



Ricerca di Sistema elettrico

Ecosistemi come risorsa di germoplasma per un verde pensile urbano ispirato alla sostenibilità.
Caratterizzazione fisiologica di specie vegetali spontanee utilizzate per la realizzazione di tetti verdi in ambiente urbano

S. Benvenuti, L. Incrocci, L. Botrini, A. Pardossi



ECOSISTEMI COME RISORSA DI GERMOPLASMA PER UN VERDE PENSILE URBANO ISPIRATO ALLA SOSTENIBILITÀ. CARATTERIZZAZIONE FISIOLOGICA DI SPECIE VEGETALI SPONTANEE UTILIZZATE PER LA REALIZZAZIONE DI TETTI VERDI IN AMBIENTE URBANO.

S. Benvenuti, L. Incrocci, L. Botrini, A. Pardossi (Università di Pisa)

Settembre 2013

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2012

Area: Razionalizzazione e Risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto: Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico

Obiettivo:

Responsabile del Progetto: arch. Gaetano Fasano (ENEA)



Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "Eco-fisiologia di specie vegetali spontanee da utilizzare per la realizzazione e la gestione sostenibile di tetti verdi in ambiente urbano in climi mediterranei"

Responsabile scientifico ENEA: Carlo Alberto Campiotti

Responsabile scientifico Università di Pisa: Alberto Pardossi.

Indice

1	SOMMARIO	4
2	INTRODUZIONE	5
3	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	5
3.1	NOTE METODOLOGICHE.....	5
3.1.1	<i>Raccolta germoplasma</i>	5
3.2	PROPAGAZIONE	7
3.2.1	<i>Test di germinazione in laboratorio</i>	7
3.2.2	<i>Test di germinazione ed emergenza in serra fredda</i>	7
3.2.3	<i>Realizzazione del tetto</i>	8
3.2.4	<i>Trapianto su tetto</i>	10
3.3	RISULTATI	10
3.3.1	<i>Analisi della dinamica di copertura del tetto</i>	10
3.3.2	<i>Produzione di biomassa</i>	13
3.3.3	<i>Verifica dell'isolamento termico</i>	14
3.4	CONCLUSIONI	15
4	SCHEDE TECNICHE.....	15
4.1	ANTHEMIS MARITIMA L. (ASTERACEAE)	16
4.2	ARMERIA PUNGENS (LINK) HOFFMGG. ET LK (PLUMBAGINACEAE)	17
4.3	CALAMINTHA NEPETA (L.) SAVI (LAMIACEAE).....	18
4.4	CENTRANTHUS RUBER (L.) DC. (VALERIANACEAE)	19
4.5	CRITHMUM MARITIMUM L. (APIACEAE).....	20
4.6	EUPHORBIA CHARACIAS L. (EUPHORBIACEAE).....	21
4.7	EUPHORBIA PITYUSA L. SUBSP. PITYUSA (EUPHORBIACEAE).....	22
4.8	GLAUCIUM FLAVUM CRANTZ (ASTERACEAE)	23
4.9	HELICHRYSUM ITALICUM (ROTH) DON (ASTERACEAE)	24
4.10	HELICHRYSUM STOECHAS (L.) MOENCH (ASTERACEAE)	25
4.11	HELICHRYSUM ITALICUM (ROTH) DON SUBSP. MICROPHYLLUM (WILLD.) (ASTERACEAE)	26
4.12	LAVANDULA STOECHAS L. (LAMIACEAE)	27
4.13	MICROMERIA JULIANA (L.) BENTH. (LAMIACEAE)	28
4.14	ORIGANUM MAJORANA (LAMIACEAE)	29
4.15	ORIGANUM VULGARE L. (LAMIACEAE).....	30
4.16	OTANTHUS MARITIMUS (L.) HOFFMANN & LINK (ASTERACEAE).....	31
4.17	ROSMARINUS OFFICINALIS VAR. PROSTRATUS L. (LAMIACEAE).....	32
4.18	RUTA CHALEPENSIS L. (RUTACEAE)	33
4.19	SATUREJA MONTANA L. (LAMIACEAE)	34
4.20	SCROPHULARIA CANINA L. (LAMIACEAE)	35
4.21	SEDUM RUPESTRE L. (CRASSULACEAE).....	36
4.22	THYMUS SERPYLLUM L. (LAMIACEAE).....	37
5	BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE	38
	CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO	40

1 Sommario

Nelle città moderne gli spazi destinati al verde ornamentale e ricreativo risultano quasi sempre limitanti e la realizzazione di giardini pensili (tetti e pareti verdi) richiede sempre più frequentemente il ricorso a tecniche alternative a quelle tradizionali, compresa la scelta del materiale vegetale più idoneo dal punto di vista ecologico e biologico. La vegetazione deve infatti svolgere un ruolo importante in molte aree urbane degradate da un punto di vista ambientale e paesaggistico, fornendo un significativo contributo quantitativo al benessere psicologico e reale della popolazione. Obiettivo di questo studio è quello di selezionare, tra vasta gamma di specie vegetali teoricamente disponibili, quelle più adattate alle condizioni ambientali *sensu lato* dei tetti verificandone la compatibilità ecologica, biologica ed agronomica nell'ottica di una sostenibilità del cosiddetto "urban greening". Le specie selezionate, tutte specie spontanee nell'ambiente Mediterraneo, sono: *Anthemis maritima*, *Armeria pungens*, *Calamintha nepeta*, *Centranthus ruber*, *Crithmum maritimum*, *Euphorbia characias*, *Euphorbia pithyusa*, *Glaucium flavum*, *H. italicum subsp. microphyllum*, *Helichrysum italicum*, *Helichrysum stoechas*, *Lavandula stoechas*, *Micromeria juliana*, *Otanthus maritimus*, *Rosmarinus officinalis var. prostrata*, *Ruta chalepensis*, *Satureja montana*, *Scrophularia canina*, *Sedum rupestre* e *Thymus serpyllum*.

Le specie prescelte sono state propagate utilizzando i semi raccolti in situ. Tutte le specie si sono mostrate adatte per la realizzazione di tetti verdi. La produzione di biomassa alla fine dell'esperimento è variata da 7 a 69 g/pianta con una densità di impianto di 20 piante/m². Particolarmente interessanti sono apparse *Anthemis maritima* e *Glaucium flavum*, specie a rapido accrescimento per le quali si può pensare di ridurre la densità di piantagione. Buoni risultati sono stati ottenuti anche con *Euphorbia characias*, *Euphorbia pithyusa*, *Helichrysum italicum*, *Helichrysum stoechas* e *Lavandula stoechas*.

Il rapporto contiene le schede tecniche delle 20 specie oggetto dello studio sperimentale e di due specie del genere *Origanum*: maggiorana (*O. majorana*) e *O. vulgare*.

2 Introduzione

La realizzazione di tetti verdi interessa ormai tutto il mondo in considerazione dei numerosi vantaggi offerti da questo particolare sistema vegetale. I tetti verdi, infatti, non sono solo uno strumento per aumentare la biodiversità urbana ma contribuiscono in modo significativa a migliorare l'abitabilità dell'ecosistema urbano (2, 4). I tetti verdi, infatti, consentono un maggiore isolamento termico (20, 25) e quindi una maggiore sostenibilità energetica degli edifici (28), riducono il run-off dopo intensi temporali (11, 30) e possono mitigare gli effetti degli inquinanti atmosferici grazie alla loro intercettazione da parte della struttura fogliare (8). Al di là delle problematiche economiche, sotto un profilo ecologico, il fattore critico della gestione della vegetazione dei tetti verdi è l'acqua dal momento che essa risulta un bene sempre più limitante e prezioso soprattutto alla luce dei cambiamenti climatici. Il risparmio delle risorse idriche è in altre parole un aspetto di cruciale importanza in termini di sostenibilità economica ed ecologica dei tetti verdi. E' per questo motivo che le prime specie utilizzate sono state alcune crassulacee appartenenti al genere *Sedum*, specie marcatamente arido-resistenti. Non sempre però questi *taxa* possiedono le caratteristiche bio-tecniche ottimali soprattutto per la crescente esigenza di biodiversità e quindi di alternative floristiche per la realizzazione di questi impianti.

