



Università degli Studi della Tuscia Viterbo

Dipartimento di Scienze e tecnologie per
l'Agricoltura, le Foreste, la Natura e l'Energia
(DAFNE)

Corso di dottorato di ricerca in
Scienze e Tecnologie per la Gestione Forestale e
Ambientale (XXIV ciclo)

“BioLogicBox”: una camera di crescita 2.0

AGR/05

Coordinatore
Prof. Rosanna Bellarosa

Tutor
Prof. Bartolomeo Schirone

Dottorando
Pietro Tasselli

a.a. 2011-2012

INDICE DELLA TESI

Abstract	4
1. Descrizione del progetto	
1.1 Obiettivo	5
1.2 Limiti delle soluzioni attuali	5
1.3 Innovazione della soluzione proposta.....	6
1.4 Risultati attesi	8
1.5 Impostazione del progetto	9
1.6 Fasi di realizzazione	10
1.7 Composizione del sistema	11
1.8 Specifiche attività dei soggetti attuatori	13
2. MATERIALI E METODI	
2.1 Ricerca preliminare di laboratorio e di campo.....	14
2.2 Test di vitalità e impostazione delle prove di germinazione	16
2.3 Redazione dei requisiti operativi	18
2.4 Test di luminosità	25
APPENDICE AL CAPITOLO 2: Cenni di Radiometria.....	34
3. RISULTATI	46
FOTO DEL PROTOTIPO	50

BIBLIOGRAFIA	65
ARTICOLI SCIENTIFICI	67
ALLEGATI	69
Progetto della Main-Unit: logica di funzionamento	
Progetto del pannello frontale	

Abstract

L'attività di ricerca effettuata nel corso del Dottorato va ad inserirsi nell'ambito degli studi previsti dal progetto finanziato al D.A.F. dalla finanziaria della Regione Lazio (FILAS) che ha portato alla realizzazione di un **nuovo sistema di allevamento di piantine agrarie e forestali** totalmente robotizzato ed ottimizzato dal punto di vista dei consumi energetici: il **“BioLogicBox”**.

L'innovativa camera di crescita sposta nettamente in avanti il confine delle growth chambers finora sul mercato ed è stata **presentata per la prima volta ad “Euroflora 2011” dal Dipartimento DAF** (Tecnologie, Ingegneria e Scienze dell'Ambiente e delle Foreste) dell'Università degli Studi della Tuscia insieme con una PMI del Lazio. La sinergia fra queste aziende – che hanno posto mano alla produzione del prototipo – unita alla disponibilità di lasciarsi coordinare nel percorso da un ente di ricerca accreditato nel campo quale il DAF, hanno portato alla realizzazione di un prototipo che assicurerà una qualità delle specie in esso messe a dimora che vanteranno livelli mai raggiunti finora con altre camere di crescita grazie alla messa a punto di puntuali protocolli fissati appunto dal gruppo dell'ateneo viterbese.

1 Descrizione del progetto

1.1 *Obiettivo*

L'obiettivo del progetto è lo studio, la sperimentazione e la realizzazione prototipica di una camera di crescita di nuova concezione che possa essere utilizzata sia come strumento di ricerca scientifica, sia come unità di produzione vivaistica con particolare riferimento al settore agroalimentare.

1.2 *Limiti delle soluzioni attuali*

In ordine al primo punto i principali limiti delle camere di crescita (growth chambers) attualmente disponibili sul mercato sono fondamentalmente le seguenti:

- il controllo delle condizioni ambientali interne, soprattutto luce e temperatura, non è ottimale ed, in pratica, non viene garantita una sufficiente omogeneità micro-climatica per le plantule contenute
- il loro funzionamento comporta un elevato dispendio energetico ed un non trascurabile impatto ambientale;
- le dimensioni utili interne sono piuttosto ridotte (se si vuole un accettabile controllo delle condizioni ambientali) con conseguente impossibilità di sperimentazioni su campioni di piante sufficientemente grandi da consentire, ad esempio, la riduzione statistica della variabilità genetica del campione stesso
- ciascuna unità di crescita opera in condizioni di sostanziale autonomia non permettendo né un tele-monitoraggio né un tele-controllo delle stesse.

A tali limiti si aggiunge il costo delle camere mediamente molto elevato anche perché l'offerta commerciale si risolve in pochissime ditte (non più di due o tre a livello nazionale) specializzate e, quindi, affidabili.

In ordine al secondo punto va precisato che la quasi totalità della produzione vivaistica è oggi assicurata da vivai più o meno grandi distribuiti su tutto il territorio nazionale. Tale organizzazione del settore comporta numerosi problemi:

- 1) I vivai sono numerosi, ma quasi sempre troppo piccoli per essere efficienti e competitivi sul piano economico;

- 2) A causa delle loro dimensioni, il più delle volte sono scarsamente meccanizzati e in nessun caso automatizzati;
- 3) Non sono, pertanto, in grado di assicurare cicli completi di produzione, conservazione e distribuzione per più specie (a volte per nessuna specie);
- 4) Il personale impiegato è scarsamente specializzato e/o aggiornato perché non vi sono margini economici per investire in personale qualificato o in innovazione tecnologica;
- 5) La distribuzione dei vivai sul territorio nazionale non è uniforme in rapporto alle regioni fitoclimatiche sicché in alcune aree la produzione è eccedentaria, in altre (la maggioranza) insufficiente;
- 6) In ogni caso, la produzione è quasi sempre di scarsa o scarsissima qualità, non omogenea e, quindi, di ridotto valore commerciale, quasi mai certificabile secondo quanto oggi richiesto dagli standard internazionali.

Quanto sopra elencato rappresenta la norma per i vivai pubblici, che coprono il 90% della produzione forestale, ma i vivai privati non sono regolati molto diversamente. Né la situazione appare tanto differente se si fa riferimento alla vivaistica di interesse agrario e, soprattutto, a quella ornamentale. La conseguenza è che spazi sempre più ampi del settore vivaistico vengono occupati dalle grandi imprese straniere, in particolare olandesi.

1.3 *Innovazione della soluzione proposta*

La soluzione ai problemi precedentemente illustrati non può risiedere nella mera riorganizzazione del settore che richiederebbe tempi lunghissimi ed ingenti investimenti, ma in un vero e proprio salto tecnologico che consenta di aggirare gli ostacoli oggi presenti e sia in grado di affrontare i nuovi scenari di settore che già cominciano a delinearsi, anche con riferimento alla sempre più necessaria conservazione della biodiversità.

Un concreto contributo alla soluzione dei problemi precedentemente illustrati può venire dalla realizzazione di unità di produzione flessibili e programmabili che permettano di applicare protocolli di crescita sperimentati e perfettamente replicabili. I vantaggi di un simile approccio sarebbero molteplici:

- Controllo totale delle condizioni dell'ambiente di crescita della piantine e, quindi, sganciamento dalle condizioni meteo-climatiche esterne.
- Impostazione, attraverso protocolli gestiti dal computer, delle condizioni ambientali ottimali per l'allevamento di ciascuna specie. In particolare tale soluzione renderà possibile, per gli utilizzatori, attingere ad un "data base" dei protocolli disponibili già

sperimentati con successo per le varie specie senza necessità di disporre di personale particolarmente specializzato.

