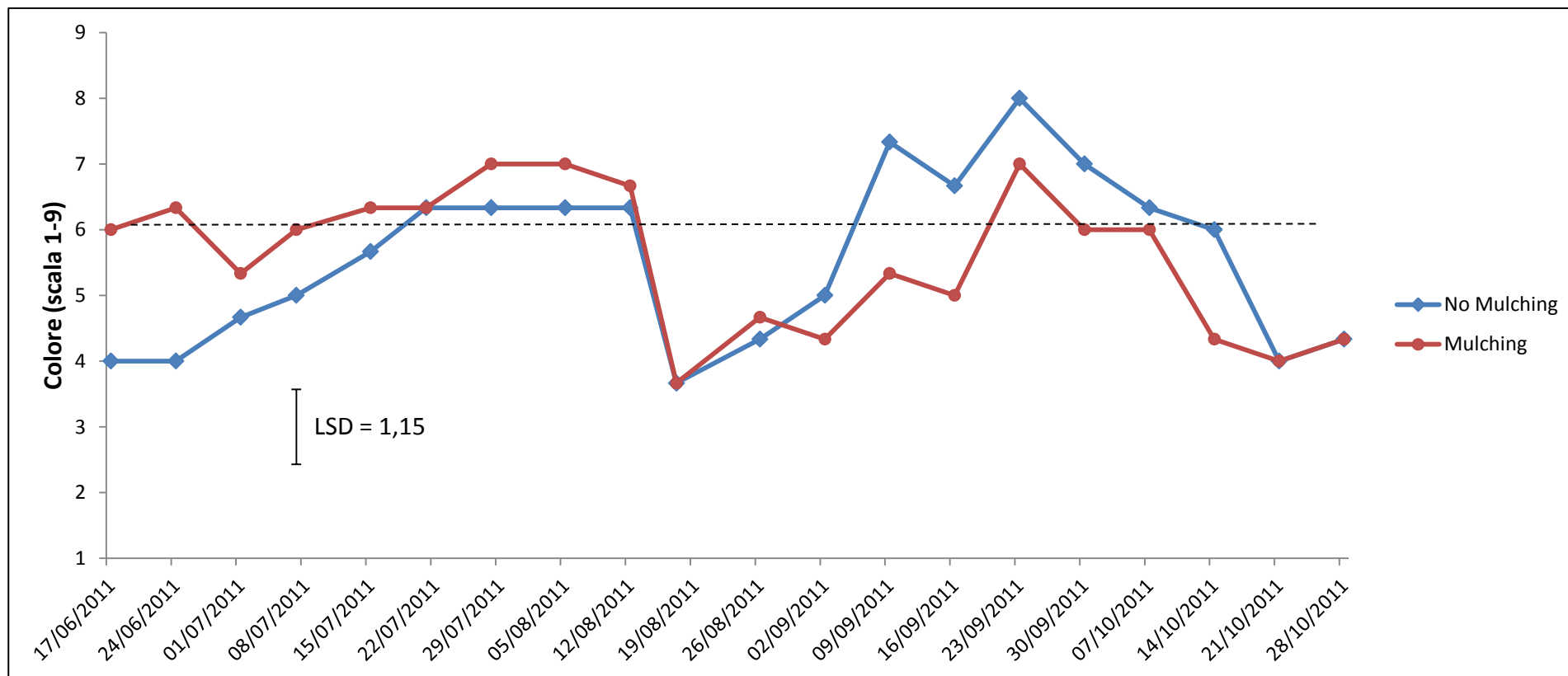


Figura 10: Colore. Interazione trattamento per epoca

Tabella 8: Punteggi medi per il parametro COLORE

Trattamento	COLORE (1-9)
No mulching	5,57
Mulching	5,58
Significatività	ns

L'andamento delle curve relative al parametro colore è simile a quanto visto per l'AEG. Anche per questo parametro, una volta superato l'iniziale problema dell'insediamento, le curve si avvicinano sempre di più fino ad arrivare a toccarsi. Nella fase seguente, le parcelle non sottoposte a mulching prendono il sopravvento per poi tornare uguali negli ultimi rilievi che precedono la dormienza invernale. L'evoluzione del parametro colore tende a rispecchiare il trend dell'aspetto estetico generale, poiché il primo influisce particolarmente sulla valutazione qualitativa del tappeto nel suo complesso. La variabilità, che si osserva nella seconda parte del grafico, è essenzialmente dovuta all'avvicinarsi delle gradazioni di verde osservabili sulle diverse parcelle, che ha reso particolarmente difficile l'assegnazione dei punteggi. Due parcelle simili per intensità di colore, ma diverse per tonalità, spesso ricevevano ugual punteggio.

Anche in questo caso l'effetto epoca assume particolare importanza: il parametro colore, infatti, nell'arco dei quattro mesi di sperimentazione ha assunto valori diversi, specialmente sotto l'influenza delle variazioni climatiche. Come osservato nell'ambito del parametro AEG, nel periodo di avverse condizioni climatiche, coincidenti con limitati apporti meteorici ed elevate temperature, il tappeto erboso non è in grado di mantenere un colore adeguato alle aspettative e vicino alla soglia di sufficienza.

Per quanto riguarda i punti in cui è presente una variazione significativa, vanno sottolineati, anche qui come nell'aspetto estetico generale, le valutazioni effettuate nella seconda metà del mese di settembre, che presentano differenze significative.