3 Descrizione delle attività svolte e risultati

Lo scopo del lavoro è stato quello di individuare alcune specie Mediterranee di potenziale interesse per i tetti verdi e di valutare la relativa performance agronomica nella collocazione su tetto. La scelta è ricaduta su alcune specie xerofite in quanto evolutesi in ambienti caratterizzati da stress abiotici assolutamente simili a quelli tipici di una realizzazione di verde pensile di tipo estensivo. L'elevata biodiversità vegetale degli ecosistemi Mediterranei offre una ampia gamma di specie idonee per una collocazione nel particolare ambiente di un tetto verde. Ogni specie ha infatti un diversificato meccanismo di tolleranza agli stress (idrici, eccessiva esposizione ai raggi ultra-violetti, ventosità, etc.) che merita di essere preso in considerazione come ipotetico germoplasma utile per l'allestimento di tetti verdi di tipo estensivo.

Allegate a questo rapporto sono le schede botanico-agronomiche di 22 specie erbacee, tutte spontanee nell'ambiente Mediterraneo, che sembrano le più adatte alla realizzazione di tetti verdi a bassa manutenzione.

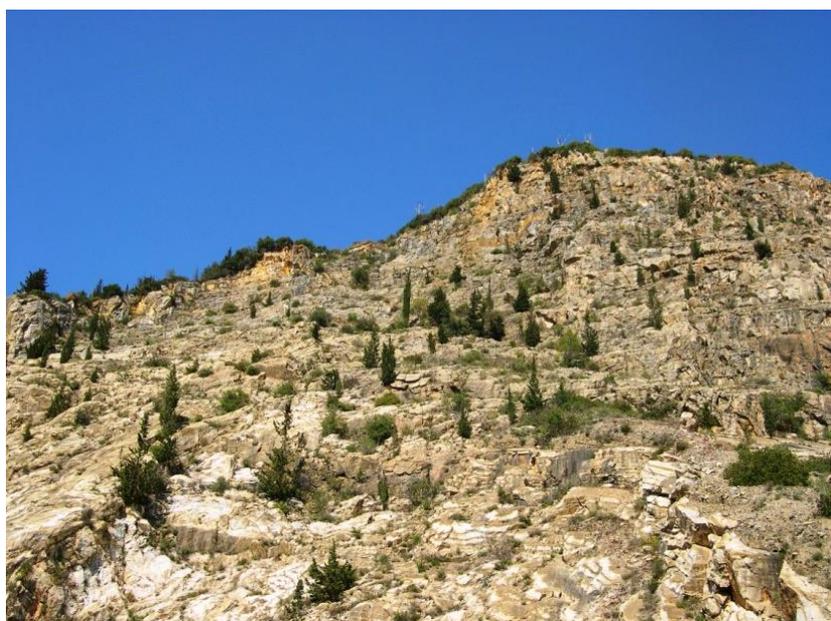
3.1 Note metodologiche

3.1.1 Raccolta germoplasma

Dopo una attenta analisi degli ecosistemi caratterizzati da specie xerofitiche e quindi compatibili con una potenziale collocazione su tetto, sono state individuate una ventina specie. La flora individuata, in funzione delle rispettive caratteristiche biotecniche, è riportata nella Tabella 1; per ogni specie sono state riportate anche il luogo di raccolta e il tipo di ambiente. Lo screening ha interessato soprattutto interessato delle aree marginali quali: pietraie, pareti rocciose, cave dismesse e dune costiere; queste aree come già riportato presentano caratteristiche simili a quelle che si ritrovano in copertura: ridotta quantità di acqua disponibile, limitata disponibilità di elementi nutritivi, forte irraggiamento solare e minimi spessori di substrato. Dopo aver individuato i rispettivi *taxa*, si è provveduto alla raccolta dei frutti o dei semi in via di maturazione prima che avvenissero i naturali processi di disseminazione. Successivamente si è proceduto alle varie operazioni di pulizia tramite setacci con maglie di diversa grandezza in funzione della dimensione dei rispettivi semi.

Tabella 1. Ecosistemi di raccolta delle varie specie di potenziale interesse per una collocazione su “tetti verdi”.

Luogo	Provincia	Caratteristiche edafiche	Specie raccolte
<i>Castiglione della Pescaia</i>	Grosseto	Litorale dunale sabbioso	<i>Anthemis maritima</i>
			<i>Glaucium flavum</i>
			<i>Helichrysum stoechas</i>
			<i>Otanthus maritimus</i>
<i>Roselle Terme (cava dismessa)</i>	Grosseto	Substrato pedogenetico autoctono e roccia madre affiorante	<i>Helichrysum italicum</i>
			<i>Satureja montana</i>
			<i>Sedum rupestre</i>
<i>Caprona</i>	Pisa	Substrato pedogenetico autoctono e roccia madre affiorante	<i>Thymus serpyllum</i>
<i>Gorgona</i>	Livorno	Pareti rocciose litoranee	<i>Rosmariinus officinalis</i> var. <i>prostrata</i>
<i>Agnano, San Giuliano (località “Belvedere”)</i>	Pisa	Terreno franco-sabbioso	<i>Calamintha nepeta</i>
			<i>Centranthus ruber</i>
			<i>Euphorbia characias</i>
			<i>Ruta chalepensis</i>
<i>Agnano, San Giuliano (località “Terminetto”)</i>	Pisa	Pietraie	<i>Lavandula stoechas</i>
			<i>Scrophularia canina</i>
			<i>Micromeria juliana</i>
<i>S. Teresa Gallura</i>	Olbia-Tempio	Rupi marittime	<i>Armeria pungens</i>
		Litorale sabbioso-roccioso	<i>Euphorbia pithyusa</i>
<i>Marina di Pisa</i>	Pisa	Aree rocciose litoranee	<i>H. italicum</i> subsp. <i>microphyllum</i> <i>Crithmum maritimum</i>



Uno degli ambienti di raccolta del germoplasma: una cava dismessa in provincia di Pisa, ricca di specie xerofitiche.

3.2 Propagazione

La propagazione delle varie specie è stata programmata in due fasi: una di laboratorio per indagare le caratteristiche di dormienza delle varie specie ed una in serra fredda al fine di ottenere (anche grazie ai dati ottenuti in laboratorio)

3.2.1 Test di germinazione in laboratorio

Le prove di germinazione sono state effettuate in armadio climatico alle condizioni standard di temperatura (20°C), in condizioni di luce bianca (neon fluorescenti PHILIPS THL 20W/33, all'intensità di 50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e buio alternati (12h/12h), sia alla luce con fotoperiodo di 12/12h, sia al buio. I semi delle diverse specie sono stati disposti su carta da filtro (Whatman n°1) inumidita, all'interno di capsule Petri di 12 cm di diametro.

3.2.2 Test di germinazione ed emergenza in serra fredda

I semi delle specie raccolte sono stati seminati in serra fredda su contenitori alveolati di polistirolo (lunghezza 52-54 cm, larghezza 32-34 cm, altezza 7 cm) con diametro e numero dei fori variabile in funzione della dimensione dei semi. Come substrato è stato utilizzato il Tref P2 TBF/H, substrato appositamente studiato la semina. In ogni alveolo sono stati seminati un numero variabile di semi in funzione della percentuale di germinazione di ciascuna specie precedentemente esaminata nei test di laboratorio in modo da ottenere una germinazione teorica del 100%.

Per evitare fallanze, la dose di semina è stata incrementata del 30% in modo da ottenere poi una pianta per alveolo, eliminando poi manualmente le piante in eccesso. Gli alveoli sono stati ricoperti con un leggero strato di vermiculite per mantenere costante l'umidità del substrato.

Tabella 2. Propagazione per seme delle varie specie raccolte nei vari ecosistemi. In alcuni casi è sono riportati i dati relativi alla rispettiva propagazione vegetativa.

<i>Specie</i>	<i>Germinazione (%)</i>	<i>Note</i>
<i>Anthemismaritima</i>	44	
<i>Armeria pungens</i>	15	
<i>Calamintha nepeta</i>	48	
<i>Centranthusruber</i>	52	
<i>Crithmummaritimum</i>	96	Privato dei tegumenti seminali
<i>Euphorbiacharacias</i>	68	
<i>Euphorbiapithyusa</i>	15	Rottura dei tegumenti della capsula
<i>Glauciumflavum</i>	7	
<i>H. italicumsubsp.microphyllum</i>	48	Propagazione vegetativa pressoché 100%
<i>Helichrysumitalicum</i>	50	
<i>Helichrysumstoechas</i>	15	
<i>Lavandula stoechas</i>	92	Tattamento con gibberelline
<i>Micromeriajuliana</i>	37	
<i>Otanthusmaritimus</i>	25	
<i>Rosmariinusofficinalisvar. prostrata</i>	22	Propagazione vegetativa pressoché 100%
<i>Ruta chalepensis</i>	33	
<i>Satureja montana</i>	95	
<i>Scrophularia canina</i>	5	
<i>Sedum rupestre</i>	0	Propagazione vegetativa pressoché 100%
<i>Thymusserpyllum</i>	35	
<i>Crithmummaritimum</i>	60	



Plantule di *Euphorbia characias* pronte per il trapianto su tetto.