- Possibilità di “certificare” il prodotto quando sviluppato adottando protocolli certificati.
- Possibilità di disporre di “servizi di tele-consulenza” da parte di organismi scientifici o consulenziali che possono accedere da remoto alle camere di crescita..
- Risparmio di spazio, terra, acqua, fertilizzanti ed energia.
- Sanità o, addirittura sterilità, dell’ambiente di crescita con conseguente inutilità di pesticidi e fitofarmaci.
- Qualità elevata del materiale prodotto, soprattutto in termini di uniformità.
- Sganciamento totale dai cicli climatici con possibilità di produrre piantine in qualsiasi luogo e durante tutto l’anno. Oggi, infatti, esistono le tecnologie (alla cui messa a punto anche il DAF ha dato il suo contributo) per conservare in cella fredda le piantine prodotte, anche per diversi mesi, con conseguente possibilità di avere materiale sempre disponibile per gli acquirenti.
- Flessibilità di installazione del sistema. Ciò significa eliminazione dell’obbligo di disporre di un vivaio (terreno, acqua, licenze, ecc.) e possibilità di produrre 24 ore su 24. In caso di installazione in container l’unità potrebbe, addirittura, operare su mezzi di trasporto.
- L’unità potrebbe essere sia acquistata che noleggiata, aprendo così il mercato anche a quei Clienti che si affacciano al mercato e che non vogliono o non possono far fronte ad investimenti significativi.

Questa tecnologia consentirebbe, inoltre, di “intervenire” rapidamente e *in situ* per la conservazione di specie rare, minacciate o a rischio di estinzione. Si porterebbe, infatti, il vivaio nel sito interessato (l’opposto di quanto oggi avviene: occorre raccogliere semi, talee o intere piantine e portarle in un centro attrezzato per la propagazione) e, simulando le condizioni ambientali del luogo, si potrebbero tentare operazioni di moltiplicazione altrimenti difficilmente realizzabili.

Al di fuori del contesto forestale ed, in particolare, nel settore agroalimentare e fitosanitario le unità mobili di allevamento potrebbero essere impiegate per produzioni in condizioni difficili o di emergenza come in zone aride (spesso coincidenti con i territori di paesi in via di sviluppo) o in aree colpite da crisi alimentari o, ancora, in situazioni belliche o di disastro post-bellico.

Infine, non va trascurato l’interesse che detta tecnologia potrebbe un domani rivestire per le stazioni lunari o su altri pianeti. Infatti, per quanto il discorso possa apparire futuribile, sono molti i

paesi che stanno investendo in tale direzione e anche in Italia l'Alenia Spazio sta sostenendo ricerche sulla possibilità di coltivazioni vegetali nello spazio.

1.4 Risultati attesi

La realizzazione di una Camera di Crescita completamente automatizzata, rispetto alle apparecchiature attualmente in commercio, offrirebbe una serie di vantaggi che, oltre al miglior controllo dei parametri ambientali e del dispendio energetico, sarebbero dati fondamentalmente da:

- Automazione completa del ciclo di allevamento. Ciò significa non dover “aprire” periodicamente la camera (ad esempio, per il rifornimento di acqua alle piantine). L'operazione, oggi inevitabile, comporta frequenti rischi di inquinamento batterico e fungino delle colture e alterazione sistematica delle condizioni ambientali interne che si risolve, nella migliore delle ipotesi, con un maggiore consumo di energia della macchina che deve ripristinare le condizioni iniziali.
- Possibilità di controllo continuo della crescita e dello sviluppo delle piantine attraverso un sistema di telecamere e con sensori di misura. Tale opzione, insieme con la possibilità di variare dall'esterno i parametri ambientali interni, consentirebbe una GA (growth analysis) completa in tempo reale.
- L'ottimo controllo e, soprattutto, l'uniformità e stabilità del clima interno della camera di crescita semplificherebbe notevolmente i disegni sperimentali e la necessità di repliche che oggi vengono adottati per azzerare statisticamente la variabilità dipendente dai parametri ambientali. L'interpretazione dei dati sarebbe molto più facile ed immediata e la variabilità genetica verrebbe meglio apprezzata, salvo ridurla, come sopra ricordato, attraverso la possibilità di ospitare nella macchina campioni statistici di grandi dimensioni.
- Eliminazione della necessità di presidio o di controllo ravvicinato della macchina, sia per le operazioni routinarie connesse con la conduzione degli esperimenti sia per quelle di emergenza grazie alla possibilità di gestire il sistema per telecontrollo anche via internet.
- Disponibilità di un ambiente “confinato” in cui tutte le operazioni sono gestite dall'esterno “a scatola chiusa”. Ciò può risultare di estrema importanza quando si opera con OGM o con organismi per i quali è consigliabile evitare il contatto con le altre piante.
- Possibilità, “in prospettiva” di utilizzare il sistema anche per esperimenti su funghi, batteri, o altri organismi, modificando opportunamente i “trays” attualmente dimensionati per lo studio delle piantine.

1.5 Impostazione del progetto

Il progetto "Fully Automated Growth Chamber" consiste nello studio sperimentale e la successiva realizzazione prototipica di un sistema completo per la germinazione e la conservazione temporanea di plantule destinate al successivo impianto.

Il sistema sarà composto da due tipi di Moduli, il primo tipo (Tipo G) sarà dedicato alla germinazione dei semi mentre il secondo (Tipo S) sarà dedicato allo stoccaggio delle plantule. Il sistema sarà composto da un mix di Moduli G e Moduli S in proporzioni adeguate alle capacità dei moduli, ai volumi da trattare ed alle durate dei rispettivi periodi.

Dal punto di vista generale il Sistema oggetto dello Studio Sperimentale verrà impostato secondo le seguenti linee guida:

- Autonomia operativa – I Moduli del sistema dovranno operare in completa autonomia, garantendo che i parametri significativi dello specifico Modulo (Germinazione o Stoccaggio) siano controllati e mantenuti entro i profili definiti dai rispettivi “protocolli” senza necessità di intervento da parte degli Operatori addetti.
- Tele-controllabilità – I Moduli del sistema dovranno permettere agli Operatori di tele-impostare, attraverso un PC remoto connesso via rete intranet / internet, il protocollo di funzionamento da mettere in atto su ciascun Modulo. Una volta impostati i protocolli applicabili i Moduli dovranno operare in completa autonomia operativa, indipendentemente dalla disponibilità o dalla connessione del PC remoto utilizzato per la tele-impostazione dei protocolli.
- Tele-sorveglianza – I Moduli del sistema dovranno garantire agli Operatori la possibilità di monitorare con continuità, attraverso un PC remoto connesso via rete intranet / internet, i parametri significativi della specifica fase (Germinazione o Stoccaggio) visualizzandone i valori istantanei sia in forma tabellare che in forma grafica. Inoltre i Moduli di Tipo G dovranno permettere agli Operatori la visualizzazione (eventualmente a bassa risoluzione temporale) delle immagini relative allo stato di accrescimento delle plantule su N canali di visualizzazione selezionabili.
- Registrazione dei Dati – I Moduli del sistema dovranno garantire, attraverso un PC remoto connesso via rete intranet / internet, la registrazione dei parametri significativi della specifica fase campionati ad intervalli di 30 secondi.
- Registrazione delle Immagini – I Moduli di Tipo G dovranno permettere la registrazione delle immagini relative allo stato di accrescimento delle plantule memorizzando almeno 1 frame/minuto per ognuno degli N canali di visualizzazione.