4.3. Densità

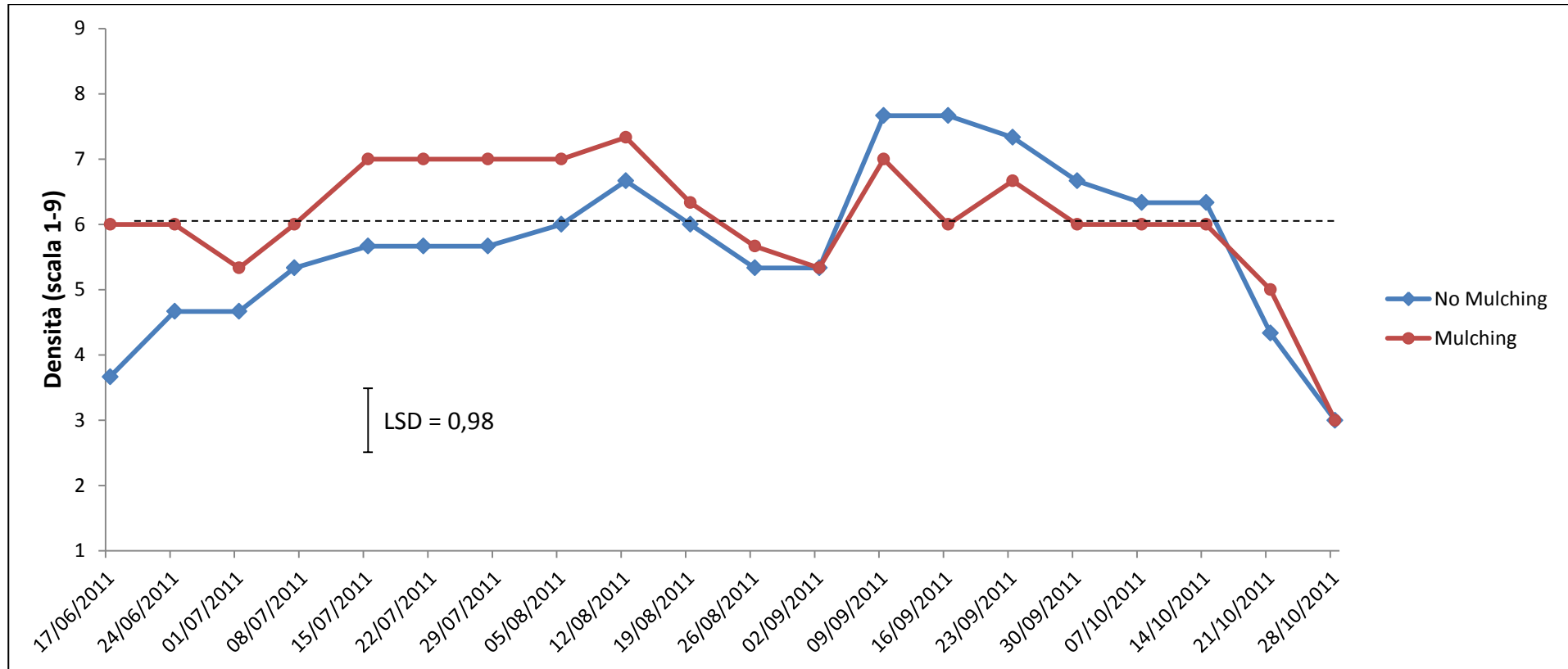


Figura 11: Densità. Interazione trattamento per epoca

Tabella 9: Punteggi medi per il parametro DENSITÀ

Trattamento	DENSITÀ (1-9)
No mulching	5,70
Mulching	6,08
Significatività	ns

Per quanto riguarda il parametro densità, il trend risulta molto simile a quello riscontrato per AEG e colore, con la sola differenza che le variazioni avvengono con velocità visibilmente ridotta. Viste le difficoltà riscontrate nell'insediamento, il processo di accestimento è slittato nel tempo, inoltre l'effetto dei trattamenti è stato più lento e graduale.

Nei primi mesi di sperimentazione, l'interazione mulching*epoca evidenzia, una volta ancora, valori tendenzialmente superiori per le parcelle con mulching rispetto a quelle senza mulching. A differenza degli altri parametri, le condizioni avverse non hanno fortemente debilitato il tappeto dal punto di vista della densità degli accestimenti che continua a rimanere vicino alla sufficienza. La successiva fase tardo-estiva vede la reazione pronta e rapida delle parcelle a no mulching che, registrando risultati migliori rispetto al mulching, invertono la tendenza fino ad allora mantenuta. Da notare che la differenza fra mulching e non mulching nella seconda metà di luglio è significativa, oltre a quanto riscontrato per tutti i parametri qualitativi nel periodo tardo-estivo.