3.2.3 Realizzazione del tetto

Il “tetto verde” è stato realizzato secondo una metodologia gentilmente fornita da Perlite Italiana e denominata Perliroof. Non potendo, per molteplici motivi, realizzare la sperimentazione su di una copertura esistente o su una copertura di nuova costruzione, il “tetto verde” è stato realizzato a terra anche se in modo completamente isolato da essa (materiale impermeabile al di sotto) in modo da poter avere le caratteristiche di un vero e proprio “verde pensile”.

E' stata delimitata una superficie di terreno di circa 100 m² ed è stata ripulita meccanicamente dal cotico vegetale presente, livellata e leggermente baulata (realizzando una pendenza molto lieve verso i lati) al fine di evitare possibili ristagni idrici.

Il terreno è stato successivamente rivestito con un doppio strato di film plastico nero (spessore 0,1 mm) ricoperto a sua volta con telo anti-alga (dimensioni 10 x 10 m) entrambi fissati al terreno.

Sopra il telo anti-alga sono state costruite due cornici in legname, utilizzando sottomisure. Le cornici rappresentano il “telaio” all'interno della quale è stata realizzata la stratigrafia tipica del sistema PERLIGARDEN. Dal basso verso l'alto la stratigrafia prevede la posa in opera dei materassini IGROPERLITE che rappresentano l'elemento drenante e filtrante ma che presentano anche integrato l'elemento di accumulo idrico. Questi sono stati successivamente ricoperti con il substrato denominato Agriterram, substrato culturale appositamente studiato per le coperture a verde pensile e costituito da una miscela di zeolite, lapillo e pomice.

Alla base della superficie così delimitata sono stati distribuiti dei cuscini di Igroperlite dello spessore di 7 cm. Sopra il quale è stato collocato il substrato Agriterram. I materassini di Igroperlite contengono espansa AGRILIT del tipo T2, con granulometria di 1-3 mm di diametro; questo materiale è stato scelto in funzione dei requisiti di accumulo idrico e della capacità drenante richiesti per la realizzazione di un tetto verde. La perlite espansa AGRILIT è un materiale naturale di sicura vocazione bio-architettonica, non putrescibile,

chimicamente inerte e molto termo-isolante. Il rivestimento esterno dei materassini IGROPERLITE è invece costituito da uno speciale materiale “tessuto-non tessuto” (100% poliestere) che ha il compito di filtrare tutti i materiali provenienti dal substrato culturale. Le dimensioni nominali del sacco vuoto sono 70 x 130 cm. I materassini sono stati posati in opera ben accostati in maniera tale da ottenere uno spessore il più possibile uniforme, successivamente sono stati bagnati per aumentarne la consistenza e favorire la corretta posa del successivo substrato.



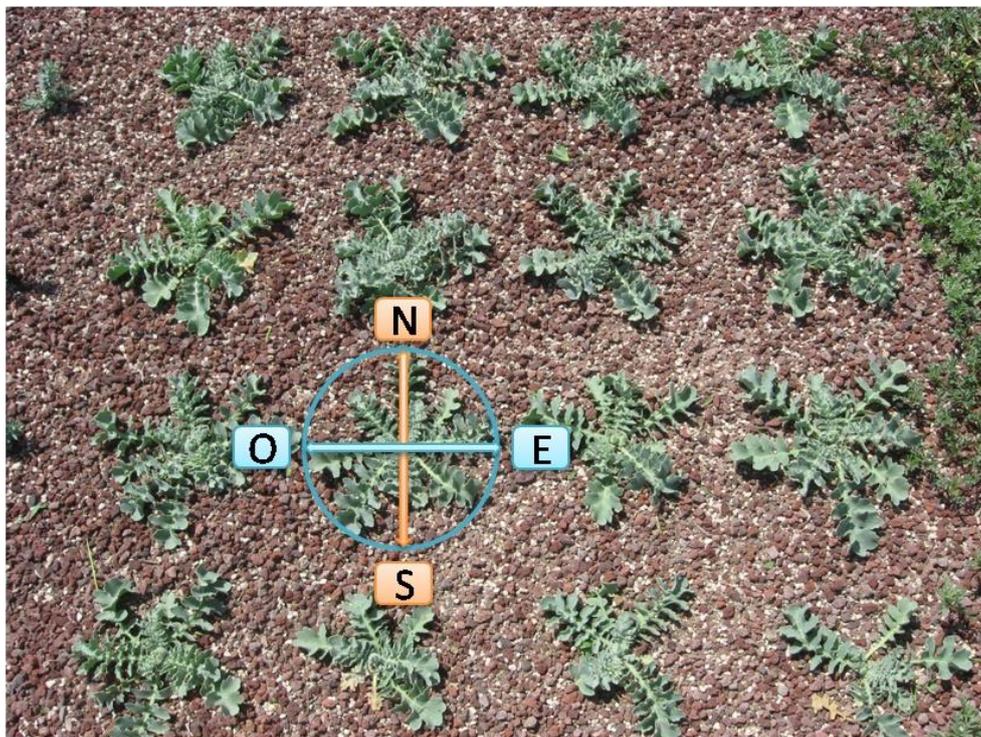
Allestimento del tetto verde in attesa dell’inserimento del substrato



Strato di cuscini di idroperlite in fase di ricoprimento del substrato costituito dalla miscela di zeolite, pomice e lapillo.

3.2.4 Trapianto su tetto

Le plantule ottenute dalle semine in serra fredda collocate sul tetto prima descritto in epoca primaverile durante il mese di marzo. La densità di impianto è stata di 20 piante/m². Nella prima settimana si è provveduto a favorire l’attecchimento mediante una irrigazione manuale complessivamente di circa 5 litri/m². All’interno del “substrato alto”, ma quanto si dirà vale anche per il “ substrato basso”, sono state individuate due aree: una ha accolto le piante destinate ai rilievi distruttivi, l’altra è stata destinata alle piante sulle quali sono stati effettuati rilievi non distruttivi.



Fase di crescita post-trapianto di *Glaucium flavum*.

Alla fine della stagione di crescita sono stati fatti i rilievi distruttivi per la determinazione della biomassa della copertura verde riferita alle varie specie sperimentate. Il materiale vegetale raccolto è stato essiccato in stufa ventilata ad una temperatura di circa 70°C fino a peso costante. Successivamente sono state effettuate le diverse pesate in laboratorio.

In un secondo esperimento, alcune delle specie selezionate sono state coltivate i vaso ad una densità di 20 20 piante/m² (la stessa usata per il prototipo di tetto verde) in condizioni non-limitanti dal punto di vista idrico e minerale; cioè le piante era regolarmente fertirrigate. Su queste specie, nel periodo compreso tra la metà di luglio e la fine di agosto del 2013 è stato determinato il tasso giornaliero di accrescimento (produzione di sostanza secca) e il contenuto fogliare dei principali elementi nutritivi.

3.3 RISULTATI

3.3.1 Analisi della dinamica di copertura del tetto

La norma UNI 11235:2007 “Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde” prevede che, in fase di collaudo della copertura a verde pensile, vengano effettuati dei controlli sulla vegetazione a 12 mesi dal termine della posa di questa. Il controllo viene effettuato misurando la proiezione orizzontale della parte epigea delle specie vegetali e ha esito positivo se, per tutti i

campioni esaminati per tipologia di specie vegetale, si riscontrano determinati valori. Per le erbacee perenni e il *Sedum* questi valori sono:

- una copertura che superi almeno l'80% della superficie totale;
- un attecchimento del 75%, cioè devono essere presenti e vegetare almeno il 75% del numero delle varietà previste in progetto;
- una presenza di infestanti che copra, al massimo, il 7% della superficie totale.

Risulta pertanto chiaro che è di fondamentale importanza valutare quale tra le specie testate soddisfa il primo parametro, ovvero, quale specie presenta dopo un anno di crescita una percentuale di copertura superiore all'80%, unitamente alla percentuale di attecchimento, che non deve essere inferiore al 75%. La determinazione della dinamica di copertura è stata effettuata mediante immagini fotografiche opportunamente elaborate al computer per determinare l'area ricoperta da vegetazione verde rispetto a quella totale. I risultati di queste analisi sono riportati nelle tabelle 3 e 4.

In termini generali possiamo affermare che le specie utilizzate su tetto hanno mostrato un grado di attecchimento pressoché completo, ad eccezione di *Centranthus ruber*, *Crithmum maritimum* e *Ruta chalepensis*. Gran parte delle specie hanno comunque mostrato una pressoché ottimale dinamica di copertura e entro 3-4 mesi dall'impianto sono arrivate a coprire l'80% della superficie.