- Autonomia Idrica – I Moduli del sistema dovranno essere progettati e realizzati in modo da utilizzare l’acqua immessa nel sistema (in un opportuno serbatoio di stoccaggio) recuperando sia l’acqua di sgocciolamento che l’acqua di evaporazione e re-impiegandola per l’umidificazione dell’aria e per la nebulizzazione delle plantule.
- Ottimizzazione Energetica – I Moduli del sistema dovranno essere progettati e realizzati in modo da minimizzare lo scambio di energia tra il sistema e l’ambiente esterno sia come scambio di energia termica che come scambio di aria calda/fredda.

I Moduli saranno tenuti normalmente chiusi, limitando l’accesso agli stessi solo ai momenti di inizio e fine delle fasi di germinazione e di stoccaggio.

1.6 Fasi di realizzazione

Il Sistema verrà realizzato in sei fasi:

- Fase 1. Analisi e Specificazione - Verranno individuati ed analizzati i parametri caratterizzanti di ciascun Modulo del Sistema stabilendo entro quali limiti ciascun parametro dovrà essere misurato e controllato.
- Fase 2. Linguaggio di Specifica del Protocollo - Verrà definita una grammatica ed una sintassi che permette di definire, utilizzando un linguaggio formale, i protocolli di funzionamento dei Moduli del Sistema.
- Fase 3. Progetto Elettrico e Meccanico – Verranno definite le specifiche soluzioni tecniche che permettono la realizzazione di ciascuno dei due Tipi di Moduli che costituiscono il Sistema, nel rispetto di quanto risulterà dallo studio di Fase 1.
- Fase 4. Progetto Elettronico e Logico – Verranno definiti e realizzati i programmi applicativi (Firmware) residenti nei diversi controllori logici che verranno utilizzati per la gestione delle funzioni di basso livello (misura, attuazione, controllo) degli elementi elettrici e meccanici che realizzano i Moduli del sistema. Verranno altresì definiti e realizzati i programmi applicativi (Software) da installare nei PC remoti che saranno utilizzati per la descrizione dei protocolli, per la tele-impostazione dei protocolli nei Moduli, per la tele-sorveglianza del funzionamento e per la registrazione dei dati e delle immagini.
- Fase 5. Integrazione e Collaudo – Verranno integrate le diverse parti ed elementi che costituiscono i due tipi di Moduli e verrà verificato il funzionamento degli elementi

degli stessi in accordo al progetto ed in accordo a quanto definito per le funzionalità dei diversi Firmware e Software.

Fase 6. Accettazione del Progetto – I prototipi dei Moduli G ed S verranno provati in esercizio sperimentale verificandone le funzionalità e la capacità di mantenere i parametri significativi entro i limiti specificati dagli specifici protocolli applicati.

1.7 Composizione del sistema

Il sistema nel suo insieme sarà costituito da più Moduli di tipo G e di tipo S che verranno gestiti e monitorati da uno o più unità PC connesse ai Moduli suddetti attraverso rete TCP/IP che potranno essere predisposte per svolgere funzioni di controllo e monitoraggio e/o di data-logging. In particolare il sistema nel suo insieme sarà costituito da:

- Uno o più PC-Controller che permetteranno agli Operatori, anche remoti, di visualizzare lo stato istantaneo e l'andamento temporale dei parametri caratterizzanti del ciclo di trattamento termico delle plantule e di visualizzare le immagini prodotte dalle WebCam di tele-sorveglianza dello stato di crescita delle stesse
- Un PC-Logger che avrà il compito di rilevare e memorizzare i valori dei parametri caratterizzanti del ciclo di trattamento in atto e di memorizzare campioni delle immagini prodotte dalle WebCam di tele-sorveglianza dello stato di crescita delle plantule
- Uno o più G-Module dedicati alla fase di germinazione e crescita delle plantule e capaci di trattare un insieme di almeno 20 plateau standard (da 30 cm x 50 cm) secondo specifici protocolli che definiscono cicli di illuminazione, cicli termo-igrometrici e cicli di irrorazione identici per l'insieme dei plateau trattati dal modulo
- Uno o più S-Module dedicati alla fase di conservazione delle plantule e capaci di immagazzinare un insieme di almeno 60 plateau standard (da 30 cm x 50 cm) secondo specifici protocolli che definiscono cicli di trattamento termo-igrometrico identici per l'insieme dei plateau trattati dal modulo

I moduli G-Module ed S-Module avranno una dimensione approssimativa (LxHxW) di 180cm x 260cm x 90cm ed, a loro volta, saranno costituiti da un Corpo dotato di buon isolamento termico e fornito di due ante apribili nella parte anteriore. Il Corpo sarà sormontato dall'Unità di Trattamento Aria (UTA) ed appoggerà sull'Unità di Depurazione Acqua (UDA).

L'Unità di Trattamento Aria UTA avrà le funzioni di:

- Prelevare l'aria dal Modulo
- Abbassare la temperatura fino a 3°C, recuperando l'acqua ceduta nella trasformazione che verrà trasferita per caduta all'ingresso dell'unità UDA
- Filtrare l'aria attraverso una batteria di filtri progressivi
- Sterilizzare l'aria attraverso il passaggio in un tubo con al centro una fonte di irraggiamento UV
- Rialzare la temperatura dell'aria e la sua umidità relativa fino a portarla ai valori termigrometrici previsti da protocollo in atto; l'acqua nebulizzata nel flusso d'aria verrà prelevata all'uscita dell'unità UDA
- Immettere, se necessario, un quantitativo di gas (CO₂ o altro) prelevato da bombola per riportare la miscela di aria immessa nei limiti definiti dal protocollo.

L'Unità di Depurazione Acqua UDA avrà le funzioni di:

- Prelevare l'acqua proveniente dal recupero di condensa dell'UTA (a valle del raffreddamento), dallo sgocciolamento della fase di irrorazione ed, ove necessario, da un serbatoio di riserva contenente acqua demineralizzata in quantità sufficiente per l'intero ciclo di trattamento
- Far decantare per gravità le eventuali impurità in sospensione mediante il passaggio dell'acqua attraverso diversi setti a caduta
- Filtrare l'acqua spingendola a pressione attraverso una batteria di filtri progressivi
- Sterilizzare l'acqua attraverso il passaggio in un tubo con al centro una fonte di irraggiamento UV

L'acqua ottenuta a valle dell'unità UDA verrà utilizzata sia per l'umidificazione dell'aria nell'unità UTA che per la fase di irrorazione delle plantule (ove previsto - solo nel Modulo G).

All'interno del Corpo del Modulo G saranno alloggiate le apparecchiature in grado di provvedere all'illuminazione dei plateau contenenti le plantule ed alla loro ventilazione con l'aria proveniente dall'unità UTA. Le stesse apparecchiature provvederanno ad effettuare misure puntuali di temperatura dell'aria di ventilazione e saranno in grado di variare localmente la velocità del flusso d'aria al fine di ottenere la desiderata omogeneità della temperatura all'interno del Modulo.

All'interno del Corpo del Modulo G saranno altresì alloggiate le apparecchiature in grado di provvedere (ciclicamente) all'irrorazione dei plateau contenenti le plantule pesando gli stessi prima,

durante e dopo la fase di irrorazione al fine di ottenere la desiderata imbibizione di acqua nei singoli plateau.

1.8 Specifiche attività dei Soggetti attuatori

Consorzio T8

Dipartimento DAF

Il DAF nell'ambito del progetto curerà tutti gli aspetti legati alla componente biologica, fornendo le indicazioni relative ai parametri ambientali, ai sensori e agli apparati di misura necessari per l'allevamento e lo studio delle piante.

