

## Progetto: S.I.T.E.E.

### *Sviluppo di sistemi innovativi di propagazione vegetativa e trapianto per la diffusione di tappeti erbosi ecosostenibili*

Misura 124 del PSR 2007-2013 della Regione Toscana

<u>Capofila:</u>	<u>Azienda Agricola PACINI MAURIZIO</u>
<u>Partner Effettivo:</u>	<u>CiRAA "E. AVANZI" - Università di Pisa</u>
<u>Partner Effettivo:</u>	<u>EUROVERDE GROUP S.R.L.</u>
<u>Partner Associato:</u>	<u>TEA Project</u>
<u>Partner Associato:</u>	<u>CeRTES - Università di Pisa</u>



## Relazione conclusiva.

## 1) Premessa

I tappeti erbosi rappresentano un importante elemento dell'arredo urbano e del paesaggio assumendo diverse connotazioni che comprendono le superfici a scopo estetico o ricreativo (giardini privati e parchi pubblici) le superfici sportive (campi sportivi, piste di galoppo, percorsi di golf) ed inerbimenti tecnici (bordi stradali e scarpate).

Per queste realizzazioni l'aspetto qualitativo, pur con le dovute differenze, diviene sempre più importante e la tecnica si è andata evolvendo per assecondare questa richiesta.

L'evoluzione delle condizioni economiche e sociali degli ultimi anni ed in particolare l'importanza della ecosostenibilità degli interventi antropici di ogni tipo hanno posto anche al settore dei tappeti erbosi la necessità di sviluppare modelli e tecniche produttive che, a fronte di impegni economici sempre più contenuti, possano consentire di ridurre l'impiego di quei fattori di produzione ritenuti scarsi o non ecocompatibili. In sostanza, il mercato attuale e quello futuro si rivolgeranno in maniera crescente a superfici erbose di qualità ma con basse richieste di apporti irrigui e di fitofarmaci. Riguardo all'impiego di questi ultimi è inoltre attesa l'entrata in vigore della direttiva comunitaria 2009/128/CE del 21/10/2009 per effetto della quale l'uso dei mezzi chimici di protezione delle piante non sarà più ammesso sui tappeti erbosi.

Tra le specie da tappeto erboso la categoria delle "macroterme" risulta particolarmente adatta all'ambiente Mediterraneo ma il loro utilizzo non ha ancora raggiunto i livelli che potrebbero consentire la loro piena valorizzazione. Tra le macroterme il genere *Cynodon* (gramigna), rappresenta una prima risposta a semplicità nella gestione, ridotte necessità di acqua e elevato grado di tolleranza a salinità ed elevate temperature, scarsa suscettibilità ai patogeni, oltre a manifestare una elevata capacità di recupero dei danni da utilizzo. Una volta diffusa ed affermata la conoscenza di questa essenza da tappeto erboso, altre specie macroterme potranno diffusamente inserirsi nelle diverse applicazioni andando a colmare le lacune della prima specie e offrendo peculiarità ancora più marcate rispetto alla salinità dell'acqua irrigua (*Paspalum vaginatum*) alla elevata qualità estetica (*Zoysia matrella*).

Come tutte le specie da tappeto erboso, anche le macroterme possono essere insediate tramite la semina diretta sul terreno e questo rappresenta il sistema più economico.

Per le specie macroterme si sono però affermati metodi di propagazione alternativi essenzialmente per due motivi: 1) queste specie possono essere allevate in appezzamenti-vivaio ed essere propagate su superfici più grandi grazie alla loro capacità di colonizzare il terreno tramite organi vegetativi di propagazione; 2) le varietà di pregio, maggiormente richieste nelle realizzazioni di più alta qualità, sono ibridi sterili, non in grado di produrre un seme vitale.

I tradizionali sistemi di propagazione vegetativa e di impianto delle specie macroterme sono: la stolonizzazione, la posa di piccole piote (plugging), la posa di prato in rotoli. Nel caso dell'impiego di stoloni risulta difficoltosa la loro conservazione durante il trasporto e nella loro posa in opera si riscontrano frequenti casi di insuccesso. L'impiego di rotoli di tappeto erboso, che ricoprono completamente il suolo alla fine della messa in

opera, offrono il vantaggio del prato a pronto effetto ma il metodo è, tra i metodi di insediamento, il più costoso.

La propagazione vegetativa tramite stoloni, detta "stolonizzazione" condivide con la tecnica della semina la necessità della preparazione del terreno e la necessità di operazioni di post-impianto che assicurino il successo dell'operazione (irrigazione e controllo delle infestanti). La propagazione mediante piante preradicate consente di utilizzare una fonte di approvvigionamento del materiale di partenza che viene allevato in ambiente protetto conseguendo così un anticipo della produzione ed una limitazione della superficie impiegata.

Il materiale pronto per il trapianto è costituito da piante dotate di apparati fogliare e radicale integri e funzionali. Ciascuna pianta è dotata di un certo volume di substrato di radicazione e l'insieme di questi fattori rende questo materiale di propagazione relativamente meno suscettibile agli stress di trasporto e stoccaggio, rimanendo vitale per alcuni giorni. La fase di trapianto in piena terra viene inoltre eseguita con l'uso di macchine trapiantatrici reperibili sul mercato. Con tali macchine, concepite per il trapianto di specie diverse da quelle utilizzate per i tappeti erbosi, si possono mettere a dimora un numero di piante sufficiente a completare un ettaro di superficie al giorno. Diversamente da tutti gli altri metodi di insediamento, le piante preradicate possono essere insediate anche in terreno non lavorato e questo semplifica di molto le operazioni, soprattutto nel caso delle superfici sportive nelle quali il mantenimento della planarità e levigatezza della superficie risulta di estrema importanza.

In base ai risultati di alcune ricerche è stato osservato che nelle condizioni dell'Italia centrale, nel periodo di piena attività vegetativa, alcune varietà di gramigna riescono a fornire un tappeto erboso con totale copertura del terreno a partire da sei settimane dal trapianto.

Pur con i possibili margini di miglioramento della tecnica, i risultati conseguiti nelle ormai numerose applicazioni consentono di qualificare il sistema come metodo di insediamento delle specie macroterme avente costi ed efficacia competitivi con i sistemi preesistenti.

Un ulteriore aspetto coinvolto nell'uso e nella diffusione delle specie macroterme da tappeto erboso riguarda la possibilità di adeguare le regole di mercato a quelle di prodotti affini. Nel settore delle produzioni agricole sia le sementi che le selezioni clonali di pregio sono soggette a precise regole di identificazione, di mantenimento della purezza genetica e dello stato di sanità. In Italia il materiale di propagazione vegetativa impiegato per la produzione di tappeti erbosi non ha attualmente analoghi percorsi di certificazione dell'origine e della purezza varietale. Tra gli operatori è pertanto crescente l'esigenza di poter identificare e certificare la qualità di queste produzioni, al pari di altre, al fine di stabilire regole di mercato condivise, a tutela degli utilizzatori finali e dei produttori stessi.

## 2) Aspetti innovativi del progetto

Nell'area mediterranea ed in Italia in particolare, si sta progressivamente diffondendo l'impiego di gramigne per la realizzazione di tappeti erbosi a basse esigenze irrigue e gestibili in assenza di fitofarmaci. L'impianto delle gramigne mediante piante preradicate in pane di torba si è dimostrata una tecnica efficace ed è risultata percorribile anche negli impianti su terreno non lavorato (trapianto su sodo). Quest'ultimo aspetto risulta particolarmente vantaggioso nelle superfici sportive per le quali si intende attuare la conversione da tappeto erboso di specie microterme a tappeto erboso di gramigna.

Le grandi potenzialità di diffusione di questo sistema di impianto potrebbero essere valorizzate appieno migliorando alcuni step della filiera, sia in fase di produzione del materiale vegetale che in fase di trapianto, che al momento risultano limitanti.

Nella *fase vivaistica*, la produzione di piante preradicate in pane di torba consiste nell'allevamento in vaso di piante madri dalle quali vengono prelevati stoloni. Questi vengono successivamente frazionati e posti a radicare in contenitori alveolari con torba. Tale fase, detta "taleaggio", viene effettuata manualmente e necessita di essere svolta in momenti stagionali propizi ed in tempi brevi in modo che le talee prelevate dalle piante madri abbiano una elevata vitalità e condizioni di pronto attecchimento. Ne consegue una elevata necessità di manodopera per brevi periodi.

**L'Aspetto innovativo del progetto** consiste nel **trasferimento della tecnologia dell'industria sementiera alla propagazione vegetativa di specie da tappeto erboso.**

Infatti, studi preliminari hanno mostrato che talee mononodali della dimensione di pochi millimetri possono rimanere vitali per periodi superiori a 6 settimane purché correttamente conservate. Un ruolo fondamentale nella conservazione della vitalità di tale materiale sembra essere svolto dal mantenimento di un sufficiente livello di umidità dei tessuti.

L'industria sementiera ha adottato da decenni il processo della confettatura dei semi al fine di ottenere sementi monogerme facilmente utilizzabili nella semina di precisione. Il trasferimento di una tale tecnologia nella produzione di talee mononodali confettate consentirebbe di realizzare un "seme somatico" caratterizzato da prolungata conservabilità, semplice trasporto, standardizzazione di forma e dimensione, oltre a poter beneficiare dell'effetto di svariati principi attivi e coadiuvanti addizionabili nella miscela di confettatura.

Le ricadute sulla filiera di produzione vivaistica delle specie macroterme da tappeto erboso sarebbero numerose e di notevole impatto.

Un primo risultato atteso è quello della estensione della conservabilità del materiale di moltiplicazione che renderebbe possibile la separazione nel tempo e nello spazio delle fasi di raccolta ed utilizzo delle talee con razionalizzazione dell'impiego della manodopera (minor numero di unità impiegate per periodi più lunghi) e con maggiore programmabilità e scalarità della produzione delle piante preradicate. I "semi somatici" facilmente conservabili sarebbero inoltre agevolmente trasportabili con ingombri minimi, rendendo così possibile ed economicamente vantaggiosa la delocalizzazione della loro

produzione. In questo modo più aziende potrebbero entrare nella filiera di produzione e contribuire a valorizzare eventuali economie di scala.

I "semi somatici" confettati avrebbero inoltre la possibilità di essere "seminati" in contenitore in maniera automatica mediante le convenzionali linee di semina a banco. In questo modo sarebbe automatizzabile una fase della filiera di produzione attualmente realizzata a mano.

Nella *fase di messa a dimora* abbiamo la possibilità di attuare sia il *trapianto meccanizzato* che la messa a dimora con *stuoie pretrapiantate*.

Attualmente, con la prima tecnica, il trapianto della gramigna allevata in pane di torba è realizzato utilizzando trapiantatrici meccaniche disponibili sul mercato, non specificamente concepite per questo tipo di materiale vegetale. Pertanto si rendono necessarie sia la supervisione di un operatore che l'integrazione manuale delle fallanze di trapianto.

**L'Aspetto innovativo del progetto** consiste nella **Riproposizione della tecnologia delle macchine "trasferitrici" da banco su macchine trapiantatrici mobili.**

E' noto che la forma più evoluta di manipolazione e movimentazione di piante in contenitore alveolare è rappresentata dalle macchine operatrici a punto fisso utilizzate per il trasferimento delle piante allevate in contenitore. Una innovazione in grado di elevare la capacità di lavoro e l'affidabilità delle macchine trapiantatrici di campo è rappresentata dalla adozione su queste macchine dei sistemi elettrici ed oleodinamici capaci di svolgere operazioni di trasferimento di piante con la precisione tipica delle operatrici a punto fisso.

Macchine così concepite potranno eseguire il trapianto della gramigna allevata in pani di torba in modo rapido, accurato, completamente automatico e a basso impiego di manodopera, rendendosi idonee anche per l'utilizzo da parte di operatori ordinari.

Con la tecnica successiva, si può operare in tutti quei casi in cui la operatività della macchina trapiantatrice è limitata o impedita, come in terreni ad elevata pendenza o di limitata estensione.

In questo caso, l'**Aspetto innovativo del progetto** viene ad essere la **Realizzazione di stuoie pre-trapiantate con specie macroterme.**

Consiste nell'ottenere un sistema di impianto di specie macroterme che si distingue dagli analoghi sistemi di inerbimento quali le geostuoie ed i tessuti preseminati. In particolare le geostuoie rappresentano soluzioni per la creazione di una matrice di ancoraggio ai terreni declivi, sulla quale la componente vegetale viene successivamente insediata per idrosemina. Nel caso dei tessuti preseminati una matrice di tipo tessile incorpora al suo interno dei semi. Una volta steso il tessuto a contatto con il terreno i semi contenuti al suo interno germinano dando luogo alla copertura erbosa. In entrambi i casi il successo dell'insediamento dipende dalla possibilità di fornire la necessaria assistenza per l'affrancamento delle piante successivamente alla applicazione dei semi sul terreno.

La tecnica innovativa prevede l'uso di una stuoia pre-trapiantata che consente di applicare sul terreno piante adulte che hanno già superato la fase critica della prima radicazione. Le piante di specie macroterme allevate in pane di torba sono dotate di un substrato che garantisce un volano idrico e nutrizionale tale da consentire alle piante di

sopravvivere per alcuni giorni in condizioni ambientali sfavorevoli. Le piante risultano meno suscettibili agli stress ambientali nel post- impianto; laddove si possa garantire una adeguata assistenza irrigua, questa viene efficacemente valorizzata anche per apporti minimi, data la capacità di assorbimento e ritenzione dell'acqua da parte della torba.

Le specie macroterme da tappeto erboso sono inoltre molto aggressive nella colonizzazione del terreno e l'affrancamento delle piante, inteso come raggiungimento di una radicazione sufficiente a garantire la sopravvivenza anche in assenza di supporto esterno, nel periodo estivo, si consegue normalmente nel giro di due settimane.

La stuoia pre-trapiantata consiste di una matrice biodegradabile sulla quale una opportuna densità di piante preradicate viene fatta sviluppare fino ad ottenere un sufficiente ancoraggio tra piante e matrice. In questo modo la stuoia può essere arrotolata, trasportata e messa a dimora garantendo che sul terreno si venga a trovare un numero di piante per unità di superficie desiderato.

L'analogia con il tappeto erboso precoltivato in rotoli è solo apparente. La stuoia pre-trapiantata infatti garantisce solo la messa a dimora di piante sviluppate nella opportuna densità e non fornisce un tappeto erboso completo. D'altro canto essa non viene allevata in piena terra, può essere realizzata in tempi relativamente brevi su ordinazione, è molto più leggera e tenace del tappeto erboso in rotoli; ciò consente la movimentazione di pezzi molto più estesi rendendo più veloci ed economici trasporti e messa in opera. L'applicazione su superfici fortemente declivi viene inoltre facilitata potendo contare sulla tenacia della stuoia che consente la adozione di un limitato numero di punti di fissaggio alla pendice.

Non ultimo, il costo della stuoia pre-trapiantata risulterebbe ampiamente inferiore a quello di un tappeto erboso precoltivato della stessa essenza erbacea.

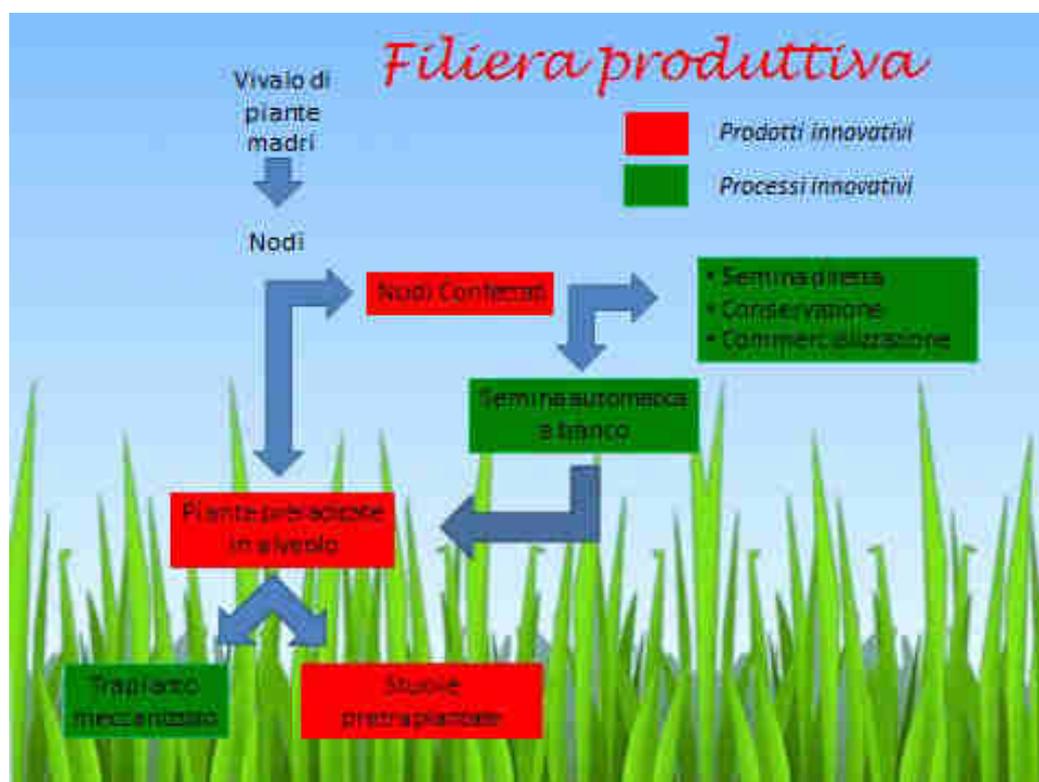
Un ulteriore sviluppo della stuoia pre-trapiantata consiste nella possibilità di adottare un assortimento di piante molto ampio (specie arbustive, specie officinali, specie da fiore, specie autoctone, ecc.) che soddisferebbe l'esigenza di ricreare consociazioni vegetali ad hoc, utili nei casi di ripristini ambientali, nel consolidamento di terreni declivi in ambienti di pregio naturalistico o nella valorizzazione ornamentale e paesaggistica di terreni marginali.

### 3) Obiettivi del progetto

#### 3.1 - Filiera di produzione ed insediamento di graminacee macroterme

Lo scopo primario del progetto è stato quello di creare una innovativa filiera di produzione ed insediamento di specie graminacee macroterme da tappeto erboso, che fosse altamente rispettosa dell'ambiente, trasferibile a tutto il comparto produttivo regionale e nazionale, e tale da funzionare come presupposto per l'ingresso nel mercato di nuove aziende e da volano per la creazione di un indotto legato alla produzione ed alla commercializzazione delle nuove attrezzature meccaniche.

Si è perciò perseguito lo sviluppo di una tecnologia di produzioni vivaistiche economica, programmabile e trasferibile ad altre aziende del settore. Il conseguimento di questo obiettivo è legato alla messa a punto della tecnica di produzione delle talee mononodali confettate, definibili "seme somatico".



Tale prodotto intermedio consente sia di semplificare la fase di raccolta delle talee dalle piante madri sia di conservare e trasportare agilmente un materiale di propagazione che può a sua volta essere utilizzato nelle convenzionali linee di semina a banco di numerose aziende orto vivaistiche, con evidenti vantaggi sulla produttività dell'intero comparto.

### **3.2 - Sistemi di trapianto delle piantine preradicate in pane di torba.**

Altro obiettivo del progetto consiste nel completare la filiera di produzione ed insediamento delle specie macroterme da tappeto erboso introducendo innovativi sistemi di trapianto delle piante preradicate in pane di torba.

#### **3.2.1 - Macchina trapiantatrice portata da trattrice.**

Tale macchina operatrice, dotata dei più avanzati sistemi di movimentazione delle piante allevate in contenitore, ha lo scopo di superare gli attuali limiti delle macchine trapiantatrici meccaniche e di risultare semplice ed affidabile nell'utilizzo per ogni operatore.

#### **3.2.2 - Tecnica di impianto basato su stuoie pre-trapiantate.**

Le stuoie pretrapiantate, ideate per il trapianto su superfici di limitata estensione o di eccessiva pendenza, possono essere prodotte in tempi e per superfici variabili e forniscono evidenti vantaggi rispetto alle attuali tecniche di impianto di coperture vegetali o tappeti erbosi in condizioni analoghe, riconducibili essenzialmente all'uso di tessuti pre-seminati, all'idrosemina o alla posa di tappeto erboso precoltivato.

#### **4) Azioni di analisi sulle ricadute, collaudo e divulgazione.**

In seguito al raggiungimento degli obiettivi, è stata condotta una valutazione economica, agronomica e ambientale della filiera di produzione, con la conseguente individuazione del percorso tecnico ottimale per la propagazione vegetativa ed il trapianto di tappeti erbosi ecosostenibili e la redazione di un disciplinare di filiera. E' stata inoltre eseguita la valutazione del Ciclo di Vita (Life Cycle Assessment, LCA) del tappeto erboso ecosostenibile ottenuto dalla filiera innovativa, integrato dai bilanci di materia e di energia che completano la definizione del modello. Conseguiti gli obiettivi primari del progetto, ci si è posti lo scopo di diffondere le tecniche e le tecnologie messe a punto nel progetto divulgando le conoscenze acquisite e coinvolgendo altre aziende nella filiera di produzione ed impianto delle piante preradicate per la costituzione di tappeti erbosi di specie macroterme, organizzando eventi che coinvolgono gli utenti finali (circoli di golf, società e leghe sportive, amministrazioni pubbliche, ecc.), centrati sul trasferimento di nozioni al personale coinvolto nella applicazione delle nuove tecniche di produzione vivaistica ed impianto, e sulla divulgazione delle innovazioni conseguite attraverso l'organizzazione di incontri con operatori del settore.

## 5) Fasi di attuazione.

### **Fase 1** – Definizione del partenariato e coordinazione delle attività

#### Sommario delle azioni della fase

Questa fase ha ricompreso la costituzione del partenariato e la gestione dei rapporti di collaborazione tra partner. Attività interamente svolta dal Capofila Az. Agr. Pacini Maurizio.

### **Fase 2** – Impostazione e collaudo dei prodotti, dei processi e delle tecnologie per la produzione delle talee mononodali (“seme somatico”).

#### Sommario delle azioni della fase

In questa fase il Capofila, Az. Agr. Pacini Maurizio, ha operato l’acquisizione delle licenze di produzione e certificazione ITGAP per le gramigne, ha sviluppato la tecnologia di produzione delle talee mononodali e ne ha messo a punto le tecniche di allevamento meccanizzate, ha verificato la possibilità (da rendere operativa con la realizzazione concreta della filiera) dell’acquisizione della certificazione biologica sul processo di produzione e di allevamento meccanizzato delle talee mononodali.

Contemporaneamente, il Partner CiRAA “E. AVANZI” – Università di Pisa ha realizzato il controllo della “germogliabilità” delle talee mononodali in funzione del tempo e del tipo di conservazione, ed il collaudo della meccanizzazione del processo di allevamento delle talee mononodali.

#### Dettaglio delle attività

L’impianto di specie graminacee macroterme in alternativa alle più note e diffuse specie microterme consentirebbe di ridurre i consumi idrici e gli input chimici nella coltivazione dei tappeti erbosi.

Tra i vari sistemi di impianto noti, la messa a dimora di piante preradicate in pane di torba si è dimostrata una tecnica efficace per costi e tempi di realizzazione.

Oltre ad alcuni margini di miglioramento tecnico, la filiera produttiva delle piante preradicate offre la possibilità di sviluppare prodotti e processi intermedi che potrebbero significativamente ampliare le potenzialità di diffusione di questo sistema di impianto.

In particolare, la produzione di piante preradicate si basa sul prelievo di talee da piante madri e sulla loro successiva messa a dimora in contenitori alveolari per la radicazione. Prelievo e messa a dimora sono operazioni manuali, consecutive, limitate ad un breve periodo stagionale e fortemente dipendenti dalla disponibilità di manodopera.

La possibilità di conservare il materiale di moltiplicazione renderebbe possibile la separazione nel tempo e nello spazio delle fasi di raccolta ed utilizzo delle talee con razionalizzazione dell'impiego della manodopera e con scalarità della produzione delle piante preradicate.

Questa fase ha permesso, quindi, di verificare la possibilità di applicare alle talee alcune tecniche adottate dall'industria sementiera al fine di ottenere un prodotto intermedio detto "seme somatico" in grado di conferire alle talee stesse le caratteristiche di conservabilità, trasportabilità ed idoneità alla automazione nelle lavorazioni successive.

#### Sviluppo della tecnologia di produzione delle talee mononodali ("seme somatico").

Tramite tecniche diverse denominate "pillolatura", "confettatura", "filmatura" ecc., l'industria sementiera conferisce ai semi le caratteristiche di omogeneità morfologica e dimensionale richieste dagli utilizzatori consentendo ai semi di dimensioni ridotte o di forma irregolare o scabrosa di essere facilmente lavorati con le macchine seminatrici pneumatiche. Alcune sostanze incluse nella miscela di confettatura possono conferire una determinata colorazione al confetto o fornire al seme ed alla plantula i vantaggi dovuti alla presenza di elementi nutritivi o fitofarmaci.

Nel caso specifico delle talee di graminacea macroterma da tappeto erboso, i benefici attesi dalla confettatura sono due. Il primo si riferisce alla possibilità di estendere la vitalità di tali organi recisi. Il secondo consiste nella possibilità di meccanizzarne l'impianto in contenitori alveolari secondo la prassi della semina automatica a banco che viene comunemente effettuata nel settore orto-vivaistico.

Per il primo dei due scopi è richiesto che la confettatura sia in grado di mantenere all'interno dei tessuti vegetali un contenuto idrico sufficiente, dal quale dipende la vitalità dei meristemi.

Per la seconda finalità è richiesto che l'agente confettante possa diminuire le irregolarità della superficie delle talee e consenta di ottenere semi somatici di forma regolare e dimensioni omogenee a partire da espunti che si presentano di dimensioni variabili e forme non regolari.

**Metodo.** I giorni 17 e 18/09/2012 sono stati prelevate a mano le talee mononodali da stoloni di *Cynodon dactylon* allevata in vaso in serra.



Figura 1. Talee mononodali dopo la raccolta.



Figura 2. Talee mononodali dopo la raccolta: dettaglio.

Durante i giorni del prelievo le talee sono state conservate in contenitore a chiusura ermetica e stoccate in frigorifero a 6°C. Il giorno 19/9 le talee sono state trasportate all'impianto di confettatura. Durante il trasporto le talee sono state conservate dentro un contenitore termico e la temperatura è stata mantenuta al disotto di 10°C mediante volani termici.

Sono stati realizzati i seguenti processi di confettatura:

Trattamento 1. "Encrusting". Un polimero sintetico è stato fatto aderire agli organi vegetali in strato sottile ed in modo che venissero raggiunti e ricoperti dal prodotto anche i punti meno esposti del materiale vegetale; questo sistema aveva lo scopo di "sigillare" gli organi trattati limitandone la perdita di umidità. È atteso che la forma degli espunti vegetali non subisca modificazioni di rilievo ma che la bassa quantità di materiale polverulento non abbia azione assorbente sull'acqua dei tessuti vegetali.



Figura 3. Talee mononodali irrorate con polimero mentre vengono mantenute in agitazione entro una bassina.

Trattamento 2. "Confettatura". Il procedimento di confettatura differisce dal precedente per la dispersione del polimero entro una maggiore quantità di materiale polverulento. Dopo una prima fase di lavorazione i confetti ottenuti vengono separati in tre frazioni dimensionali diverse. La frazione di dimensioni minori viene sottoposta ad un nuovo ciclo di "carico" del materiale polverulento al fine di incrementarne le dimensioni e produrre materiale più omogeneo per grandezza rispetto alle frazioni separate in precedenza. Questa lavorazione consente di realizzare confetti più omogenei per forma e dimensione ma l'organo vegetale si viene a trovare immerso in una massa porosa potenzialmente in grado di assorbire l'acqua dell'organo vegetale stesso. Il polimero funge da collante ma non espleta funzione di rivestimento.



Figura 4. Vaglio a tamburo rotante utilizzato per separare le frazioni di dimensioni diverse.

Trattamento 3: Un materiale minerale polverulento viene fatto aderire alle talee utilizzando acqua. La lavorazione in due fasi, come descritto per il trattamento 2, ha lo scopo di portare i confetti a dimensioni il più possibile simili. Il materiale polimerico viene successivamente fatto aderire all'esterno dei confetti al fine di espletare una funzione di "sigillatura" esterna teoricamente in grado di ridurre la perdita di acqua.

I confetti provenienti dai tre tipi di confettatura sono stati lasciati essiccare all'aria e successivamente essiccati con aria a ventilazione forzata alla temperatura di 25-30°C. Al fine di prevenire la possibile perdita di acqua da parte degli organi vegetali trattati, l'essiccazione non è stata spinta fino alla perdita totale di acqua da parte dei materiali confettanti.

**Risultati.** I prodotti risultanti dai tre sistemi di lavorazione visivamente non differiscono in modo significativo. Per ogni tipo di trattamento, il prodotto finito risulta costituito da una miscela di confetti di aspetto e dimensioni diverse che rispecchiano in modo evidente la forma e le dimensioni dell'espianto vegetale.

I trattamenti 2 e 3 producono confetti di forme leggermente più sferoidali e massa relativamente maggiore rispetto al trattamento 1 ma la varietà di forme e dimensioni osservabili è difficilmente attribuibile ai trattamenti che ricoprono le talee quanto piuttosto alla varietà di forme in cui le talee sono state prodotte (Figura 5).



Figura 5. Confetti ottenuti con i sistemi di lavorazione denominati "Trattamento 2" e "Trattamento 3".

La differenza nel processo che distingue i trattamenti 1 e 2 dal trattamento 3 consiste nell'uso di polimero (di colore rosso). Nei trattamenti 1 e 2 il polimero è incluso nella matrice polverulenta che avvolge le talee mentre per il trattamento 3 il polimero è stato impiegato solo nella fase finale di ricopertura del confetto.



Figura 6. Sezione di confetti ottenuti con i sistemi di lavorazione denominati "Trattamento 2" e "Trattamento 3". Il trattamento 3 evidenzia la presenza di polimero rosso solo nella parte esterna del confetto.