I migliori risultati, considerando la percentuale di attecchimento e il grado di copertura, sono stati ottenuti con *Anthemis maritima* e *Glaucium flavum*. Il loro rapido accrescimento ha inoltre reso impossibile lo sviluppo di infestanti all'interno delle parcelle. Per entrambe le specie, inoltre, sembra possibile si può ridurre l'investimento passando da 20 piante/m² a 10 piante/m², ottenendo comunque percentuali di copertura prossime al 100%. Buoni risultati sono stati ottenuti anche con *Euphorbia characias*, *Euphorbia pithyusa*, *Helichrysum italicum*, *Helichrysum stoechas* e *Lavandula stoechas*. Tutte le specie hanno fatto misurare percentuali di copertura e di attecchimento superiori a quelle richieste in fase di collaudo. Per queste specie l'investimento scelto di 20 piante/m² si è dimostrato ottimale e nelle parcelle a loro destinate solo sporadicamente si ha la presenza di piante infestanti.

Alcune specie hanno raggiunto percentuali di copertura superiori all'80% solamente in estate od alla fine della stagione di crescita mostrando comunque una buona attitudine al ricoprimiento della superficie del tetto: *Calamintha nepeta*, *Centranthus ruber*, *Helichrysum italicum subsp. microphyllum*, *Tymus serpyllum* e *Scrophularia canina*. L'attecchimento anche in questo caso è risultato ottimale, fatta eccezione per *Centranthus ruber*. Nel primo caso, un basso attecchimento è da far risalire ad un mancato approfondimento delle radici dovuto alla loro spiralizzazione avvenuta durante la coltivazione in contenitori alveolati.

Più lente nello sviluppo si sono dimostrate, invece, *Armeria pungens*, *Crithmum maritimum*, *Tymus serpyllum*, *Rosmarinus officinalis var. prostrata*, *Otanthus maritimus*, *Euphorbia pithyusa*, *Ruta chalepensis*, *Satureja montana* e *Sedum rupestre*. Va tuttavia sottolineato che il basso ritmo di colonizzazione della superficie deriva dalle difficili situazioni edafiche. In altre parole, sebbene la velocità di inverdimento del tetto sia un obiettivo di indiscutibile importanza, le specie a crescita più lenta sono dotate di una maggiore rusticità in termini di esigenze idriche e nutrizionali.

Occorre sottolineare che alcune specie, come ad esempio *Lavandula stoechas* e le varie specie di *Helichrysum*, hanno mostrato delle vistose e uniformi fioriture, soprattutto durante il mese di giugno.



Lavanda selvatica (*L. stoechas*) e *Helichrysum italicum* sulla superficie del prototipo di tetto verde.

Tabella 3. Attecchimento su tetto verde rilevato nelle varie specie sperimentate.

Specie	Attecchimento (%)
<i>Anthemismaritima</i>	100
<i>Armeria pungens</i>	100
<i>Calamintha nepeta</i>	100
<i>Centranthusruber</i>	37
<i>Crithmummaritimum</i>	50
<i>Euphorbiacharacias</i>	100
<i>Euphorbiapithyusa</i>	90
<i>Glauciumflavum</i>	100
<i>H. italicum</i> subsp. <i>microphyllum</i>	100
<i>Helichrysumitalicum</i>	100
<i>Helichrysumstoechas</i>	100
<i>Lavandula stoechas</i>	90
<i>Micromeriajuliana</i>	100
<i>Otanthusmaritimus</i>	100
<i>Rosmariinusofficinalis</i> var. <i>prostrata</i>	100
<i>Ruta chalepensis</i>	50
<i>Satureja montana</i>	100
<i>Scrophularia canina</i>	100
<i>Sedum rupestre</i>	100
<i>Thymusserpyllum</i>	100

Tabella 4. Dinamica della copertura verde della superficie pensile dopo l'impianto. Dati riferiti al primo mese dopo il trapianto.

Specie	Periodo di raggiungimento della copertura dell'80%
<i>Anthemismaritima</i>	Maggio
<i>Armeria pungens</i>	Luglio
<i>Calamintha nepeta</i>	Agosto
<i>Centranthusruber</i>	Giugno
<i>Crithmummaritimum</i>	Settembre
<i>Euphorbiacharacias</i>	Luglio
<i>Euphorbiapithyusa</i>	Settembre
<i>Glauciumflavum</i>	Maggio
<i>H. italicumsubsp.microphyllum</i>	Luglio
<i>Helichrysumitalicum</i>	Giugno
<i>Helichrysumstoechas</i>	Giugno
<i>Lavandula stoechas</i>	Maggio
<i>Micromeriajuliana</i>	Settembre
<i>Otanthusmaritimus</i>	Settembre
<i>Rosmariinusofficinalisvar. prostrata</i>	Agosto
<i>Ruta chalepensis</i>	Settembre
<i>Satureja montana</i>	Settembre
<i>Scrophularia canina</i>	Agosto
<i>Sedum rupestre</i>	Settembre
<i>Thymusserpyllum</i>	Agosto

3.3.2 Produzione di biomassa

Altro dato di assoluto interesse per la riuscita di un tetto verde è la biomassa raggiunta alla fine della stagione di crescita. La tabella 5 mostra la sostanza secca prodotta dalle diverse specie al termine del periodo estivo. Come si può osservare c'è un ampio "range", passando da quasi 69 g/pianta nel caso di *Anthemis maritima* ad circa 6 g/pianta per *Crithmum maritimum*.

Va tuttavia sottolineato che sebbene una elevata biomassa sia indice di iniziale compatibilità nella collocazione su tetto, va evidenziato che le specie a crescita più lenta potrebbero risultare idonee per un verde pensile ispirato alla sostenibilità nel tempo. Ciò dal momento che la lenta crescita è la strategia ampiamente diffusa nelle specie che si sono evolute in ambienti difficili e spesso molto simili all'ambiente ecologico di una realizzazione pensile di tipo estensivo. E' questo infatti il caso del *Sedum*, che è ampiamente utilizzata per i tetti verdi. Analogamente potrebbero assumere un interesse specie come la *Micromeria juliana*, la *Satureja montana* ed il *Crithmum maritimum* dal momento che la loro lenta crescita implica una marcata tolleranza a stress idrici e nutrizionali.

Tabella 5. Incremento della biomassa secca delle varie specie dopo collocazione su collocazione pensile. Dati riferiti al primo mese dopo il trapianto.

<i>Specie</i>	<i>Biomassa finale (g/pianta)</i>
<i>Anthemismaritima</i>	69,4
<i>Armeria pungens</i>	7,3
<i>Calamintha nepeta</i>	21,3
<i>Centranthusruber</i>	25,2
<i>Crithmummaritimum</i>	5,8
<i>Euphorbiacharacias</i>	32,2
<i>Euphorbiapithyusa</i>	17,3
<i>Glauciumflavum</i>	105,5
<i>H. italicumsubsp.microphyllum</i>	11,4
<i>Helichrysumitalicum</i>	26,2
<i>Helichrysumstoechas</i>	21,8
<i>Lavandula stoechas</i>	28,2
<i>Micromeriajuliana</i>	15,8
<i>Otanthusmaritimus</i>	18,1
<i>Rosmariinusofficinalisvar. prostrata</i>	25,8
<i>Ruta chalepensis</i>	22,2
<i>Satureja montana</i>	9,0
<i>Scrophularia canina</i>	42,3
<i>Sedum rupestre</i>	10,2
<i>Thymuserpyllum</i>	22,5

3.3.3 Verifica dell'isolamento termico

Durante il periodo estivo sono state fatte alcune fotografie termografiche per rilevare l'efficacia della vegetazione nella riduzione della temperatura della superficie del tetto verde. Nella Figura 1 si può notare come la vegetazione di elicriso abbia mostrato una temperatura decisamente minore rispetto alla superficie del substrato non coperto da vegetazione.