In particolare il DAF svolgerà le seguenti attività specifiche:

- redazione dei requisiti operativi per i moduli G e S specificando i parametri foto-termo-igrometrici da controllare, i limiti e l'accuratezza di misura, i margini di regolazione
- sviluppo di un "metodo formale" per la definizione dei protocolli di crescita da utilizzare come standard per la descrizione, la memorizzazione e la distribuzione dei protocolli di crescita
- analisi comparativa delle specie vegetali da considerare per la fase sperimentale; scelta di un numero limitato (da 4 a 10) specie vegetali da utilizzare per la sperimentazione
- predisposizione dei protocolli di allevamento e di analisi per le singole specie vegetali prescelte, descritto secondo il formalismo standard concordato
- validazione preliminare dei singoli componenti del sistema attraverso sperimentazione degli stessi in un contesto di laboratorio
- validazione del funzionamento del sistema nel suo insieme
- redazione dei rapporti di sperimentazione

2 MATERIALI E METODI

2.1 Ricerca preliminare di laboratorio e di campo per l'analisi comparativa delle specie vegetali da considerare per la fase sperimentale; scelta di un numero limitato di specie (da 4 a 10) di specie vegetali da utilizzare per la sperimentazione.

La scelta per testare la validità del nuovo apparato per l'allevamento "controllato" è caduta sulle seguenti specie: *Arbutus unedo* L., *Myrtus communis* L., *Pinus pinea* L. e, in subordine, *Quercus ilex* L. e *Fagus sylvatica* L. e *Carpinus betulus* L., tutte specie della dendroflora italiana e, in particolare laziale, di grande importanza ambientale e commerciale. Si tratta, infatti, di piante che vengono prodotte in significative quantità nei vivai regionali e nazionali, sia per sostenere i vari programmi di rimboschimento sia per scopi ornamentali.

Il mirto (*Myrtus communis* L.) è un arbusto sempreverde tipico della flora mediterranea appartenente alla famiglia delle *Mirtaceae*. La coltivazione di questa pianta è stata incoraggiata dalla PAC (Politica Agricola Comune) europea come specie "alternativa" per le sue proprietà farmacologiche e medicinali. I semi del mirto sono dormienti e, pertanto, richiedono specifici trattamenti come prerequisito per ottenere una germinazione completa e omogenea. La germinabilità media si aggira intorno al 50-80%. Il pretrattamento necessario per rompere la dormienza prevede la conservazione del seme a 4°C per quattro mesi. Poi i semi sono lavati in acqua e scarificati per 15 minuti con H₂SO₄ al 96% e reimmersi per 24 ore in acqua distillata. Dopo questo trattamento i semi germinano in circa 20 giorni a 25 °C.

Il corbezzolo (*Arbutus unedo* L.) è un arbusto o un piccolo albero mediterraneo appartenente alla famiglia delle *Ericaceae*. La specie è molto apprezzata a livello ornamentale per i fiori e i suoi frutti eduli, ma è anche di notevole importanza per le opere di rimboschimento o rinaturalizzazione di ambienti degradati e suoli soggetti ad erosione anche per via della sua capacità di emettere ricacci dopo il passaggio del fuoco. Anche il legno sembra avere interessanti prospettive di utilizzazione.

La germinabilità media del seme è intorno al 60-90%. I semi presentano dormienza che può essere interrotta mediante stratificazione a 5°C per 20-60 giorni su substrati umidi e aerati. Dopo la germinazione si ha in 30-40 giorni a 20°C. Un metodo alternativo prevede l'impiego di acido

gibberellico (GA3). Il trattamento con 300mg.L-1 GA3 garantisce la germinazione dell'84% dei semi dopo 4 settimane.

Il pino domestico (*Pinus pinea* L.) è un albero, appartenente alla famiglia delle *Pinaceae*, ampiamente coltivato nei vivai italiani e dell'Europa meridionale e ha una enorme importanza commerciale per la produzione di pinoli. Questi, oltre all'uso alimentare che se ne fa abitualmente sono oggi richiesti dall'industria per le loro proprietà medicinali (alto contenuto di acido linoleico, proteine, vitamine B1 e B2). L'importanza forestale del pino domestico è nota: il legno è impiegato per la costruzione di imbarcazioni, produce resina, caratterizza il paesaggio costiero e quello urbano di molte città.

La specie non presenta dormienza fisiologica e mostra una germinabilità media intorno all'80-90%. Prima di essere posti a germinare, generalmente a 20°C, è buona norma tenerli immersi in acqua per un giorno.

Il faggio (*Fagus sylvatica* L.), albero di prima grandezza appartenente alle *Fagaceae*, si può definire, insieme con le querce caducifoglie, la specie forestale per eccellenza, sia per la sua diffusione in Europa sia per l'impiego del suo legno. In Italia è presente nella fascia alpina e lungo tutta la catena appenninica. Il legno viene ampiamente usato nell'industria del mobile e dell'oggettistica. Il seme presenta dormienza fisiologica e richiede per germinare una stratificazione a (3) 5°C da due a sei mesi. Tale temperatura sembra essere quella ottimale anche per la germinazione. La germinabilità comunque difficilmente supera il 75%.

Il leccio (*Quercus ilex* L.) è una quercia sempreverde della famiglia delle *Fagaceae* e rappresenta il principale componente dei boschi mediterranei. E' ampiamente utilizzata nei parchi, nei giardini e nelle alberature stradali, oltre che nei lavori di restauro ambientale, e fornisce la migliore legna da ardere o da carbonificazione di tutto il mediterraneo. Il seme non presenta dormienza e possiede una facoltà germinativa pari al 60 – 70%. Per aumentare l'energia germinativa è opportuna l'immersione in acqua per due giorni prima della semina.

Il carpino (*Carpinus betulus* L.), appartenente alla famiglia delle *Betulaceae*, è un'importante specie forestale ampiamente diffusa nell'Europa centro-orientale mentre in Italia si ritrova principalmente in area padana e sporadicamente sull'Appennino. In Italia è da oltre un decennio oggetto di particolare interesse come specie ornamentale e, per tale motivo, è largamente coltivato nei vivai. Il seme è dormiente con la peculiarità che la dormienza non è solo fisiologica, ma anche tegumentaria sicché, insieme con la stratificazione, occorrono trattamenti di scarificazione chimica o meccanica. La germinabilità è compresa tra 50 e 60%.

Il seme utilizzato per le prove è stato raccolto nelle seguenti località:

Mirto: Località Manarola presso Formia (Parco regionale dei Monti Aurunci); loc. Lama Coppa presso Ostuni (Puglia); Poggio Mirteto (Rieti). Purezza del seme pari al 100%.

Corbezzolo: Località Lama Coppa presso Ostuni (Puglia). Purezza del seme pari al 100%.

Pino domestico: Duna Feniglia presso Orbetello (Grosseto), Bosco n.5 del Libro Nazionale dei Boschi da Seme. Purezza del seme pari al 98%.

Faggio: Località Monte Venere presso Caprarola (Viterbo). Purezza del seme pari al 100%.

Leccio: Località santa Teresa presso Caprarola (Viterbo). Purezza del seme pari al 100%.

Carpino bianco: Monti Cimini (Viterbo). Purezza del seme pari al 100%.