In figura 6 è evidente come la talea del trattamento 2 sia completamente avvolta da materiale di colore rosso, mentre per il trattamento 3 il materiale di colore rosso avvolge esternamente il confetto ed è distinto dal materiale che si trova a contatto con la talea.

Le talee mononodali possono subire un processo di confettatura ma le prerogative del materiale confettato, ed in particolar modo la forma, la dimensione e la quantità di materiale confettante, risultano fortemente influenzate dalla forma, dalle dimensioni e dalla disomogeneità del materiale vegetale di partenza.

### **Controllo della “germogliabilità” delle talee mononodali (“seme somatico”) in funzione del tempo e del tipo di conservazione.**

I meristemi intercalari (detti “nodi”) che si sviluppano lungo gli stoloni delle graminacee da tappeto erboso rappresentano organi di propagazione per la pianta che li ha generati. I nodi espuntati e posti a germogliare nelle opportune condizioni termigrometriche manifestano generalmente una elevata vitalità rappresentata da percentuali di germogliamento intorno al 90%. La vitalità di tali meristemi si riduce all’estendersi del tempo che intercorre tra l’espunto e l’inizio del germogliamento. Lo scopo dell’azione 2.3 è di verificare se la perdita di vitalità può essere contenuta mediante la confettatura delle talee o mediante l’abbassamento della temperatura dell’ambiente di conservazione.

**Metodo.** Dopo la lavorazione, le talee confettate sono state trasferite al sito di conservazione in condizioni di trasporto analoghe a quelle già riportate per lo spostamento dal vivaio al sito di lavorazione.

A partire dal giorno successivo alla confettatura delle talee mononodali (20/09/2012) è iniziato il periodo della loro conservazione in ambiente refrigerato, per il quale sono state adottate le temperature di 6 e 0°C.

La vitalità delle talee è stata valutata stimolando il germogliamento dei nodi con incubazioni in armadio climatico, in capsula Petri su perlite, a 30°C, a condizioni non limitanti di umidità, fotoperiodo di 14 ore e durata di 7 giorni. I nodi non germogliati dopo 7 giorni di incubazione sono stati classificati come non vitali. Il dato è stato espresso come percentuale di nodi vitali rispetto al totale dei nodi vitali di un campione di talee non trattate incubate immediatamente dopo il prelievo.



Figura 7. Capsule Petri con perlite utilizzate per la determinazione della vitalità delle talee.

Al fine di determinare le variazioni di vitalità in funzione della durata della conservazione, dall'ambiente refrigerato sono stati prelevati campioni a cadenza settimanale per 8 settimane sui quali è stata successivamente determinata la vitalità.

**Risultati.** I risultati salienti vengono riportati in Tabella 1.

La vitalità delle talee sembra essere negativamente influenzata dai trattamenti di confettatura. Il controllo non trattato mostra sempre valori di vitalità superiori o uguali a quelli delle talee trattate.

**Tabella 1.** Vitalità delle talee (%) di *Cynodon dactylon* in funzione del tipo di trattamento di confettatura, della temperatura di conservazione (0° e 6°C) e della durata della conservazione. La percentuale è riferita alla vitalità di talee incubate immediatamente dopo l'espianto.

Temperatura di conservazione (°C)	Trattamento	Tempo di conservazione (settimane)			
		1	2	3	4
0°C	<b>controllo</b>	65	33	20	8
	<b>1</b>	53	27	18	5
	<b>2</b>	46	14	9	9
	<b>3</b>	18	5	0	0
6°C	<b>controllo</b>	50	30	22	14
	<b>1</b>	41	24	18	10
	<b>2</b>	30	30	14	0
	<b>3</b>	18	0	0	0

Tra i trattamenti a confronto, a 0°C di conservazione e per le prime tre settimane il Trattamento 1 sembra essere quello con la migliore prestazione in termini di vitalità delle talee trattate.

Il Trattamento 3 risulta essere quello associato con la minore vitalità delle talee in ogni condizione di conservazione e produce un decadimento della vitalità sensibilmente più accelerato rispetto al testimone non trattato e rispetto agli altri trattamenti.

La conservazione a 0°C nella maggioranza dei casi consente di mantenere vitalità delle talee leggermente superiori in confronto a quella di talee confettate con trattamenti analoghi ma conservate a 6°C.

In generale la vitalità delle talee diminuisce con il tempo di conservazione. Questo andamento lo si può osservare per i diversi trattamenti e per le diverse temperature di conservazione.

I dati riportati in tabella si riferiscono alle prime quattro settimane in quanto la vitalità delle talee scende a valori di scarso interesse pratico già alla seconda settimana di conservazione.



Figura 8. Regolare emissione di foglie e radici da una talea confettata .

In generale i dati di vitalità sono risultati molto variabili entro le replicazioni ed appare molto probabile che la estrema variabilità morfologica dei confetti, dovuta ad accumuli disomogenei di confettante a loro volta dovuti a variabilità nella morfologia delle talee, possa in qualche modo riflettersi in comportamenti non omogenei nella capacità delle talee confettate di assorbire acqua ed emettere il germoglio.

#### **Messa a punto dei sistemi automatici di semina a banco per l'impiego del seme somatico.**

**Scopo.** Lo scopo delle prove condotte è stato di valutare la capacità del macchinario di utilizzare le talee confettate e di individuare gli aggiustamenti del processo standard di semina che potevano essere adottati al fine di ridurre il numero di fallanze fino ad un valore ritenuto accettabile nella ordinaria accezione merceologica del settore ortovivaistico.

Al fine di ottimizzare la precisione di semina (riduzione delle fallanze e dei semi multipli) il macchinario di semina a banco che è stato adottato consente di modificare alcune parti meccaniche o di regolare il loro effetto nelle varie fasi di prelievo e deposizione del seme.

In particolare possono essere modificati:

- il rullo distributore (con diverso diametro dei fori di prelievo del seme)
- la pressione di suzione esercitata per il prelievo del seme (livello di vuoto)
- la vibrazione del cassetto di contenimento dei semi
- l'azione di eliminazione dei semi soprannumerari (pulizia rullo)
- l'avanzamento del contenitore di semina (consente la caduta di due o più semi per alveolo)



Figura 9. Macchina di semina a banco: dettaglio dell'unità di prelievo del seme. Si possono notare il cassetto di alimentazione (A), il rullo distributore (B) e la barra di pulizia del rullo (C).

**Metodo.** Il giorno 3 dicembre 2012 è stata effettuata una prova con seminatrice da banco con talee confettate ottenute con i 3 diversi tipi di confettatura adottati nella Azione 2.2.

I tre tipi di talee confettate sono state seminate variando i parametri ritenuti di maggiore effetto ai fini dell'efficienza della semina ed in particolare sono stati variati il tipo di rullo distributore, l'intensità di vibrazione del cassetto di alimentazione, l'avanzamento del contenitore (per la realizzazione di semine semplici o doppie) e l'intensità del getto d'aria per la pulizia del rullo.

Il numero rilevato come fallanze nelle prove si riferisce a alveoli completamente vuoti. Nel caso in cui sia stato rilevato un frammento del materiale di confettatura non è stata conteggiata una fallanza di semina poiché tale anomalia è stata attribuita ad un difetto del materiale e non dell'operazione di semina o del macchinario.

**Risultati.** Le prove condotte e la relativa percentuale di fallanze vengono riportate in tabella 2.



Figura 10. Macchina di semina a banco: dettaglio dei comandi che consentono la regolazione di alcuni parametri del processo di semina.

**Tabella 2.** Percentuale di fallanze rilevata nelle prove di semina a banco di talee confettate.

Tipo confetto	Tipo rullo	Vibrazione cassetto	Tipo semina	Fallanze (%)	NOTE
TR1	160, foro 1 mm	-	singola	17	Numerose impurità
TR1	160, foro 1 mm	-	singola	6	Materiale vagliato
TR1	160, foro 1 mm	-	singola	4	Materiale vagliato
TR1	160, foro 1 mm	-	doppia	2	Materiale vagliato
TR2	160, foro 1 mm	+	singola	10	Materiale vagliato
TR2	160, foro 1 mm	+	singola	4	Materiale vagliato
TR2	160, foro 1 mm	+	doppia	2	Materiale vagliato
TR2	160, foro 1,2 mm	+	singola	6	Materiale vagliato
TR3	160, foro 1 mm	+	singola	15	Materiale vagliato
TR3	160, foro 1 mm	+	singola	14	Materiale vagliato
TR3	160, foro 1 mm	+	doppia	2	Materiale vagliato
TR3	160, foro 1,2 mm	++	singola	2	Materiale vagliato
TR3	160, foro 1,2 mm	++	singola	3	Materiale vagliato

Dalle prove e dalle osservazioni condotte si possono desumere le seguenti conclusioni:

- È importante che il materiale impiegato per la semina sia privo di impurità: i frammenti di materiale confettante presenti vengono prelevati dai fori del rullo distributore al pari dei semi dando luogo a inefficienze della semina. Sarebbe auspicabile che materiale di confettatura non fosse soggetto a rotture. In presenza di frammenti di confettatura una semplice setacciatura consente di ridurre il problema fino ad un livello accettabile;



Figura 11. La setacciatura consente di rimuovere le impurità che determinano una bassa efficienza della semina a banco.

- La morfologia irregolare delle talee confettate non riduce la capacità del rullo di prelevare il materiale dal cassetto di alimentazione. Il numero di fori che non prelevano confetti dal cassetto è risultato molto basso. Rispetto a confetti di forma sferoidale o aventi superficie regolare e priva di asperità, la morfologia estremamente varia ed irregolare delle talee confettate produce l'effetto di un elevato numero di prelievi sovrannumerari. Il dispositivo di pulizia del rullo si è dimostrato di scarsa efficacia nel ridurre il fenomeno;



Figura 12. Confetti di diversa forma e dimensione vengono prelevati efficacemente dal rullo distributore.

- La vibrazione del cassetto di alimentazione del rullo migliora il contatto tra seme e foro di prelievo e ottimizza la presa;

- All'avvio del ciclo di semina il livello di fallanze risulta generalmente più elevato;
- Il rullo avente fori da 1 mm è risultato più efficiente nella semina di talee confettate mediante il trattamento 1 che produce confetti di dimensioni leggermente inferiori. Il rullo con fori da 1.2 mm è risultato più efficiente per la semina delle talee confettate mediante i trattamenti 2 e 3;



Figura 13. La morfologia dei confetti determina il frequente prelievo di più semi per foro da parte del rullo distributore.

- La semina doppia può contribuire alla diminuzione delle fallanze. Nel caso specifico delle talee di specie da tappeto erboso la presenza di due o più piante per alveolo non costituisce un deprezzamento del prodotto ma rappresenta semmai una maggiore potenzialità di colonizzazione del terreno una volta che le piante vengano messe a dimora in campo. La riduzione delle fallanze con raddoppio del numero di semi rimane comunque affidata alla probabilità statistica di colmare gli alveoli vuoti e, nei casi osservati, il fenomeno non è stato completamente annullato.



Figura 13. Contenitore alveolare dopo la deposizione dei confetti in semina singola. Le fallanze registrate sono 2 su 160 alveoli.

Per stabilire l'effettivo vantaggio della semina doppia devono essere valutati i costi di tale intervento (tempi operativi e consumo di seme) in confronto ai benefici ottenuti (variazione delle fallanze e livello ritenuto accettabile).

**Definizione di un processo pilota per la produzione, la conservazione e l'impiego di seme somatico per la produzione vivaistica di piante preradicate da tappeto erboso.**

In base alle conoscenze acquisite con le precedenti azioni della fase 2 del progetto, il processo di produzione, conservazione ed impiego di seme somatico dovrebbe articolarsi considerando i seguenti punti:

- a) Allevamento di piante madri in condizioni costanti, tali da favorire la formazione di organi di propagazione omogenei durante la stagione di sviluppo vegetativo;
- b) Raccolta del materiale di propagazione seguendo metodi standardizzati e tali da produrre talee di dimensioni e forme simili tra loro. Scelta del materiale vegetale e tecniche di prelievo codificate;
- c) Conservazione delle talee di breve durata e a temperatura intorno a 0°C o semina contestuale alla raccolta;
- d) Utilizzo di talee non confettate per semina a banco;
- e) Adozione di rullo distributore con fori da 1,2 mm, vibrazione attiva e semina singola;
- f) Doppia semina dei primi contenitori alveolari di ogni sessione di semina

### **Fase 3** – Progettazione, messa a punto e collaudo del prototipo di trapiantatrice automatica

#### Sommario delle azioni della fase

In questa fase è stata portata a termine la progettazione del prototipo di trapiantatrice automatica, a cura del Partner Associato Tea Project .

Il Capofila, Az. Agr. Pacini Maurizio, ha quindi realizzato il prototipo di trapiantatrice automatica, con la prima messa a punto meccanica ed elettroidraulica.

Il Partner EUROVERDE GROUP s.r.l. ha condotto l'utilizzazione in pieno campo del prototipo di trapiantatrice automatica nel trapianto delle piantine radicate di gramigna, mentre il Partner CiRAA "E. AVANZI" - Università di Pisa ha svolto il controllo delle caratteristiche operative del prototipo di trapiantatrice automatica, attraverso il rilievo delle condizioni di esecuzione del trapianto, la valutazione agronomica del risultato e la calibrazione dei parametri tecnici volti all'ottimizzazione del processo.

#### Dettaglio delle attività

Dopo l'acquisizione del progetto, e la conseguente realizzazione del prototipo, il lavoro svolto in questa fase è consistito principalmente nell'adattamento del meccanismo di distribuzione delle piantine radicate alle condizioni di pieno campo. La versione iniziale della macchina, seppur contenente tutte le caratteristiche operative richieste al progettista, si è dimostrata eccessivamente sensibile alle sollecitazioni derivanti dall'uso in pieno campo.

Per la realizzazione della trapiantatrice automatica (fig. 1) sono stati coniugati un apparato per il prelevamento delle piante dai vassoi completamente automatizzato (analogo a quello adottato per le moderne ripicchettatrici/trapiantatrici robotizzate utilizzate nel settore ortoflorovivaistico), ed un sistema per la deposizione delle piante nel terreno, idoneo ad operare anche su terreno non lavorato.



Figura 1 – Prototipo di trapiantatrice automatica per essenze da tappeto erboso allevate in vassoi alveolati realizzata nell'ambito del progetto SiTEE.

Le componenti principali di questa trapiantatrice innovativa sono:

- sistema di caricamento dei vassoi alveolati;
- sistema di estrazione e prelevamento delle piantine dotato di 10 pinze che scorrono su appositi binari mobili (fig. 2);
- sistema di trasporto agli organi assolcatori, composto da slitte scorrevoli dotate di idonei alloggiamenti, predisposte per convogliare le piante ai 5 tubi adduttori (fig. 3);
- sistema di deposizione delle piante, composto da 5 assolcatori provvisti di coppie di dischi inclinati (fig. 4).



Figura 2 – Dispositivo per l'estrazione delle piantine dai vassoi alveolati.



Figura 3 – Sistema a slitta per il convogliamento delle piantine estratte verso i tubi adduttori



Figura 4 – Assolcatore provvisto di dischi inclinati

La macchina è dotata di un attacco a tre punti per il collegamento alla trattrice, ma presenta una cerniera nel telaio portante che consente una certa mobilità verticale in modo che gli elementi lavoranti si possano adattare alle eventuali irregolarità della superficie del terreno.

Gli organi di sostegno della trapiantatrice automatica sono rappresentati da una ruota pneumatica anteriore e da due ruote pneumatiche posteriori. Queste sono montate su due bracci collegati da un singolo telaio portante, che è a sua volta collegato ad un pistone idraulico, in modo tale da poter regolare l'inclinazione dei bracci e di conseguenza la profondità di deposizione delle piante.

La trapiantatrice innovativa è dotata di un impianto idraulico alimentato da una pompa oleodinamica collegata direttamente ed azionata alla presa di potenza posteriore della trattrice. L'impianto idraulico collega tutti i pistoni presenti sui parallelogrammi degli assolcatori e anche quelli collegati alla regolazione delle ruote posteriori. L'energia idraulica dell'olio in pressione all'interno dell'impianto viene convertita in energia meccanica da una serie di motori oleodinamici che azionano un alternatore (che fornisce l'energia elettrica alla macchina) ed un compressore che fornisce aria compressa utilizzata sia per il movimento di tutti i dispositivi dell'apparato di estrazione e prelievo delle piantine, sia per creare dei flussi di aria all'imboccatura dei tubi adduttori che dovrebbero agevolare il trasporto delle piantine agli assolcatori.

Tutti i sistemi e i cinematismi sono controllati e gestiti elettronicamente da un PLC, e le regolazioni del sistema di estrazione e prelievo delle piante possono essere effettuate da un pannello di controllo dotato di schermo con un'apposita interfaccia grafica (Fig. 5).



Figura 5 - Pannello di controllo

Sulla ruota anteriore della trapiantatrice è presente un apparato in grado di rilevare la velocità di avanzamento della macchina (Fig. 6). Tale dispositivo è composto di un sensore induttivo e di un disco metallico che presenta nella parte periferica dei fori disposti regolarmente lungo una circonferenza. Il disco gira solidalmente con la ruota anteriore ed il sensore induttivo è fissato in modo da percepire il numero di fori periferici che passano nell'unità di tempo ed invia queste informazioni al PLC che li converte in valori di velocità. Le informazioni sulla velocità di avanzamento della trapiantatrice sono di fondamentale importanza per la sincronizzazione dei movimenti dei dispositivi di estrazione e convogliamento delle piantine. In questo modo è possibile ottenere una distribuzione delle piante proporzionale alla velocità di avanzamento dell'operatrice, mantenendo costante (entro certi limiti) la distanza delle piantine sulla fila.



Figura 6 - Ruota pneumatica anteriore della trapiantatrice sui cui è installato il dispositivo per il rilevamento della velocità di avanzamento.

I problemi affrontati nello sviluppo operativo del prototipo hanno riguardato sia la componente meccanica (il sistema di appoggio a terra, il meccanismo di controllo dell'avanzamento) che la componente elettromeccanica (il movimento del gruppo pinze, il dimensionamento dei blocchi di convogliamento), rendendo necessarie molte prove di deposizione, eseguite in varie condizioni di preparazione del terreno.

Inizialmente è stato valutato il comportamento della trapiantatrice su una porzione di terreno piano, di medio impasto tendenzialmente sabbioso, affinato e livellato; da subito si è evidenziato un problema legato al sensore di avanzamento ed alla sua collocazione; il sistema per il rilevamento della velocità, risultava del tutto inadeguato ad operare nelle condizioni di pieno campo, in quanto il modello di sensore induttivo

utilizzato, per poter operare con una elevata accuratezza, deve essere montato ad una distanza inferiore ad 1 mm dalla superficie del disco forato.

Altro punto critico si è evidenziato nelle dimensioni e nel posizionamento della ruota anteriore; l'appoggio sul terreno da esso garantito non rendeva la macchina sufficientemente stabile, soprattutto rispetto alle oscillazioni laterali, oltre a provocare, in terreni sciolti, un parziale affondamento dell'anteriore, compromettendo così la regolarità di avanzamento e di deposizione.

La ruota anteriore pneumatica è stata perciò rimossa, ed è stata sostituita con un rullo metallico con un diametro di 32 cm ed una larghezza complessiva di 1,2 m, consentendo di ottenere una maggiore galleggiabilità in virtù della sua più elevata superficie d'appoggio (Fig. 7).



Figura 7 - La ruota di appoggio anteriore è stata sostituita con un rullo metallico provvisto di martinetti manuali.

Il rullo è stato fissato sul telaio portante della macchina a valle della cerniera posta dopo l'attacco a tre punti ed è provvisto di due martinetti (per la regolazione manuale dell'altezza) e di cuscinetti a sfera oscillanti. Il sistema di rilevamento della velocità di avanzamento è stato ripensato e sostituito. Al posto del sensore induttivo sulla parte fissa del telaio portante è stato montato un "microswitch" provvisto di una leva. L'asta del "microswitch" viene azionata da 12 perni disposti regolarmente sulla parte periferica di un disco rotante montato sull'asse del rullo (Fig. 8). In questo modo la frequenza degli impulsi che saranno inviati dal "microswitch" potrà essere utilizzata per sincronizzare il sistema di estrazione e prelievamento in modo da ottenere una deposizione regolare delle piante proporzionale alla velocità di avanzamento.



Figura 8 - Disco dotato di perni utilizzato nel dispositivo per ottenere la sincronizzazione del sistema di estrazione e prelievo delle piante con la velocità di avanzamento della macchina.

Utilizzando questo sistema è stata realizzata una tabella di taratura della trapiantatrice, infatti il rullo ed il disco provvisto di perni ruotano con la stessa velocità angolare, quindi un intero giro del rullo corrisponde a 12 impulsi generati dal microswitch.

Il rullo ha un diametro di 32 cm, quindi in un giro completo copre teoricamente (al netto di trascurabili perdite per slittamento) una distanza di 100,5 cm (circonferenza rettificata). Se dal pannello di controllo della trapiantatrice impostiamo che il sistema di estrazione e prelievo delle piantine dai vassoi alveolati sia sincronizzato dal PLC con un valore di 12 impulsi ricevuti dal "microswitch", dovremmo ottenere un impianto caratterizzato da una distanza sulla fila di 105,5 cm, pari alla distanza coperta per un singolo giro del rullo.

Con questo sistema la distanza di deposizione minima sulla fila che è possibile ottenere è pari a 8,4 cm, ovvero un dodicesimo della distanza coperta da un singolo giro del rullo, moltiplicando questo valore per il numero di impulsi che possono essere impostati sul pannello di controllo si ottiene la taratura della trapiantatrice (tabella 1).

Tabella 1 - Taratura teorica della trapiantatrice con il nuovo sistema per la deposizione delle piante proporzionale alla velocità di avanzamento.

Numero di impulsi settati sul pannello di controllo	Distanza sulla fila (cm)
12	100,5
11	92,2
10	83,8
9	75,4
8	67,0
7	58,6
6	50,3
5	41,9
4	33,5
3	25,1
2	16,8
1	8,4

Dopo le modifiche apportate, l'efficienza del prototipo di trapiantatrice è stata valutata di nuovo, con una serie di test di collaudo in campo. Le prove sono state effettuate utilizzando diversi valori di taratura, in termini di distanza di deposizione sulla fila e diversi valori di velocità di avanzamento del cantiere di lavoro. Grazie all'aggiunta del rullo anteriore, operando su terreno lavorato, la "galleggiabilità" e la stabilità della trapiantatrice sono apparse nettamente migliori, ed hanno consentito di effettuare il trapianto senza alcuna difficoltà.

Altro aspetto problematico del prototipo originale era costituito dalla presenza dei dischi inclinati posti davanti agli assolcatori; la loro presenza era stata suggerita dalla necessità di rendere efficace la macchina su terreno non lavorato, ed in special modo nelle operazioni di conversione dei prati di microterme. I test condotti, però, hanno mostrato ben presto i limiti di questa scelta tecnica: la loro prossimità agli assolcatori, unita alla forma di questi ultimi, causava la ritenzione del materiale che era presente sul terreno, provocando un effetto "rastrello" che faceva ammuccchiare il terreno davanti agli assolcatori, costringendo l'operatore a soste più o meno frequenti (Fig. 9).

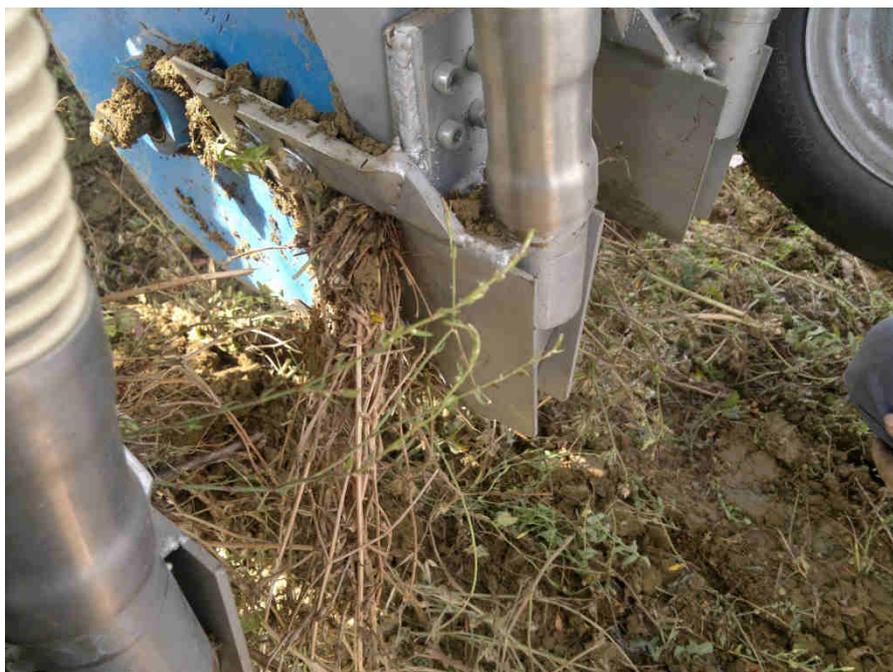


Figura 9 - Accumulo di residui causato dai dischi davanti agli assolcatori.

L'eliminazione dei dischi, almeno nei casi in cui si opera su terreno con residui di vegetazione, risolve in maniera ottimale il problema (Fig. 10).

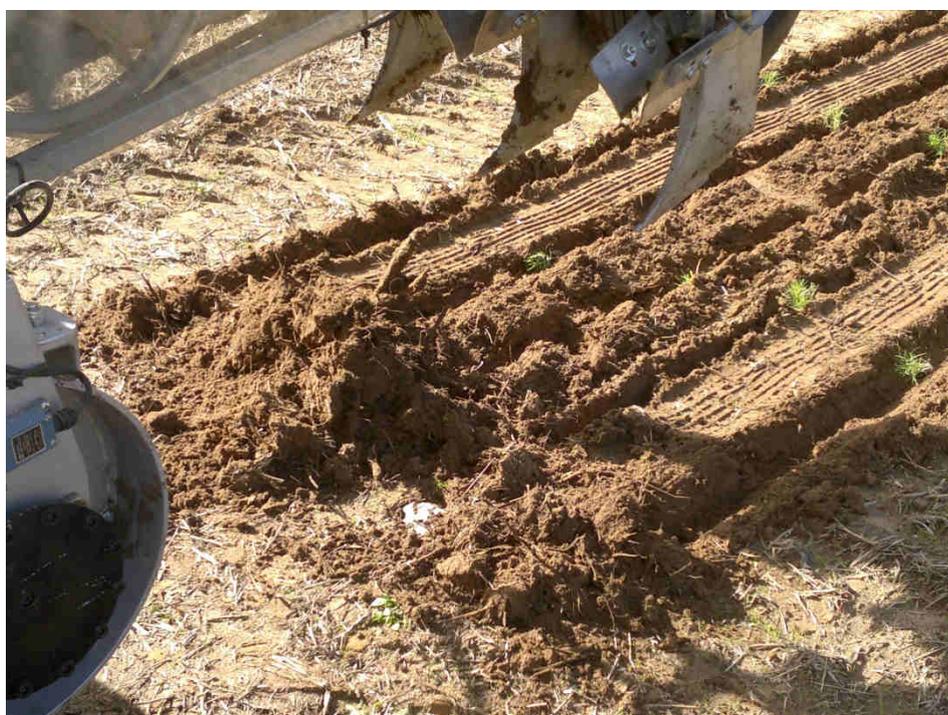


Fig. 10 - L'assenza dei dischi non provoca accumulo di terreno.

Parallelamente, testando approfonditamente il gruppo di distribuzione, è risultato evidente come la funzionalità dello stesso venisse condizionata da alcune caratteristiche delle piantine di macroterma; in particolare, le dimensioni della parte fogliare e la percentuale di inumidimento del panetto di radicazione. La diversa lunghezza della parte epigea svolge due effetti potenzialmente dannosi: l'eccessiva lunghezza degli stoloni può portare ad un aggrovigliamento degli apparati fogliari di piante adiacenti, causando il prelievo contemporaneo di due o più piantine, e può altresì funzionare da "freno" nella caduta della piantina verso l'assolcatore, causando così irregolarità nella deposizione.

Anche l'umidità relativa del panetto di radicazione è decisiva nella corretta esecuzione del trapianto, infatti ha influenza sulla facilità di estrazione dal contenitore alveolare (umidità eccessiva non permette una efficace presa agli aghi delle pinze, mentre di contro l'eccessiva aridità provoca un aumento dell'attrito tra il pane di torba ed il contenitore) e, in relazione al diverso peso del panetto di radicazione, determina differenti velocità di discesa della piantina verso gli assolcatori.

Di seguito, si possono vedere vari momenti dei test condotti sul prototipo (Figg. 11, 12, 13, 14).



11 - Regolarità di deposizione



12 - Azione spianante del rullo



13 - Regolazione manuale distributore



14 - Controllo mancate deposizioni

Alla fine degli interventi di modifica, sono stati effettuati rilievi in differenti condizioni di impiego, per valutare la precisione di deposizione delle piante (in termini di distanza sulla fila). Un'analisi preliminare dei dati ha evidenziato che ci sono differenze

statisticamente indicative tra i valori attesi (ovvero la distanza di impianto impostata sulla trapiantatrice) ed i valori rilevati (le distanze sulla fila misurate sperimentalmente). La differenza tra i valori attesi e la media di quelli reali è risultata essere nel peggiore dei casi di circa 6 cm (Fig. 15).



Fig. 15 – Rilievi sulla precisione di deposizione.

Questo valore di scostamento appare del tutto accettabile ed adeguato per la specifica tipologia di impianto a cui si rivolge il prototipo di trapiantatrice realizzato nell'ambito di questo progetto.

In definitiva, la messa a punto del prototipo di trapiantatrice automatica può dirsi concluso, ed il risultato raggiunto è la fase di sviluppo pre-commerciale della macchina. Le sue caratteristiche sono sicuramente adeguate per l'impiego nel settore dei tappeti erbosi, e le potenzialità espresse dal progetto ne fanno intravedere l'impiego anche in settori differenti, ad esempio per le colture ortive.

Sotto, la macchina finita (Fig. 16).



Fig. 16 – La trapiantatrice nella versione definitiva dopo gli ultimi collaudi.