Al termine della stagione vegetativa, durante l'ingresso in dormienza, si evidenzia un rapido calo del livello di densità; evidentemente il disseccamento invernale tipico delle macroterme porta ad una riduzione del numero degli accestimenti che compongono il manto erboso.

Oltre all'andamento complessivo dei fattori qualitativi, può essere interessante osservare percentualmente quanto spesso essi assumano dei valori pari o superiore alla sufficienza. In Tab. 13 è riportata la percentuale di rilievi in cui le parcelle mulching e no mulching hanno guadagnato un punteggio maggiore o uguale al 6.

Tabella 10: % di rilievi in cui il manto erboso ha valori pari o superiori alla sufficienza (6)

	AEG (1-9)	Colore (1-9)	Densità (1-9)
No mulching	45	50	45
Mulching	60	55	85

Osservando la tabella balza subito all'occhio che la percentuale relativa al parametro colore è risultata pressoché analoga per entrambe le modalità di gestione dei residui. Al contrario, le tipologie di gestione delle parcelle evidenziano un forte distacco sia per l'aspetto estetico generale che per la densità. La percentuale di rilievi in cui il manto erboso ha ottenuto valori pari o superiori alla sufficienza corrispondono per entrambi i parametri al 45%, nel caso delle tesi a no mulching, mentre corrispondono rispettivamente al 60 e 85% per quelle a mulching.