2.2 Test di vitalità e impostazione delle prove di germinazione

Prima di procedere alle prove comparative per l'allevamento nella camera di crescita e avviare la messa a punto dei protocolli di produzione delle piantine, sono state condotti saggi di vitalità del seme utilizzando il metodo colorimetrico dei Sali di tetrazolo (topographical tetrazolium test, TTZ). I semi, dopo immersione per 24 ore in acqua a temperatura ambiente, sono stati liberati dei tegumenti, immersi in una soluzione allo 0.5% di 2,3,5-triphenyl tetrazolo cloruro e lasciati all'ombra per 24 ore. Quindi, ricordando che i semi vitali si colorano in rosso, se ne è valutata la vitalità.



Fig. 1. Test di vitalità con i sali di tetrazolo.

Per la durata del test e per le altre condizioni della prova sono stati usati, come confronto, i protocolli ufficiali dell'ISTA (International Seed Testing Association, Associazione Internazionale per le Prove sui Semi), ultimo aggiornamento (Seed Science and Technology, 2007). Tali standard, che nel caso particolare casualmente coincidono per le varie specie, vengono di seguito riportati.

Myrtus communis

Durata: 28 giorni

Luce 8h, temperatura 20°C

Ombra 16h, temperatura 20°C

Arbutus unedo

Durata: 28 giorni

Luce 8h, temperatura 20°C

Ombra 16h, temperatura 20°C

Pinus pinea

Durata: 28 giorni

Luce 8h, temperatura 20°C

Ombra 16h, temperatura 20°C

Quercus ilex

Durata: 28 giorni

Luce 8h, temperatura 20°C

Ombra 16h, temperatura 20°C

Fagus sylvatica

Durata: 28 giorni

Luce 8h, temperatura 20°C

Ombra 16h, temperatura 20°C

Carpinus betulus

Durata: 28 giorni

Luce 8h, temperatura 20°C

Ombra 16h, temperatura 20°C

2.3 Redazione dei requisiti operativi per i moduli G e S specificando i parametri foto-termo-igrometrici da controllare, i limiti e l'accuratezza di misura, i margini di regolazione.

Le prime prove mirate a definire i parametri foto-termo-igrometrici in termini di efficacia per l'allevamento delle specie selezionate, hanno riguardato prima i valori di temperatura e di umidità e successivamente quelli relativi alla luce.

I vari confronti per la scelta del migliore pretrattamento del seme atto a romperne la dormienza hanno dimostrato che la variabile più importante per ottenere risultati significativi è il tempo di stratificazione. Solo *Arbutus unedo*, *Carpinus betulus*, *Fagus sylvatica* e *Myrtus communis*, essendo semi *dormienti*, hanno bisogno di essere pretrattati per poter germinare. Dai vari test è risultato che i semi di mirto, corbezzolo, carpino e faggio vanno stratificati a 3°C su un letto di perlite e torba (50:50), in condizioni di umidità costante e per un periodo di tempo di 4 settimane per il mirto, di circa 6 settimane per il corbezzolo e per il carpino e di 8 settimane per il faggio. Comunque, per tutte le specie, il periodo di pretrattamento può variare in funzione della provenienza e dello stato fisiologico del campione e si ritiene terminato allorquando sono visibili i primi segni di germinazione.



Fig. 2. Allestimento per la stratificazione a 3 °C in torba/perlite al 50% in condizioni umide. L'umidità era garantita attraverso un collegamento fatto di stringhe di cotone che, pescando sul fondo della vasca contenente 5 cm di acqua, manteneva saturo il substrato posto sulla griglia. Infine, i semi sono stati coperti con uno strato di perlite umida.

I semi di *Pinus pinea* e *Quercus ilex* germinano prontamente quando posti nelle migliori condizioni di germinazione.

Le prove di germinazione sono state condotte su quattro repliche di 100 semi per ciascuna delle specie considerate in una camera di crescita della ditta AHSI-Angelantoni di Perugia (Intelligent Lighting Incubator Model 300B). I semi, trattati con fungicida Benlate (0.6g/l), sono stati posti su dischi di carta bibula saturata di acqua distillata all'interno di capsule Petri autoclavate. I migliori risultati sono stati ottenuti eseguendo la germinazione nelle camere di crescita per un periodo di circa 30 giorni sotto condizioni di illuminazione di 20.000 lux (lampade HID), ad una temperatura di $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ed un fotoperiodo di 18 ore. L'irrigazione è stata fornita per aspersione a giorni alterni e non è stata effettuata alcuna concimazione. L'umidità relativa è stata mantenuta intorno all' $80\% \pm 10\%$.



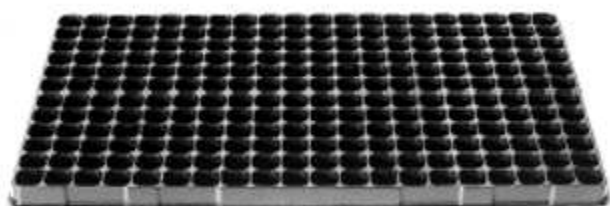
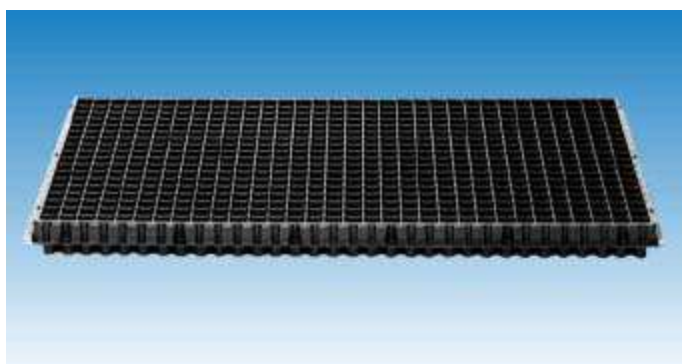
Fig. 3. Semi di *Myrtus communis* lavati e preparati per le prove di germinazione

I semi delle specie esaminate, con o senza pretrattamento, sono stati posti a germinare in contenitori di plastica denominati QuickPot della ditta Herkuplast-Kubern (Germania) costituiti da un numero variabile di celle con diverse dimensioni; i vari tipi di contenitori proposti dalla ditta vengono selezionati in base alla grandezza del seme e al tipo di sviluppo iniziale presentato dalle plantule. I contenitori possono essere forniti provvisti di un particolare terriccio a base di torba, resa

compatta da un legante per facilitare le successive fasi di trapianto (PF, Preforma – mixture PP01, Jiffy®), o vuoti.

Sono stati impiegati i seguenti contenitori, sia già provvisti di terriccio Preforma che vuoti (in quest'ultimo caso si è adoperato un terriccio commerciale fornito dal vivaio Torsanlorenzo):

QPD 160 (27 mm diam. x 37 mm h) con densità di 975 semenzali/ m² e 18.0 cc ; QPD 240 (22x60 mm h), 1460 semenzali/ m² e 9.0 cc; QPD 360 (20x40 mm h) , 1820 semenzali/ m² e 9.0 cc; QPD 576 (13x30 mmh) con densità di 3500 semenzali/ m².