**Fase 4** – Impostazione e collaudo dei prodotti, dei processi e delle tecnologie per la produzione delle stuoie pre-trapiantate con talee mononodali (“seme somatico”).

### Sommario delle azioni della fase

In questa fase, il Partner EUROVERDE GROUP s.r.l. ha dapprima messo a punto il processo di produzione delle stuoie pre-trapiantate con l'utilizzo delle talee preradicate, quindi ha avviato la produzione delle stuoie pre-trapiantate in vivaio. Contemporaneamente ha curato la preparazione del sito in cui effettuare la messa a dimora delle stuoie pre-trapiantate in funzione delle diverse condizioni di impianto e dei conseguenti collaudi; successivamente, ha iniziato le operazioni di messa a dimora e successivo allevamento delle stuoie pre-trapiantate nelle varie condizioni di impianto.

Il collaudo delle stuoie pre-trapiantate con valutazione delle caratteristiche agronomiche del tappeto erboso risultante nelle varie tipologie di impianto è stato eseguito dal Partner Associato Centro Ricerche Tappeti Erbosi Sportivi - Università di Pisa, ed ha confermato i valori soliti del tappeto erboso di macroterme.

### Dettaglio delle attività

L'impianto di specie graminacee macroterme in alternativa alle più note e diffuse specie microterme consentirebbe di ridurre i consumi idrici e gli input chimici nella coltivazione dei tappeti erbosi.

Tra i vari sistemi di impianto noti, la messa a dimora di piante preradicate in pane di torba si è dimostrata una tecnica efficace per costi e tempi di realizzazione.

Oltre ad alcuni margini di miglioramento tecnico, la filiera produttiva delle piante preradicate offre la possibilità di sviluppare prodotti e processi intermedi che potrebbero significativamente ampliare le potenzialità di diffusione di questo sistema di impianto.

La messa a dimora in piena terra delle piante preradicate prodotte durante la fase vivaistica del processo è tecnicamente ed economicamente sostenibile se le piante possono essere deposte sul terreno alla densità prefissata in tempi relativamente contenuti e con sistemi a basso impiego di manodopera.

Generalmente, nel settore dell'orticoltura di pieno campo, l'impiego di macchine automatiche o semi-automatiche consente di conseguire i suddetti obiettivi a partire da materiale vivaistico analogo a quello prodotto per la propagazione e l'impianto delle specie macroterme da tappeto erboso.

Diversamente da quanto accade per la maggior parte del verde sportivo, le cui aree di pertinenza sono di forma regolare o comunque molto estesa, la realizzazione dei tappeti erbosi ornamentali e tecnici (giardini pubblici e privati, aiuole, rotatorie stradali, scarpate, argini, aree cimiteriali, discariche ecc.) avviene molto frequentemente su superfici di dimensioni ridotte, forme irregolari o pendenze molto pronunciate. Tali condizioni operative rendono il lavoro delle macchine molto disagiata, antieconomico per l'elevato

numero di manovre necessarie e talora sconsigliato o impossibile per ragioni di sicurezza. L'accessibilità a determinate superfici rappresenta spesso un limite e, su ridotte estensioni di terreno, le lavorazioni con mezzi meccanici che comportano l'uso di una trattrice possono inoltre essere incompatibili con la accuratezza di certi livellamenti del terreno utilizzati nella creazione di aiuole o giardini privati e possono danneggiare elementi di arredo quali irrigatori, cordoli, bordure, fontane, lampioni, ecc.

In tutte le condizioni nelle quali l'impiego di macchine portate o trainate risulta non valido, per l'impianto di tappeti erbosi su di aree di estensione limitata od elevato pregio, si fa ricorso alla posa di tappeto erboso precoltivato o alla semina diretta che può essere manuale oppure agevolata da macchine semoventi o carrelli a spinta. Per aree scarsamente accessibili e di estensione cospicua, la tecnica maggiormente adottata è rappresentata dalla idrosemina o la idrostolonizzazione, peraltro poco praticata nel nostro paese. Una ulteriore tecnica disponibile è rappresentata da teli nella cui trama sono inclusi i semi. Questi generano un tappeto erboso una volta che il telo sia deposto a terra e opportunamente irrigato.

Ad esclusione del tappeto erboso precoltivato, i cui costi di produzione ed installazione limitano l'uso a opere di grande pregio, gli altri sistemi si affidano all'uso di semi con ciò escludendo la possibilità di utilizzare varietà a propagazione vegetativa e comunque con un esito che dipende in larga parte dalla germinazione dei semi o dalla radicazione degli organi di propagazione.

La possibilità di utilizzare le piante preradicate in pane di torba anche nelle aree non meccanizzabili consentirebbe di estendere i vantaggi di tale tecnica a tutte le condizioni operative di impianto di un tappeto erboso.

L'obiettivo della fase 4 del progetto è di impostare e collaudare un processo produttivo che, facendo uso delle piante preradicate in pane di torba, consenta di ottenere delle stuoie sulle quali le piante sono ancorate, alla densità desiderata e possono facilmente essere trasportate e messe a dimora laddove altri sistemi di impianto non siano percorribili.

#### **Messa a punto del processo di produzione delle stuoie pre-trapiantate con l'utilizzo delle talee preradicate.**

**Scopo.** Le stuoie pretrapiantate hanno lo scopo di fornire un supporto nel quale le piante in pane di torba possano radicare e fissarsi. Questo consente la successiva movimentazione e messa in opera senza che la densità ed il sesto di impianto originali vengano modificati dalle successive manipolazioni.

Il materiale di supporto deve quindi essere poroso per lasciarsi imbibire dall'acqua e al tempo stesso per lasciarne percolare l'eccesso. È richiesto che abbia sufficiente tenacia per tollerare senza strappi le necessarie manipolazioni ma deve al contempo essere facilmente attraversabile dalle radici, essere facilmente adattabile alle irregolarità del terreno ed avere una vita utile sufficiente all'allevamento in serra e alla successiva messa dimora sul terreno. Successivamente è desiderato che il materiale di supporto vada incontro a biodegradazione, possibilmente in tempi rapidi ed evitando che perduri la presenza di frammenti o residui visibili.

L'aspetto estetico gradevole, o comunque di facile inserimento nei siti di impiego, è ulteriore carattere oggetto di considerazione.

Il processo di produzione deve essere realizzato con le comuni dotazioni disponibili in serra e deve poter essere realizzato senza investimenti aggiuntivi di strutture o mezzi e con limitatissima esposizione finanziaria. Il processo produttivo è concepito come attività da completare in tempi brevi con la possibilità di realizzare il prodotto finito anche a seguito di ordinativi non programmati.

In questo modo si intende concepire il processo non secondo il criterio dell'anticipazione colturale ma come produzione su ordinazione, per tipologia, per dimensione e per epoca basandosi su tempi brevi di ottenimento del prodotto, a partire da piante preradicate disponibili.

Il processo produttivo è inoltre stato concepito per utilizzare le stesse piante preradicate in pane di torba che possono essere indifferentemente destinate all'impianto manuale o meccanizzato. In questo modo si intendono evitare linee dedicate di produzione con l'obiettivo che le piante in pane di torba possano costituire un prodotto intermedio versatile e agevolmente indirizzabile a sistemi alternativi di utilizzo.

**Metodo.** Le specie macroterme da tappeto erboso risultano avere una crescita aerea e radicale particolarmente aggressiva, specialmente se allevate in ambiente caldo e senza limitazioni di acqua ed elementi nutritivi. Dato che tali condizioni si realizzano ordinariamente in serra durante l'estate, è atteso che piante preradicate in pane di torba di tali specie possano agevolmente emettere radici ed organi striscianti capaci di ancorare stabilmente le piante al materiale sul quale si trovano a vegetare.

Il mercato fornisce materiali di diversa natura in forma di tessuti o stuoie per varie applicazioni. Per l'applicazione delle stuoie pretrapiantate sono stati presi in considerazione materiali di diversa natura e caratteristiche.

#### **PROVA 1.**

La prova ha avuto come oggetto il confronto di teli reperibili sul mercato costituiti di diversi materiali e con caratteristiche potenzialmente idonee alla realizzazione di stuoie pretrapiantate. Sono inoltre stati confrontati diversi sistemi di messa di mora delle piante entro i teli.

Il giorno 12 Luglio 2012 è stata installata una di confronto in serra per confrontare i seguenti materiali:

**Juta:** materiale disponibile in rotoli o pezze, estremamente tenace allo strappo, leggero, costituito da una trama di fili tessuti in direzioni ortogonali e di aspetto discontinuo.

**Stuoia di Fibra di cocco:** materiale disponibile in rotoli, costituito da una trama di filamenti non tessuti che formano un materiale continuo. Le fibre sono tenaci ma il materiale risulta deformabile e non tenace alla trazione. Sono disponibili diverse grammature del materiale (500 e 650 g m<sup>-2</sup>) con spessore diverso.

**Tessuto non tessuto in fibra di polipropilene:** materiale disponibile in rotoli di colore vario. Il tessuto è tenace, continuo e poroso.

Le piante sono state sistemate su diversi materiali in due modi

- 1) Semplice deposizione sopra il telo (cocco)

- 2) Deposizione con materiale di supporto disposto in modo da coprire il pane di torba al fine di garantire una maggiore riserva di acqua per le piante nell'intervallo tra due interventi irrigui. Data la diversa natura dei materiali sono stati individuati metodi diversi per ottenere tale scopo ed in particolare
- per la juta è stata ritenuta idonea la sovrapposizione di un telo di copertura delle piante oltre a quello di supporto;
  - per il cocco è stata adottata la creazione di ripiegamenti del tessuto che alloggiassero file di piante distanziate, e la realizzazione di tagli che consentissero di posizionare le piante inferiormente al telo;
  - per il telo di polipropilene sono stati eseguiti dei tagli che consentissero di posizionare le piante inferiormente al telo

Per il solo telo di cocco sono state considerati due tessuti diversi per peso specifico ( $500$  e  $650 \text{ g m}^{-2}$ )

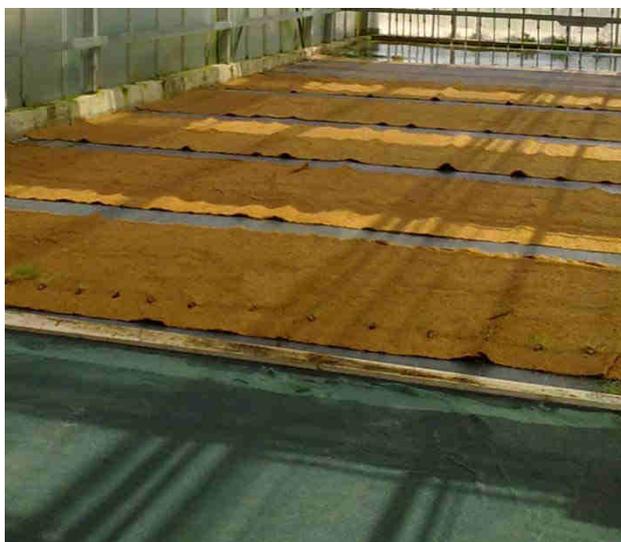


Figura 1. Vista generale dei teli a confronto



Figura 2. Telo verde in polipropilene (in alto a sinistra) e telo di cocco (in basso a destra)



Figura 3. Telo di cocco (a sinistra) e telo di juta (a destra)



Figura 4. Deposizione delle piante preradicate a distanza prefissata.



Figura 5. Materiale di supporto a copertura del pane di torba: dettaglio del sistema adottato per il telo di juta.



Figura 6. Materiale di supporto a copertura del pane di torba: dettaglio del sistema a pieghe adottato per il telo di cocco



Figura 5. Materiale di supporto a copertura del pane di torba: dettaglio del sistema adottato per il telo di polipropilene.

A quattro settimane dalla realizzazione dei diversi tipi di stuoia sono state eseguite le seguenti osservazioni sull'attecchimento e sullo stato generale delle piante:

- Telo di supporto in polipropilene: attecchimento 100%. Piante vigorose ma radici sviluppate entro il telo antialga della serra. Al sollevamento del telo le piante rimangono ancorate a terra.
- Cocco 500 piegato: attecchimento 50-60%;
- Cocco 500 steso: attecchimento 99%, piante poco vigorose;
- Cocco 650 steso: attecchimento 99%, piante vigorose;
- Cocco 650 piegato: attecchimento 50%;
- Juta attecchimento 15%.

Dalle osservazioni condotte sono stati ottenuti i seguenti risultati:

- Il telo in juta non ha ritenzione idrica sufficiente e ciò è causa di una bassa percentuale di attecchimento;
- Il telo doppio di juta non compensa la scarsa ritenzione idrica del materiale;
- Il telo in polipropilene non offre ancoraggio alle radici delle piante vi crescono a contatto per quattro settimane;

- I materiali polipropilene e cocco non si prestano ad essere usati per la copertura del pane di torba. Il loro utilizzo con sistemi di piegatura o con fessure per l'inserimento delle piante al disotto del telo stesso rappresentano complicazioni delle operazioni di serra che comportano tempi operativi maggiori e prodotti finali non standardizzabili. Il prodotto finito è inoltre una stuoia da manipolare con maggiore cura e maggiormente soggetta a perdita di integrità;
- I teli di cocco consentono lo sviluppo delle radici e l'ancoraggio delle piante in telo singolo e con il semplice appoggio delle piante.



Figura 6. Sviluppo dell'apparato radicale attraverso il telo di cocco.

## PROVA 2.

Questa prova ha avuto lo scopo di valutare un ulteriore materiale rispetto a quelli confrontati nella prova 1, ritenuto maggiormente ritentivo nei confronti dell'acqua. In particolare, la tecnica del semplice appoggio delle piante sul telo di supporto è stata ritenuta essere la più vantaggiosa operativamente e la più efficace per un efficiente ancoraggio delle piante. La stessa tecnica è risultata al contempo quella maggiormente dipendente dalla capacità di ritenzione idrica del materiale di supporto e l'adozione di un materiale di maggiore ritenzione idrica rappresenta una ottimizzazione del processo di produzione delle stuoie.

Il giorno 1 Ottobre 2012 sono state realizzate in serra nuove stuoie utilizzando un telo in fibra di cellulosa ( $300 \text{ g m}^{-2}$ ), caratterizzato da maggiore ritenzione idrica rispetto a quelli già osservati. Le piante sono state poste a contatto con il telo di supporto con due diverse modalità:

- 1) piante preradicate appoggiate su telo bianco in area con telo antialga: soluzione più semplice ma con maggiori rischi di disseccamento del pane di torba;
- 2) piante preradicate sotto telo bianco su piano in cemento: soluzione più complessa, con maggiori garanzie per la conservazione dell'umidità del pane di torba e inibizione della radicazione entro il piano di appoggio.



Figura 7. Teli in fibra di cellulosa con piante preradicate poste al disopra (destra) e al disotto (sinistra) del telo.

La prova ha evidenziato che:

- Avendo una sufficiente ritenzione idrica, il telo in fibra di cellulosa consente di far radicare le piante in pane di torba anche se semplicemente appoggiate sul telo;
- L'allevamento su telo antialga potrebbe in qualche modo consentire la radicazione sul piano di appoggio;
- Il comportamento in campo del telo di cellulosa risponde alle aspettative di degradabilità

### **PROVA 3.**

La prova è stata concepita al fine di valorizzare il telo in fibra di cellulosa che presenta ottimali caratteristiche di ritenzione idrica e degradabilità. Il fattore potenzialmente limitante di questo materiale risiede nella facilità con cui le radici ne attraversano lo spessore per poi insinuarsi nelle fibre del telo anti-alga che costituisce la superficie di appoggio in serra.

Al fine di valutare l'effetto di copertura verde dato dalla densità di piante messe a dimora, sono state poste a confronto due densità di impianto.

Il giorno 22 Maggio 2013 sono state realizzate in serra nuove stuoie utilizzando nuovamente il telo in fibra di cellulosa. Le piante sono state disposte sul telo di supporto per semplice appoggio con due diverse densità: 1) 16 piante m<sup>-2</sup> (sesto in quadrato 25 × 25 cm) e 2) 25 piante m<sup>-2</sup> (sesto in quadrato 20 × 20 cm).

Al disotto del telo di radicazione è stato posto un telo in nylon avente lo scopo di impedire la radicazione delle piante entro il materiale che costituisce il piano di appoggio (telo anti-alga).

Al fine di evidenziare eventuali criticità della fase produttiva su larga scala, i teli sono stati dimensionati in modo da occupare completamente una unità produttiva di serra (70 × 2.2 m ciascuno).

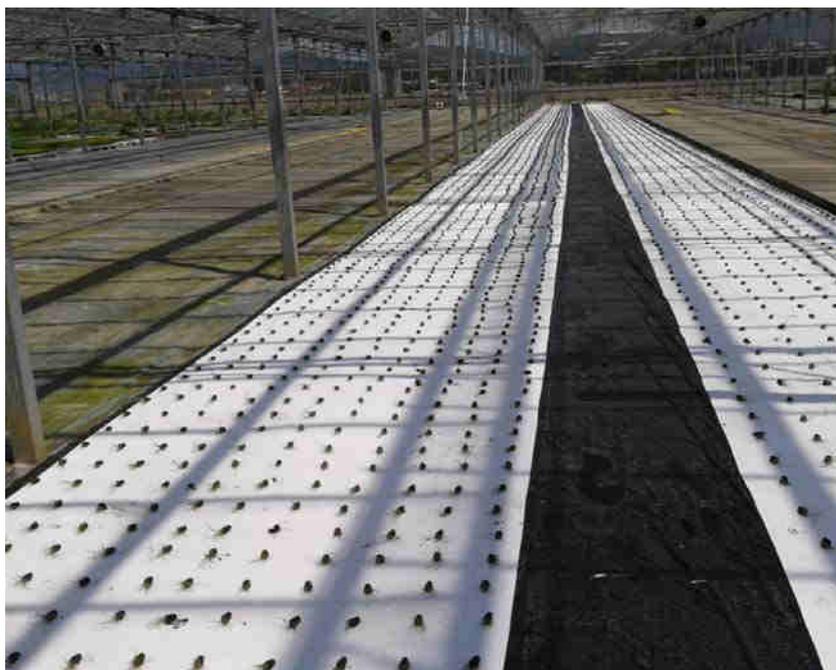


Figura 8. Allevamento su larga scala di teli in fibra di cellulosa con due densità di impianto (16 e 25 piante m<sup>-2</sup>).

Dalla prova 3 è risultato che la tecnica produttiva più rispondente alle caratteristiche di rapidità, semplicità, ed affidabilità dell'attecchimento è costituita dall'adozione di telo in fibra di cellulosa da 300 g<sup>-2</sup>, dotato di sottostante telo di nylon per il confinamento delle radici, e la deposizione di piante preradicate in pane di torba superficialmente sul telo.

Tale tecnica consente di produrre stuoie prevegetate pronte al trasferimento in campo in un periodo di tempo che, nel periodo primaverile-estivo, può variare tra 10 ed i 14 giorni.

Ulteriore risultato è rappresentato dalle osservazioni relative alla movimentazione della stuoia prevegetata. Mentre in fase produttiva può essere vantaggioso realizzare stuoie di dimensioni pari a quelle dell'unità produttiva in serra (c.a. 5 x 70 m), per la successiva movimentazione si rende necessario il frazionamento della stuoia in porzioni di più agevole movimentazione.

#### **Produzione delle stuoie pre-trapiantate in vivaio.**

#### **PROVA 4.**

Una volta individuata la tecnica produttiva più efficace, la prova ha avuto come oggetto la definizione di aspetti pertinenti alla produzione di massa delle stuoie quali i potenziali fattori limitanti legati alla trasportabilità ed alla conservabilità del materiale nel momento del trasferimento tra la serra e la collocazione a terra nel sito di impianto.

Il giorno 1 Luglio 2013 sono state realizzate in serra nuove stuoie utilizzando la tecnica precedentemente descritta. Una volta giunte al completamento della fase di serra, le stuoie sono state frazionate in dimensioni trasportabili di 2.2 x 2.5 m, arrotolate e messe a dimora in campo.

Per la stima della trasportabilità è stato determinato il peso delle varie tipologie di stuoie per unità di superficie. Per la stima della conservabilità diversi tempi di conservazione sono stati simulati considerando che il materiale prelevato dalla serra potesse avere un tempo di messa a dimora variabile dall'impianto immediato allo stazionamento in cantiere fino ad un massimo di 4 giorni.

Sono inoltre stati considerati ulteriori fattori gestibili in fase di consegna con potenziali effetti sulla conservabilità del materiale. In particolare è stata considerata la possibilità di controllare il contenuto idrico della stuoia al momento della consegna, ed il mantenimento o la rimozione del telo di nylon durante l'avvolgimento delle stuoie in rotoli destinati al trasporto. Di seguito si riporta in tabella la tipologia di stuoie ed i diversi fattori (legati al trasporto ed alla conservazione delle stuoie) che possono avere effetti sulla vitalità di campo delle piante.

Densità di piante (piante m <sup>-2</sup> )	Telo di nylon <sup>(1)</sup>	Stato idrico <sup>(2)</sup>	Tempo di conservazione <sup>(3)</sup> (giorni)
16	si	Asciutto	0
16	si	Asciutto	2
16	si	Asciutto	4
16	si	Saturo	0
16	si	Saturo	2
16	si	Saturo	4
16	no	Asciutto	0
16	no	Asciutto	2
16	no	Asciutto	4
16	no	Saturo	0
16	no	Saturo	2
16	no	Saturo	4
25	si	Asciutto	0
25	si	Asciutto	2
25	si	Asciutto	4
25	si	Saturo	0
25	si	Saturo	2
25	si	Saturo	4
25	no	Asciutto	0
25	no	Asciutto	2
25	no	Asciutto	4
25	no	Saturo	0
25	no	Saturo	2
25	no	Saturo	4

(1) = Il telo di nylon è stato lasciato in serra o asportato insieme alla stuoia per valutare gli effetti sulla conservazione dell'umidità del materiale nelle fasi successive

(2) = Lo stato idrico è stato controllato sospendendo le irrigazioni nelle 24 ore precedenti al prelievo delle stuoie o irrigando immediatamente prima del prelievo

(3) = Per la fase di conservazione le stuoie sono state disposte in ambiente ombreggiato e ventilato

Dalla prova è emerso che la movimentazione delle stuoie in porzioni di 2.2 x 2.5 m (5.5 m<sup>2</sup>) è agevole in quanto al peso ma l'ingombro del rotolo richiede la collaborazione di due unità di manodopera.

L'effetto e gli altri fattori messi a confronto è stato valutato stimando la percentuale di copertura verde una volta che le stuoie erano state messe a dimora in campo. In base a tali osservazioni è stato rilevato che la più elevata densità di piante non ha dato il vantaggio atteso in campo.

Il telo di nylon, avvolto insieme alle stuoie allo scopo di conservare l'umidità durante il trasporto e lo stoccaggio, ha in realtà prodotto livelli di copertura verde inferiori una volta che le stuoie erano messe in campo. La rimozione del telo di nylon è quindi più efficiente quando avviene in serra anziché in campo prima della deposizione a terra della stuoia.

Anche la movimentazione delle stuoie umide non si è dimostrata un vantaggio per l'attecchimento, essendo che le stuoie movimentate e messe a dimora dopo una sospensione dell'irrigazione in serra hanno dato in media livelli di copertura in campo lievemente superiori.

La conservazione in condizioni come quelle testate in prova, ha un effetto leggermente deprimente sulla vitalità delle piante. Mentre per un tempo di conservazione di due giorni la differenza rispetto alle stuoie messe direttamente a dimora risulta trascurabile, per una conservazione di 4 giorni la differenza diviene evidente con un ritardo di sviluppo delle piante che risulta chiaramente apprezzabile.



Figura 9. Frazionamento e movimentazione delle stuoie alla fine della fase di allevamento in serra.

## PROVA 5.

Il giorno 28 Agosto 2013 sono state realizzate in serra nuove stuoie utilizzando la tecnica del telo a base di cellulosa, telo di nylon sottostante e densità di piante di 16 e 25 piante m<sup>2</sup>. Una volta giunte al completamento della fase di serra, le stuoie sono state frazionate in dimensioni di 2.2 × 10 m (22 m<sup>2</sup>) ed arrotolate ad un tutore rigido per il trasporto. La messa a dimora in campo è avvenuta il giorno stesso del prelievo dalla serra. La prova ha avuto come oggetto la definizione della trasportabilità in porzioni movimentabili da due unità di manodopera e l'effetto della densità di piante sulla copertura e sulla qualità del tappeto erboso in campo.

Dalla prova è emerso che la movimentazione delle stuoie in porzioni di 2.2 × 10 m (22 m<sup>2</sup>), arrotolate al tutore rigido, è agevole sia per quanto riguarda il peso che per l'ingombro del rotolo, dato che in ogni caso è prevista la movimentazione eseguita da due unità di manodopera.

La presenza del tutore rigido aiuta notevolmente la movimentazione delle stuoie, garantendone la perfetta stabilità in ogni condizione di trasporto, e rendendo più semplice e più efficace la stesura in campo, senza al contempo incidere in misura significativa sull'aumento di peso.

L'effetto degli altri fattori messi a confronto è stato valutato stimando la percentuale di copertura verde una volta che le stuoie erano state messe a dimora in campo. In base a tali osservazioni, è stato confermato che la più elevata densità di piante non ha dato il vantaggio atteso in campo

### Preparazione del sito in cui effettuare la messa a dimora delle stuoie pre-trapiantate in funzione delle diverse condizioni di impianto e dei conseguenti collaudi da svolgere successivamente.

La preparazione del sito per la messa a dimora delle stuoie pre-trapiantate ha riguardato una superficie di circa 2,00 ha, ed è stata eseguita in modo da definire aree uniformi da destinare alle diverse tipologie di impianto previste dal progetto.

Al fine di garantire un perfetto letto d'impianto alle graminacee, è stato cercato innanzitutto un terreno non coltivato da diversi anni, così da eliminare in via preventiva il rischio di subire inquinamenti da residui di diserbanti.

Perciò la scelta è caduta su un appezzamento su cui insisteva in passato una coltivazione forestale da legno; questo aspetto, positivo perché permetteva di lavorare su un terreno senza alcun residuo, ha posto di contro molti problemi nella preparazione del letto di trapianto, in quanto nella lavorazione si sono dovuti asportare tutti i residui della precedente copertura arborea, utilizzando rippature profonde, arature e livellamenti, e nella gestione della superficie si è dovuta contenere, con i soli mezzi fisici, una vegetazione spontanea molto aggressiva.

Al contrario, la tessitura del terreno e la sua giacitura erano molto adatte alla messa a dimora delle stuoie, perché molto sciolto e, in alcuni punti, leggermente in pendenza.

Per poter valutare anche gli eventuali effetti antierosivi delle stuoie pre-trapiantate, sono state realizzate due dune artificiali, orientate ortogonalmente l'una con l'altra, ed il terreno con cui erano state costituite, solamente movimentato con una ruspa, non è stato in alcun modo consolidato.

Questo apprestamento è servito a simulare l'effetto dell'erosione superficiale in un terreno nudo, non consolidato, poco coerente, esposto agli agenti atmosferici per due anni successivi.



Figura 10. Appezamento sperimentale predisposto per la messa dimora delle stuoie pre-trapiantate e per la esecuzione in campo del trapianto meccanizzato.

L'appezzamento è stato reso irriguo mediante l'approvvigionamento di acqua da un invaso poco distante, e dotato di un impianto di irrigazione a settori modificabili, in modo da poter gestire gli apporti irrigui in maniera adeguata alle esigenze delle piantine in attecchimento.

### **Messa a dimora e successivo allevamento delle stuoie pre-trapiantate nelle varie condizioni di impianto.**

Messa a dimora in campo delle stuoie

Prova 1	02/10/2012
Prova 2	08/11/2012
Prova 3	24/06/2013
Prova 4	23/07/2013
Prova 5	06/09/2013

A seguito della messa a dimora delle stuoie è stata fornita l'irrigazione in modo che la disponibilità idrica non risultasse limitante per la radicazione e l'affrancamento delle piante.

Per le piante e per i tappeti erbosi che si sono successivamente andati formando non sono state adottate ulteriori pratiche manutentive pertanto né sfalci né concimazioni hanno avuto luogo.

L'area sperimentale è stata sottoposta a controllo delle specie spontanee al fine di mantenere la delimitazione tra le aree assegnate alle varie prove ed al fine di deporre le stuoie a contatto diretto con il terreno lavorato. Le infestanti insediate entro le stuoie deposte a terra non sono state oggetto di controllo e sono state lasciate sviluppare liberamente.

Durante il periodo di osservazione non si sono manifestati attacchi di patogeni fungini.

Riguardo alla entomofauna fitofaga, al momento in Italia non si temono eventi dannosi.

### **Collaudo delle stuoie pre-trapiantate con valutazione delle caratteristiche agronomiche del tappeto erboso risultante nelle varie tipologie di impianto.**

I rilievi di campo si sono susseguiti regolarmente dal 11/10/2012, a seguito della prima messa dimora, fino al 20/09/2013 corrispondente a due settimane dalla ultima deposizione in campo. Data la scalarità delle prove e dei relativi periodi di osservazione, ed in considerazione dei diversi scopi per cui le diverse prove sono state condotte, di seguito si riportano le osservazioni relative ad ogni tipologia di stuoia, indipendentemente dal periodo del rilievo.

#### **Juta**

Le stuoie realizzate con telo di supporto in juta hanno dato un attecchimento delle piante in serra considerato non sufficiente (15%). Pertanto per questa tipologia di stuoia non sono stati rilevati dati sull'attecchimento ed il comportamento in campo.

#### **Polipropilene**

Le stuoie realizzate con telo in polipropilene non danno luogo all'atteso fissaggio delle piante al telo. Occasionali fusti verticali fissano il pane di terra al telo ma molte piante risultano libere, mobili o facilmente distaccabili dal supporto. Una volta stesa sul terreno la stuoia ha mantenuto pressoché inalterate per lungo tempo le sue caratteristiche fisiche e meccaniche. In particolare non è stata notata una progressiva adesione al terreno per effetto delle piogge o dell'irrigazione. Non sono stati rilevati cenni di degradazione del materiale né cambiamenti sostanziali della resistenza allo strappo o alla deformazione.