Questa netta differenza esistente tra i due trattamenti non passa inosservata e si potrebbe affermare che la tecnica del mulching prevale su quella convenzionale. Si deve ricordare, però, che ciò può essere l'effetto della fase dell'insediamento. Casualmente, infatti, le parcelle di tappeto erboso che sono state destinate al mulching fin dal principio hanno avuto una qualità maggiore delle altre e molto probabilmente questo ha anche facilitato la loro crescita. La presenza di residuo organico del taglio nel manto erboso, inoltre, ha evitato un'eccessiva perdita d'acqua che ha limitato l'influsso negativo del periodo avverso della seconda metà di agosto e inizio settembre, caratterizzato da alte temperature e scarse precipitazioni. La crescita delle parcelle a no mulching, invece, fino a tale momento per vari fattori fortuiti è stata ostacolata.

Nel periodo tardo-estivo, tuttavia, si assiste ad un ulteriore cambiamento. Nonostante sembra che alla lunga le parcelle senza mulching abbiano un futuro migliore, al primo anno sono quelle che hanno riscontrato più difficoltà.

4.4. Accrescimento medio giornaliero in altezza

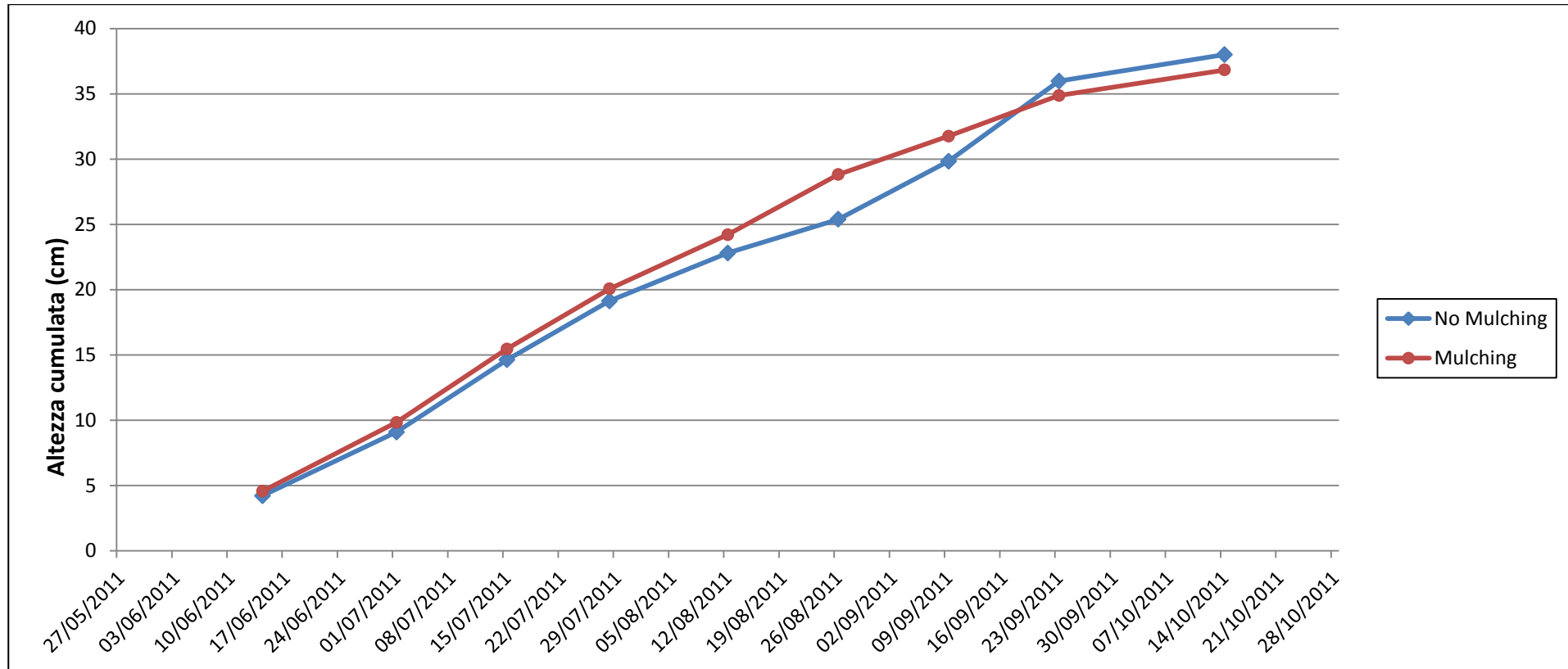


Figura 12: Altezza cumulata durante il periodo di rilevamento dal 17 giugno al 28 ottobre 2011 relativamente ai trattamenti con mulching e senza mulching