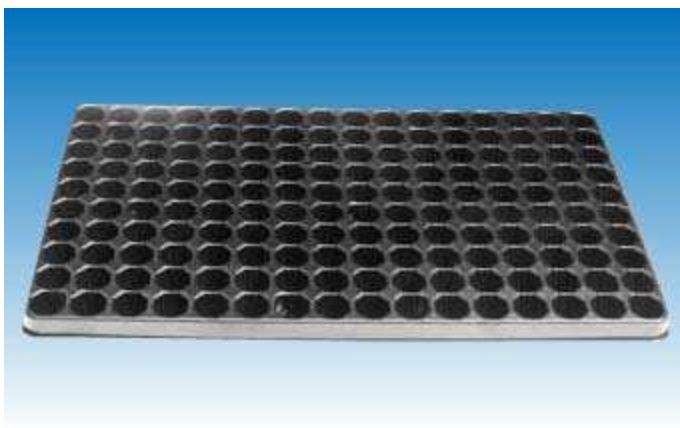


Fig. 4. I tre tipi di contenitori testate. In alto QPD 576 (D1), al centro QPD 360 (D2), in basso QPD 160/3.7 (D3).

La migliore performance delle plantule è stata registrata con il terriccio Preforma e con densità che varia con le specie:

- *Arbutus unedo* e *Myrtus communis* : Preforma e QPD 576.
- *Carpinus betulus*: Preforma e QPD 240/6
- *Fagus sylvatica*: Preforma e QPD 160/5.5R
- *Quercus ilex*: Preforma e QPD 240/6
- *Pinus pinea*: Preforma e QPD 160/5.5R

Al termine del periodo di germinazione le plantule ottenute sono state trapiantate in contenitori di maggiori dimensioni, per favorire il successivo sviluppo, e trasferite in serra. Le immagini che seguono illustrano i risultati ottenuti con le diverse specie.



Fig. 5. Determinazione del tasso di sopravvivenza delle piantine di pino domestico



Fig. 6. Stato delle piantine di corbezzolo dopo tre settimane dalla nascita



Fig. 7. Semenzali di *Quercus ilex* in contenitori QPD 240/6 e substrato Preforma.



Fig. 8. Semenzali di *Fagus sylvatica* in contenitori QPD 160/5.5R e substrato Preforma.

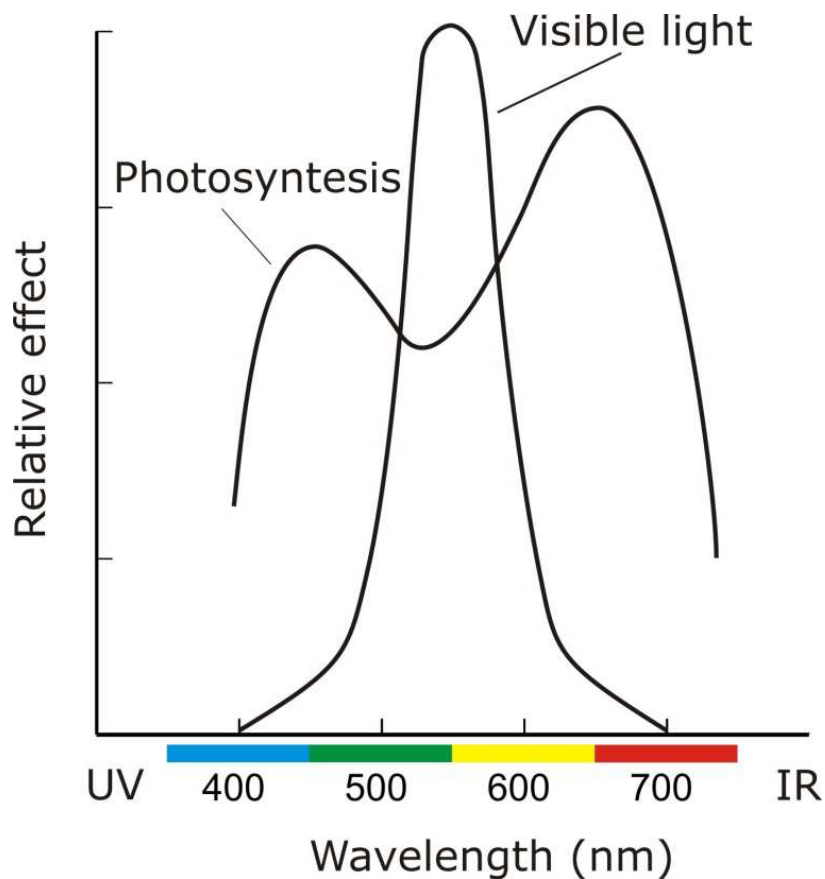


Fig.9. Semenzali di *Carpinus betulus* in contenitori QPD 240/6 e substrato Preforma.

2.4 Test di Luminosità

L'illuminazione di una camera di crescita destinata alla produzione di piantine (o fitotrone) rappresenta sempre il problema di più difficile soluzione giacché occorre trovare la giusta combinazione di lunghezze d'onda e intensità luminosa che consentano lo svolgimento della fotosintesi ai più alti livelli di efficienza. Infatti, l'intero ciclo di vita delle piante è condizionato dalla luce. Per garantirne una crescita rapida e armoniosa è necessario che la radiazione luminosa sia corretta qualitativamente (intensità luminosa) e quantitativamente (spettro di emissione). La luce è composta da fasci di colore distinti, che corrispondono a determinate lunghezze d'onda. La loro presenza invia alla pianta un determinato segnale e promuove un certo processo di sviluppo.

Rispetto agli esseri umani, le piante hanno una diversa reazione sensibile alla luce con varie lunghezze d'onda. Solo una frazione della luce visibile all'occhio umano contribuisce alla crescita (fotosintesi) delle piante, cioè la luce con lunghezze d'onda comprese tra 400 e 700 nm. Si tratta della cosiddetta **zona PAR** (PAR = Photosynthetic Active Radiation). Circa il 45% delle radiazioni complessive della luce diurna è compreso tra 400 e 700 nm. Quindi, circa il 45% delle radiazioni complessive è PAR.



Come è noto, la **fotosintesi** è un processo fotochimico nel quale l'energia luminosa è assorbita dalla clorofilla e dai carotenoidi presenti nelle foglie. Questa energia è utilizzata per produrre zuccheri dall'anidride carbonica (CO₂) assorbita dalle foglie. Il processo può essere così schematizzato:



anidride carbonica + acqua + energia luminosa = zucchero + ossigeno

Tutti gli organismi vegetali provvisti di clorofilla necessitano di energia radiante fotosinteticamente attiva per vivere e accrescersi. Le migliori condizioni per la sopravvivenza e per l'accrescimento sono condizionate da intensità luminose i cui livelli "cardinali" (minimum, optimum e maximum) si diversificano a seconda del genotipo ma possono variare anche in relazione all'età, alla posizione sociale e alle condizioni vegetative della pianta.

La grande distinzione “storica” sul foto temperamento delle specie vegetali è quella in **eliofile** e **sciafile**. Le prime, fin dalla nascita, necessitano di piena luce per sopravvivere; le seconde, invece, traggono vantaggio dall’ombreggiamento o comunque vi si adattano.

Differenti risposte ai vari livelli di energia radiante fotosinteticamente attiva sono riscontrabili non solo fra specie o individui diversi, ma anche tra foglie della stessa pianta. Ogni individuo è infatti in possesso di foglie di luce e di foglie d’ombra. Le prime sono situate nelle posizioni periferiche della chioma e sono spesso fornite di PAR in eccesso rispetto alle loro necessità fisiologiche; le seconde si localizzano invece all’interno o alla base della chioma, dove fruiscono di scarsi livelli di PAR.

Fra i due tipi di foglia esistono importanti differenze fisiologiche. Si intende per **punto di saturazione luminoso** l’irradianza oltre la quale non si ha più incremento di fissazione della CO₂ netta e in corrispondenza della quale si raggiunge la massima velocità di fotosintesi.