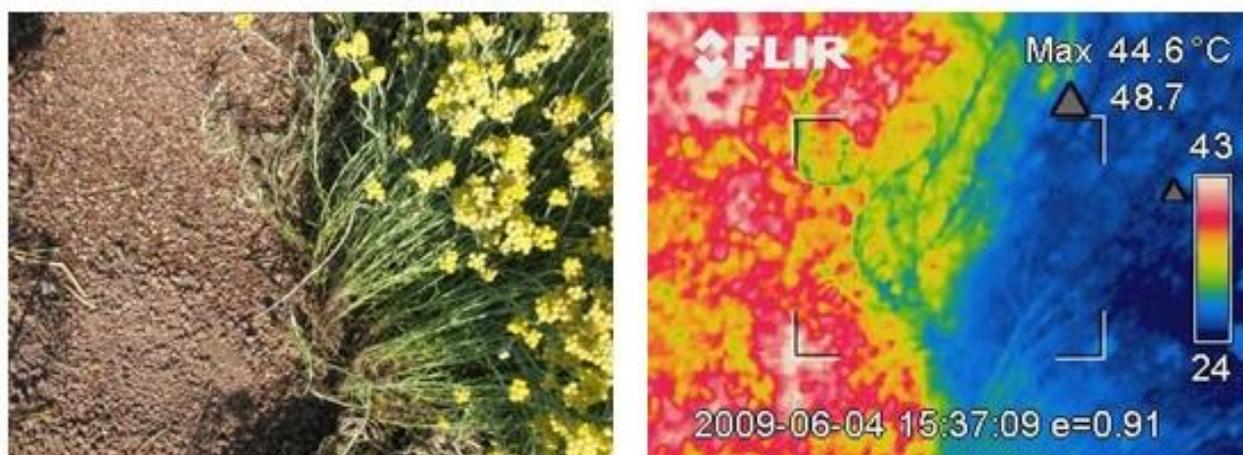


Figura 1. Immagine termografica che evidenzia le spiccate differenze di temperatura tra una porzione di substrato non inerbita (a destra) e la vegetazione di *Helichrysum stoechas* (a sinistra) a conferma dell'isolamento termico indotto dalla copertura verde.

Ne consegue che questa tipologia innovativa di verde pensile di tipo estensivo sia in grado di implicare quell'isolamento termico degli edifici che appare di notevole importanza in termini di risparmio energetico. Tale risparmio appare di assoluta importanza soprattutto in ambiente Mediterraneo dal momento che l'efficienza energetica del processo di raffreddamento appare decisamente più bassa rispetto all'esigenza nord Europea di riscaldamento.

3.4 Conclusioni

Tutte specie spontanee prescelte e propagate utilizzando i semi raccolti in situ si sono mostrate adatte per la realizzazione di tetti verdi. La produzione di biomassa alla fine dell'esperienza è variata da 7 a 69 g/pianta con una densità di impianto di 20 piante/m². Particolarmente interessanti sono apparse *Anthemis maritima* e *Glaucium flavum*, specie a rapido accrescimento per le quali si può pensare di ridurre la densità di piantagione. Buoni risultati sono stati ottenuti anche con *Euphorbia characias*, *Euphorbia pithyusa*, *Helichrysum italicum*, *Helichrysum stoechas* e *Lavandula stoechas*.

4 Schede tecniche

L'elevata biodiversità vegetale degli ecosistemi mediterranei offre una ampia gamma di specie idonee per per quel particolare habitat comunemente definito "tetto verde". Si è ritenuto quindi opportuno passare in rassegna le caratteristiche ecologiche, biologiche e morfologiche di alcune specie per poter avere informazioni sulla specie vegetali con le caratteristiche biologiche e tecnico-agronomiche (ad es. la facile reperibilità sul mercato florovivaistico) compatibili con una loro utilizzazione per il tetti verdi di tipo estensivo (Fig. 3). Nelle 22 schede riportate di seguito, sono quindi state riassunte le principali caratteristiche delle specie prescelte, anche in forma tabulata, cioè affiancando ad ognuna delle caratteristiche più rilevanti un punteggio variabile 0 e 10 in funzione dell'attitudine all'impiego nella realizzazione di tetti verdi a bassa manutenzione.

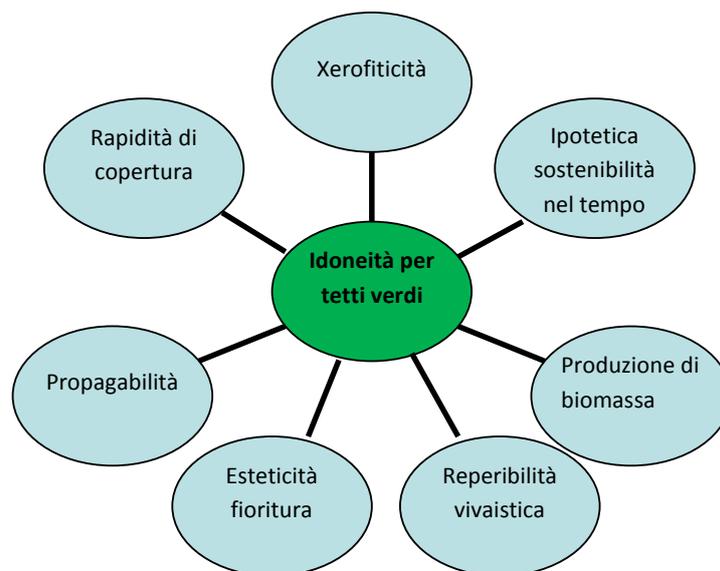


Fig. 3. Le caratteristiche prese in esame nella valutazione delle specie vegetali utilizzabili per la realizzazione di tetti verdi di tipo estensivo.

4.1 *Anthemis maritima* L. (Asteraceae)



Descrizione generale

Specie a ciclo biologico perenne (emicriptofita scaposa) diffusa in ecosistemi dunali litoranei soprattutto nelle aree occidentali del Mediterraneo (9). E' alta circa 20-30 cm ed aromatica per la presenza di oli essenziali. Ha una radice fittonante da cui partono radici secondarie. Le foglie basali sono pennatosette. I capolini portati da sottili peduncoli hanno diametro di 2-3 cm. I fiori sterili periferici ligulati sono di colore bianco mentre quelli centrali tubulosi sono di colore giallo. Il picco di fioritura si verifica nei mesi di maggio e di giugno.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	7
	Rapidità di copertura	9
	Sostenibilità nel tempo	7
	Facilità di propagazione	8
	Produzione di biomassa	7
	Esteticità della fioritura	9
	Reperibilità vivaistica	5

4.2 *Armeria pungens* (Link) Hoffm. et Lk (Plumbaginaceae)



E' una pianta perenne cespitosa e dotata da un robusto fittone in grado di raggiungere una residua umidità del terreno. E' una specie diffusa in aree litoranee ed è presente in Spagna, Portogallo, Sardegna e Corsica (23). In Sardegna è diffusa soprattutto in Gallura lungo le coste sabbiose e rocciose. Ha fusti legnosi alla base e dense rosette di foglie strette ed allungate solitamente uninervie. I fiori sono disposti in numerose spighe formanti un capolino subsferico del diametro di 20-30 mm. La corolla è gamopetala a forma di imbuto di colore rosa.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	8
	Rapidità di copertura	7
	Sostenibilità nel tempo	8
	Facilità di propagazione	7
	Produzione di biomassa	7
	Esteticità della fioritura	8
	Reperibilità vivaistica	7

4.3 *Calamintha nepeta* (L.) Savi (Lamiaceae)



E' una specie perenne, legnosa alla base, appartenente al gruppo biologico delle camefite. E' diffusa in ambienti rocciosi e prati aridi del bacino Mediterraneo. Predilige terreni ben drenati, soleggiati e sottoposti ad un precoce riscaldamento durante i periodi primaverili. Ha fusti ascendenti alti solitamente 20-40 cm. Le foglie finemente tomentose, ovate ed acute, a margine pressoché intero ma leggermente dentellato . L'infiorescenza è apicale e la sua comparsa si verifica soprattutto durante i periodi più caldi. E' spiccatamente aromatica per la presenza di componenti volatili (25).