Tabella 11: Valori medi per l'accrescimento medio giornaliero

Trattamento	ACCRESIMENTO (mm)
No mulching	3,09
Mulching	2,99
Significatività	ns

Tale grafico mostra l'andamento della crescita cumulata in altezza. L'accrescimento medio giornaliero, ottenuto dividendo il valore massimo di crescita cumulata per il numero di giorni in cui è stata prodotta, risulta pari a circa 3 mm/giorno. Le curve evidenziano un andamento analogo per entrambi i sistemi di gestione del residuo. È interessante notare che l'andamento ha una leggera flessione nella seconda metà del mese di agosto per le parcelle non sottoposte a mulching. Questa flessione risulta coincidente con il periodo di siccità, ragion per cui le parcelle prive di mulching probabilmente hanno risentito in misura maggiore della carenza idrica. Per i tappeti mantenuti con la tecnica del mulching, invece, la presenza del residuo del taglio ha facilitato il mantenimento di un livello minimo di umidità utile a proseguire l'accrescimento ad un ritmo costante per l'intero periodo di sperimentazione. Tuttavia, passato il periodo sfavorevole, le parcelle gestite con la tecnica convenzionale hanno colmato prontamente il piccolo divario che si era venuto a creare. Sebbene l'accrescimento verticale sia risultato costante e pressoché uguale tra i due trattamenti, la qualità del manto erboso ha invece subito importanti variazioni tra i due trattamenti come precedentemente indicato.