Il **punto di compensazione** è invece l’irradianza alla quale le perdite di CO₂ per respirazione sono esattamente bilanciate dai guadagni foto sintetici. Si tratta di un parametro di grande importanza; infatti, affinché si possa avere la formazione di nuovi tessuti, il bilancio fotosintesi/respirazione deve essere in attivo (esso è comunque negativo durante la notte, in cui ha luogo la respirazione).

Il punto di saturazione è più alto per le foglie di luce, in cui la fotosintesi netta aumenta con l’aumentare della disponibilità luminosa, fino ad alti valori di quest’ultima. Le foglie d’ombra delle specie arboree generalmente arrivano al punto di saturazione luminosa attorno a 200-300 $\mu\text{mol di fotoni} \times \text{m}^{-2} \times \text{s}^{-1}$, mentre per quelle periferiche a maggior resa, si oscilla fra 600 e 1000 (a volte anche oltre) $\mu\text{mol di fotoni} \times \text{m}^{-2} \times \text{s}^{-1}$.

Anche il punto di compensazione delle foglie di luce corrisponde a intensità luminose elevate, mentre le foglie d’ombra hanno una respirazione meno intensa di quelle di luce e raggiungono così la compensazione in corrispondenza di minori apporti di energia radiante: le foglie d’ombra a bassa irradianza presentano una velocità di fotosintesi netta più elevata di quella delle foglie di luce, rispetto alle quali sono più efficienti.

L’influenza della luce sulla vita delle piante dipende anche dall’interazione con altri fattori (fertilità del suolo, disponibilità idriche etc.).

Le reazioni di una pianta alle varie intensità luminose possono essere legate anche alla sua storia ecologica.

Anche all’interno dell’intervallo PAR, non tutte le piante sono egualmente sensibili alle lunghezze d’onda. Ciò è dovuto, tra l’altro, all’assorbimento specifico di ogni tipo di pigmenti delle

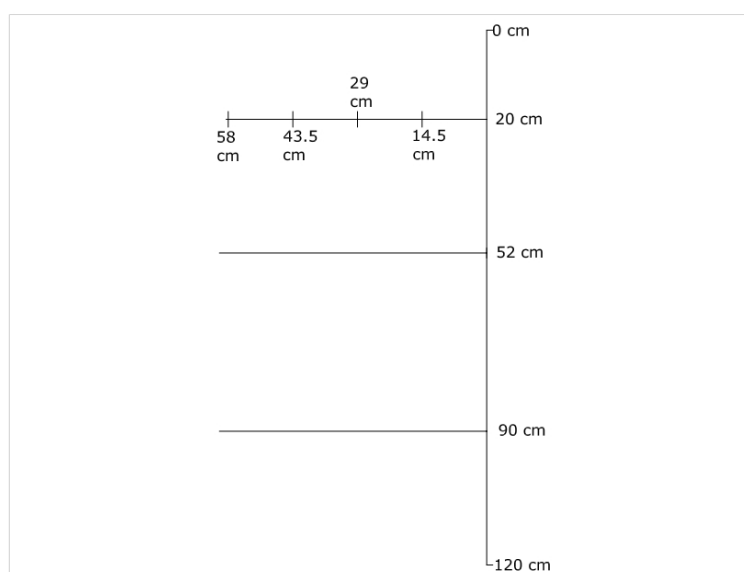
foglie, dei quali la clorofilla è solo il più noto. A causa di una riflessione e di una trasmissione relativamente forti, la luce verde è quella utilizzata meno efficacemente dalla foglia. Questo spiega perché le foglie sono percepite come verdi dall'occhio umano. L'effetto delle radiazioni con varie lunghezze d'onda sulla crescita delle piante è illustrato dalla curva di sensibilità di un vegetale. Poiché la fotosintesi è il più importante processo di crescita, si utilizza uno spettro di azione che descrive il modo in cui si determina il tasso di fotosintesi con le varie lunghezze d'onda. Questo spettro di azione della fotosintesi è basato sul numero di fotoni (quantum leggeri) assorbito per lunghezza d'onda. Tale spettro di azione è noto anche con il nome di **'efficienza quantica spettrale'**.

Le ricerche (McCree 1972) hanno dimostrato che lo scostamento medio rispetto al valore medio di varie specie vegetali non supera il 5%. È stato anche illustrato che l'efficienza quantica è maggiore nella zona arancione-rossa; in altre parole, questo tipo di luce assicura la fotosintesi più efficace. Questo non significa però che le piante possano crescere utilizzando esclusivamente questo colore dello spettro luminoso. Per svilupparsi normalmente, è estremamente importante che le piante ricevano uno spettro ben equilibrato. La quota di luce blu è molto importante ai fini di un sano sviluppo delle piante. Una carenza di luce blu provoca una crescita eccessiva degli steli e determina talvolta l'ingiallimento delle foglie. Anche il rapporto rosso/infrarosso ha la sua importanza nello sviluppo delle specie vegetali. Una bassa quota di infrarosso impedisce la crescita degli steli. Queste reazioni sensibili variano da una specie vegetale all'altra.

Per valutare l'efficienza della sorgente luminosa proposta nell'ambito del progetto sono state messe a confronto le performances di germinazione e di crescita delle specie considerate in quattro condizioni diverse più una variante:

1. Camera di crescita tradizionale (quella sopra descritta) con illuminazione laterale prodotta da tubi fluorescenti.
2. (1a) Stessa camera di crescita con uno specchio riflettente per evitare fenomeni di fototropismo e conseguente curvatura delle piantine.
3. Camera di crescita tradizionale, ma con sorgente luminosa (tubi fluorescenti) posta sul soffitto della cella.
4. Camera di crescita con sorgente luminosa costituita da un sistema commerciale di luci led rosse alternate a blu (LEDUFO, vedi caratteristiche in appendice).
5. Pannello sperimentale con "bande" di luci led bianco-gialle.

Per rendere confrontabili i dati è stata innanzitutto misurata, mediante apposito rilevatore, la PAR all'interno della cella tradizionale secondo lo schema sotto riportato. Determinato il valore maggiore, risultato paria a $220 \mu\text{mol} \times \text{m}^{-2} \times \text{s}^{-1}$, si è scelto quello come riferimento e si è fatto in modo di riprodurlo nelle altre tesi.



I parametri temperatura, fotoperiodo e umidità sono stati fissati secondo quanto emerso dalle prove descritte in precedenza. I risultati confermano quanto previsto:

- 1) nella cella tradizionale la germinazione è molto più lenta per via della disposizione non ottimale della sorgente luminosa;
- 2) nella cella tradizionale si nota un forte fototropismo;
- 3) all'interno della cella con il pannello luminoso sperimentale il tropismo è totalmente assente e la germinazione molto più rapida.

Le prove più numerose sono state effettuate sul faggio, specie per la quale è stato possibile fare anche un confronto con le condizioni di luminosità che si riscontrano in natura. Sono state

effettuate delle misurazioni nella faggeta di Soriano nel Cimino: i risultati hanno evidenziato come , nella fase di rinnovazione, le piantine di faggio hanno a disposizione una PAR molto modesta (da 14 a 54 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, molto meno del nostro prototipo in cui i valori si attestano intorno a 250).