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	8
	Rapidità di copertura	8
	Sostenibilità nel tempo	8
	Facilità di propagazione	7
	Produzione di biomassa	7
	Esteticità della fioritura	7
	Reperibilità vivaistica	7

4.4 *Centranthus ruber* (L.) DC. (Valerianaceae)



Questa specie perenne appartiene al gruppo biologico delle camefite. E' una pianta erbacea ma con fusti legnosi nella porzione del fusto nella parte basale. Il fusto e le foglie sono glabre, di un verde chiaro. I fusti sono eretti ramosi mentre la porzione ipogea è un rizoma sotterraneo molto penetrante nella matrice rocciosa del substrato. E' infatti tipico di ambienti pietrosi, antiche mura ed edifici e tale colonizzazione avviene grazie a piccoli frutti-seme dotati di appendici atte al volo (18). I fiori sono zigomorfi di colore rosa-fucsia e sono raccolti in densi corimbi.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	8
	Rapidità di copertura	8
	Sostenibilità nel tempo	8
	Facilità di propagazione	7
	Produzione di biomassa	8
	Esteticità della fioritura	8
	Reperibilità vivaistica	7

4.5 *Crithmum maritimum* L. (Apiaceae)



Questa apiacea, detta anche finocchio marino, è una specie perenne appartenente al gruppo biologico delle camefite suffruticose. E' molto diffusa nelle aree costiere del Mediterraneo oltre che del Mar Nero e dell'Atlantico (dalla Spagna al Regno Unito). Cresce in luoghi estremamente assolati su substrati rocciosi, sabbiosi e salini (3). E' una specie con fusti legnosi solo alla base, cespitosa glabra. Le radici sono rizomatose e dotate di una notevole capacità di usufruire le modestissime disponibilità idriche del substrato. Le foglie persistenti, glabre, con contorno triangolare, sono bi- o tri-pennate con segmenti lanceolati carnosì e carenati che conferiscono alla pianta l'aspetto di una succulenta. La particolare forma delle foglie unitamente ad una epidermide protettiva facilitano l'economia idrica. L'infiorescenza è costituita da una grossa ombrella terminale con piccoli fiori bianco-verdastri.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	9
	Rapidità di copertura	7
	Sostenibilità nel tempo	8
	Facilità di propagazione	7
	Produzione di biomassa	7
	Esteticità della fioritura	6
	Reperibilità vivaistica	5

4.6 *Euphorbia characias* L. (*Euphorbiaceae*)



E' una specie perenne appartenente al gruppo biologico delle nano-fanerofite. E' diffusa in ambiente Mediterraneo in aree rocciose, siccitose e povere di substrato. Disseminata dalle formiche (13) si sviluppa precocemente a fine inverno ed entra poi in stasi vegetativa nei periodi più caldi. E' una pianta tendenzialmente legnosa e portamento cespuglioso con gemme perennanti disposta in prossimità del suolo. Come molte euforbiacee emette un lattice dalle ferite del fusto. Le foglie sessili, pubescenti hanno lamina intera, spatolata e mucronata all'apice e sono disposte a spirale sul fusto. I fiori unisessuali formano un'infiorescenza che appare come un fiore unico, il ciazio.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	8
	Rapidità di copertura	7
	Sostenibilità nel tempo	7
	Facilità di propagazione	7
	Produzione di biomassa	8
	Esteticità della fioritura	7
	Reperibilità vivaistica	7

4.7 *Euphorbia pityusa* L. subsp. *pityusa* (Euphorbiaceae)



E' una specie a ciclo perenne appartenente al gruppo biologico delle camefite. Ha fusti ramificati, densamente fogliosi. Le foglie sono lanceolate acuminate e sessili. Le infiorescenze sono a ciazio, portate in ombrelle a 5-7 raggi dicotomi. E' detta euforbia delle Baleari in quanto diffusa anche in questo arcipelago (28) oltre che in Sardegna. Vi sono 2 sottospecie: *pithyusa*, diffusa in aree costiere rocciose; *cupanii*, frequente nei pascoli, negli incolti e nei bordi stradali. E' decisamente arido-resistente ed è in grado di tollerare aree molto ventose e di sopportare l'aerosol marino e condizioni di salinità del substrato.

Caratteristiche biotecniche	Xerofitticità	8
	Rapidità di copertura	6
	Sostenibilità nel tempo	8
	Facilità di propagazione	6
	Produzione di biomassa	7
	Esteticità della fioritura	6
	Reperibilità vivaistica	5

4.8 *Glaucium flavum* Crantz (Asteraceae)



E' una specie è diffusa sulle coste del mar Mediterraneo e quelle che si affacciano sull'Oceano Atlantico. Colonizza sia ambienti dunali che aree. E' molto rustica tanto da essere stata testata per la depurazione di suoli inquinati (6). È una specie perenne appartenente al gruppo biologico delle emicriptofita. Il fusto è eretto, glabro, di colore grigio-verde glauco che emette un lattice giallastro dopo la rottura dei vasi linfatici. Le foglie sono alterne, pennatosette, ricoperte di una peluria chiara e con margini lievemente ondulati. I fiori sono molto appariscenti ed hanno un diametro di 5 -7 cm con corolla composta da 4 petali obovati, di colore giallo. Il frutto è una capsula tendenzialmente cilindrica solitamente ripiegata a forma di corno con due valve che si aprono a maturità per rilasciare i numerosi semi.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	7
	Rapidità di copertura	7
	Sostenibilità nel tempo	7
	Facilità di propagazione	7
	Produzione di biomassa	6
	Esteticità della fioritura	8
	Reperibilità vivaistica	5

4.9 *Helichrysum italicum* (Roth) Don (Asteraceae)



E' una specie perenne appartenete al gruppo biologico delle camefite suffruticose. Colonizza vari ambienti caratterizzati da scarsità od assenza di substrato come ad esempio aree rocciose e cave abbandonate. Solitamente ha piccole dimensioni e con le sue numerose ramificazioni, forma un piccolo cespuglio di colore biancastro. Il colore è dovuto ad una tomentosità biancastra che copre il fusto e le foglie. Queste ultime sono filiforme ed foglie alterne con margine ripiegato verso il basso. Le infiorescenze sono raccolte in densi corimbi apicali di forma oblungo-cilindrico in piena fioritura. I fiori, gialli, tubolosi ed ermafroditi, emanano un intenso aroma. A maturità avviene la disseminazione dei pappi che tendono a disseminare per anemocoria gli ambienti circostanti.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	9
	Rapidità di copertura	7
	Sostenibilità nel tempo	8
	Facilità di propagazione	9
	Produzione di biomassa	7
	Esteticità della fioritura	7
	Reperibilità vivaistica	8

4.10 *Helichrysum stoechas* (L.) Moench (Asteraceae)



E' una specie a ciclo perenne appartenente al gruppo biologico delle camefite suffruticose. E' molto aromatica per la presenza di oli essenziali molto volatili ed è diffusa soprattutto negli ecosistemi dunali delle coste Mediterranee (17). Piante con fusti legnosi solo alla base, generalmente di piccole dimensioni. Ha una radice disposta orizzontalmente nel terreno. I fusti sono ricoperti di una tomentosità biancastra. Le foglie sono filiformi e sottili con bordo revoluto, tomentose, e di colore grigio-verde. I fiori riuniti in capolini sono inseriti in corimbi terminali a glomerulo. I singoli capolini hanno squame glabre, irregolari.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	8
	Rapidità di copertura	7
	Sostenibilità nel tempo	8
	Facilità di propagazione	8
	Produzione di biomassa	7
	Esteticità della fioritura	8
	Reperibilità vivaistica	7

4.11 *Helichrysum italicum* (Roth) Don subsp. *microphyllum* (Willd.) (Asteraceae)



E' una camefita Mediterranea generalmente di piccole dimensioni con fusti piccoli ma legnosi alla base. Il suo areale è circoscritto agli ambienti rocciosi litoranei soprattutto della Sardegna. Ha una stretta derivazione genetica da *H. italicum* (1) da cui si è evoluto e le piccole dimensioni fogliari sono una evidente strategia di sopravvivenza in ambienti caratterizzati da condizioni estreme di aridità e di stress da ventosità ed aerosol marino. La sua unica esigenza è l'elevata disponibilità di luce. E' una specie molto aromatica grazie alla presenza di peli ghiandolari ricchi di oli essenziali.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	9
	Rapidità di copertura	7
	Sostenibilità nel tempo	8
	Facilità di propagazione	8
	Produzione di biomassa	7
	Esteticità della fioritura	7
	Reperibilità vivaistica	7

4.12 *Lavandula stoechas* L. (*Lamiaceae*)



Appartiene alla forma biologica delle nano-fanerofite. E' una specie eliofila termofila e xerofila spesso presente nelle garighe spesso in associazione con i cisti. Predilige terreni silicei e ben drenati. E' una specie legnosa sempreverde a portamento cespuglioso. Ha forte odore aromatico per la presenza di oli essenziali. Le foglie sono opposte lanceolate e con margine increspato, hanno colore grigiastro e sono ad intensa tomentosità. La radice è un fittone legnoso, i fusti eretti, ed i rami dell'anno hanno sezione quadrangolare. Quelli più vecchi hanno la corteccia screpolata grigio-rossiccia. I fiori di colore porpora scuro, sono riuniti in spighe terminali al cui apice si trovano delle brattee di colore viola che si sono evolute con finalità vessillari. La fioritura ha luogo all'inizio della primavera.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	8
	Rapidità di copertura	7
	Sostenibilità nel tempo	6
	Facilità di propagazione	9
	Produzione di biomassa	7
	Esteticità della fioritura	10
	Reperibilità vivaistica	10