4.5. La sostanza secca

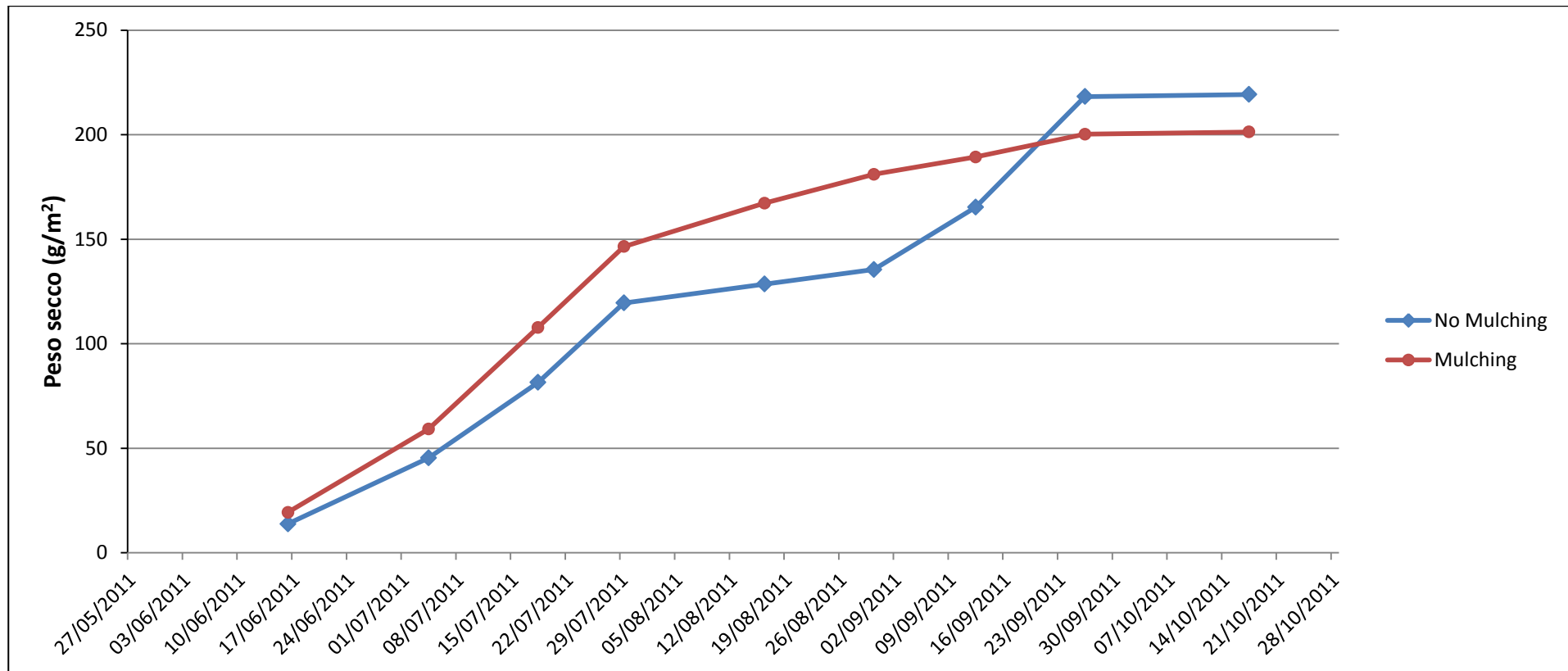


Figura 13: Produzione cumulata di sostanza secca durante il periodo di rilevamento dal 17 giugno al 28 ottobre 2011 relativamente ai trattamenti con e senza mulching

Tabella 12: Produzione totale in sostanza secca per i trattamenti con e senza mulching

Trattamento	SOSTANZA SECCA (g m ⁻²)
No mulching	219,2
Mulching	201,3
Significatività	ns

Osservando i valori della produzione totale si può notare che non vi sono differenze tra i due trattamenti: nell'arco temporale della sperimentazione entrambi hanno prodotto poco più di 200 grammi di sostanza secca per metro quadro. Osservando l'andamento della produzione cumulata, all'inizio le tesi partono in maniera molto simile; le tesi col mulching, poi, crescono in modo molto graduale, mentre le altre hanno una flessione molto forte nel mese di agosto ed infine una crescita esagerata a partire dagli inizi di settembre. Le curve, quindi, hanno un andamento molto diverso, ma nonostante la presenza della flessione per le tesi no mulching, il successivo recupero ha compensato la perdita portando le produzioni finali ad un livello comparabile. La temporanea minore produzione estiva delle tesi senza mulching deriva in parte dalla minore crescita in altezza, come osservato precedentemente e probabilmente anche da una riduzione della produzione di accostamenti durante il periodo più caldo (Fig. 8).

In sintesi la produzione conferma quanto visto per l'accrescimento: le tesi con mulching, grazie alla presenza del residuo che ha conservato di più l'umidità o impedito l'evaporazione, mantengono un tasso di variazione costante nel tempo. Per le tesi gestite convenzionalmente dopo l'attecchimento si osserva un exploit produttivo che si smorza nelle condizioni di aridità, per poi riprendere al ritorno delle condizioni ottimali allo sviluppo.

4.6. I volumi d'acqua

Durante la sperimentazione, il confronto tra concimazione inorganica e mulching in un tetto verde intensivo leggero a tappeto erboso è stato affiancato all'analisi della qualità e quantità dell'acqua di percolazione. Anche se, la seconda parte non è stata di mia competenza, è interessante riportare in questo capitolo, a completamento dell'argomento tra le differenze del mulching e no mulching, i valori percentuali dell'acqua totale trattenuta opportunamente dalle due tipologie di parcelle.