Rispetto alle altre stuoie a confronto, un basso numero di piante ha radicato efficacemente nel terreno e anche in quel caso il telo non è divenuto la sede di insediamento di nuove radici o fusti che ne garantissero il fissaggio a terra. Solo a seguito di un periodo molto lungo di accrescimento delle piante queste hanno prodotto un effetto di fissaggio dovuto alla massa vegetale sviluppatasi al disopra del telo, ma, anche in questa fase, senza apparente collegamento fisico tra telo ed organi vegetali.

Il telo in polipropilene non ha dato adito allo sviluppo di piante infestanti, se non nei punti di discontinuità rappresentati dai fori praticati per la fuoriuscita degli apparati aerei delle piante che si intendevano far radicare. Il telo è risultato in più occasioni soggetto a spostamenti causati dal vento e dalla pioggia.

In corrispondenza dell'uso di questo materiale non si è osservata la formazione di un vero e proprio tappeto erboso

### **Cocco**

Le stuoie realizzate con telo in fibra di cocco hanno favorito l'insediamento delle piante in pane di torba. Le radici crescono abbondantemente entro il materiale di cui è costituito il telo e al disotto di esso. Le piante risultano ben ancorate al supporto e una volta a contatto con il terreno, lo sviluppo delle radici verso il basso risulta rapido, con gli apparati aerei che si mostrano sempre verdi ed in attiva crescita. Il telo, in campo, perde progressivamente la sua rigidità originale e l'adesione alla superficie del suolo si fa via via maggiore. Anche la resistenza meccanica va progressivamente a diminuire con una evidente e continua degradazione delle fibre. Le piante dimostrano trascurabili fallanze e contribuiscono in breve tempo a fissare il telo al terreno sia per approfondimento delle radici già presenti al momento della posa in opera, sia per l'abbondante produzione di stoloni che fissano il telo con nuove emissioni di radici nei punti non occupati dalle piante.

Lo sviluppo di infestanti è risultato molto vigoroso, ed appare evidente un certo vantaggio delle piante spontanee ad insediarsi nel telo di cocco rispetto al terreno circostante. Il fenomeno contribuisce ulteriormente al fissaggio al suolo del telo e produce un inatteso effetto di rivegetazione spontanea del terreno disturbato. D'altra parte la presenza di infestanti costituisce un ostacolo per lo sviluppo delle piante che si intendono insediare con le stuoie e può dar luogo allo sviluppo di specie effimere la cui breve persistenza può tradursi in uno svantaggio.

La deposizione delle stuoie in cocco in piano o su superficie inclinata non fa rilevare differenze degne di nota. Stesso dicasi per i sistemi di inclusione delle piante per semplice appoggio o per inserimento entro pliche del telo.

Per le stuoie realizzate con teli ripiegati inoltre il trasporto e la messa in opera sono risultati più complicati rispetto alle altre stuoie, con anche maggiore incidenza di strappi e lacerazioni. Non è evidente nessun vantaggio né per la produzione, né per la movimentazione, né la messa a dimora rispetto ai teli dello stesso materiale utilizzati tal quale con piante posizionate sopra o sotto il telo stesso.

Con l'utilizzo di teli in fibra di cocco lo sviluppo di un tappeto erboso è potenzialmente possibile ma la massiccia presenza di specie infestanti rende la copertura erbosa disomogenea e non propriamente classificabile come tappeto erboso.

## Cellulosa

Le stuoie realizzate con telo in fibra di cellulosa mostrano un rapido ancoraggio delle piante al telo grazie alla presenza di radici che attraversano rapidamente ed abbondantemente il telo. Il telo si presenta sufficientemente tenace al momento della produzione della stuoia in serra ma la permanenza allo stato umido per il periodo necessario alla radicazione delle piante rende il telo meno tenace e più facilmente deformabile. Le operazioni di trasporto in campo sono comunque agevoli e non si osservano rotture di rilievo. Una volta in campo, irrigazione e pioggia favoriscono l'adesione tra il telo e la superficie del terreno mentre lo sviluppo delle radici e degli organi striscianti (stoloni) e dei relativi nuovi punti di radicazione forniscono un efficace fissaggio al suolo della stuoia. Le piante non dimostrano alcun vantaggio di campo in funzione della posizione rispetto al telo (deposizione sul telo o sotto il telo). Sono state registrate fallanze di campo trascurabili.

Le piante infestanti risultano efficacemente controllate dalla presenza del telo e le piante che fanno parte della stuoia si sviluppano prive della loro competizione valorizzando al massimo i fattori ambientali.

La consistenza del telo si modifica nel tempo divenendo da soffice e tenace progressivamente sempre più inconsistente e rigida, fino a suddividersi in frammenti di consistenza simile alla carta.

L'assenza di piante infestanti consente lo sviluppo più rapido delle piante introdotte con la stuoia e la formazione di coperture erbose rigogliose e dense. In questo caso, l'omogeneità della copertura verde e la prevalenza della specie da tappeto erboso consentono di ottenere una copertura vegetale definibile "tappeto erboso" la cui qualità può essere successivamente incrementata mediante l'applicazione delle comuni pratiche manutentive.

**Fase 5** - Acquisizione degli elementi necessari ed esecuzione delle valutazioni economica, agronomica, ambientale e sociale della filiera di produzione impostata dal progetto pilota; valutazione del LCA.

### Sommario delle azioni della fase

In questa fase, il Partner CiRAA "Enrico Avanzi" - Università di Pisa esegue l'analisi e la valutazione agronomica, economica ed ambientale della coltivazione del tappeto erboso macroterme, al fine di sviluppare un confronto con i più diffusi tappeti erbosi microterme ed individuare eventuali punti di forza e di debolezza del processo produttivo; la conoscenza di questi "colli di bottiglia" serve a proporre eventuali azioni correttive utili allo sviluppo del mercato di tale prodotto.

Parallelamente, è stata sviluppata una analisi ambientale del prodotto mediante LCA (Life Cycle Assessment) che ha permesso di valutare gli impatti delle differenti tipologie di tappeto erboso espressi in termini di kg di CO<sub>2</sub> equivalente prodotta. Questa analisi ha consentito di evidenziare le fasi del processo maggiormente impattanti, allo scopo di indirizzare degli interventi mirati atti a ridurre gli effetti sull'ambiente.

Sono altresì in fase di stampa, all'interno della collana editoriale "I Quaderni del Centro Enrico Avanzi", editi da Pacini Editore - Pisa, i risultati dell'indagine sull'attrattività del tappeto erboso di specie macroterme nei confronti degli insetti molesti, ed il manuale contenente il Disciplinare di Filiera.

### Dettaglio delle attività

#### Analisi socio-economica

L'evoluzione delle condizioni economiche e sociali degli ultimi anni ed, in particolare, l'importanza dell'ecosostenibilità degli interventi antropici di ogni tipologia hanno posto anche nei confronti del settore dei tappeti erbosi la necessità di sviluppare modelli e tecniche produttive che, a fronte di impegni economici sempre più contenuti, possano consentire di ridurre l'impiego di quei fattori di produzione ritenuti scarsamente o per nulla ecocompatibili.

In sostanza, il mercato attuale e quello futuro si rivolgeranno in maniera crescente a tappeti erbosi di qualità, ma con basse richieste di apporti irrigui e di fitofarmaci (ridotti costi di gestione).

Al fine di comprendere le caratteristiche economiche del tappeto erboso "macroterme" e gli elementi di distinzione economica sul mercato rispetto ai prodotti già consolidati (tappeti erbosi microterme) è stata sviluppata una analisi dei costi di produzione e la stima del valore della produzione. Non è stato ancora possibile sviluppare una analisi mediante la redazione del bilancio economico attraverso il monitoraggio di

parametri reali, dato che la produzione con i sistemi indagati avviene a livello sperimentale e con una meccanizzazione non completamente ottimizzata, che rende il processo in alcuni casi ancora non del tutto efficiente in termini economici.

## 1. Introduzione

I tappeti erbosi rappresentano un importante elemento dell'arredo urbano e del paesaggio assumendo diverse connotazioni che comprendono le superfici a scopo estetico o ricreativo (giardini privati e parchi pubblici), le superfici sportive (campi sportivi, piste di galoppo, percorsi di golf) ed inerbimenti tecnici (bordi stradali e scarpate).

Per queste realizzazioni, l'aspetto qualitativo, pur con le dovute differenze, diviene sempre più importante e la tecnica si è andata evolvendo per assecondare questa richiesta.

Tra le specie da tappeto erboso la categoria delle "macroterme" risulta particolarmente adatta all'ambiente Mediterraneo, ma il loro utilizzo non ha ancora raggiunto livelli confrontabili con le "microterme". Tra le macroterme il genere *Cynodon* (gramigna), rappresenta una prima risposta alla semplicità gestionale, avendo ridotte necessità di acqua, elevato grado di tolleranza alla salinità ed alle elevate temperature, scarsa suscettibilità ai patogeni, oltre a manifestare una elevata capacità di recupero dei danni da utilizzo.

Come tutte le specie da tappeto erboso, anche le macroterme possono essere insediate tramite la semina diretta sul terreno anche se si sono affermati metodi di propagazione alternativi, in quanto queste specie possono essere allevate in appezzamenti (vivaio) ed essere propagate su superfici più grandi grazie alla loro capacità di colonizzare il terreno tramite organi vegetativi di propagazione e anche dal fatto che le varietà di pregio sono rappresentate da ibridi sterili, non in grado di produrre un seme vitale.

I tradizionali sistemi di propagazione vegetativa e di impianto delle specie macroterme sono la stolonizzazione, la posa di piccole piote (*plugging*), la posa di prato in rotoli. Nel caso dell'impiego di stoloni risulta difficoltosa la loro conservazione durante il trasporto e nella loro posa in opera si riscontrano frequenti casi di insuccesso. L'impiego di rotoli di tappeto erboso, che ricoprono completamente il suolo alla fine della messa in opera, hanno il vantaggio del prato a pronto effetto e come svantaggio i più elevati costi di insediamento.

La propagazione vegetativa tramite stoloni, detta "stolonizzazione" condivide con la tecnica della semina la necessità della preparazione del terreno e la necessità di operazioni di post-impianto che assicurino il successo dell'operazione (irrigazione e controllo delle infestanti).

A differenza degli altri sistemi, la propagazione mediante piante preradicate consente di utilizzare una fonte di approvvigionamento del materiale di partenza che viene allevato in ambiente protetto conseguendo così un anticipo della produzione ed una limitazione della superficie impiegata (Volterrani e Magni, 2006; Volterrani *et al.*, 2009). Il materiale pronto per il trapianto è costituito da piante dotate di apparati fogliare e radicale integri e funzionali. Ciascuna pianta è dotata di un certo volume di substrato di radicazione e l'insieme di questi fattori rende questo materiale di propagazione relativamente meno suscettibile agli stress di trasporto e stoccaggio, rimanendo vitale per alcuni giorni. La fase di trapianto in pieno campo viene eseguita con l'uso di macchine trapiantatrici reperibili

sul mercato. Con tali macchine, concepite per il trapianto di specie diverse da quelle utilizzate per i tappeti erbosi, si possono mettere a dimora un numero di piante sufficiente a completare un ettaro di superficie al giorno. Diversamente da tutti gli altri metodi di insediamento, le piante preradicate possono essere insediate anche in terreno non lavorato e questo semplifica di molto le operazioni, soprattutto nel caso delle superfici sportive nelle quali il mantenimento della planarità e levigatezza della superficie risulta di estrema importanza. La messa a dimora in campo può avvenire anche con l'ausilio di stuoie preradicate, particolarmente indicate nei contesti in cui non è possibile o non è conveniente attuare un trapianto meccanizzato (zone declivi, piccoli appezzamenti, ecc.). In base ai risultati di alcune ricerche è stato osservato che nelle condizioni dell'Italia centrale, nel periodo di piena attività vegetativa, alcune varietà di gramigna riescono a fornire un tappeto erboso con totale copertura del terreno già a partire dalle sei settimane dal trapianto.

Il presente elaborato ha l'obiettivo di sviluppare una valutazione economica della coltivazione del tappeto erboso macroterme, al fine di sviluppare un confronto con i più diffusi tappeti erbosi microterme ed individuare eventuali punti di forza e di debolezza del processo produttivo, al fine di comprendere i principali colli di bottiglia e proporre eventuali azioni correttive utili allo sviluppo del mercato di tale prodotto.

Parallelamente, è stata sviluppata una analisi ambientale del prodotto mediante LCA (*Life Cycle Assessment*) che ha permesso di valutare gli impatti delle differenti tipologie di tappeto erboso espressi in termini di kg di CO<sub>2</sub> equivalente prodotta. Questa analisi ha consentito di evidenziare le fasi del processo maggiormente impattanti, allo scopo di indirizzare degli interventi mirati atti a ridurre gli effetti sull'ambiente.

## 2. Analisi socio-economica

L'evoluzione delle condizioni economiche e sociali degli ultimi anni ed, in particolare, l'importanza dell'ecosostenibilità degli interventi antropici di ogni tipologia hanno posto anche nei confronti del settore dei tappeti erbosi la necessità di sviluppare modelli e tecniche produttive che, a fronte di impegni economici sempre più contenuti, possano consentire di ridurre l'impiego di quei fattori di produzione ritenuti scarsi o non ecocompatibili. In sostanza, il mercato attuale e quello futuro si rivolgeranno in maniera crescente a tappeti erbosi di qualità, ma con basse richieste di apporti irrigui e di fitofarmaci (ridotti costi di gestione).

Al fine di comprendere le caratteristiche economiche del tappeto erboso "macroterme" e gli elementi di distinzione economica sul mercato rispetto ai prodotti già consolidati (tappeti erbosi microterme) è stata sviluppata una analisi dei costi di produzione e la stima del valore della produzione. Non è stato ancora possibile sviluppare una analisi mediante la redazione del bilancio economico attraverso il monitoraggio di parametri reali, dato che la produzione con i sistemi indagati avviene a livello sperimentale e con una meccanizzazione non completamente ottimizzata, che rende il processo in alcuni casi ancora non del tutto efficiente in termini economici. A tal proposito, si sottolinea che nelle diverse prove effettuate durante lo svolgimento del presente progetto si è avuta, a partire dalla prima prova, una significativa contrazione dei tempi di lavoro che hanno raggiunto una riduzione, per il momento, fino ad il 50%, con significative ripercussioni sui costi di produzione. Inoltre, sono state evidenziate diverse fasi in cui con piccoli interventi di meccanizzazione è possibile ridurre ulteriormente i tempi di lavoro (es. lo svolgimento della stuoia attualmente effettuato a mano potrebbe essere realizzato con un carrello avvolgitore che potrebbe ridurre i tempi in modo significativo, così come la meccanizzazione della messa a dimora delle piantine preradicate sul telo).

Per omogeneizzare i risultati e permettere una analisi comparativa con il tappeto erboso microterme è stato ipotizzato di sviluppare la coltivazione di 1.000 mq di terreno.

### Tappeto erboso microterme

Allo scopo di sviluppare una analisi comparativa, di seguito, è stata sviluppata l'analisi economica del tappeto erboso di microterme, che attualmente rappresenta il bene surrogato disponibile sul mercato, utilizzando i medesimi parametri.

Per il tappeto microterme è stato rilevato un *valore della produzione di 6 euro/mq* (tale valore è stato definito mediante interviste a testimoni privilegiati- attori del primo segmento della filiera e utilizzatori) che corrispondono a 6.000,00 euro (*Produzione Lorda Totale - PLT*) riferendoci alla superficie di riferimento di 1.000 mq.

Successivamente, sono stati definiti i costi variabili, corrispondenti a 1.845,00 euro. Tra questi assumono un'importante rilevanza il costo delle sementi 350,00 euro, il ripristino quote con terra di coltivo (600,00 euro), i costi variabili per le macchine aziendali ottenuti

moltiplicando le ore di impiego delle macchine per il costo variabile orario stimato a livello aziendale (stimato dividendo le spese per carburanti, lubrificanti, manutenzione e assicurazioni per le ore tot. di impiego delle macchine) (250,00 euro), le spese per acqua-elettricità-combustibili (230,00 euro), i costi dei fertilizzanti (150,00 euro) e antiparassitari (130,00 euro).

Minore entità viene assunta dalle altri voci di costo che comprendono i diserbanti (60,00 euro), i noleggi passivi (50,00 euro) e le spese sostenute per la trasformazione, conservazione e commercializzazione dei prodotti 25,00 euro.

In relazione a quanto sopra stimato è possibile definire un *Reddito Lordo di 4.155,00 euro*.

Stimando i costi fissi in 2.340,00 euro è possibile determinare un totale dei costi di produzione di 4.275,00 euro e conseguentemente un *Profitto di 1.725,00 euro*.

Il costo di produzione di un metro quadro di tappeto erboso microterme risulta essere 4,27 euro, pertanto avendo rilevato che il mercato è in grado di assorbire il prodotto ad un prezzo di 6,00 euro/mq il *profitto al metro quadro di piantine macroterme risulta essere di 1,73 euro*.

#### Tappeto erboso macroterme

In relazione alle considerazioni sopra effettuate è stato stimato un *valore della produzione* per le piantine preradicate pronte al trapianto in campo e/o al posizionamento su stuoia, di 55 euro/mq (tale valore è stato stimato mediante interviste a testimoni privilegiati- attori del primo segmento della filiera e utilizzatori) che corrispondono a 55.000,00 euro (*Produzione Lorda Totale - PLT*) riferendoci alla superficie di riferimento di 1.000 mq.

Successivamente, sono stati definiti i costi variabili in funzione delle operazioni sviluppate a livello sperimentale e ricalibrando i costi sostenuti su scala produttiva/imprenditoriale. Complessivamente, si individua un totale di *Costi Variabili pari a 33.050,00 euro*. Tra questi assumono un'importante rilevanza il costo del materiale vegetale di partenza 16.000,00 euro, le spese sostenute per la trasformazione, conservazione e commercializzazione dei prodotti 7.000,00 euro, i costi sostenuti per la remunerazione della manodopera avventizia 6.000,00 euro e le spese per acqua-elettricità-combustibili necessarie per lo svolgimento del processo produttivo (2.500,00 euro).

Minore entità viene assunta dalle altre voci di costo che comprendono fertilizzanti (350,00 euro), antiparassitari (200,00 euro), assicurazioni (300,00 euro), costi variabili per le macchine aziendali ottenuti moltiplicando le ore di impiego delle macchine per il costo variabile orario stimato a livello aziendale (stimato dividendo le spese per carburanti, lubrificanti, manutenzione e assicurazioni per le ore tot. di impiego delle macchine) (500,00 euro) ed, infine, le spese sostenute per l'approvvigionamento di servizi e mezzi tecnici (es.: analisi chimiche, contenitori, ecc.) (200,00 euro).

In relazione a quanto sopra stimato è possibile definire un *Reddito Lordo di 21.950,00 euro*.

Stimando i *Costi Fissi* in 8.700,00 euro pari al 15,8% del valore della produzione, ipotizzando lo sviluppo del processo analizzato in una azienda media del contesto toscano con salariati, è possibile determinare un totale dei *Costi di Produzione* di 44.000,00 euro e conseguentemente un *Profitto* di 11.000,00 euro.

Il costo di produzione di un metro quadro di piantine macroterme preradicate risulta essere 44,00 euro, pertanto avendo rilevato che il mercato è in grado di assorbire il prodotto ad un prezzo di 55,00 euro/mq il *profitto al metro quadro di piantine macroterme* risulta essere di 11,00 euro.

Considerando la possibilità di posizionare le piantine preradicate su un telo al fine di produrre stuoie di facile utilizzo direttamente in campo e quindi collocare sul mercato un prodotto con caratteristiche peculiari rispetto ai beni surrogati è possibile stimare un *valore aggiunto della produzione per metro quadro di stuoia* di 6,00 euro corrispondenti a 6.000,00 euro (*Produzione Lorda Totale - PLT*) riferendoci alla superficie di riferimento di 1.000 mq.

Per questo ulteriore step del processo produttivo si stimano 4.140,00 euro di *Costi Variabili*, riconducibili principalmente ai costi del materiale vegetale per il trapianto pari a 1.600,00 euro, le spese per acqua-elettricità-combustibili necessarie per lo svolgimento della fase produttiva (800,00 euro) e le spese sostenute per la trasformazione, conservazione e commercializzazione dei prodotti 600,00 euro.

Minore entità viene assunta dalle altre voci di costo che comprendono stuoia (500,00 euro), assicurazioni (300,00 euro), i costi sostenuti per la remunerazione della manodopera avventizia (240,00 euro) ed, infine, le spese sostenute per l'approvvigionamento di servizi e mezzi tecnici (es.: analisi chimiche, contenitori, ecc.) (100,00 euro).

In relazione a quanto sopra stimato è possibile definire un *incremento del Reddito Lordo* di 1.860,00 euro.

Stimando un incremento di *Costi Fissi* pari al 6,7% del valore della produzione (400,00 euro), è possibile determinare un aumento dei costi totali di produzione di 4.990,00 euro e conseguentemente un incremento di profitto di 1.010,00 euro/mq.

Il costo di produzione di un metro quadro di stuoia preradicata risulta essere 4,99 euro, pertanto avendo rilevato che il mercato è in grado di assorbire il prodotto ad un prezzo di 6,00 euro/mq il *profitto al metro quadro di piantine macroterme* risulta essere di 1,01 euro/mq.

### 3. Analisi del Ciclo di vita LCA - (*Life Cycle Assessment*)

L'approccio di tipo "valutazione del ciclo di vita" nasce alla fine degli anni '60, supportato da alcuni studiosi, i quali, cominciarono a capire che l'unico modo di analizzare le attività produttive, fosse quello di scomporle in singoli processi. Questo nuovo modo di pensare, denominato *Life Cycle Thinking*, prevedeva di seguire il percorso delle materie e delle energie che entrano a far parte di questi processi, dalla loro estrazione o produzione fino al loro smaltimento, al fine di poter valutare gli impatti ambientali in modo preciso e puntuale.

Qualche anno dopo, all'inizio degli anni '80, inizia a prendere sempre più piede il concetto di sviluppo sostenibile ed appare subito chiaro come un approccio di tipo LCA fosse un importante strumento su cui basare lo sviluppo di nuove attività produttive.

L'analisi del ciclo di vita si pone quindi l'obiettivo di valutare gli effetti ambientali associati ad una certa attività, dal prelievo delle materie prime dall'ambiente (combustibili fossili, minerali, ecc.) fino al punto in cui la materia ad esso ritorna, includendo quindi tutti i rilasci in aria, acqua e suolo.

La metodologia è stata standardizzata a livello internazionale attraverso la pubblicazione del corpo di norme UNI EN ISO 14040. La norma ISO 14040 definisce la LCA come la "compilazione e valutazione attraverso tutto il ciclo di vita dei flussi in entrata e in uscita, nonché i potenziali impatti ambientali, di un sistema di prodotto".

Il potenziale campo di applicazione della LCA è molto ampio, andando dalla gestione della singola azienda a quella dei sistemi socio-economici complessi. Risulta chiara la sua utilità in campo macroeconomico, dal momento che si tratta di uno strumento particolarmente adatto a perseguire politiche di sviluppo sostenibile. Con la stessa logica, le applicazioni LCA, sia a livello nazionale che internazionale, risultano un valido strumento di comunicazione dei risultati ambientali, assolvendo a molteplici scopi: promuovere un comparto produttivo per le azioni di rispetto verso l'ambiente; rendere disponibili informazioni quantitative, preziose anche per coloro che, dovendo affrontare studi di carattere ambientale, necessitano di riferimenti riconosciuti e affidabili; stimolare la cultura ambientale tra i soggetti portatori d'interesse, ecc..

Una LCA applicata ad un sistema complesso indirizza, dunque, lo studio di efficienza del sistema in oggetto verso la salvaguardia della salute dell'ambiente e dell'uomo e verso il risparmio delle risorse.

Gli *input* del sistema consistono in materie prime e in energia primaria (energia solare compresa), mentre gli *output* consistono in reflui (calore disperso, emissioni in acqua e in aria, rifiuti solidi, ecc.) che ritornano all'ambiente (o biosfera). Si tratta di un sistema al cui interno sono presenti tutti gli attori dei processi di trasformazione intesi in senso lato: dai produttori agli utenti, attraverso i prodotti finali. È questo il caso in cui si è soliti parlare di "vero sistema di ciclo vita", poiché tra i suoi output non esistono prodotti utili, ma solamente sostanze reflue; prendendo spunto da questa definizione è di conseguenza possibile estendere il concetto "dalla culla alla tomba" a quello "dalla culla alla culla", prendendo in considerazione anche i processi di recupero, riciclo e riuso.

Il modello analogico del sistema oggetto di indagine in una LCA rappresenta una semplificazione della realtà, poiché, come tutti i modelli matematici, fisici e ingegneristici, non include una rappresentazione completa delle interazioni con l'ambiente. L'aspetto di

fondamentale importanza è quello di poter eseguire simulazioni affidabili, in maniera da poter progettare un miglioramento efficace del sistema indagato.

### 3.1 La struttura di una LCA

La struttura della LCA proposta dalla *norma ISO 14040* è sintetizzabile in quattro fasi principali:

1. Definizione degli scopi e degli obiettivi (Goal and Scope Definition): per prima cosa l'esecuzione di una LCA richiede che si definiscano le motivazioni che hanno indotto a realizzare lo studio (individuazione dei punti critici di un prodotto rispetto alle sue interazioni con l'ambiente, confronto fra due prodotti, ottenimento di una Dichiarazione Ambientale di Prodotto, ecc.) e si stabilisca a chi lo studio è destinato, cioè a quali persone si comunicano i risultati (per es. decisori all'interno o all'esterno dell'azienda o clienti della stessa).

Si passa quindi alla definizione del campo di applicazione, nella quale tutti gli elementi rilevanti per il raggiungimento degli obiettivi dello studio devono essere dichiarati. Semplificando quanto stabilito dalla normativa, gli elementi da definire sono i seguenti:

- *sistema da analizzare*, sue funzioni e unità funzionale, definita come l'unità di misura di una specifica funzione di un prodotto a cui si rapportano tutti i flussi di energia e materia del ciclo di vita;
- *confini del sistema*, ovvero unità di processo da includere nel sistema, scelta dei flussi in ingresso ed in uscita, procedure di attribuzione dei flussi ai differenti prodotti;
- *requisiti di qualità dei dati*, cioè fattori temporali, geografici e tecnologici richiesti, precisione e rappresentatività dei dati, limiti e assunzioni.

2. Analisi di Inventario (Life Cycle Inventory Analysis, LCI): in questa fase, che costituisce il nucleo centrale e più impegnativo di uno studio di LCA, è esplorato l'intero ciclo di vita di un prodotto/servizio. Lo scopo principale è quello di ricostruire la via attraverso cui il fluire dell'energia e dei materiali permette il funzionamento del sistema in esame tramite tutti i processi di trasformazione e trasporto. Si parte dalla creazione del diagramma di flusso dei processi compresi nel sistema, per passare poi alla definizione delle tecniche di raccolta dei dati (utilizzo di schede, istruzione del personale che collabora alla realizzazione di questa fase ecc.), alla raccolta dei dati vera e propria e all'elaborazione degli stessi. Per quest'ultima fase l'utilizzo di un software (un semplice foglio elettronico o un programma specifico per analisi di LCA) facilita l'ottenimento dei risultati di inventario.

3. Analisi degli impatti (Life Cycle Impact Assessment, LCIA): lo scopo principale della fase di valutazione degli impatti è quantificare gli impatti sull'ambiente dovuti ai rilasci e al consumo di risorse correlati al ciclo di vita del prodotto studiato, in maniera da evidenziare l'entità delle modificazioni generate a seguito dei rilasci nell'ambiente e dei consumi di risorse calcolati nell'Inventario. In questa fase si produce il passaggio dal dato oggettivo calcolato durante la fase di Inventario, al giudizio di pericolosità ambientale. La normativa ISO prescrive le procedure per l'effettuazione della valutazione degli impatti,

ma non specifica metodologie e modelli da utilizzare. Secondo la norma ISO 14044 sono definiti elementi necessari di una valutazione di impatto i seguenti punti:

- la selezione delle categorie di impatto, degli indicatori di categoria e dei modelli;
- l'attribuzione dei risultati dell'inventario alle categorie di impatto (classificazione);
- la modellizzazione dei dati entro le categorie di impatto (caratterizzazione) attraverso l'uso di

fattori di caratterizzazione; dove con categoria di impatto si intende una classe che rappresenti un tema ambientale a cui vengono attribuiti i risultati dell'inventario (es. acidificazione a cui contribuiscono SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>); con indicatore di categoria si intende una rappresentazione quantificabile di emissioni o di uso di risorse per la modellizzazione di una categoria di impatto (es. nel caso della categoria acidificazione si può assumere come indicatore il rilascio potenziale di H<sup>+</sup>); con fattore di caratterizzazione si intende un numero usato per convertire i risultati dell'inventario all'interno di una categoria di impatto a unità comune (es. grammi equivalenti di H<sup>+</sup>).

#### *Definizione delle categorie di impatto ambientale*

Lo scopo di questa fase è di selezionare e di definire le categorie ambientali da considerare nella valutazione, tenendo conto dell'obiettivo dello studio.

Le categorie di impatto che generalmente vengono prese in considerazione sono le seguenti:

- consumo di risorse biotiche e abiotiche;
- effetto serra (riscaldamento complessivo della terra causato dall'accumulo dei cosiddetti gas serra: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFC, HFC, ecc.);
- assottigliamento fascia ozono;
- tossicità umana ed ecotossicità;
- formazione di ossidanti fotochimici (all'origine del fenomeno denominato smog estivo);
- acidificazione;
- eutrofizzazione (aggiunta di nutrienti, in acqua e nel suolo, che possono indurre indesiderati mutamenti negli ecosistemi).

#### *Classificazione*

La classificazione mira ad assegnare ciascun prelievo di risorse dall'ambiente e ciascuna emissione ad una categoria di impatto ambientale. Consiste nell'organizzare i dati dell'inventario, cioè i valori dei prelievi e delle emissioni in aria, acqua e suolo correlati direttamente ed indirettamente alle operazioni considerate, distribuendoli nelle varie categorie di impatto.