4.13 *Micromeria juliana* (L.) Benth. (Lamiaceae)



Questa specie a ciclo perenne appartiene al gruppo biologico delle camefite. Cresce in aree pietrose e persino direttamente su rocce sulle quali riesce a trovare delle micro-fessure utili per la penetrazione delle radici. E' una pianta di piccole dimensioni che ricorda la morfologia del timo per le piccole dimensioni delle foglioline strette ed allungate partenti direttamente dal fusto. E' detto issopo meridionale probabilmente per gli aromi volatili che questa pianta riesce ad aero-disperdere.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	8
	Rapidità di copertura	6
	Sostenibilità nel tempo	8
	Facilità di propagazione	6
	Produzione di biomassa	6
	Esteticità della fioritura	7
	Reperibilità vivaistica	5

4.14 *Origanum majorana* (Lamiaceae)



La maggiorana fa parte del genere botanico *Origanum* ed è morfologicamente e fisiologicamente molto simile al comune Origano. E' una pianta erbacea a ciclo perenne appartenente al gruppo biologico delle camefite. E' nativa dell'Africa nord-orientale e dell'Asia centrale e non cresce spontanea in Europa ma in coltivazione. E' una specie piuttosto termofila e cresce in aree assolate. La sua stress tolleranza ad una piena esposizione alla radiazione solare deriva anche dalla presenza di oli essenziali ad attività antiossidante prodotti nei peli ghiandolari (11).

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	7
	Rapidità di copertura	7
	Sostenibilità nel tempo	7
	Facilità di propagazione	8
	Produzione di biomassa	6
	Esteticità della fioritura	7
	Reperibilità vivaistica	8

4.15 *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae)



L'origano è una specie tipica degli ecosistemi mediterranei e cresce spontanea nei luoghi assolati e aridi fino a quote di 2000 m. Ha una elevata attitudine a formare biotipi e/o chemiotipi diversificati in seguito alla elevata variabilità dei microambienti in cui cresce. Il fusto è eretto, quadrangolare, ramificato e nella parte superiore di colore rossastro e ricoperto da una fitta peluria. E' infatti elevato il numero di tricomi in grado di produrre oli essenziali (15). La radice è un rizoma strisciante nerastro provvisto di radici fibrose mentre le piccole foglie sono ovali-lanceolate, a margini lisci o leggermente dentellati. I fiori dell'origano sono raccolti in pannocchie poste alla sommità degli steli e di un bel colore bianco-rosato.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	7
	Rapidità di copertura	7
	Sostenibilità nel tempo	8
	Facilità di propagazione	8
	Produzione di biomassa	6
	Esteticità della fioritura	7
	Reperibilità vivaistica	9

4.16 *Otanthus maritimus* (L.) Hoffmanns & Link (Asteraceae)



Descrizione generale

E' una pianta perenne appartenente al gruppo biologico delle camefite. Recentemente il suo nome scientifico è stato modificato in *Achillea maritima* (L.) Ehrend. & Y. P. Guo.

E' ampiamente diffusa negli ecosistemi dunali lungo le coste dell'Europa che si affacciano nel Mediterraneo e nell'Oceano Atlantico (7). Questa specie, detta santolina delle spiagge è cespugliosa, alta fino a 40 cm, ed è tipicamente ricoperta da una fitta peluria bianco-argentea e dotata di fusti semplici o ramificati. Le foglie, molto corte, poco più di un cm, sono di forma oblanceolata con apice ottuso e prive di picciolo. I fiori, riuniti in capolini più o meno sferici a forma di tubo sono di colore giallo-aranciato. Fiorisce durante i mesi estivi.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	7
	Rapidità di copertura	6
	Sostenibilità nel tempo	8
	Facilità di propagazione	5
	Produzione di biomassa	6
	Esteticità della fioritura	7
	Reperibilità vivaistica	4

4.17 *Rosmarinus officinalis var. prostratus* L. (Lamiaceae)



E' un arbusto perenne sempreverde, appartenente al gruppo biologico delle nano-fanerofite. E' specie molto ramosa, tappezzante e dal con portamento prostrato. Il suo areale di diffusione è circoscritto alle coste rocciose litoranee spesso di matrice calcarea. Le foglie sono lineari strette di colore verde scuro e lucide nella pagina superiore e ricoperte di una tomentosità biancastra in quella inferiore. I fiori sono raccolti in racemi ascellari ed hanno calice campanulato bilabiato e tormentoso. E' una specie aromatica in quanto ricca di oli essenziali.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	9
	Rapidità di copertura	8
	Sostenibilità nel tempo	8
	Facilità di propagazione	9
	Produzione di biomassa	8
	Esteticità della fioritura	7
	Reperibilità vivaistica	9

4.18 *Ruta chalepensis* L. (Rutaceae)



Specie a ciclo perenne appartenente al gruppo biologico delle camefite. E' un suffrutice dai particolari aromi sgradevoli se strofinato l'apparato epigeo per la presenza di chetoni alifatici (20). Ha fusti legnosi solo nella porzione basale mentre la parte apicale è erbacea. Le foglie sono alterne, di colore verde-grigio cinerino, con segmenti lanceolati. Le superiori sessili mentre le inferiori dotate di un breve peduncolo. I fiori sono piccoli, gialli e riuniti in infiorescenze. E' diffusa soprattutto nelle aree litoranee atlantiche e mediterranee. E' termofila e diffusa in garighe, prati aridi, rupi, e muri. Predilige luoghi assolati frequentemente su substrato calcareo.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	8
	Rapidità della copertura	7
	Sostenibilità nel tempo	7
	Facilità di propagazione	7
	Produzione biomassa	7
	Esteticità della fioritura	6
	Reperibilità vivaistica	5

4.19 *Satureja montana* L. (Lamiaceae)



E' una specie perenne suffruticosa appartenente al gruppo biologico delle camefite. Sebbene il nome richiami ambienti montani essa è diffusa in molte aree in cui prevalgono condizioni di rocciosità, siccità e forte insolazione. Le cave abbandonate sono un esempio in cui questa specie trova le condizioni ottimali per una sua colonizzazione. Ha forte odore aromatico in quanto ricca di oli essenziali spesso peculiari di alcuni determinati chemiotipi (21). I fusti sono legnosi alla base, eretti e con una fitta micro-tomentosità. Le foglie sono di colore verde brillante, opposte, sub-sessili, molto distanziate tra loro portanti al bordo delle piccole ciglia. Sono coriacee, con lembo intero a forma lineare-lanceolata con apice acuto spesso ripiegato verso il basso. I fiori sono fianchi e disposti in verticilli apicali.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	8
	Rapidità di copertura	7
	Sostenibilità nel tempo	8
	Facilità di propagazione	8
	Produzione di biomassa	7
	Esteticità della fioritura	7
	Reperibilità vivaistica	8

4.20 *Scrophularia canina* L. (Lamiaceae)



E' una specie cespugliosa a ciclo perenne appartenente al gruppo biologico delle emicriptofite in quanto il loro germogliamento autunnale avviene per mezzo di gemme poste a livello del terreno. E' una specie che cresce in aree contraddistinte da elevata insolazione e povertà del substrato in cui talvolta possono essere presenti elementi tossici come nel caso dei serpentini (26). E' infatti tipica di aree pietrose e/o rocciose e di sabbie litoranee in prossimità del mare. I fusti sono eretti, spiccatamente angolosi, e fogliosi alla base. Le foglie inferiori sono picciolate, pennato-partite con lamina a contorno triangolare e con lembo trilobato. I piccoli fiori di colore viola sono alternati, sub-sessili posti all'ascella di foglie con un periodo di fioritura primaverile-estivo.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	8
	Rapidità di copertura	7
	Sostenibilità nel tempo	7
	Facilità di propagazione	7
	Produzione di biomassa	7
	Esteticità della fioritura	7
	Reperibilità vivaistica	6

4.21 *Sedum rupestre* L. (Crassulaceae)



E' una specie erbacea succulenta a ciclo perenne. Ha ciclo fotosintetico CAM (22) che gli conferisce una estrema stress tolleranza a condizione estreme di aridità. E' infatti la specie più diffusa nel mondo per la realizzazione di tetti verdi di tipo estensivo ispirati alla sostenibilità delle risorse idriche. E' caratterizzata da numerosi radici e fusti contorti, prostrato-ascendenti, glabri, con corti internodi molto ravvicinati e decisamente ricurvi prima della fioritura. Le foglie sono alterne, carnose, e ad apice appuntito. L'infiorescenza è formata da numerosi fiori di colore giallo. La fase fenologica di fioritura ha luogo tra fine primavera ed inizio estate.