Tabella 13: Percentuale dei volumi d'acqua trattenuti

Volume input (mm)	Volume trattenuto (%)					
	No mulching			Mulching		
	1	2	3	1	2	3
2,60	81	31	85	91	80	81
18,00	100	100	100	100	100	100
40,00	97	97	94	99	98	95
11,40	100	99	100	96	97	100
36,80	100	100	98	100	98	98
0,20	100	100	100	100	100	100
19,00	99	93	95	99	95	95
10,00	100	99	99	100	99	100
45,00	97	97	94	100	96	96
55,00	98	100	98	99	92	99
37,00	33	38	35	33	28	30
6,20	100	100	100	100	100	100
11,80	100	99	100	100	100	100
15,20	99	100	97	97	93	89
36,40	93	90	89	70	73	63
37,80	26	26	28	25	43	21

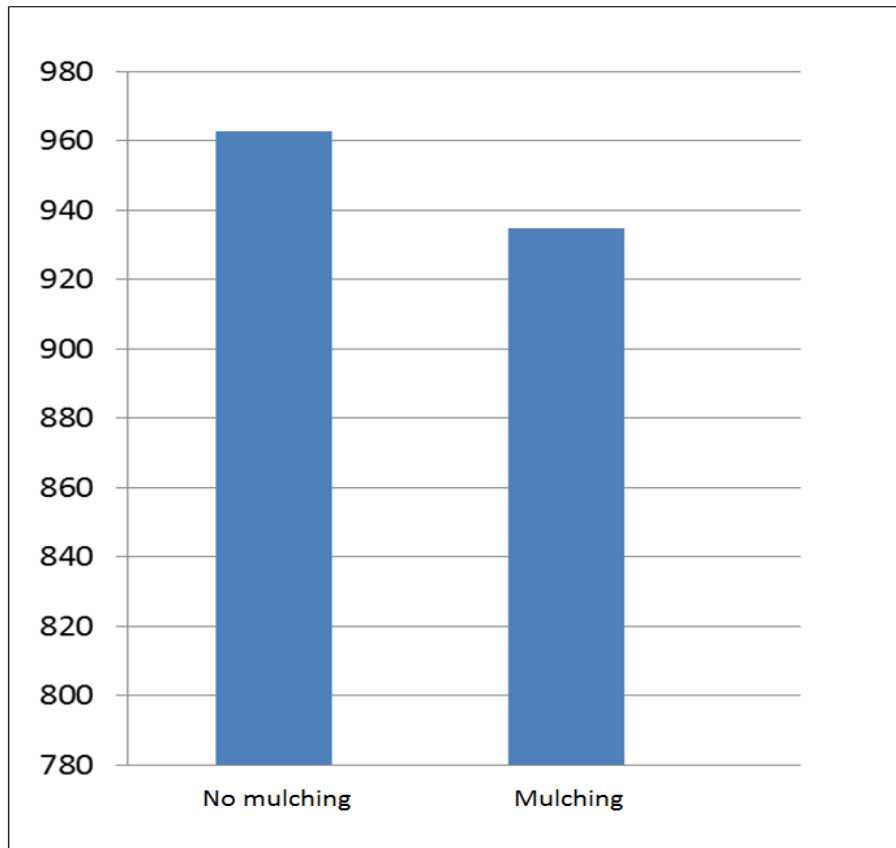


Figura 14: Volumi d'acqua cumulati trattenuti rispettivamente per le parcelle senza mulching e con mulching

Come si può vedere nel grafico, la tesi che trattiene la quantità maggiore d'acqua è quella con tappeto erboso senza rilascio dei residui del taglio.

Dallo studio dei volumi trattenuti, si può osservare che il valore percentuale di ritenzione idrica è quasi identico: il tappeto erboso senza grass-cycling trattiene l'88%, mentre quello con mulching l'87%.

5. CONCLUSIONI

L'obiettivo del tetto verde è quello di avere una superficie vegetata che necessiti la minor manutenzione possibile, per questo la tecnica più efficace limiterà il numero di accessi al tetto. Affinché ciò si verifichi risulta necessario scegliere un sistema di gestione del tappeto erboso che possa ridurre la produzione complessiva di fitomassa e/o l'accrescimento in altezza ed anche il numero di interventi di concimazione e di irrigazione. Per tale motivo è necessario, oltre a prestare attenzione alla tecnica gestionale da impiegare, effettuare una scelta oculata di specie e varietà adoperate.