#### *Caratterizzazione*

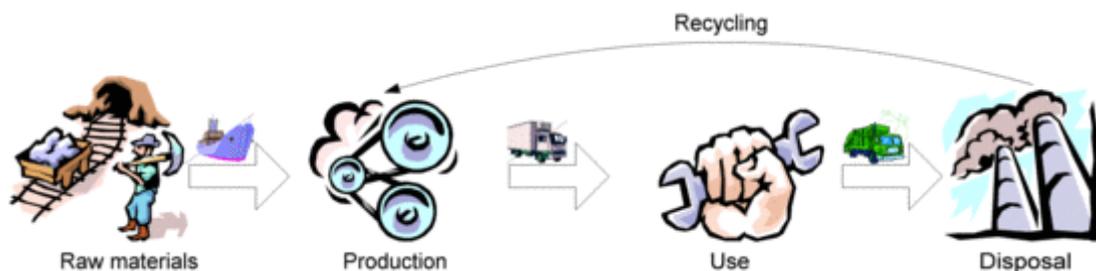
La fase di caratterizzazione consente di attribuire a ciascuna sostanza classificata in una categoria di impatto ambientale un fattore di equivalenza, in modo da poter sommare i contributi delle singole entità all'interno di una categoria di impatto ambientale e giungere a determinare, per ciascuna categoria, l'effetto complessivo del sistema oggetto dello studio.

Una volta effettuata la caratterizzazione, rimane però il fatto che il confronto tra categorie di impatto ambientale differenti non è immediatamente possibile. Per far questo, è necessario attribuire a ciascuna categoria un peso che sia in qualche modo rappresentativo della gravità dell'impatto. Questa fase, che la norma definisce opzionale ai fini di una valutazione di impatto, è costituita dai seguenti elementi:

• *normalizzazione*, secondo la quale i risultati ottenuti con la caratterizzazione sono rapportati a un valore di riferimento stabilito. Lo scopo è quello di comprendere meglio l'importanza relativa di ciascun indicatore del sistema prodotto che si sta studiando. Esempi di valori di riferimento sono:

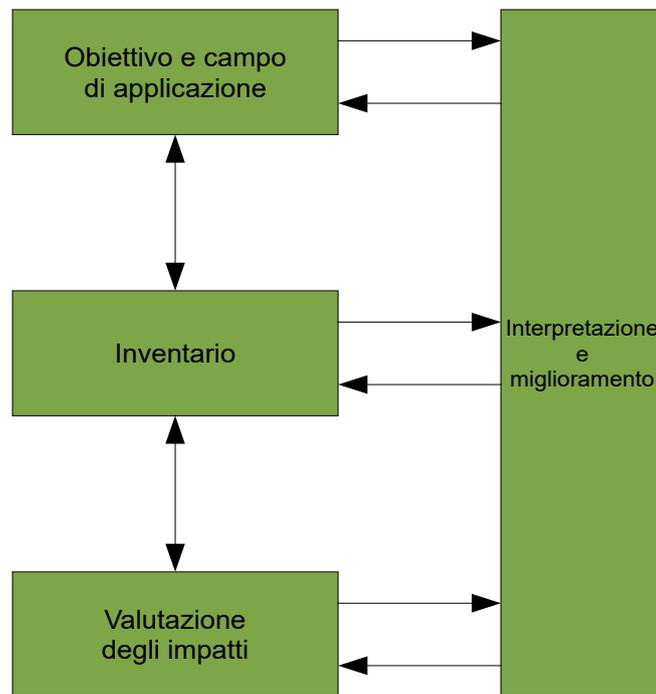
- le emissioni totali per una certa area;
- le emissioni pro capite per una certa area;
- *ponderazione*, che permette di aggregare i risultati attraverso le categorie di impatto. E' una fase basata non su considerazioni scientifiche, ma su scelte di valore, con le quali si cerca di stabilire l'importanza ecologica relativa di una categoria di impatto rispetto alle altre. In questo modo diventa possibile esprimere i risultati della fase di valutazione con un unico indice atto a rappresentare quantitativamente in modo sintetico gli effetti ambientali del sistema considerato e, in particolare, a confrontare diversi sistemi, naturalmente a parità di unità funzionale.

4. Interpretazione e Miglioramento (Life Cycle Interpretation): l'interpretazione è una procedura sistematica per identificare, qualificare, controllare e valutare le conclusioni della fase di inventario e della valutazione degli impatti del sistema in relazione agli obiettivi e al campo di applicazione definiti all'inizio dello studio. E' la parte conclusiva di una LCA, che ha lo scopo di proporre i cambiamenti necessari a ridurre l'impatto ambientale dei processi o attività considerati.



**Fig. 3.1.1** - Le fasi del processo produttivo analizzate nell'ambito di uno studio di LCA (fonte: [www.lca-center.dk](http://www.lca-center.dk))

Le fasi descritte possono essere riassunte nel seguente schema logico.



*Fig. 3.1.2 - Le fasi di una LCA*

#### *L'analisi degli impatti di una LCA*

Per valutare in maniera appropriata l'inquinamento dell'ambiente a diverse scale, devono essere tenuti in considerazione tre diversi fattori essenziali, quali: l'emanazione di sostanze nocive (emissione), la diffusione e l'eventuale trasformazione che le sostanze subiscono una volta introdotte nell'ambiente (trasmissione), la concentrazione o la deposizione di inquinanti nel luogo d'azione (immissione).

Fatta questa premessa, risulta più chiaro il significato di quello che normalmente viene definito "impatto ambientale", per interpretarne correttamente i rapporti con gli "effetti ambientali". Un impatto è associato a uno o più effetti ambientali: ad esempio, la CO<sub>2</sub> emessa durante la combustione di un certo quantitativo di carbone provoca un impatto che contribuisce "all'effetto serra". Ora, dato che non è possibile correlare inequivocabilmente uno specifico impatto con i suoi effetti ambientali, ci si deve limitare ad affermare che "l'impatto è ciò che prelude a un effetto", senza pretendere di poter quantificare rigorosamente il secondo sulla base del primo. Dunque, mentre possiamo ottenere il valore numerico degli impatti dai risultati della fase di Analisi di Inventario, i corrispondenti effetti ambientali potranno solo essere stimati sulla base di ipotesi e convenzioni da stabilire.

Gli effetti ambientali si suddividono, in base alla scala di azione, in *effetti globali, regionali o locali*; questo aspetto è dovuto fondamentalmente alle caratteristiche fisiche e chimiche dell'impatto che genera l'effetto.

Prendiamo di nuovo, ad esempio, le emissioni di CO<sub>2</sub> responsabili dell'effetto serra: analizzandone il comportamento in atmosfera, e quindi in particolare il tempo di permanenza, è possibile classificare l'effetto serra come un effetto a scala globale, in quanto è stato appurato che l'emissione di gas serra in un punto contribuisce all'effetto su tutto il pianeta. Per le emissioni di rumore, invece, è chiaro come queste debbano essere

considerate solamente a scala locale in quanto il rumore generato in una miniera di bauxite in Australia, né disturba le popolazioni Europee, né può essere fisicamente sommato al rumore generato dalla fabbrica che produce alluminio primario in Francia.

Come conseguenza dell'impostazione metodologica adottata è opportuno evidenziare che *un eventuale giudizio di valore sul significato ambientale degli impatti può riguardare soltanto gli effetti globali*, intendendo con tale attributo quelli che si manifestano a scala planetaria o regionale, e questo, sia per la natura cumulativa dei risultati delle elaborazioni effettuate, sia per la mancanza di un unico specifico istante a cui riferire i rilasci.

Il peso globale di un determinato inquinante è, infatti, il risultato di tanti contributi, spesso provenienti da diverse aree geografiche della terra, mentre gli output rilevati sono a loro volta riferiti a diversi periodi di tempo. È caratteristica, dunque, di questa fase della LCA la "globalità" dell'analisi, nel significato che si è attribuito al termine. Per questo motivo, i risultati di un'Analisi di Inventario possono essere, in generale, utilizzati per la valutazione di effetti a scala globale, quali: l'effetto serra, l'assottigliamento della fascia di ozono stratosferico, ecc.; sarà poi possibile evidenziare in che modo essi possano essere utilizzati per valutazioni a scala diversa.

### 3.2 Modello di acquisizione dati utilizzato per l'analisi del ciclo di vita del prodotto oggetto del presente studio

Per l'acquisizione dei dati utili ad informare gli indicatori che sono stati analizzati in fase di LCA è stato predisposto un modello di acquisizione con l'ausilio del software Excel utile a strutturare l'informazione in modo da agevolare la successiva analisi. In particolare, la prima tabella di acquisizione ha la funzione di descrivere il processo produttivo nelle sue fasi e nei suoi input ed output (Figura 3.2.1).



ID	SUPERFICIE DI RIFERIMENTO	OPERAZIONE	OPERAZIONE	SPECIFICHE	ID FATTORE UTILIZZATO	IDENTIFICATIVO	U.M.

**Fig. 3.2.1** – Tabella di acquisizione dati del processo produttivo

In relazione a quanto descritto nella tabella di acquisizione dati del processo, vengono generati degli ID che individuano univocamente le macchine o attrezzi o le materie prime che rappresentano input o output di processo. Tali ID sono collegati alle altre tabelle che saranno utili a rilevare informazioni necessarie per ogni singolo elemento analizzato (Figura 3.2.2).



ID	MACCHINE MOTRICI E SEMOVENTI	Tipo/Modello	Massa (kg)	Potenza (Kw)

ID	MACCHINE OPERATRICI	Tipo/Modello	Massa (kg)	Potenza (Kw)



Approvvigionamento	Descrizione tecnica

Rete distribuzione	Descrizione	Diametro	Lunghezza (m)	Volume



ID	Descrizione	Quantità (kg)	Caratteristiche chimica	Approvvigionamento	Trasporto	Portata mezzo (ton)	% di carico	Distanza (km)	Quantità trasportata (kg)	Viaggi (n)	Fonte dati
FITOFARMACI											
DISERBANTI											
CONCIMI											
ALTRO											

**Fig. 3.2.2** - Tabella di acquisizione dati del processo produttivo

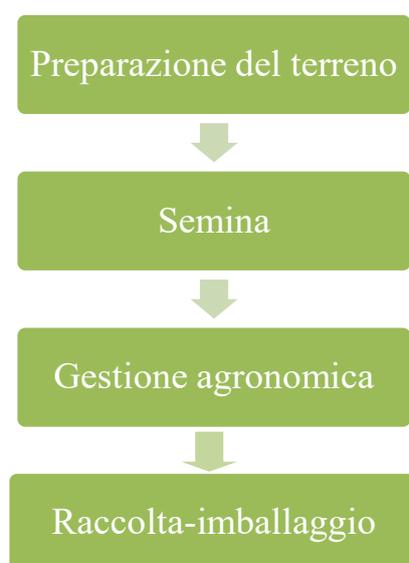
### 3.3 Il contesto applicativo

Il presente studio ha utilizzato l'analisi LCA come strumento di valutazione di impatto dei processi produttivi in oggetto in termini di Global Warming (kg CO<sub>2</sub> equival.). Nel caso specifico, lo studio è stato effettuato mediante applicazione del software GaBi 4.0 (si ringrazia il Prof. Nicese Francesco Paolo per il contributo scientifico fornito nell'elaborazione con il software GaBi)

L'obiettivo dello studio è rappresentato dal confronto dell'interazione ambientale di due diverse tecniche di coltivazione di tappeti erbosi, al fine della determinazione dell'impatto in termini di emissione di kg di CO<sub>2</sub> equivalente.

Le due tecniche oggetto dello studio sono rappresentate dalla coltivazione di tappeti erbosi con specie microterme e dalla coltivazione degli stessi utilizzando specie macroterme.

Per quanto riguarda la coltivazione di tappeti erbosi con specie microterme, sono state considerate le principali fasi del processo produttivo, ovvero: *preparazione del terreno, semina, gestione agronomica e raccolta-imballaggio*.



**Fig. 3.3.1** - Fasi del processo produttivo del tappeto erboso microterme

Ognuna delle quattro fasi principali, sopra illustrate, è stata successivamente sviluppata durante la fase di analisi di inventario, mettendo in evidenza i diversi fattori caratterizzanti.

Per la coltivazione di tappeti erbosi con specie macroterme, sono state considerate le principali fasi del processo produttivo, ovvero: *produzione piante madri, produzione talee, stuoie pretrapiantate, trapianto in campo*.



**Fig. 3.3.2** - Fasi del processo produttivo del tappeto erboso macroterme

Ognuna delle tre fasi considerate è stata successivamente implementata durante l'analisi di inventario, considerando i diversi fattori caratterizzanti.

### 3.4 Definizione degli scopi e degli obiettivi

L'analisi LCA prevede, in prima battuta, la definizione degli scopi, dei confini del sistema (la fase di produzione), la caratterizzazione dell'unità funzionale e del riferimento temporale, nonché il fabbisogno e l'affidabilità dei dati, le assunzioni e i limiti.

Lo studio prende in considerazione una superficie di 1000 m<sup>2</sup> sia per quanto riguarda la coltivazione di microterme che di macroterme, tale valore rappresenta l'unità funzionale del sistema di studio, ovvero il parametro al quale saranno correlati tutti i vari input e output definiti.

L'elaborato definisce come categoria di impatto per i diversi processi il Global Warming Potential (GWP 100 years) attraverso il calcolo dei kg di CO<sub>2</sub> equivalenti generati dalle diverse lavorazioni.

La *CO<sub>2</sub> equivalente* "esprime in maniera sintetica la capacità dei gas serra di dar luogo all'effetto serra; si ottiene convertendo la concentrazione di ciascun gas che può produrre un effetto serra, nella concentrazione di CO<sub>2</sub> che darebbe un uguale contributo a tale effetto (a parità di concentrazione, gas differenti danno contributi diversi all'effetto serra)" (Baldo *et al.*, 2008).

Le principali sostanze che contribuiscono all'effetto serra sono:

- anidride carbonica (CO<sub>2</sub>),
- anidride carbonica biotica (CO<sub>2</sub> biotic),
- protossido di azoto (N<sub>2</sub>O),
- esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>),
- non-methane volatile organic compounds (NMVOC),
- idrocarburi,
- metano,
- volatile organic compounds (VOC).

I quantitativi di queste sostanze sono stati convertiti in kg di CO<sub>2</sub> equivalente attraverso l'uso dei parametri di caratterizzazione previsti dal metodo CML 2001.

Ai fini della determinazione dei principali input ed output, sono stati utilizzati sia dati primari, basati su indagini di campo presso le aziende (input: concimi, fertilizzanti, fitofarmaci, diserbanti, acqua, energia, materie prime), che dati secondari, basati su banche dati e pubblicazioni scientifiche (input: combustibile, lubrificante, produzione di concimi, fertilizzanti, fitofarmaci, diserbanti, output: emissioni, rifiuti).

Finalità dello studio - analisi e valutazione delle performances ambientali dei processi produttivi considerati  
Unità funzionale - 1000 mq  
Riferimento temporale - ciclo produttivo delle specie  
Confini del sistema - fase di produzione del processo considerato.

**Tab. 3.4.1** - Schema riassuntivo della fase di definizione degli scopi e degli obiettivi

*Limiti ed assunzioni effettuate*

I limiti e le assunzioni che è stato necessario effettuare possono essere ricondotti allo schema riportato di seguito:

- Dati quantitativi: carenza di dati oggettivi (es. rese, input chimici, ecc.) dovuta alla soggettività delle applicazioni ed alla scarsità di dati relativi a serie storiche di riferimento e al carattere ancora sperimentale delle specie analizzate;
- Produzione dei diserbanti, fungicidi, insetticidi: assenza di dati relativi alla produzione delle sostanze chimiche considerate (anche nelle banche dati del software), e conseguente necessità di ricorrere ad una valutazione strettamente energetica degli impatti causati dalla produzione di erbicidi, fungicidi ed insetticidi utilizzando e rielaborando indici di conversione disponibili (Pimentel, 1980) che stimano l'energia necessaria per produrli in termini di Energy from Coal, Energy from natural gas, Energy from oil;
- Dispersione delle sostanze chimiche: assenza di modelli di dispersione delle sostanze chimiche considerate e conseguente assunzione che tutti i prodotti chimici utilizzati vengano dispersi nel suolo (in quanto si lavora in ambiente controllato);
- Quantità di diserbante, insetticida, fungicida utilizzata: è stata fatta corrispondere alla quantità di principio attivo, a causa della difficoltà di reperimento dei dati sulla produzione di additivi. La quantità dei principi attivi, sia diserbanti che fungicidi, che rimangono al suolo, è stata considerata pari al 50 % della quantità applicata (Vercesi B., 1995);
- Quantità di concimi: è stata fatta corrispondere alla quantità dei singoli elementi nutritivi, a causa della difficoltà di reperimento dei dati sulla produzione del formulato commerciale.
- Carburanti e lubrificanti: Le quantità di carburante necessario per le varie operazioni sono state calcolate utilizzando la formula basata sul consumo medio di 0,100 chilogrammi di carburante per cv di potenza per ora. Nello specifico per il processo trapianto meccanico si è assunto un consumo di 1,42 kg di carburante consumato/1000 mq di terreno medio (rif. ASABE, 2006). Il consumo di olio lubrificante è stato stimato in una quota pari al 4% del carburante impiegato.

- Acqua: relativamente all'acqua si è considerato un approvvigionamento da pozzo, ed un peso specifico di 1000 kg/ m<sup>3</sup> relativo all'acqua alla temperatura di 4 °C.
- Materiali plastici: I pesi in chilogrammi per il polietilene (PE) e per il polipropilene (PP), sono stati calcolati sulla base dei seguenti valori:
  - peso contenitore PE da 1 lt. = 0,08 kg
  - peso contenitore PP da 50 kg= 0,08 kg
- Strutture: nell'analisi non sono stati considerati gli impatti riconducibili alle strutture (es. serre, impianti, macchinari, ecc..) in quanto la loro incidenza in relazione al loro tempo di vita e al ciclo produttivo è da considerarsi trascurabile.

### 3.5 Analisi di inventario

#### Tappeto erboso microterme

Sulla base dei dati rilevati, è stato costruito il diagramma di flusso specifico, nel quale le fasi principali vengono suddivise in sub-processi, ad ognuno dei quali sono attribuiti i vari input e output che lo caratterizzano.

E' opportuno ricordare che questa operazione di suddivisione del processo in sub-processi è utile per l'organizzazione di un'analisi LCA, ma è altresì necessario sottolineare che la valutazione prende in considerazione gli impatti generati dall'intero processo nella sua totalità.

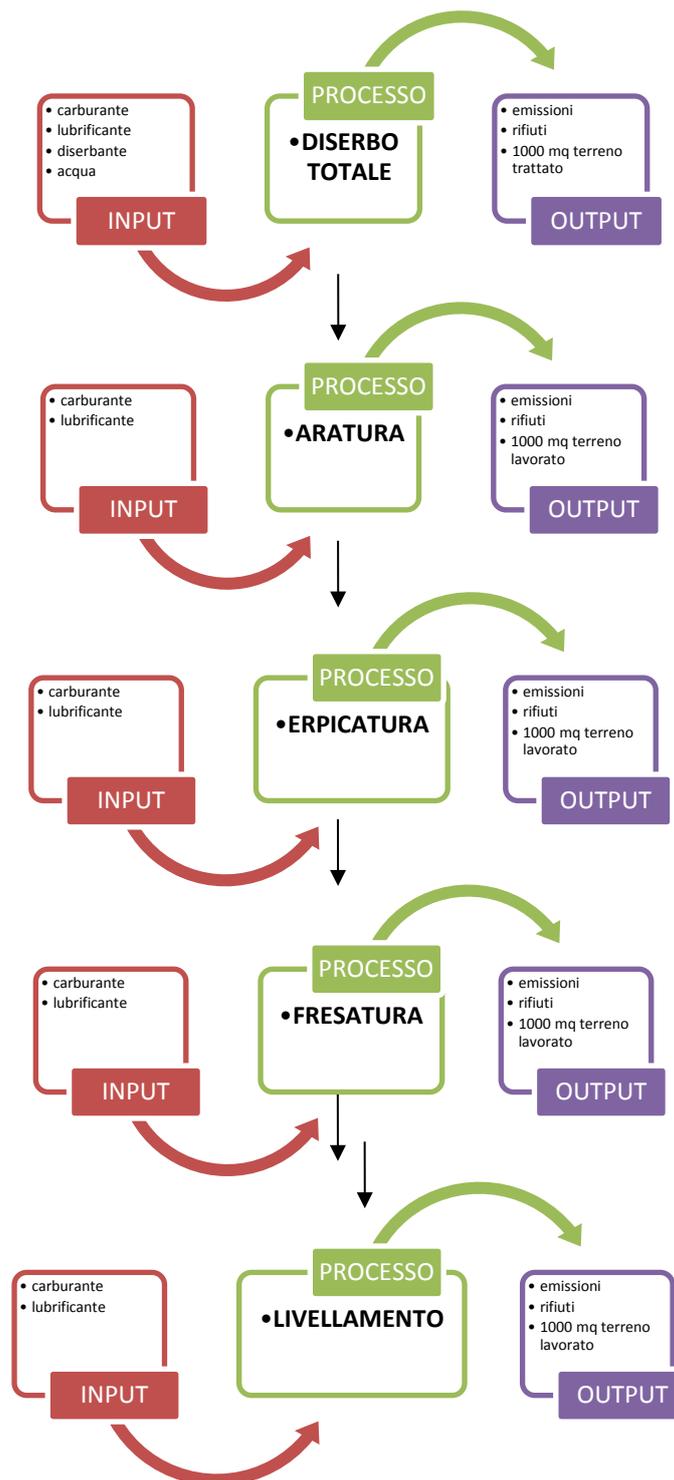


Fig. 3.5.1 - Flow chart del processo produttivo relativo alla preparazione del terreno

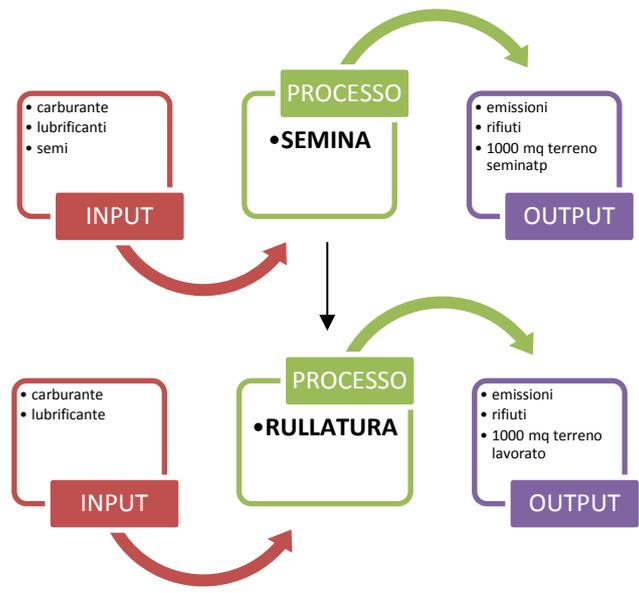


Fig. 3.5.2 - Flow chart del processo produttivo relativo alla semina

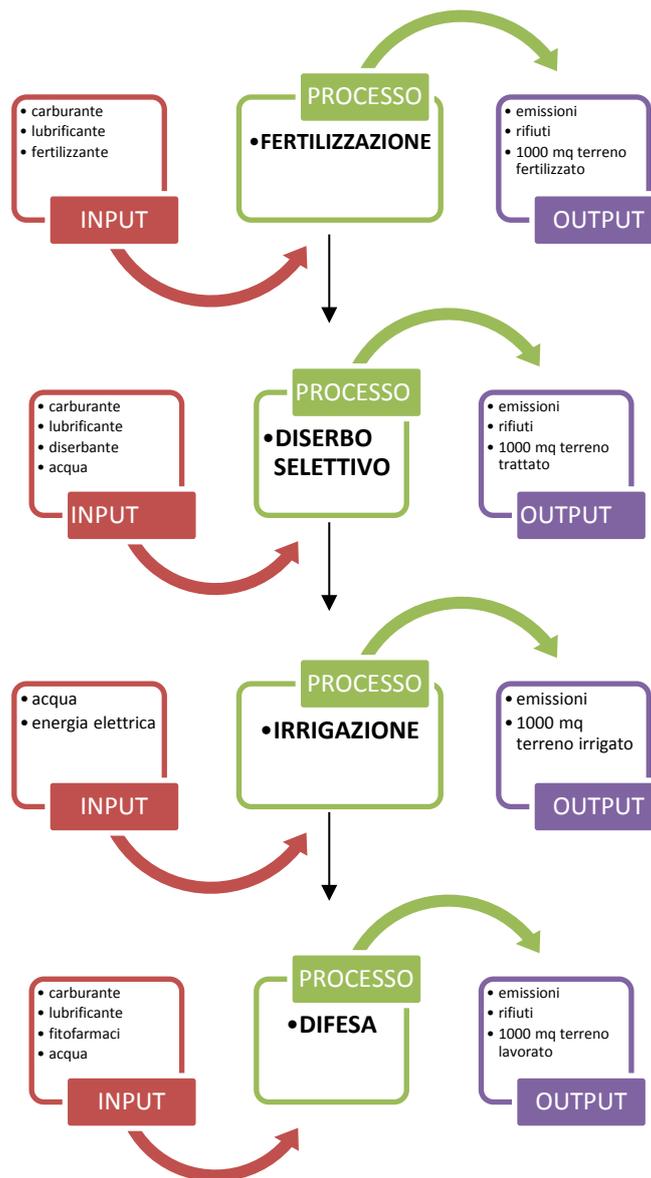


Fig. 3.5.3 - Flow chart del processo produttivo relativo alla gestione agronomica

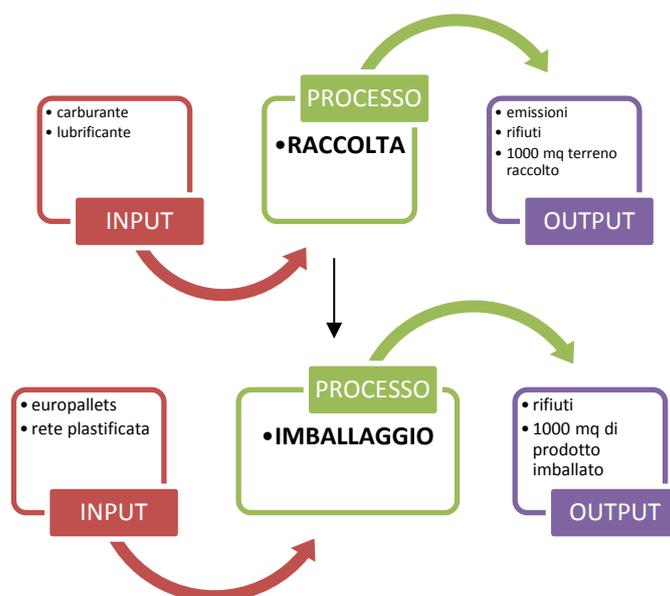


Fig. 3.5.4 - Flow chart del processo produttivo relativo alla raccolta e imballaggio

Di seguito si riportano i dati in input, riferiti ai diversi sub-processi della coltivazione di microterme, sulla base dei quali è stata impostata l'analisi:

Preparazione del terreno - DISERBO TOTALE		
Input	Quantità	Tipo di dato
Carburante	0,58 kg	Calcolato
Lubrificante	0,02 kg	Calcolato
Diserbante "Hopper"	1,5 lt.	Primario
• glyphosate	0,54 kg	Calcolato
Acqua	150 kg	Primario
Contenitori polietilene	0,12 kg	Calcolato

Preparazione del terreno - ARATURA		
input	Quantità	Tipo di dato
Carburante	12,5 kg	Calcolato
Lubrificante	0,5 kg	Calcolato

Preparazione del terreno - ERPICATURA		
Input	Quantità	Tipo di dato
Carburante	1,75 kg	Calcolato
Lubrificante	0,07 kg	Calcolato

Preparazione del terreno - FRESATURA		
Input	Quantità	Tipo di dato
Carburante	4,17 kg	Calcolato
Lubrificante	0,17 kg	Calcolato

Preparazione del terreno - LIVELLAMENTO		
Input	Quantità	Tipo di dato
Carburante	10,4 kg	Calcolato
Lubrificante	0,42 kg	Calcolato

Semina - SEMINA		
Input	Quantità	Tipo di dato
Carburante	1,17 kg	Calcolato
Lubrificante	0,05 kg	Calcolato
Semi	50 kg	Calcolato
Contenitori polipropilene	0,08 kg	Calcolato

Semina - RULLATURA		
Input	Quantità	Tipo di dato
Carburante	1,17 kg	Calcolato
Lubrificante	0,05 kg	Calcolato

Insediamento - FERTILIZZAZIONE		
Input	Quantità	Tipo di dato
Carburante	0,58 kg	Calcolato
Lubrificante	0,02 kg	Calcolato
Fertilizzante	90 kg	Primario
“HaifaMultigreen”	18 kg	Calcolato
• azoto (N)	21,6 kg	Calcolato
• fosforo (P)	8,1 kg	Calcolato
• potassio (K)	0,14 kg	calcolato
Contenitori polietilene		

Insediamento - DISERBO SELETTIVO		
Input	Quantità	Tipo di dato
Carburante	0,58 kg	Calcolato
Lubrificante	0,02 kg	Calcolato
Diserbante “Evade”	15 lt.	Primario
• fluroxypyr	0,3 kg	Calcolato
• triclopyr	0,9 kg	Calcolato
Acqua	900 kg	Primario
Contenitori polietilene	1,2 kg	Calcolato

Insediamento - IRRIGAZIONE		
Input	Quantità	Tipo di dato
Acqua	2380000 kg	Primario

Insediamento - DIFESA		
Input	Quantità	Tipo di dato
Carburante	0,58 kg	Calcolato
Lubrificante	0,02 kg	Calcolato
Fitofarmaco "Auriga"	6 lt.	Primario
• propamocarb	4,33 kg	Calcolato
Fitofarmaco "Opinion"	0,9 lt.	Primario
• propiconazolo	0,22 kg	Calcolato
Fitofarmaco "Mystic 25"	0,3 lt.	Primario
• tebuconazolo	0,07 kg	Calcolato
Acqua	600 kg	Primario
Contenitori polietilene	0,58 kg	calcolato

Raccolta e imballaggio - RACCOLTA		
Input	Quantità	Tipo di dato
Carburante	21 kg	Calcolato
Lubrificante	0,8 kg	Calcolato

Raccolta e imballaggio - IMBALLAGGIO		
input	Quantità	Tipo di dato
Europallets	360 kg	Calcolato
Rete plastificata	2 kg	Primario

I processi *aratura, erpicatura, fresatura, livellamento*, oltre a *rullatura e raccolta*, necessitano solamente degli input carburante e lubrificante, entrambi necessari al funzionamento del mezzo agricolo che effettua la lavorazione.