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	10
	Rapidità di copertura	7
	Sostenibilità nel tempo	9
	Facilità di propagazione	8
	Produzione di biomassa	6
	Esteticità della fioritura	7
	Reperibilità vivaistica	8

4.22 *Thymus serpyllum* L. (Lamiaceae)



E' una delle specie perenne molto diffusa sia in Europa, persino in quella settentrionale (12) che nel Nord Africa. Colonizza ambienti difficili sotto il profilo nutrizionale ed idrico sia di aree montane che litoranee. Ha portamento strisciante e le sue esigenze sono legate al drenaggio del suolo ed a una collocazione in luoghi ben soleggiati. Il fusto principale, produce radici avventizie da cui si dipartono i fusticini, ascendenti o prostrati e pubescenti. Le foglie sono opposte, distanziate nei rami fertili e ravvicinate in quelli sterili. Sono di forma lineare apice arrotondato. Alla base si restringono in un corto picciolo spesso provvisto di lunghi peli. La superficie è punteggiata da ghiandole

Caratteristiche biotecniche	Xerofiticità	9
	Rapidità di copertura	8
	Sostenibilità nel tempo	8
	Facilità di propagazione	8
	Produzione di biomassa	7
	Esteticità della fioritura	8
	Reperibilità vivaistica	9

5 Bibliografia essenziale

1. Angioni A., Barra A., Arlorio M., Coisson J.D., Russo M.T., Pirisi F.M., Satta M., Cabras P. (2003). Chemical Composition, Plant Genetic Differences, and Antifungal Activity of the Essential Oil of *Helichrysum italicum* G. Don ssp. *microphyllum* (Willd) Nym. *Journal of Agriculture & Food Chemistry* 51, 1030–1034.
2. Bacci D, Benvenuti S. 2010. Copertura al cento per cento. *Acer* 2: 31-35.
3. Ben Hamed K., Debez A., Chibani F., Abdelly C. 2004. Salt response of *Crithmum maritimum*, an oleaginous halophyte. *Tropical Ecology*, 45, 151–159.
4. Benvenuti S, Bacci D. 2010. Initial agronomic performances of Mediterranean xerophytes in simulated dry green roofs. *Urban Ecosystems* 13: 349-363.
5. Brenneisen S (2006) Space for wildlife: designing green roofs for habitat in Switzerland. *Urban Habitats* 4:27–36.
6. Cambrollé J.; Mateos-Naranjo E., Redondo-Gómez S., Luque T., Figueroa M.E. (2011). Growth, reproductive and photosynthetic responses to copper in the yellow-horned poppy, *Glaucium flavum* Crantz. *Environmental and Experimental Botany* 71, 57-64.
7. Ciccarelli D. Bacaro G., Chiarucci A. (2012) Coastline dune vegetation dynamics: evidence of no stability. *Folia Geobotanica* 47, 263-275.
8. Currie BA, Bass B 2008. Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. *Urban Ecosystem* 11:409–422.
9. De Lillis M., Costanzo L., Bianco P.M., Tinelli A. (2004) Sustainability of sand dune restoration along the coast of the Tyrrhenian sea. *Journal of Coastal Conservation* 10, 93-100.
10. Deans S.G., Svoboda K.P. 1990. The antimicrobial properties of Marjoram (*Origanum majorana* L.) volatile oil. *Flavor Fragrance Journal* 5, 187–190.
11. Dunnett N, Nagase A, Booth R, Grime (2008) Influence of vegetation composition on runoff in two simulated green roof experiments *Urban Ecosystem* 11:385–398.
12. Eriksson A. 1998. Regional distribution of *Thymus serpyllum*: management history and dispersal limitation. *Ecography* 21, 35-43.
13. Espadaler X., Gómez C. 2006. Seed production, predation and dispersal in the Mediterranean myrmecochore *Euphorbia characias* (Euphorbiaceae). *Ecography* 19, 7-15.
14. Gill SE, Handley JF, Ennos AR, Pauleit S (2007) Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Build Environment* 33:115-133.
15. Kokkini S., Karousou R., Vokou D. 1994. Pattern of geographic variations of *Origanum vulgare* trichomes and essential oil content in Greece. *Biochemical Systematics and Ecology* 22, 517-528.
16. Kosareoa L, Ries R (2007) Comparative environmental life cycle assessment of green roofs. *Building and Environment* 42:2606-2613.
17. Martin A., Puech S. (2001). Interannual and interpopulation variation in *Helichrysum stoechas* (Asteraceae), a species of disturbed habitats in the Mediterranean region. *Plant Species Biology* 16, 29–37.
18. Mattana E., Daws M.I., Bacchetta G. 2010. Comparative germination ecology of the endemic *Centranthus amazonum* (Valerianaceae) and its widespread congener *Centranthus ruber*. *Plant Species Biology* 25, 165–172.
19. Niachou A, Papakonstantinou K, Santamouris M, Tsangrassoulis A, Mihalakakou G (2001) Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. *Energy and Buildings* 33:19-729.
20. Ntalli, N. G., Manconi, F., Leonti, M., Maxia, A., Caboni, P. 2011. Aliphatic ketones from *Ruta chalepensis* (Rutaceae) induce paralysis on root knot nematodes. *J. Agric. Food Chem.* 59, 7098– 7103.
21. Piccaglia R., Marotti M. Galletti G.C. 1991. Characterization of essential oil from a *Satureja montana* L. chemotype grown in Northern Italy. *Journal of Essential Oil Research* 3, 147-152.

22. Pilon-Smits E.A., Van Brederode H.H.J. 1990. Phosphoenolpyruvate carboxylase in *Sedum rupestre* (Crassulaceae): drought-enhanced expression and purification. *Journal of Plant Physiology* 136, 155-160.
23. Piñeiro R., Aguilar J.F., Munt D.D., Feliner G.N. 2007. Ecology matters: Atlantic–Mediterranean disjunction in the sand-dune shrub *Armeria pungens* (Plumbaginaceae). *Molecular Ecology* 16, 2155-2171.
24. Prado RTA, Ferreira, FL (2005) Measurement of albedo and analysis of its influence on the surface temperature of building roof materials. *Energy and Buildings*. 37:295-300.
25. Ristorcelli D., Tomia F., Casanova J. 1996. Essential oils of *Calamintha nepeta* subsp. *nepeta* and subsp. *glandulosa* from Corsica (France). *Journal of Essential Oil Research* 8, 363-366.
26. Selvi F. 2007. Diversity, geographic variation and conservation of the serpentine flora of Tuscany (Italy). *Biodiversity and Conservation* 16, 1423-1439.
27. Spala A, Bagiorgasa HS, Assimakopoulos MN, Kalavrouziotis J, Matthopoulos D, Mihalakakou G (2008) On the green roof system. Selection, state of the art and energy potential investigation of a system installed in an office building in Athens, Greece. *Renewable Energy* 33:173-177.
28. Tébar F.J., Gil L., Llorens L. 2004. Flowering and fruiting phenology of a xerochamaephytic shrub community from the mountain of Mallorca (Balearic islands, Spain). *Plant Ecology* 174, 295-305.
29. Tucker A.O., Maciarelo M.J. 1986. The essential oils of some rosemary cultivars. *Flavour and Fragrance Journal* 1, 137–142.
30. VanWoert ND, Rowe DB, Andresen JA, Rugh CL and Xiao L (2005) Green roof stormwater retention: Effects of roof surface, slope, and media depth. *Journal of Environmental Quality* 34: 1036-1044.
31. Wong NH, Taya SF, Wonga R, Ong CL, Sia A (2003) Life cycle cost analysis of rooftop gardens in Singapore. *Building and Environment* 38: 499-509.

Curriculum scientifico del gruppo di lavoro

Il gruppo di ricerca dell'Università di Pisa è costituito dal Prof. Alberto Pardossi (PhD, professore ordinario di orticoltura e floricoltura) e dal Dr. Stefano Benvenuti (tecnico laureato del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-Ambientali). Tra le linee di ricerca del gruppo, troviamo lo studio dell'ecofisiologia di piante coltivate o spontanee. Il gruppo ha partecipato a molti progetti finanziati dal Ministero delle Politiche Agricole, dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, di enti regionali (es. Regione Toscana, Regione Siciliana, Regione Abruzzo e Regione Liguria) e dalla Commissione Europea (es. progetti HORTIMED, FLOWAID, EUPHOROS). Il coordinatore del gruppo è autore di oltre 250 articoli a carattere tecnico o scientifico, con circa 60 lavori su riviste internazionali, e di alcuni manuali sull'irrigazione e la concimazione delle colture orto florovivaistiche.