La sperimentazione, durata all'incirca quattro mesi, si poneva come obiettivo il verificare le differenze tra la concimazione inorganica e la pratica colturale del mulching su parcelle che simulavano coperture verdi di tipo intensivo leggero a tappeto erboso. I risultati ottenuti consentono di giungere ad importanti conclusioni.

In particolare i dati ottenuti ci permettono di trarre alcune informazioni utili ed azzardare prospettive di una possibile evoluzione futura.

Nella fase di insediamento del tappeto erboso in rotoli si sono presentate delle difficoltà. In particolare, l'effetto combinato della lentezza di affrancamento tipica di *Zoysia japonica* associata alla granulometria grossolana ed alla mancanza di componente organica del substrato hanno reso particolarmente lento l'insediamento. Inizialmente la radicazione e la crescita della vegetazione sono risultate scarse e non uniformi.

Superata la fase ostile dell'insediamento, l'andamento dei parametri qualitativi (AEG, colore, densità) è sintetizzabile in tre fasi diverse. La prima identifica la crescita ed il post-affrancamento ed evidenzia una tendenza positiva. Nella seconda parte, concomitante con condizioni climatiche aride e siccitose, si nota un repentino cambiamento al ribasso del trend: le parcelle toccano i livelli qualitativi minimi registrati nella sperimentazione. L'apporto irriguo di soccorso, pur essendo stato effettuato in ritardo, mostra un'efficace reazione delle parcelle con trattamento classico a scapito delle altre che, fino ad allora avevano avuto una qualità migliore. Al migliorare delle condizioni climatiche, il tappeto mostra una qualità molto buona, facendo registrare i picchi più alti delle curve dei punteggi. La fase finale, che precede l'entrata in dormienza, mostra un avvicinamento delle due curve che, all'ultimo rilievo, risultano qualitativamente identiche.

Relativamente all'accrescimento medio giornaliero e alla produzione in sostanza secca, invece, il trend è stato costante per le parcelle a mulching, mentre le parcelle non sottoposte al mulching mostravano, ancora una volta, una variazione visibile nella fase in cui il clima risultava sfavorevole.

Molto probabilmente, la discrepanza tra le due curve sfavorisce le parcelle concimate unicamente con concime minerale poiché i residui del taglio rilasciati sulle parcelle gestite con la tecnica del mulching hanno mantenuto un tasso di umidità costante che ha favorito lo sviluppo di materiale organico. Interessante è osservare che, seppur gli andamenti siano diversi, essi portano ad un risultato finale molto simile sia dal punto di vista della produzione di sostanza secca, sia come accrescimento in altezza.

Come detto, la sperimentazione ha fornito risultati positivi, ma sicuramente risulta necessario aspettare almeno un altro anno per poter capire quale delle due tecniche è realmente la più efficace. Sarà interessante proseguire la sperimentazione per verificare quale tipologia risulterà la più efficiente pur mantenendo un livello qualitativo adeguato, nella speranza che il verde pensile si affermi come tecnica per migliorare la qualità della vita in ambienti urbani densamente popolati.

BIBLIOGRAFIA

Dunnett N. e Kingsbury N., Planting green roof and living walls, 2008

Europomice.it, scheda tecnica Vulcasoil, 2011

Fresh Plaza: <http://www.freshplaza.it/print.asp?id=3481>

Green Roof Service LLC

<http://www.agron.iastate.edu/moore/434/grass.html>

James B. Beard, Turfgrass: Science and Culture

Snodgrass E. C. e Snodgrass L. L., Green Roof Plants, A Resource and Planting Guide, 2006

Zanichelli scuola:

http://online.scuola.zanichelli.it/barbonescienzeteravita/files/2010/01/APP_SV_C06.pdf

Zoysias.com, *Zoysia japonica* var. Zenit, 2011