Nell'analisi sono stati considerati sia i dati di consumo dei carburanti sia i dati derivanti dai processi di produzione di carburante e di lubrificante.

Il software Gabi fornisce entrambi questi processi ausiliari, descritti a livello di input e output, in modo da poter collegare le quantità di carburante e lubrificante consumate nel nostro processo alle risorse e alle emissioni derivanti dalla produzione di quelle stesse quantità.

Gli output dell'intero sub-processo saranno quindi le emissioni derivanti dalla combustione del carburante utilizzato, i rifiuti derivanti dal consumo di lubrificante (olio esausto) e tutte le emissioni derivanti dai processi di produzione del carburante e del lubrificante.

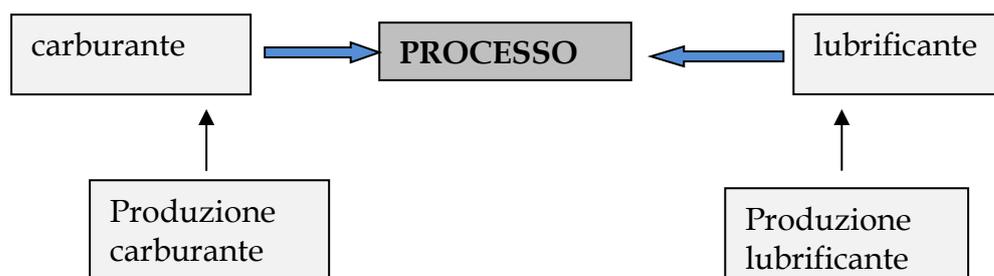


Fig. 3.5.5 - Flow chart dei processi di produzione di carburante e lubrificante

I processi *diserbo totale*, *diserbo selettivo* e *difesa* si avvalgono di sostanze chimiche quali diserbanti, fertilizzanti e fitofarmaci in input, oltre a carburante e lubrificante.

Gli input carburante e lubrificante sono stati trattati con le medesime modalità espresse per i processi sopra descritti.

A causa della mancanza di informazioni che descrivono la produzione delle diverse sostanze di sintesi chimica, nel database del software Gabi, è stato necessario considerare nell'analisi l'energia necessaria alla produzione delle varie sostanze.

I dati riguardanti l'energia elettrica utilizzata si riferiscono alla produzione dei principi attivi, tenendo conto anche dell'energia necessaria alle fasi di formulazione, confezionamento e distribuzione delle sostanze stesse.

Principio attivo	MJ/KG a.i.
<b>Glyphosate</b>	474
<b>Fluroxypyr</b>	518
<b>Triclopyr</b>	432
<b>Propamocarb</b>	464
<b>Propiconazolo</b>	475
<b>Tebuconazolo</b>	551

**Tab. 3.5.1** - MJ necessari alla produzioni di 1 kg di principio attivo

Principio attivo	Quantità utilizzata in input (kg)	MJ
<b>Glyphosate</b>	0,54	255,96
<b>Fluroxypyr</b>	0,3	155,4
<b>Triclopyr</b>	0,9	388,8
<b>Propamocarb</b>	4,33	2010,048
<b>Propiconazolo</b>	0,225	106,875
<b>Tebuconazolo</b>	0,075	41,325

**Tab. 3.5.2** - MJ necessari per la produzione della quantità utilizzata nel processo indagato

("Estimation of the green house gas emissions from agriculture pesticide manufacture and use"  
E.Audsley, K.Stacey, D.:J.Parsons, A.G.Williams – Cranfield University, 2009).

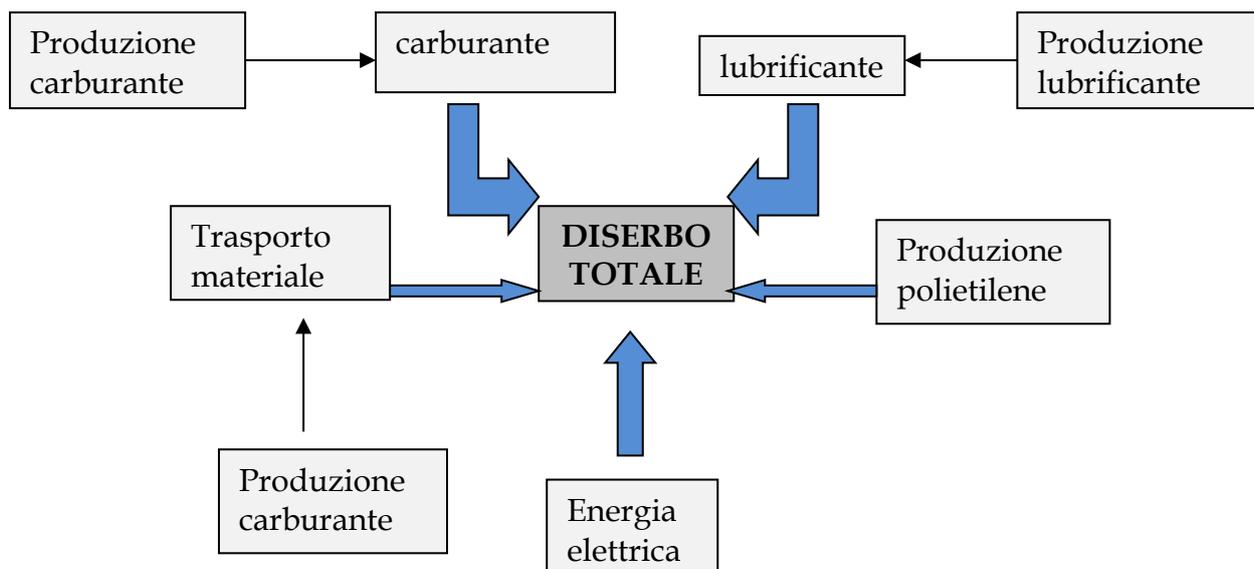


Fig. 3.5.6 - Flow chart del processo di produzione del diserbo totale

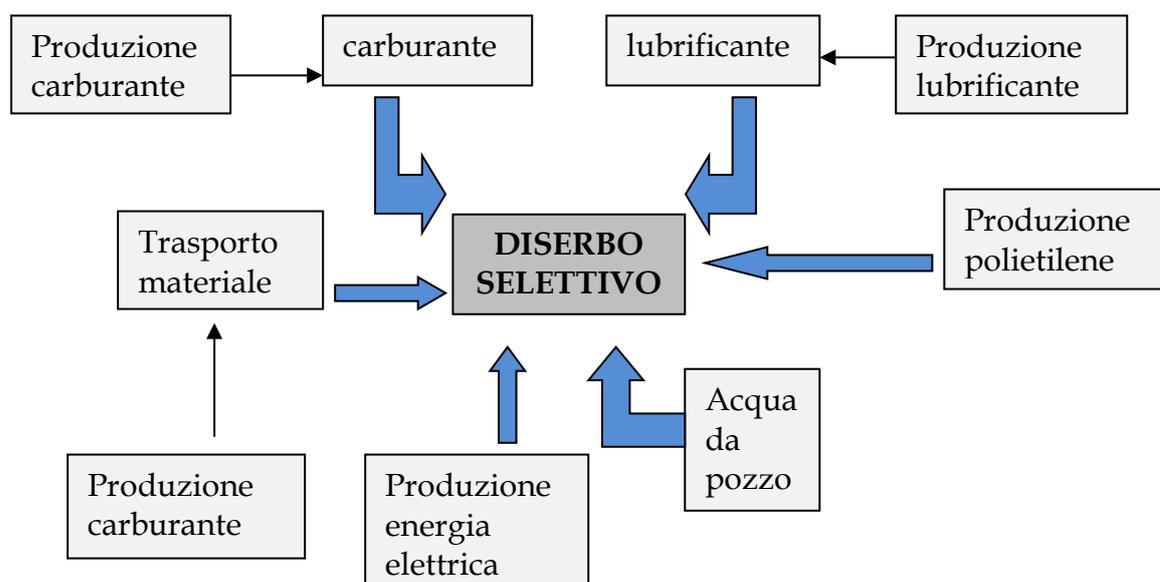


Fig. 3.5.7 - Flow chart del processo di produzione del diserbo selettivo

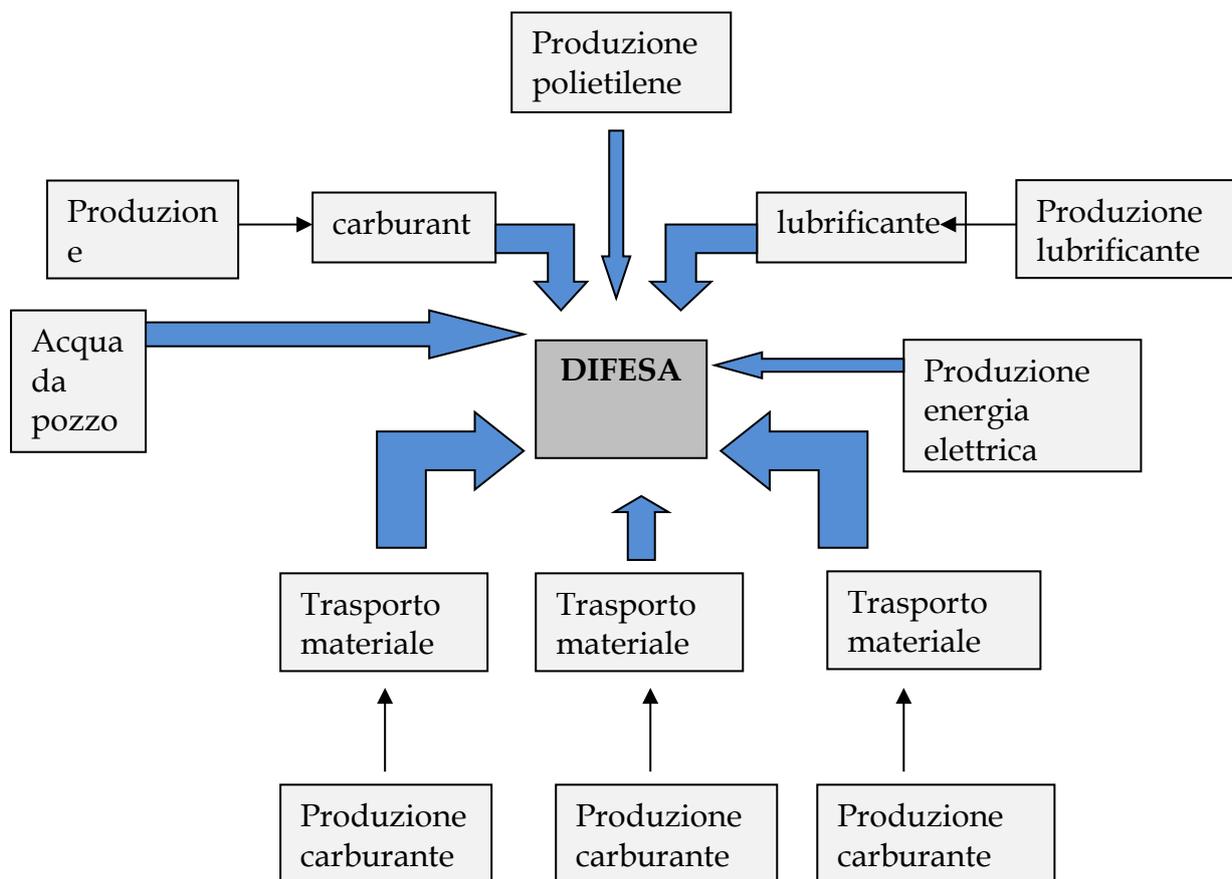


Fig. 3.5.8 – Flow chart del processo di produzione della difesa

Nel processo di fertilizzazione vengono considerati, secondo la stessa logica di base, gli input e gli output derivanti dalla produzione di elementi chimici quali l'azoto (N), il fosforo (P) ed il potassio (K) presenti all'interno del fertilizzante usato.

Tra le emissioni derivanti dal rilascio di fertilizzante in ambiente è stata considerata quella di N<sub>2</sub>O, infatti il protossido di azoto ha un potere nel trattenere calore circa 300 volte superiore a quello della CO<sub>2</sub>. Le principali fonti di emissione di N<sub>2</sub>O sono i processi di nitrificazione e denitrificazione, entrambi controllati dalla disponibilità di N inorganico nel suolo. Il calcolo delle emissioni di N<sub>2</sub>O dall'impiego di fertilizzante è basato sul modello sviluppato appositamente dall'IPCC:

$$N_2O_{(ATD)-N} = [(F_{SN} \bullet F_{racGASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) \bullet F_{racGASM})] \bullet EF_4$$

dove:

N<sub>2</sub>O<sub>(ATD)-N</sub> = quantità annuale di N<sub>2</sub>O-N prodotto da deposizione atmosferica di N volatilizzato da suolo lavorato, kg N<sub>2</sub>O-N/yr

F<sub>racGASF</sub> = frazione di fertilizzante azotato sintetico che volatilizza come NH<sub>3</sub> o NO<sub>x</sub>, kg N volatilizzato / kg N applicato

F<sub>racGASM</sub> = frazione di fertilizzante azotato organico applicato che volatilizza come NH<sub>3</sub> o NO<sub>x</sub>, kg N volatilizzato / kg N applicato

EF<sub>4</sub> = fattore di emissione per le emissioni di N<sub>2</sub>O da deposizione atmosferica di N sul suolo e sulle superfici d'acqua, [kg N-N<sub>2</sub>O / (kg NH<sub>3</sub>-N + NO<sub>x</sub>-N volatilizzato)]

F<sub>SN</sub> = quantità annuale di fertilizzante azotato applicato al suolo, kg N / yr

F<sub>ON</sub> = quantità annuale di letame animale, compost, liquame e altre sostanze organiche azotate applicate al suolo, kg N / yr

F<sub>PRP</sub> = quantità annuale di N presente nel liquame e nello sterco animale impiegato nel suolo, kg N / yr



Fig. 3.5.9 - Flow chart del processo di produzione della fertilizzazione

Nel processo semina è stato tenuto in considerazione, oltre ai processi di produzione di carburante e lubrificante, il processo di produzione dei semi.

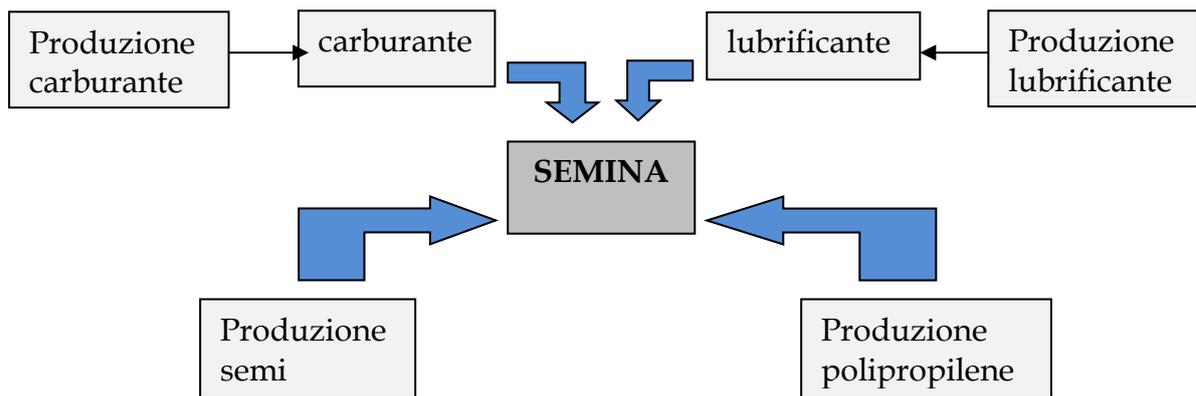


Fig. 3.5.10 - Flow chart del processo di produzione della semina

Il processo imballaggio prevede in input il materiale di imballo e quindi sono stati considerato i dati riguardanti la produzione del polietilene, ed i dati riguardanti il processo di trasporto e di produzione carburante.

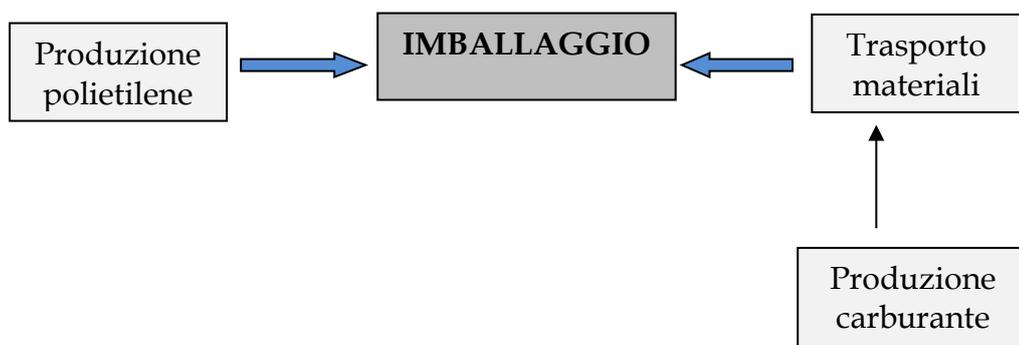


Fig. 3.5.11 – Flow chart del processo di produzione dell’imballaggio

Al fine di offrire una trattazione minuziosa del caso oggetto di studio, sono stati considerati durante l’analisi di valutazione del ciclo di vita, due ulteriori processi ausiliari:

- produzione del materiale di imballaggio (confezioni in polietilene e polipropilene)
- trasporto su gomma dei materiali (diserbanti, fertilizzanti, fitofarmaci, europallets e rete plastificata) fino al luogo di utilizzo.

Quest’ultimo processo si basa sull’impostazione di parametri, quali la distanza, la quantità di carico e la stazza del mezzo di trasporto, necessari per definire le emissioni.

Di seguito, viene riportata una tabella riepilogativa dove i diversi sub-processi sono correlati ai rispettivi fattori tenuti in considerazione nella fase di elaborazione dell’analisi.

	Carburante usato in campo	Produzione carburante usato in campo	Lubrificante	Produzione lubrificante	Carburante usato per trasporto materiale	Produzione carburante usato per trasporto	Produzione contenitori polietilene	Produzione contenitori polipropilene	Produzione N, P, K	Produzione semi	Produzione europallets	Produzione rete plastificata	Produzione energia elettrica
<b>Diserbo totale</b>	x	x	x	x	x	x	x						
<b>Aratura</b>	x	x	x	x									
<b>Erpicatura</b>	x	x	x	x									
<b>Fresatura</b>	x	x	x	x									
<b>Livellamento</b>	x	x	x	x									
<b>Semina</b>	x	x	x	x				x		x			
<b>Rullatura</b>	x	x	x	x									
<b>Fertilizzazione</b>	x	x	x	x	x	x	x		x				
<b>Diserbo selettivo</b>	x	x	x	x	x	x	x						x
<b>Irrigazione</b>													x
<b>Difesa</b>	x	x	x	x	x	x	x						x
<b>Raccolta</b>	x	x	x	x									
<b>Imballaggio</b>											x	x	

Tab. 3.5.3 - Matrice di sintesi fasi del processo/aspetti ambientali.

### Tappeto erboso macroterme

Anche in questo caso il processo di coltivazione è stato suddiviso in singoli sub-processi ognuno dei quali definito con input e output.

Nell’analisi è stata considerata la coltivazione delle piante madri, dalle quali vengono ricavate talee mononodali confettate (“semi somatici”) che saranno “seminate” in

contenitori alveolari per la produzione di piantine preradicate utilizzabili per un trapianto meccanizzato in campo, oppure per la preparazione di stuoie pretrapiantate in serra. Di seguito si riportano i flussi dei processi produttivi in cui vengono identificati gli input e gli output.

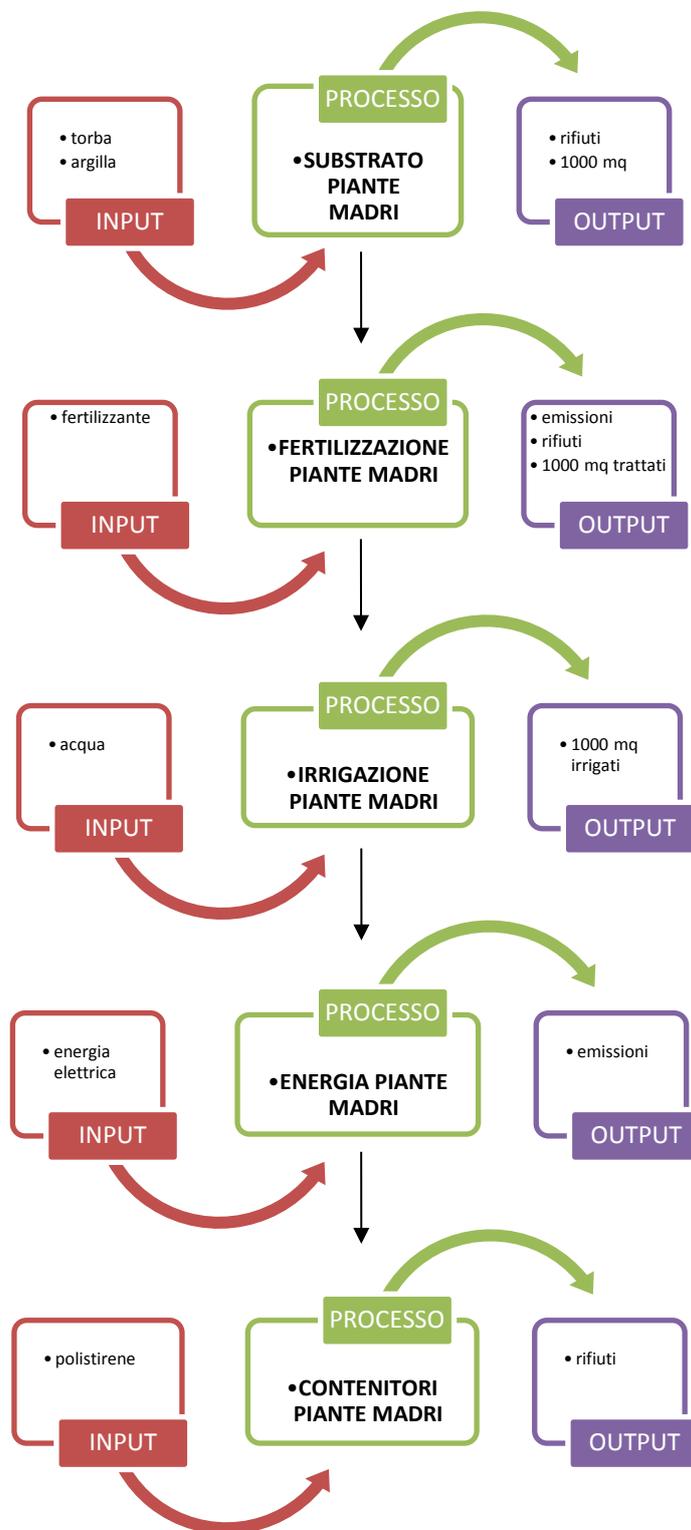


Fig. 3.5.12 - Flow chart del processo produttivo relativo alla produzione di piante madri

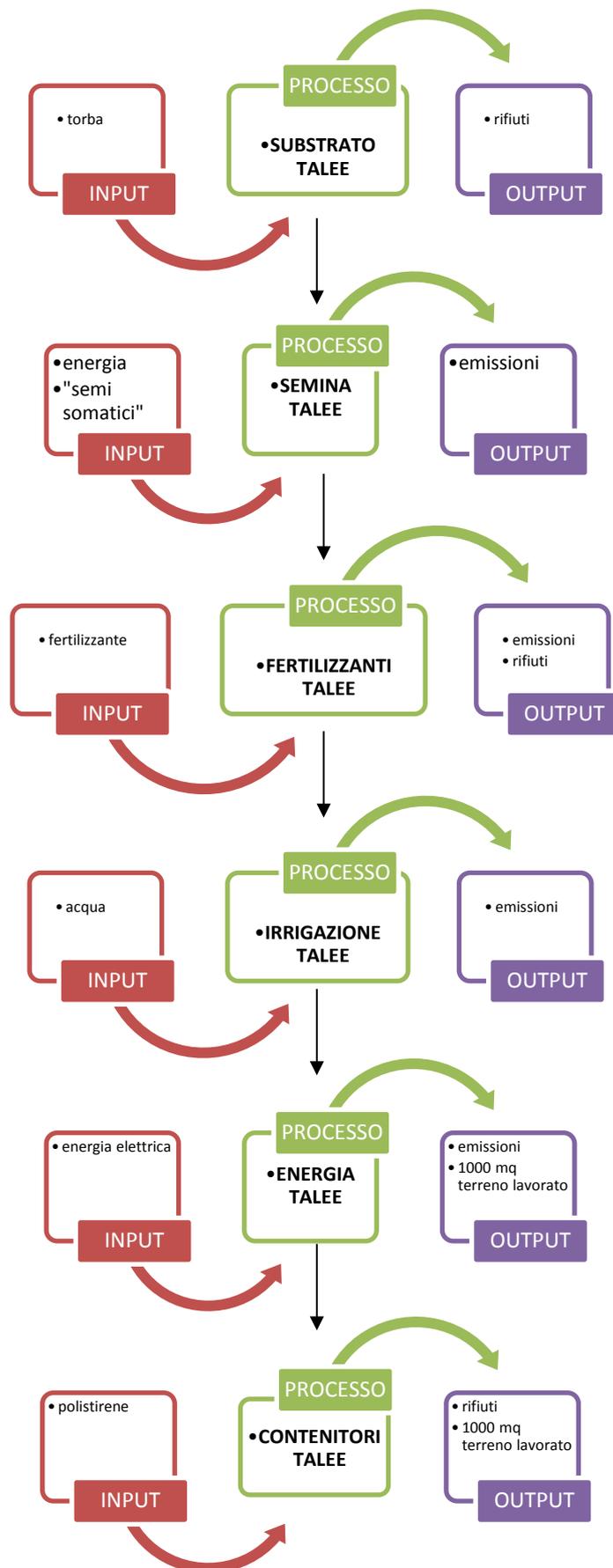


Fig. 3.5.13 – Flow chart del processo produttivo relativo alla produzione di talee

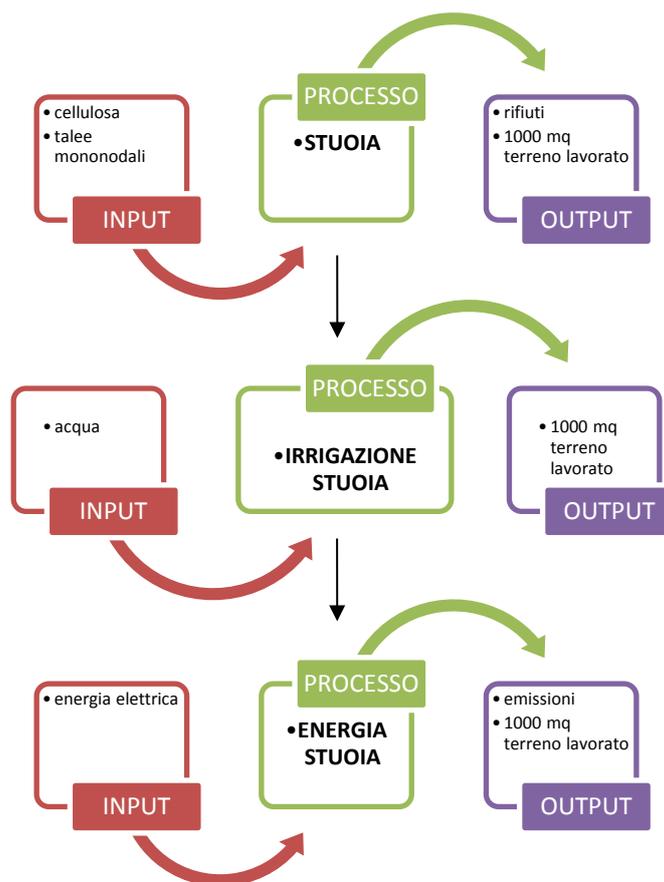


Fig. 3.5.14 – Flow chart del processo produttivo relativo alle stuoie pretrapiantate

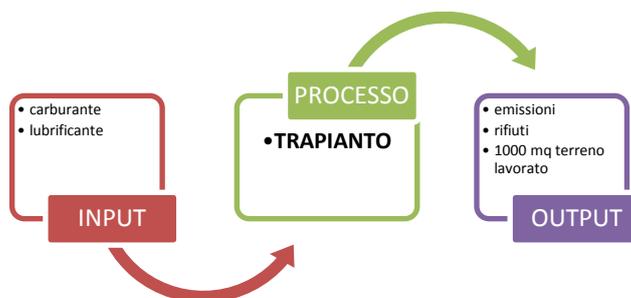


Fig. 3.5.15 – Flow chart del processo produttivo relativo al trapianto in campo

Le seguenti tabelle riportano i dati in input, riferiti ai diversi sub-processi della coltivazione di macroterme.

Produzione piante madri – SUBSTRATO PIANTE MADRI		
Input	Quantità	Tipo di dato
Torba	1125 kg	Primario
Argilla espansa	125 kg	Primario

Produzione piante madri - FERTILIZZAZIONE PIANTE MADRI		
Input	Quantità	Tipo di dato
Fertilizzante "Growmore"	120 kg	Primario
• Azoto (N)	24 kg	Calcolato
• Fosforo (P)	24 kg	Calcolato
• Potassio (K)	24 kg	Calcolato
Contenitori polipropilene	0,192	Calcolato

Produzione piante madri - IRRIGAZIONE PIANTE MADRI		
Input	Quantità	Tipo di dato
Acqua	1800 kg	Primario

Produzione piante madri - ENERGIA PIANTE MADRI		
Input	Quantità	Tipo di dato
Energia elettrica	518,4 MJ	Primario

Produzione piante madri - CONTENITORI PIANTE MADRI		
Input	Quantità	Tipo di dato
Cassette polistirene	120 kg	Primario

Produzione talee - SUBSTRATO TALEE		
Input	Quantità	Tipo di dato
Torba	750 kg	Primario

Produzione talee - SEMINA TALEE		
Input	Quantità	Tipo di dato
Energia	40 MJ	Primario

Produzione talee - FERTILIZZAZIONE TALEE		
Input	Quantità	Tipo di dato
Fertilizzante "Growmore"	20 kg	Primario
• Azoto (N)	4 kg	Calcolato
• Fosforo (P)	4 kg	Calcolato
• Potassio (K)	4 kg	Calcolato
Contenitori polietilene	0,032 kg	Calcolato

Produzione talee - IRRIGAZIONE TALEE		
Input	Quantità	Tipo di dato
Acqua	54000 kg	Primario

Produzione talee - ENERGIA TALEE		
Input	Quantità	Tipo di dato
Energia elettrica	64,8 MJ	Primario

Produzione talee - CONTENITORI TALEE		
Input	Quantità	Tipo di dato
Cassette polistirene	600 kg	Primario

Pre radicazione stuoie - STUOIA		
Input	Quantità	Tipo di dato
Cellulosa	120 kg	Primario

Pre radicazione stuoie - IRRIGAZIONE STUOIA		
Input	Quantità	Tipo di dato
Acqua	2400 kg	Primario

Pre radicazione stuoie - ENERGIA STUOIA		
Input	Quantità	Tipo di dato
Energia elettrica	6,48 MJ	primario

Trapianto in campo - TRAPIANTO		
Input	Quantità	Tipo di dato
Carburante	1,42 kg	Calcolato
Lubrificante	0,06 kg	Calcolato

E' opportuno far notare che nel caso di coltivazione di specie macroterme, le lavorazioni sono effettuate principalmente in modo manuale senza ricorrere a mezzi meccanici, pertanto non verranno considerate le emissioni derivanti dal consumo di carburante per le lavorazioni.

Per il *substrato* sono stati considerati i processi di produzione di torba e argilla espansa e di trasporto e produzione di carburante.

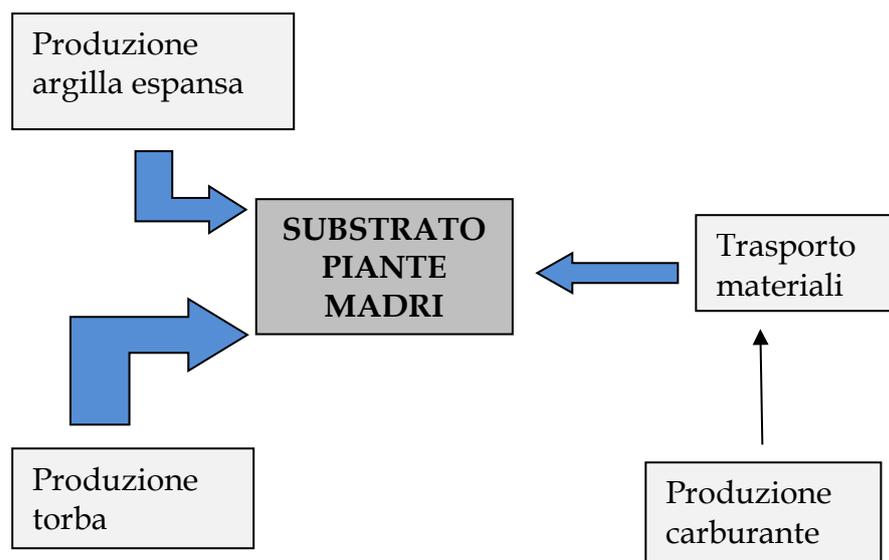


Fig. 3.5.16 - Flow chart del processo di produzione del substrato piante madri

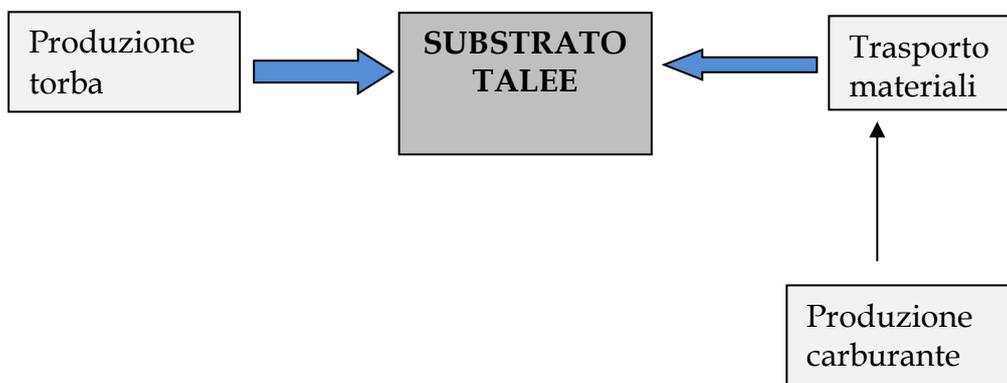


Fig. 3.5.17 - Flow chart del processo di produzione del substrato talee

Per quanto riguarda la semina delle talee si considera la produzione di energia elettrica.

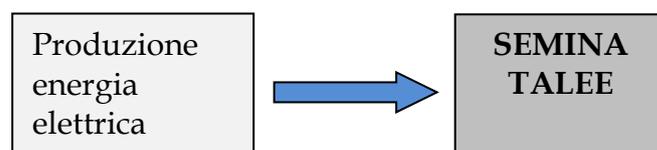


Fig. 3.5.18 - Flow chart del processo della semina delle talee

Il processo di *fertilizzazione* prevede i medesimi processi sia per quanto riguarda la *fertilizzazione delle piante madri* sia per la *fertilizzazione delle talee*, ovviamente saranno diverse le quantità considerate come riportato nelle tabelle.

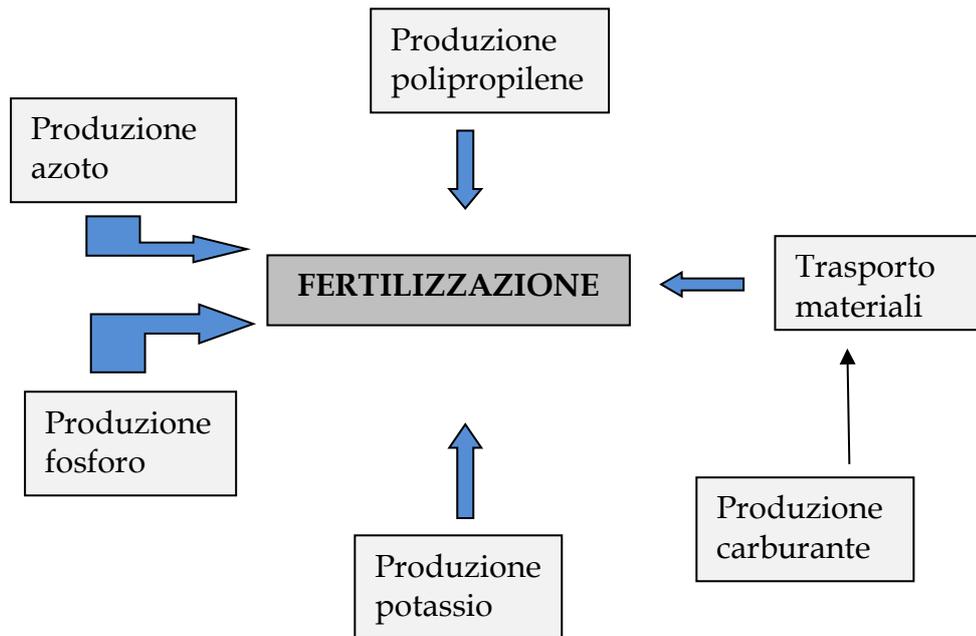


Fig. 3.5.19 – Flow chart del processo fertilizzazione

Il processo *irrigazione* considera l'acqua da pozzo sia per le piante madri che per talee e stuoie.

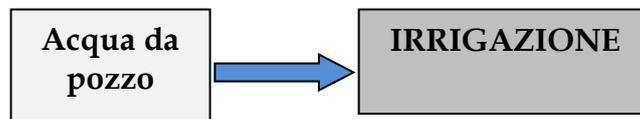


Fig. 3.5.20 – Flow chart del processo irrigazione

Il processo *energia* considera la produzione di energia elettrica sia per le piante madri che per le talee.

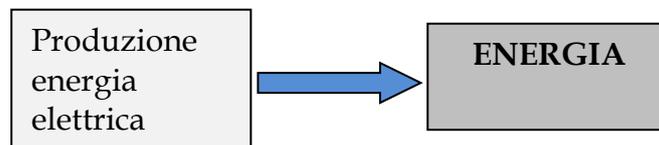


Fig. 3.5.21 – Flow chart del processo energia

Infine, il processo *contenitori* prevede l'elaborazione dei dati riguardanti la produzione di polistirene, il trasporto e la produzione di carburante, sia per le piante madri che per le talee.



Fig. 3.5.22 – Flow chart del processo contenitori

Di seguito viene riportata una tabella riepilogativa dove i diversi sub-processi sono correlati ai rispettivi fattori tenuti in considerazione nella fase di elaborazione con il software Gabi.

	Produzione argilla espansa	Produzione torba	Carburante usato per trasporto materiali	Produzione carburante usato per trasporto	Produzione propilene	Produzione N,P,K	Produzione energia elettrica	Produzione polistirene	Produzione cellulosa
Substrato piante madri	x	x	x	x					
Fertilizzazione piante madri			x	x	x	x			
Irrigazione piante madri									
Energia piante madri							x		
Contenitori piante madri			x	x				x	
Substrato talee		x	x	x					
Semina talee							x		
Fertilizzazione talee			x	x	x	x			
Irrigazione talee									
Energia talee							x		
Contenitori talee			x	x				x	
Stuoia									x
Irrigazione stuoie									
Energia stuoie							x		

Tab. 3.5.4 - Matrice di sintesi fasi del processo/aspetti ambientali.

### 3.6 I risultati dell'analisi LCA

Lo studio LCA si è rivelato un utile strumento nella definizione e nella strutturazione delle attività dei processi produttivi esaminati, pur manifestando alcuni limiti dovuti essenzialmente alle assunzioni che è stato necessario effettuare. Per quanto riguarda l'Analisi di Impatto, la categoria di impatto analizzata è stata quella del riscaldamento globale potenziale "Global Warming Potential" in termini di kg di CO<sub>2</sub> equivalenti prodotti dal processo produttivo indagato.

Nello specifico, si individua che il tappeto erboso macroterme-stuoie e il tappeto erboso microterme contribuiscono al "Global Warming" in modo confrontabile non mostrando significative differenze, mentre il tappeto erboso macroterme-trapianto in campo risulta avere un contributo inferiore come di seguito riportato.

Tappeto erboso microterme

1058,2 kg CO<sub>2</sub>eq.

Tappeto erboso macroterme-stuoie

1059.7 kg

Tappeto erboso macroterme-trapianto in campo

1044.1 kg

E' necessario però sottolineare che, per quanto riguarda la coltivazione delle macroterme, un contributo importante viene fornito dalla coltivazione delle piante madri che è stata considerata in questo studio, in quanto risultava necessario comprendere ciascuna fase della filiera, ma che non rende perfettamente comparabile i processi analizzati. Pertanto, escludendo il contributo del "Global Warming" derivato dalla coltivazione delle piante madri risulta che il tappeto erboso macroterme- stuoie e il tappeto erboso macroterme - trapiantato in campo contribuiscono in modo significativamente minore al "Global Warming" rispetto al tappeto erboso microterme, come si può notare dai dati di seguito riportati.

Tappeto erboso microterme

1058,2 kg CO<sub>2</sub>eq.

Tappeto erboso macroterme-stuoie

381.1 kg CO<sub>2</sub>eq.

Tappeto erboso macroterme-trapianto in campo

365.5 kg CO<sub>2</sub>eq.

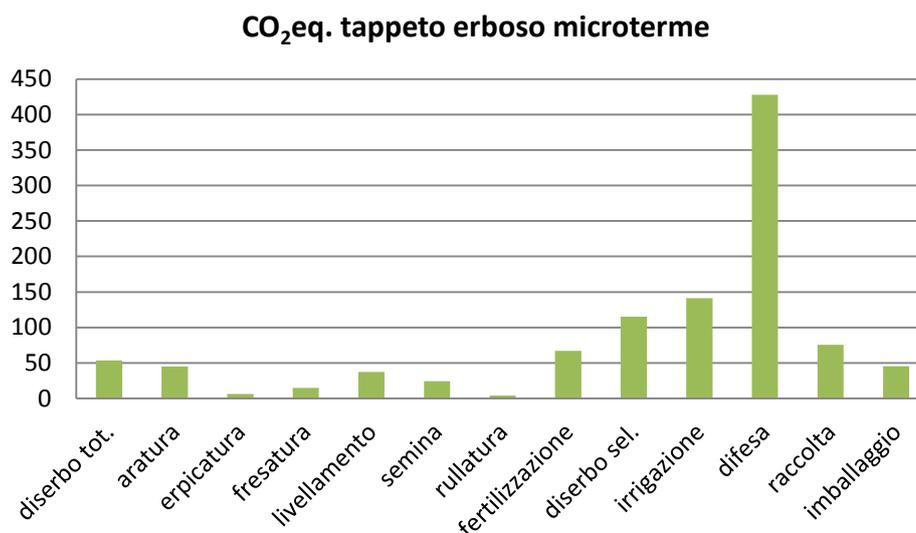
In dettaglio, per le microterme risulta che il processo maggiormente impattante sia quello della *difesa* che con i suoi **427,8 kg** di CO<sub>2</sub> equivalente emessa contribuisce per il **40,4 %** del totale delle emissioni.

Il **99%** della quantità di CO<sub>2</sub> equivalente emessa dal processo *difesa* è da attribuire alle emissioni derivate dalla produzione di energia elettrica relative alla produzione dei principi attivi utilizzati nei fitofarmaci.

Altri due processi significativamente impattanti sono il processo *irrigazione* ed il *diserbo selettivo*.

Per il *diserbo selettivo* valgono le stesse affermazioni espresse per il processo *difesa*, anche in questo caso infatti il **92,9 %** delle emissioni totali è da attribuire all'energia elettrica necessaria per la produzione di diserbante.

Il discorso è analogo anche per il processo *irrigazione*, in questo caso le emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente sono da attribuire esclusivamente al processo di produzione di energia elettrica necessaria al funzionamento della pompa di pescaggio per l'acqua da pozzo.



**Fig. 3.6.1** - kg di CO<sub>2</sub> equivalente emessi dai diversi processi del tappeto erboso microterme

PROCESSO	CO <sub>2</sub> EQUIVALENTE (KG)	% CONTRIBUTO SU TOTALE
Difesa	427,8	40,4
Irrigazione	141,3	13,4
Diserbo selettivo	115	10,9
Raccolta	75,7	7,1
Fertilizzazione	67	6,3
Diserbo totale	53,5	5,1
Imballaggio	45,3	4,3
Aratura	45	4,2
Livellamento	37,5	3,5
Semina	24,4	2,3
Fresatura	15	1,4
Erpicatura	6,3	0,6
Rullatura	4,2	0,4

Tab. 3.6.1 - kg di CO<sub>2</sub> equivalente emessi dai diversi processi del tappeto erboso microterme e contributo % sul totale

Per quanto riguarda le macroterme-stuoie è possibile affermare che il maggior contributo alle emissioni di CO<sub>2</sub> eq. è da attribuire al substrato come mostrato nel grafico seguente.

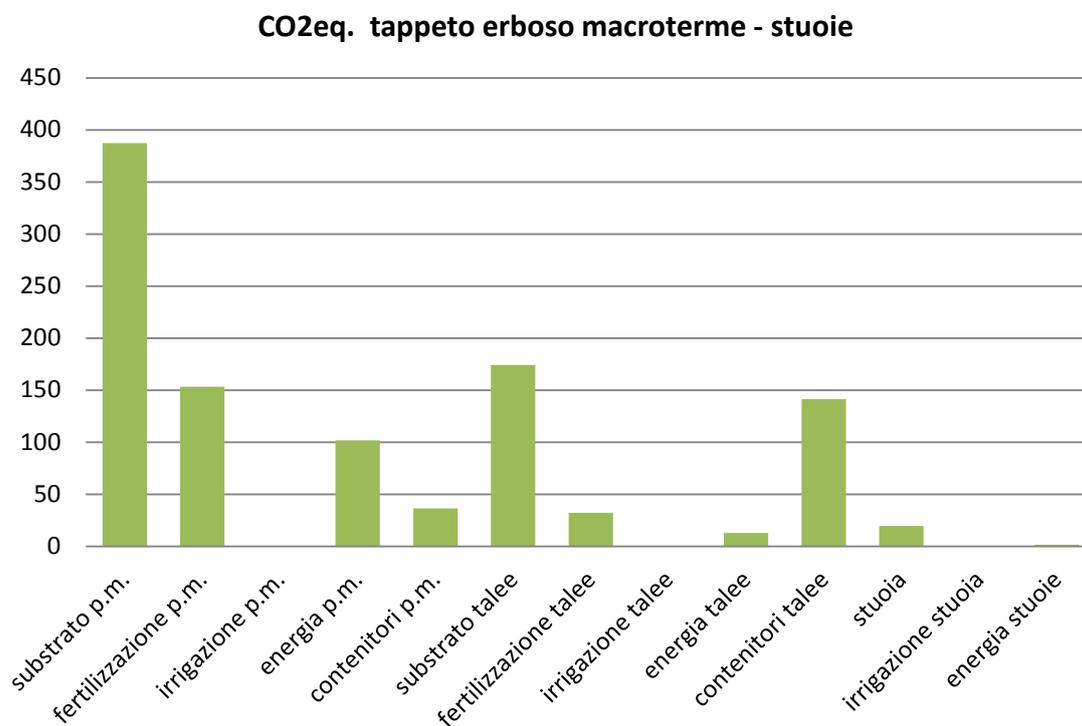


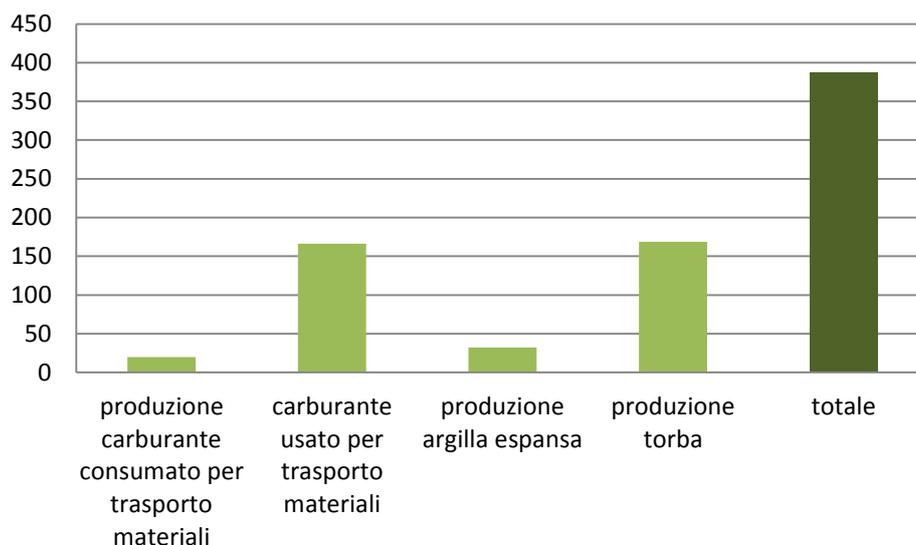
Fig. 3.6.2 - kg di CO<sub>2</sub> equivalente emessi dai diversi processi del tappeto erboso macroterme - stuoie

PROCESSO	CO <sub>2</sub> EQUIVALENTE (KG)	% CONTRIBUTO SU TOTALE
Substrato piante madri	387,3	36,5
Substrato talee	174,2	16,4
Fertilizzazione piante madri	153,3	14,5
Contenitori talee	141,3	13,3
Energia piante madri	101,8	9,6
Contenitori piante madri	36,2	3,4
Fertilizzazione talee	32,2	3
Stuoia	19,4	1,8
Energia talee	12,7	1,2
Energia stuoie	1,3	0,1
Irrigazione piante madri	0	0
Irrigazione talee	0	0
Irrigazione stuoie	0	0

Tab. 3.6.2 - kg di CO<sub>2</sub> equivalente emessi dai diversi processi del tappeto erboso macroterme - stuoie e contributo % sul totale

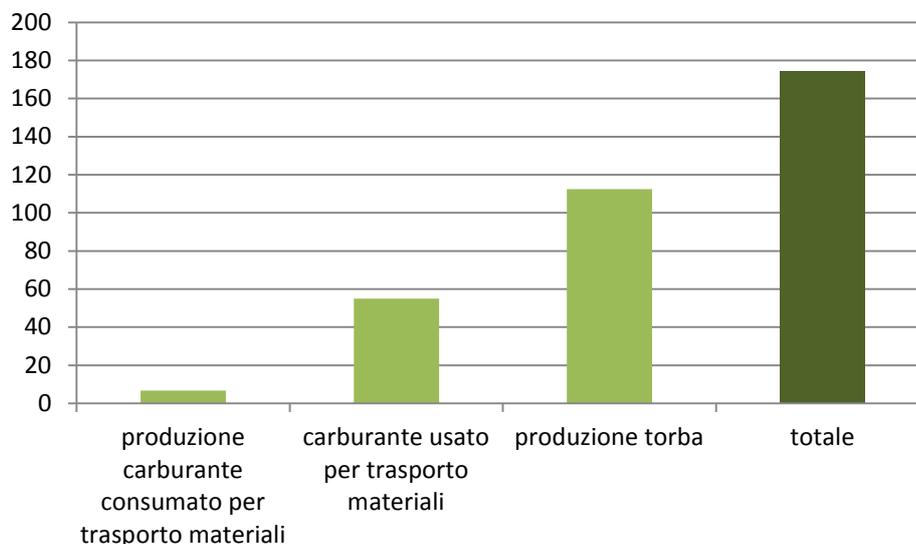
In particolare è necessario sottolineare che i quattro processi maggiormente impattanti sono rispettivamente *substrato piante madri*, *substrato talee*, *fertilizzazione piante madri* e *contenitori talee*.

Le emissioni derivanti dal processo *substrato piante madri* sono attribuibili al processo di produzione della torba che con **168,75** kg di CO<sub>2</sub> equivalente contribuisce per il **43,5%** sul totale delle emissioni, e dalle emissioni derivate dalla combustione del carburante usato per il trasporto dei materiali (torba e argilla espansa) fino al luogo di impiego.



**Fig. 3.6.3** - contributo dei diversi fattori all'emissione totale del processo substrato piante madri

Lo stesse considerazioni sono valide anche per il processo *substrato talee*, in questo caso però è opportuno ricordare che il substrato utilizzato in serra è rappresentato soltanto da torba.

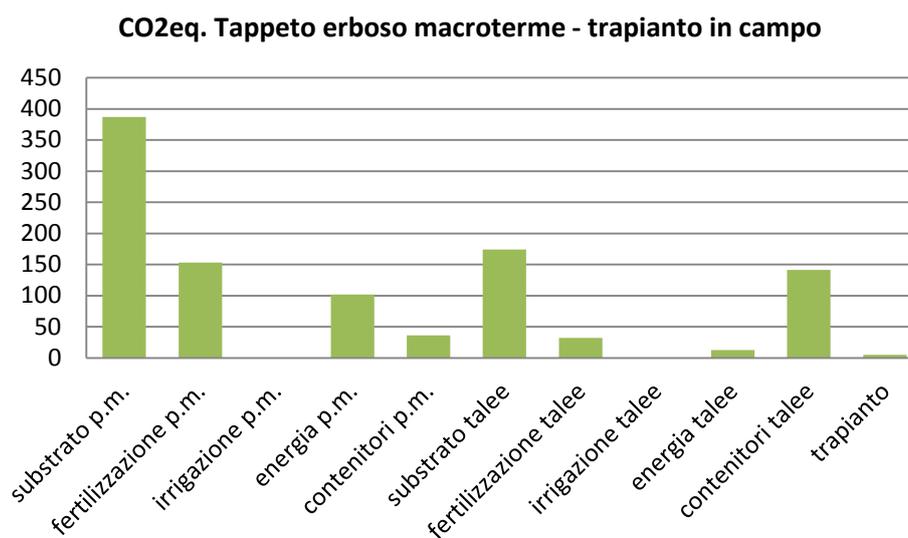


**Fig. 3.6.4** - contributo dei diversi fattori all'emissione totale del processo substrato talee

Per quanto riguarda il processo *fertilizzazione piante madri* le emissioni di kg CO<sub>2</sub>equivalente calcolate sono **153,3**, di queste l'**80%** (**123 kg**) sono imputabili al **protossido di azoto (N<sub>2</sub>O)** che si forma a seguito del rilascio in ambiente del fertilizzante. Infine, dei **141,3 kg** di CO<sub>2</sub>equivalente emessi dal processo *contenitori talee*, **131,3 kg** sono imputabili al processo di produzione delle cassette in polistirene

Riguardo al tappeto erboso macroterme-trapianto in campo non risultano significative differenze con il precedente processo macroterme, ma è possibile evidenziare come l'operazione di trapianto in campo risulti essere meno impattante rispetto alla produzione della stuoia preradicata, in quanto il processo per la realizzazione del telo in fibra di cellulosa ha un impatto rilevante.

In dettaglio, la fase di *trapianto* produce un'emissione di CO<sub>2</sub> equivalente pari a **5,1 kg** dovuta principalmente al consumo di carburante necessario alla fase di trapianto con trapiantatrice automatica.



**Fig. 3.6.5 - kg di CO<sub>2</sub> equivalente emessi dai diversi processi del tappeto erboso macroterme - trapianto in campo**

PROCESSO	CO <sub>2</sub> EQUIVALENTE (KG)	% CONTRIBUTO SU TOTALE
<b>Substrato piante madri</b>	387,3	37,1
<b>Substrato talee</b>	174,2	16,7
<b>Fertilizzazione piante madri</b>	153,3	14,7
<b>Contenitori talee</b>	141,3	13,5
<b>Energia piante madri</b>	101,8	9,7
<b>Contenitori piante madri</b>	36,2	3,5
<b>Fertilizzazione talee</b>	32,2	3,1
<b>Energia talee</b>	12,7	1,2
<b>Trapianto</b>	5,1	0,5
<b>Irrigazione piante madri</b>	0	0
<b>Irrigazione talee</b>	0	0

**Tab. 3.6.3 - kg di CO<sub>2</sub> equivalente emessi dai diversi processi del tappeto erboso macroterme - trapianto in campo e contributo % sul totale**

#### 4. Considerazioni conclusive

Lo studio sviluppato ha analizzato dal punto di vista economico ed ambientale tre diversi processi produttivi di tappeto erboso: tappeto erboso microterme, tappeto erboso macroterme - stuoie e tappeto erboso macroterme - trapianto in campo.

A livello economico, si evince che nel tappeto erboso microterme la Produzione Lorda Totale (PLT) per ogni ciclo produttivo è di 6.000,00 euro (si ricorda che i valori sono riferiti a 1.000 m<sup>2</sup> di prodotto) ed il totale dei Costi Variabili è di 1.845,00 euro, di cui le voci più rappresentative possono essere ricondotte al costo delle sementi (350,00 euro), al ripristino delle quote con terra di coltivo (600,00 euro), ai costi variabili per le macchine aziendali (250,00 euro), alle spese per acqua-elettricità-combustibili (230,00 euro), ai costi dei fertilizzanti (150,00 euro) e degli antiparassitari (130,00 euro). Il totale dei Costi Fissi è di 2.340,00 euro e, pertanto, il Costo Totale di Produzione, dato dalla somma dei Costi Variabili Totali, dei Costi Fissi Totali, del totale degli interessi calcolati e del costo della manodopera familiare, ammonta a 4.275,00 euro. Da questo è possibile dedurre un Profitto di 1.725,00 euro.

Nel caso del tappeto erboso macroterme abbiamo una Produzione Lorda Totale (PLT) per ogni ciclo produttivo di 55.000,00 euro e un totale dei Costi Variabili di 33.050,00 euro, di cui le voci più rappresentative possono essere ricondotte al costo del materiale vegetale di partenza 16.000,00 euro, alle spese sostenute per la trasformazione, conservazione e commercializzazione dei prodotti 7.000,00 euro, ai costi sostenuti per la remunerazione della manodopera avventizia 6.000,00 euro ed alle spese per acqua-elettricità-combustibili necessarie per lo svolgimento del processo produttivo (2.500,00 euro). Il totale dei Costi Fissi è di 8.700 euro e, pertanto, il Costo Totale di Produzione ammonta a 44.000,00 euro. Da questo è possibile dedurre un Profitto di 11.000,00 euro.

Nel caso di utilizzo di stuoie preradicate avremo un incremento della Produzione Lorda Totale (PLT) per ogni ciclo produttivo di 6.000,00 euro e un totale dei Costi Variabili di 4.140,00 euro, di cui le voci più rappresentative possono essere ricondotte ai costi del materiale vegetale per il trapianto pari a 1.600,00 euro, alle spese per acqua-elettricità-combustibili necessarie per lo svolgimento della fase produttiva (800,00 euro) ed alle spese sostenute per la trasformazione, conservazione e commercializzazione dei prodotti 600,00 euro. Il totale dei Costi Fissi è di 400,00 euro e, pertanto, il Costo Totale di Produzione ammonta a 4.490,00 euro. Da questo è possibile dedurre un Profitto di 1.010,00 euro.

A livello ambientale, l'analisi LCA si è rivelata un utilissimo strumento nella definizione e nella strutturazione delle attività dei processi produttivi esaminati, pur manifestando alcuni limiti dovuti essenzialmente alle assunzioni che è stato necessario effettuare. In termini generali, dall'analisi effettuata abbiamo riscontrato che il contributo maggiore al riscaldamento globale in termini di kg di CO<sub>2</sub> equivalenti prodotti dal processo produttivo indagato, sono riconducibili al consumo di risorse, l'utilizzo di acqua e a livello di produzione di emissioni, l'utilizzazione di mezzi tecnici, quali concimi, fitofarmaci e diserbanti.

Dall'analisi si riscontra una netta differenza tra i processi produttivi microterme e macroterme mentre tra il trapianto diretto in campo e la realizzazione di stuoie non ci sono significative divergenze in termini di Global Warming.

Nello specifico, si individua che il tappeto erboso macroterme-stuoie e il tappeto erboso microterme contribuiscono al "Global Warming" in modo confrontabile non mostrando

significative differenze (1059,7 kg CO<sub>2</sub> eq. vs. 1.058,2 kg CO<sub>2</sub> eq.), mentre il tappeto erboso macroterme-trapianto in campo risulta avere un contributo inferiore (1.044,1 kg CO<sub>2</sub> eq.). E' necessario sottolineare però che, per quanto riguarda la coltivazione delle macroterme, un contributo importante viene fornito dalla coltivazione delle piante madri, considerata in questo studio, ma che non rende perfettamente comparabile i processi analizzati. Escludendo, pertanto, il contributo del "Global Warming" derivato dalla coltivazione delle piante madri risulta che il tappeto erboso macroterme- stuoie e il tappeto erboso macroterme -trapiantato in campo contribuiscono in modo significativamente minore al "Global Warming" rispetto al tappeto erboso microterme (risp. 381,1 e 365,5 kg CO<sub>2</sub> eq. vs. 1.058,2 kg CO<sub>2</sub> eq.). In dettaglio, per le microterme risulta che il processo maggiormente impattante sia quello della difesa che con i suoi 427,8 kg di CO<sub>2</sub> equivalente emessa contribuisce per il 40,4 % del totale delle emissioni. Il 99% della quantità di CO<sub>2</sub> equivalente emessa dal processo difesa è da attribuire alle emissioni derivate dalla produzione di energia elettrica relative alla produzione dei principi attivi utilizzati nei fitofarmaci.

Per quanto riguarda le macroterme-stuoie è possibile affermare che il maggior contributo alle emissioni di CO<sub>2</sub> eq. è da attribuire al substrato e, in particolare, al substrato piante madri derivante essenzialmente dal processo di produzione della torba che con 168,75 kg di CO<sub>2</sub> equivalente contribuisce per il 43,5% sul totale delle emissioni, e dalle emissioni derivate dalla combustione del carburante usato per il trasporto dei materiali (torba e argilla espansa) fino al luogo di impiego.

Riguardo al tappeto erboso macroterme-trapianto in campo non risultano significative differenze con il precedente processo macroterme, ma è possibile evidenziare come l'operazione di trapianto in campo risulti essere meno impattante rispetto alla produzione della stuoia preradicata, in quanto il processo per la realizzazione del telo in fibra di cellulosa ha un impatto rilevante.

L'analisi sopra effettuata risulta necessaria per fornire al decisore pubblico informazioni da utilizzare per definire specifiche politiche pubbliche di ri-orientamento verso processi più sostenibili attraverso meccanismi di incentivazione / disincentivazione dei coltivatori rivolte a processi o tecniche in virtù dell'approccio "chi inquina paga". Inoltre, tali informazioni potrebbero indirizzare in modo consapevole l'agricoltore nel selezionare processi produttivi ecocompatibili e l'utilizzatore a selezionare sul mercato prodotti a minor impatto ambientale.

## 5. Riferimenti Bibliografici

1. Attanasio C., Guido M., Lomoro A., De Lucia B., Russo G., Scarascia Mugnozza G. (2007) - Dall'Analisi del Ciclo di Vita dei fiori al marchio ecologico Ecoflower. Proc. Ecomondo, Rimini, 7 Novembre.
2. Audsley E., Stacey K., Parsons D.J., Williams A.G. (2009) - Estimation of the green house gas emissions from agricultural pesticide manufacture and use - Cranfield University, Cranfield, Bedford.

3. Baldo G.L. (2000) – LCA Life Cycle Assessment. Uno strumento di analisi energetica e ambientale. In collaborazione con Badino V., Ipaservizi Editore.
4. Baldo G.L., Marino M., Rossi S. (2005) - Analisi del ciclo di vita LCA. Materiali, prodotti, processi. Edizioni Ambiente.
5. Baldo G.L., Marino M., Rossi S.(2008), Analisi del Ciclo di Vita LCA, Edizioni Ambiente.
6. Balducci E., Mazzoncini M., Gorelli S. (2007) - “Coexistence scenarios between GM and GM-free crops” In: Proceedings of 5th International Conference LCA in Foods - Gothenburg (Sweden), 25-26 April 2007, pp. 103-106.
7. Buttol P., Luciani R., Masoni P., Zamagni A., De Lucia B., Russo G., Lomoro A., 2006. ECOFLOWER: the synergy between ISO type I and type II labels. Proceedings of the 13th LCA Case Study Symposium, Stuttgart, Germany, 7-8 December 2006, p. 85-86.
8. Cappellaro F., Scalbi S. (2010)- La metodologia LCA: approccio proattivo per le tecnologie ambientali. Casi studio ed esperienze applicative. ENEA.
9. Hillier J., Walter C., Malin D., Garcia-Suarez T., Mila-I-Canals L., Smith P. (2011) - A farm-focused calculator for emissions from crop and livestock production.
10. IPCC (2006). Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory. IPCC Nation Greenhouse Gas Inventories Programme.
11. ISMEA (2012)- La competitività dell’agroalimentare italiano. Check up 2012.
12. ISO (2004), Environmental Management Systems. Requirements with Guidance for Use, EN ISO 14001.
13. ISO (2006), Environmental Management. Life Cycle Assessment. Principles and Framework, EN ISO 14040.
14. ISO (2006), Environmental Management. Life Cycle Assessment. Requirements and Guidelines, EN ISO 14044.
15. Norma UNI EN ISO 14040 (2006) - Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.
16. Pimentel D. (1980) – CRC Handbook of Energy Utilization in Agriculture.

17. Russo G., Scarascia Mugnozza G., De Lucia Zeller B. (2007) - Environmental improvements of greenhouse flower cultivation by means of LCA methodology. Proc. GREENSYS 2007. Napoli (Italy). 4-6 October 2007.
18. SETAC (1993), Guidelines for Life-Cycle Assessment: a Code of Practice, SETAC, Bruxelles.

## Test attrattività sugli insetti molesti

Tra le ricadute attese derivanti dall'introduzione delle specie macroterme nelle coperture a verde, grande importanza assumono quelle di carattere ambientale, legate non solo alle diverse tecniche di produzione e di insediamento, bensì anche alle differenti esigenze da soddisfare per il corretto mantenimento.

Già sono state ricordate le pressochè nulle criticità dovute ai patogeni ed ai parassiti, che consentono il risparmio (economico e di costi ambientali) su trattamenti di difesa e di controllo; a queste caratteristiche si aggiunge il minore utilizzo di acqua, che consente una minore frequenza degli adacquamenti.

Ciò, oltre ai consueti vantaggi di ordine economico ed ambientale (risparmio di risorse idriche), potrebbe produrre indiretti vantaggi per gli utilizzatori finali quali la minore presenza di insetti molesti in ambiente urbano. È noto infatti che la presenza di alcune specie di zanzare è direttamente collegata alla presenza di acqua e più specificamente alla durata di bagnatura delle superfici coperte di vegetazione. Superfici a prato bagnate quotidianamente costituiscono pertanto motivo di attrazione per tali insetti ed obbligano a ripetuti trattamenti di controllo chimico.

Pertanto, lo scopo del test è stato quello di confrontare le catture di Culicidi adulti in due ambiti caratterizzati da un diverso regime irriguo.

Le prove sono state condotte nel 2012 e nel 2013 in due campi vicini, situati in prossimità della Basilica Romanica di S. Piero a Grado (fig.1). Ciascuno dei due appezzamenti, di superficie confrontabile, è circondato per almeno tre lati, da una siepe di *Thuja occidentalis* - campo A, e alloro (*Laurus nobilis* - campo B).



Fig.1 - Immagine dei due campi catture presso la Basilica di S. Piero a Grado (PI)

Durante il primo anno di prove, il tappeto erboso di uno dei due campi è stato mantenuto verde attraverso delle irrigazioni frequenti e regolari che si sono protratte da maggio alla metà di agosto (campo A), mentre nell'altro appezzamento, l'unico apporto idrico è stato quello legato alle precipitazioni atmosferiche. Nel secondo anno di sperimentazione, nel primo appezzamento l'irrigazione è iniziata a maggio e si è protratta fino a tutto il mese di settembre 2013.



Fig.2 - Panoramica del campo catture A (Irriguo); nei tre ovali le trappole poste al centro del campo.

In entrambe gli anni, sei trappole di tipo BG- Sentinel sono state posizionate in ognuno dei due campi, tre delle quali in prossimità della siepe e altre tre ad una distanza di circa 30 m dalla siepe, verso il centro.



Fig. 3 - Trappola BG-Sentinel con contenitore di polistirolo per il mantenimento della carica di anidride carbonica solida.



Fig. 4 - Particolare del foro di entrata della trappola, con la doppia calza in rete di nylon e, sullo sfondo, la ventola del convogliatore.

Il giorno della prova, le trappole sono state innescate con circa 1 kg di anidride carbonica solida e, a distanza di 24 h, sono state raccolte le catture ottenute.

Nel 2012 le prove sono iniziate il 7 agosto ed sono terminate il 10 ottobre (con una frequenza media di due campionamenti alla settimana), mentre nel 2013 si è eseguito un campionamento per settimana, a partire dal mese di giugno fino a settembre.

I risultati complessivi delle catture dei Culicidi nelle trappole sono riportati nelle tabelle 1 e 2.

#### Anno 2012

Date campior	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5	AS6	tot. AS	IR1	IR2	IR3	IR4	IR5	IR6	tot.IR
08/08/2012	11	23	33	44	41	33	185	23	62	70	63	66	48	332
09/08/2012	46	12	30	24	67	47	226	33	58	72	24	21	20	228
14/08/2012	22	46	74	148		173	463	66	126	177	128		69	566
15/08/2012	13	49	48	44	45	77	276	20	44	49	24	30	25	192
21/08/2012	54	89	49	92	83	72	439	14	35	43	24	35	11	162
23/08/2012	36	63	55	58	16	78	306	33	68	93	59	51	10	314
28/08/2012	18	15	20	58	24	66	201	20	33	32	14	16	31	146
29/08/2012	24	34	26	21	10	41	156	11	15	17	23	27	17	110
11/09/2012	33	40	26	14	23	14	150	7	40	73	34	10	27	191
18/09/2012	12	18	18	39	21	65	173							
25/09/2012	10	5	4	13	3	24	59	12	10	3	5	4	4	38
09/10/2012	20	18	44	13	11		106	18	8	27	22	19	3	97
10/10/2012	17	15	25	22	43	24	146	25	52	114	40	18	15	264
							tot.AS	2701					tot.IR	2308

Tab. 1 - Catture per ogni trappola nei due campi (AS= non irriguo; IR = irrigato)

Anno 2013

Date campionam	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5	AS6	tot. AS	IR1	IR2	IR3	IR4	IR5	IR6	tot. IR
05/06/2013	59	25	24	137	65	55	365	33	71	75	103	37	99	418
12/06/2013	76	32	11	210	28	42	399	16	6	29	82	49	45	227
19/06/2013	114	56	30	58	77	64	399	96	39	15	83	55	26	314
26/06/2013	42	43	6	74	62	92	319 *	*	*	*	*	*	*	0
03/07/2013	47	12	6	19	40	168	292	22	36	4	48	27	35	172
10/07/2013	84	90	38	97	151	76	536	30	35	34	99	25	78	301
17/07/2013	13	7	6	142	16	64	248	46	104	23	27	1	73	274
23/07/2013	62	80	14	104	115	170	545	31	23	21	18	42	44	179
27/07/2013	52	36	7	72	33	22	222	13	8	23	21	15	30	110
07/08/2013	47	65	33	152	38	124	459	23 *		23	169	26	71	312
13/07/2013	7	26	16	123	46	34	252	12	14	14	71	49	39	199
21/08/2013	15	21	6	44	52	57	195	5	6	6	21	8	31	77
30/08/2013	15	9	15	63	14	39	155	9	19	16	32	14	49	139
04/09/2013	10	7	1	30	32	59	139	9	5	11	81	56	76	238
24/09/2013	2	3	0 *		10	12	27	6	2	9	28	50	16	111
04/10/2013 *		7	5	21	18	16	67	16	15	13	36	56	82	218
							tot. AS	4619					tot. IR	3289

Tab. 2 - Catture per ogni trappola nei due campi (AS= non irriguo; IR = irrigato)

L'analisi statistica dei dati ottenuti, per quanto i risultati siano ancora da considerarsi preliminari, mostra come le catture complessive nei due appezzamenti sperimentali siano significativamente diverse tra loro, così come lo sono le catture ottenute tra le trappole al centro del campo rispetto a quelle posizionate lungo la siepe, sia nel caso del prato irriguo che di quello non sottoposto a irrigazione (test  $\chi^2$   $p > 0.001$ ).

I risultati di questa prima prova sembrano quindi indicare un diverso ruolo della siepe nel "resting behavior" delle zanzare a seconda del grado di copertura del tappeto erboso presente. Tuttavia, queste ipotesi necessitano di ulteriori conferme, ragionate in funzione delle singole specie presenti (al momento la classificazione risulta completata soltanto per l'anno 2012, mentre è in corso per le catture del 2013).

Ad esempio, si riporta la distribuzione tra le specie rilevata nel 2012 nel campo irriguo.

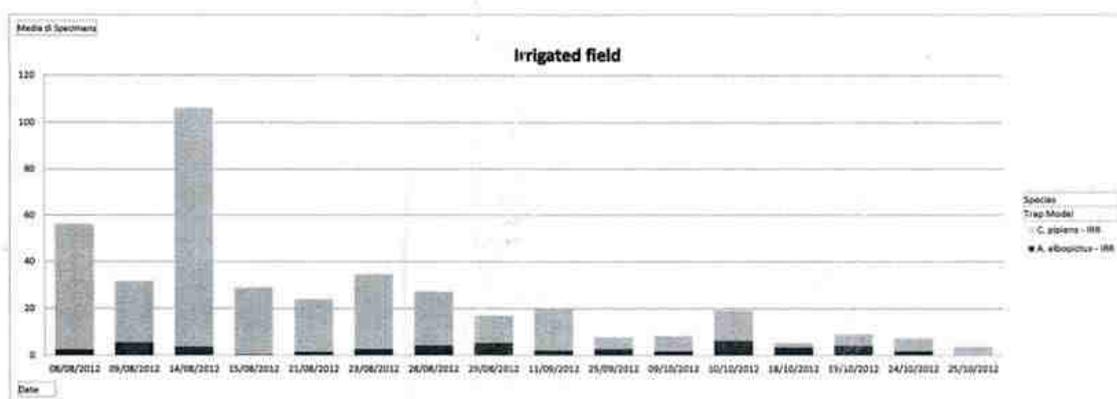


Fig. 5 - Andamento delle catture di Culicidi adulti, campo irriguo, 2012. In nero le catture di A. albopictus, in grigio le catture di C. pipiens.

**Fase 6** – Divulgazione dei risultati acquisiti e diffusione dell'innovazione. Trasferimento ad altre aziende del settore delle nuove tecnologie e dei nuovi processi produttivi.

Lo sviluppo di una tecnologia di produzione vivaistica più avanzata di quella attuale consente di generare ricadute economiche relative ad una migliore valorizzazione della manodopera, ad una contrazione dei costi dovuti alle inefficienze di programmazione delle produzioni (maggiore scalarità delle "semine") e alla migliore utilizzazione delle dotazioni fisse delle aziende (periodi più lunghi di produzione, attenuazione dei picchi di produzione e vendita). Anche la possibilità di demandare a terzi la produzione di piante a partire da "semi" facilmente trasportabili permette di fare affidamento su potenzialità produttive molto più estese di quelle attuali, peraltro generando reddito anche per aziende ad oggi escluse tecnicamente da tale possibilità.

Il passaggio da una messa dimora manuale delle talee ad una "semina" automatica dei semi somatici permette perciò di espandere ulteriormente il potenziale di produzione vivaistica con indubbie riduzioni dei costi di produzione.

Le ricadute economiche dello sviluppo di una meccanizzazione vocata specificamente al trapianto delle piante da tappeto erboso prodotte in contenitore saranno essenzialmente legate alla possibilità di ottenere capacità di lavoro significativamente più elevate di quelle attuali. In questo modo la fase di trapianto vedrà diminuire i suoi costi unitari, e una macchina a grande capacità di lavoro potrebbe valorizzare meglio le capacità produttive della fase vivaistica. I costi di produzione e trapianto per singola pianta potrebbero perciò risultare sensibilmente ridotti. Ulteriori riduzioni di costo per gli utilizzatori finali potrebbero derivare dalla riduzione dei tempi di completamento di un cantiere, particolarmente prolungati negli impianti di grande estensione come campi di golf o ippodromi.

Una volta ottenuta una meccanizzazione efficiente, la produzione di un congruo numero di esemplari potrà costituire essa stessa una attività produttrice di reddito.

La realizzazione di stuoie pre-trapiantate costituisce di per sé la creazione di un prodotto nuovo il cui potenziale mercato si colloca in parziale concorrenza con quello di prodotti e tecniche preesistenti quali l'idrosemina e l'uso di tappeto erboso precoltivato.

I vantaggi nella produzione delle stuoie pre-trapiantate (produzione in ambiente protetto, produzione su programmabile su ordinazione) e gli aspetti tecnici (leggerezza, tenacia, elevata probabilità di attecchimento, semplicità di posa, ecc.) consentono di intravedere un ampliamento dell'offerta nei prodotti del settore e l'affermazione di questo nuovo prodotto per almeno una quota dell'attuale mercato.

Con la creazione di sistemi innovativi di produzione ed impianto di specie macroterme, l'istallazione di tappeti erbosi di gramigna ed altre essenze da tappeto erboso potrebbe essere agevolata ed essere accessibile ad un numero maggiore di utenti finali. Le condizioni di mercato e la scarsità di alcune risorse fungono già da premessa all'impiego di specie macroterme per la creazione di tappeti erbosi e la semplicità di insediamento consente di incrementare ulteriormente la superficie investita con queste specie.

I vantaggi conseguibili con queste coperture erbose, rispetto alle più diffuse specie microterme, sono notevoli risparmi nell'utilizzo dell'acqua irrigua a fronte di

caratteristiche quali la superiore resistenza al calpestamento ed all'utilizzo sportivo, la elevata capacità di recupero dei danni, l'elevato grado di copertura del terreno con conseguente elevata capacità di protezione nei confronti dei fenomeni erosivi.

Piante come la gramigna sono inoltre molto meno soggette all'attacco di patogeni fungini e sono per questo meno esigenti riguardo ai mezzi chimici di protezione, quando non addirittura esenti da tali necessità.

La fase vivaistica in ambiente protetto consente di allevare piante solo in funzione della domanda e delle produzioni programmate consentendo di calibrare il processo produttivo alle reali richieste del mercato. Questo riduce significativamente la richiesta di terreno e di risorse (acqua, lavoro meccanico e manuale) rispetto al comune sistema di allevamento dei vivai di tappeto erboso in campo.

Il minore utilizzo di acqua, che consente una minore frequenza degli adacquamenti, potrebbe produrre indiretti vantaggi per gli utilizzatori finali quali la minore presenza di insetti molesti in ambiente urbano, soprattutto qualora le scelte dei progettisti del verde andassero (aiutate in ciò dalla disponibilità di coperture erbose a bassa richiesta di acqua) verso sistemazioni a verde di tipo più "mediterraneo".

È noto infatti che la presenza di alcune specie di zanzare è direttamente collegata alla presenza di acqua e più specificamente alla durata di bagnatura delle superfici coperte di vegetazione. Superfici a prato bagnate quotidianamente costituiscono pertanto motivo di attrazione per tali insetti ed obbligano a ripetuti trattamenti di controllo chimico.

Riguardo alle applicazioni delle stuoie pre-trapiantate, il probabile maggiore successo della messa dimora di piante adulte e di specie autoctone potrebbe consentire di rivegetare rapidamente e con successo anche i terreni sui quali le ordinarie tecniche garantiscono risultati parziali o limitati a poche specie reperibili commercialmente per seme.

Questi risultati, ottenuti con il progetto, avranno tanto più effetto quanti più diverranno patrimonio comune degli operatori (sia commerciali che rappresentanti delle utenze) della filiera; pertanto i Partner hanno svolto, durante tutto il progetto, una continua azione di divulgazione dell'attività che si stava ponendo in essere, addirittura senza attendere il completamento delle operazioni.

Ogni partner, a seconda delle proprie peculiarità, si è impegnato a diffondere la conoscenza delle idee e dei progressi delle attività del progetto, ai potenziali interessati con cui veniva a contatto. Perciò, l'azione di diffusione dell'innovazione ha potuto interessare sia il mondo accademico, con l'azione del CiRAA "Enrico Avanzi", sia il mondo produttivo e commerciale e quello dei potenziali utilizzatori, in primis tra questi i decisori "politici", cioè i responsabili della programmazione del verde pubblico e privato, ad opera dei partner tecnici, Pacini ed Euroverde Group.

L'attività di divulgazione del CiRAA si è svolta soprattutto nei confronti dell'utenza di elezione per un Centro di Ricerche Universitario, e cioè nei confronti degli studenti e dei laureati (dottorandi, borsisti), nonché degli altri operatori della ricerca in campo agronomico ed ambientale

Importante sottolineare che presso il Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Agro-Ambientali è attivo un **corso di Laurea Magistrale in Progettazione e Gestione del Verde Urbano e del Paesaggio**, che tra le proprie finalità riporta (cit): "*...Le competenze acquisite comprendono la conoscenza, metodologica e professionale, (...) delle tecniche di impianto, gestione e manutenzione delle specie ornamentali, (...)*

*dell'impianto e manutenzione di inerbimenti sportivi, ricreazionali e tecnici, (...) della cartografia, della topografia e della progettazione di spazi verdi."*



E' da ricordare, inoltre, che il CeRTES opera nella ricerca sui tappeti erbosi di macroterme da molti anni, che rappresenta un punto di riferimento assoluto in termini di competenza scientifica e di produzione di innovazione, ed è stato in grado di diffondere le idee ed i risultati del Progetto SiTEE nell'ambito più evoluto ad oggi nel nostro Paese ed in Europa.

Euroverde group e Azienda Pacini, dal canto loro, hanno portato a conoscenza del Progetto SiTEE le Ditte ed i partner commerciali più interessati all'argomento.

Per supportare la diffusione dei risultati del progetto, i Partner hanno deciso di approntare un campo dimostrativo nella sede di Euroverde a Castagnolo, ed una serra dimostrativa presso l'Azienda Agricola Pacini, a Metato.

Nella serra dell'Azienda Pacini è stato possibile verificare in concreto le varie fasi della produzione dei nodi confettati e delle piantine radicate in pane di torba, oltre a seguire le fasi di preradicazione delle stuoie.

Nel campo dimostrativo di Castagnolo, erano allestite varie stazioni, che mostravano le diverse utilizzazioni delle piantine preradicate, sia nel trapianto diretto che nella messa a dimora tramite le stuoie.

La figura alla pagina successiva riporta la piantina del campo dimostrativo.

Test regolazione rullo senza dischi	8 x 25 cm	Vel = 0,2 km/h	17 x 25 cm	Vel = 0,2 km/h	17 x 25 cm	Vel = 0,3 km/h	25 x 25 cm	Vel = 0,5 km/h	25 x 25 cm	Vel = 0,5 km/h	25 x 25 cm	Vel = 0,8 km/h	50 x 25 cm	Vel = 0,8 km/h	75 x 25 cm	Vel = 0,8 km/h	105 x 25 cm	Vel = 0,8 km/h	Test regolazione rullo con dischi
-------------------------------------	-----------	----------------	------------	----------------	------------	----------------	------------	----------------	------------	----------------	------------	----------------	------------	----------------	------------	----------------	-------------	----------------	-----------------------------------

### CASTAGNOLO (PISA)

Campo test per Trapiantatrice (Riq. VERDE)

Campo test per Stuoie pretrapiantate (Riq. ROSSO)



Investimento: 25 p/mq	
Stuoia in cellulosa	
Test attecchimento - accrescimento	
Test controllo infestanti	
Investimento: 16 p/mq	
Residui test 2012	<b>Stuoia in cocco</b>
	Test duna n° 2
	Test duna n° 1
Stuoia in cellulosa	
Test densità (16-25 p/mq)	
Test umidità al prelievo	
Test conservazione (0-2-4 gg)	
Stuoia in cellulosa	
Test dimensioni ottimali di movimentazione	

### Misura 124 del PSR 2007-2013

Cooperazione per lo sviluppo di nuovi prodotti, processi e tecnologie nei settori agricolo e alimentare e in quello forestale Bando Mis. 124 / 2010 - Filiera di riferimento: florovivaismo:

**Sviluppo di Sistemi innovativi di propagazione vegetativa e trapianto per la diffusione di tappeti erbosi ecosostenibili**

L'accesso ai siti dimostrativi era consentito con la guida di un responsabile delle attività del Progetto SiTEE, e di norma le visite erano programmate un giorno a settimana.

Il percorso completo comprendeva la visita alla serra, dove si iniziava il percorso di filiera dalle piante madri e si vedevano realizzate le stuoie pretrapiantate, e poi a seguire la visita a Castagnolo, dove si poteva valutare il risultato del trapianto diretto e della deposizione delle stuoie.

Quando possibile, si assisteva anche ai test di utilizzo del prototipo di trapiantatrice, oppure si poteva vedere la macchina in officina, mentre era sottoposta a manutenzione o a modifiche e regolazioni.

In questo modo si è provveduto a diffondere i risultati delle attività al maggior numero di interessati, e si stima che durante il corso del progetto siano state ospitate oltre 400 persone, la gran parte delle quali sono entrate a diretto contatto con le operazioni eseguite sia in campo sia in serra.

I partner Azienda Pacini ed Euroverde Group hanno poi ricevuto richieste di approfondimento e di ulteriori contatti in particolare dai seguenti visitatori:

## Azienda Agricola Pacini

Giuseppe Scaffa srl	Manutentore e realizzatore aree verdi, sportive ed ornamentali.	Prato
Marovelli sementi snc	Selezione, commercio sementi	Collesalveti (LI)
Verderame srl	Commercio prodotti agricoli, Manutentore e realizzatore aree verdi ornamentali	Pisa
Bindi Pratopronto® Nord	Vivaio tappeto erboso	Pisa
Italverde Tanci	Manutentore e realizzatore aree verdi, sportive ed ornamentali.	Capranica (VT)
Lineaverde Nicolini	Manutentore e realizzatore aree verdi, sportive ed ornamentali	Capranica (VT)
Quartiere Fiorito S.S. Azienda Florovivaistica	Vivaio tappeto erboso  Manutentore e realizzatore aree verdi, sportive ed ornamentali	Bagnolo Mella (BS)
Hi Turf Solution srl	realizzatore tappeti erbosi sportivi ed ornamentali	Pisa
Tempoverde	Distributore nazionale prodotti da tappeto erboso	Carmagnola (TO)
Pratoverde	Distributore nazionale TORO	Due carrare (PD)
Bottos	Distributore nazionale prodotti da tappeto erboso	San Vito al Tagliamento (PN)
Parc et Sports	Manutentore e realizzatore aree verdi, sportive ed ornamentali.	Chassieu Cedex
Maffucci Luca	Florovivaista	Viareggio (LU)
Chiarappa Giacomo	Florovivaista	Metato
Ortofrutticola di Albenga	Florovivaista	Albenga (SV)
Vannucci piante	Vivaista	Pistoia
Villa Pietro	Vivaista	Pistoia
Cerchiai	Vivaista	Pescia (PT)

### Euroverde Group

#### **Soggetti privati:**

- SSD Tarros Sarzana Srl
- ASD Palleronese
- Spezia Calcio Srl
- Golf Club Arenzano
- Rosellini Silvio produzione tappeti erbosi
- Envira Srl semi per tappeti erbosi
- Dicoflor soc. agr. ss produzione tappeti erbosi
- Golf Club Lerca Cogoleto

#### **Enti e Soggetti pubblici:**

- Comune della Spezia
- Comune di Aulla
- Provincia della Spezia
- Comune di Arenzano

I risultati del Progetto SiTEE sono stati presentati dai Partner in anteprima a “I convegni di EXPO RURALE” - Innovazione in Agricoltura - Venerdì 13 settembre 2013, Teatrino Lorenese della Fortezza da basso - Firenze, con la presentazione agli uditori e l'esposizione di un poster riassuntivo.

La volontà di verificare la completa messa a punto dei prototipi realizzati con il progetto, e le elaborazioni dei dati riscontrati, necessari per la definizione del disciplinare di filiera, fanno sì che le pubblicazioni conseguenti alle attività del progetto siano in fase di correzione di bozze.

E' prevista perciò a breve la pubblicazione di due volumi della collana editoriale “I Quaderni del Centro Enrico Avanzi dell'Università di Pisa”, per i tipi di Felici Editore, che saranno dedicati alla descrizione di tutte le attività eseguite nell'ambito del Progetto SiTEE ed alla redazione del Manuale di Filiera dei Tappeti Erbosi di Macroterme.

La presentazione dei risultati del Progetto SiTEE avverrà anche in due occasioni distinte, una programmata presso il CiRAA e rivolta agli operatori del settore che più si sono dimostrati interessati alla nuova tecnologia, ed una presso il Golf Club Cosmopolitan di Tirrenia, rivolta invece al mondo degli utilizzatori pubblici e sportivi.

Ulteriore diffusione al progetto è assicurata dall'inserimento di pagine dedicate sui siti dei partner; in particolare il CiRAA sta inserendo un link alla pagina del progetto SiTEE sul sito dell'Università di Pisa.