Di seguito vengono riportati alcuni dati di germinazione nelle differenti condizioni in esame:

1° Giorno

Pannello luminoso prototipo	23 semi germinati su un totale di 50
Cella tradizionale con sorgente lum. laterale	3 semi germinati su un totale di 50
Cella tradizionale con lo specchio	7 semi germinati su un totale di 50
Cella tradizionale con sorgente sul “soffitto”	0 semi germinati su un totale di 50

2°Giorno

Pannello luminoso prototipo	34 semi germinati su un totale di 50
Cella tradizionale con sorgente lum. laterale	12 semi germinati su un totale di 50
Cella tradizionale con lo specchio	17 semi germinati su un totale di 50
Cella tradizionale con sorgente sul “soffitto”	13 semi germinati su un totale di 50

3°Giorno

Pannello luminoso prototipo	44 semi germinati su un totale di 50 di cui 7 con cotiledoni aperti
Cella tradizionale con sorgente lum. laterale	30 semi germinati su un totale di 50
Cella tradizionale con lo specchio	40 semi germinati su un totale di 50 di cui 3 con cotiledoni aperti
Cella tradizionale con sorgente sul “soffitto”	33 semi germinati su un totale di 50

I valori ottenuti con la lampada LEDUFO si collocano tra quelli ottenuti con il pannello prototipo e quelli nella cella modificata con lo specchio.

Le immagini che seguono rendono l'idea della differenze di accrescimento tra le piantine cresciute in una cella con sorgente luminosa tradizionale e quelle cresciute sotto il pannello sperimentale.



Fig. 10. 10.5.2009. Piantine di faggio illuminate dal pannello sperimentale



Fig. 11. 10.5.2009. Piantine di faggio illuminate lateralmente in una cella tradizionale.



Fig. 12. 10.5.2009. Piantine di faggio cresciute sotto luce tradizionale (a destra: le foglie cominciano appena ad aprirsi) e luce led del pannello sperimentale (a sinistra: le foglie sonnom già aperte).



Fig. 13. 20.5.2009. le piantine di faggio sotto luce led (a sinistra) crescono ancora.



Fig. 14. 25.5.2009. Misurazione delle piantine di faggio.



Fig. 15. 20.5.2009. Una prova preliminare su pomodoro var. Roma. Le piantine a destra, nate in una cella tradizionale, sono più piccole e mostrano una forte curvatura verso la sorgente luminosa laterale.

APPENDICE AL CAPITOLO 2

Cenni di Radiometria

La misura delle variabili associate all'energia elettromagnetica prende il nome di **radiometria**. Di seguito saranno fornite alcune definizioni di base utilizzate nella radiometria :

Energia radiante (Q)

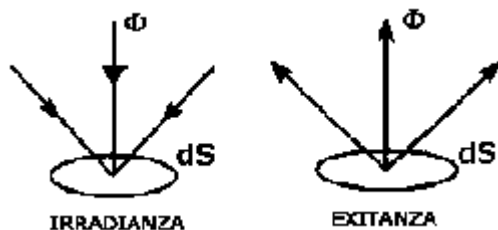
E' l'energia associabile ai fotoni o alle onde elettromagnetiche; si misura in Joule (J).;

Flusso radiante (ϕ);

Corrisponde alla quantità di energia irradiata, per unità di tempo, fra una sorgente ed una superficie ricevente; si misura in Watt (W);

Densità di flusso radiante (W, H)

Corrisponde alla quantità di energia irradiata, per unità di tempo, incidente sull'area unitaria di una superficie ricevente oppure emessa dall'unità di area della sorgente. Nel primo caso si parla di **irradianza** (H), nel secondo di **emittanza** o **exitanza** (W). Si misura in $W \times m^{-2}$.



Una sorgente luminosa può essere considerata una fonte che rilascia particelle di energia. Queste particelle prendono il nome di quanti luminosi o **fotoni**. Il contenuto energetico di un fotone è in funzione della sua lunghezza d'onda.

Il numero complessivo di fotoni emessi al secondo tra 400 e 700 nm è detto **PPF** (Photosynthetic Photon Flux), una quantità misurata in $\mu\text{mol s}^{-1}$. Il PPF è paragonabile al concetto del lumen, ma è basato sulla reazione sensibile delle piante. Il contenuto energetico di un fotone di 400 nm (blu) è 1,75 volte maggiore (700/400) di quello di un fotone di 700 nm (rosso), ma entrambi i fotoni si equivalgono per quanto riguarda i loro effetti sul processo della fotosintesi. L'energia in eccesso di un fotone blu è ampiamente convertita in calore.

Il tasso di fotosintesi è determinato dal **numero di fotoni** compresi tra 400 e 700 nm che la pianta assorbe, e non dal contenuto energetico complessivo di tali fotoni. Perciò, il numero di fotoni al secondo compresi tra 400 e 700 nm che colpiscono una determinata superficie, definito come **PPFD** (Photosynthetic Photon Flux Density), è la **sola grandezza** che deve essere utilizzata per esprimere la quantità di luce necessaria per il processo di fotosintesi. Il **PPF** è paragonabile al concetto del lux (lumen m^{-2}), ma è basato sulla reazione sensibile delle piante.

Il PPFD viene misurato con l'ausilio di un sensore di quanti ed è espresso in $\mu\text{mol di fotoni per m}^2 \text{ al secondo } (\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})$. Quando si parla di PAR (Photosynthetic Active Radiation), si fa riferimento al contenuto energetico della luce tra 400 e 700 nm (in W m^{-2}).

PPF = numero totale di fotoni emessi al secondo tra 400 e 700 nm; unità di misura $\mu\text{mol s}^{-1}$
PPFD = numero di fotoni al secondo tra 400 e 700 nm per area unitaria; unità di misura $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
PAR = contenuto energetico al secondo della luce tra 400 e 700 nm per area unitaria; unità di misura W m^{-2}

Irradianza fotosintetica (PI)

Rappresenta la **misura di irradianza eseguita nella banda spettrale della PAR** (frazione di radiazione utile ai fini fotosintetici) ; si misura in W m^{-2} o in $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. In campo forestale l'irradianza viene spesso usata in termini relativi piuttosto che assoluti; la **Trasmittanza (T%)** o **irradianza relativa (I.R.)** è la % di radiazione che penetra al di sotto di una superficie più o meno continua (es. copertura arborea) rispetto a quella che incide al di sopra di essa.

Misurazione della luce

Per essere efficace nella crescita delle piante, una **lampada** deve trasformare la maggiore quantità possibile della sua energia elettrica in PAR.

L'**intensità luminosa** (numero di fotoni che attraversa una sezione unitaria di un campione nell'unità di tempo) può essere misurata in candele/metro o in **Lux**, mentre il lumen (lm) misura la potenza del flusso luminoso emesso dalla lampada. Queste unità di misura quantificano l'intensità luminosa in funzione della curva di visibilità dell'uomo. L'occhio umano vede una frazione inferiore dello spettro luminoso rispetto a quello percepito dalle piante, essendo particolarmente sensibile alla luce compresa fra i 525-625 nanometri, e non tra i 400 e 700nm della zona PAR. Misurando la luce in candele/metro, lux (i lumen non possono essere misurati se non in laboratorio), l'importanza delle porzioni del blu e del rosso nello spettro è sminuita enormemente.

La candela/metro è un'unità di misura corrispondente all'intensità di una candela alla distanza di ca. 30 cm. La scala dei lux è simile a quella della candela/metro; una candela/metro è uguale a 10,76 lux.

La tonalità luminosa può inoltre essere espressa in gradi Kelvin, questa unità di misura esprime esattamente il colore emesso dalla lampada.

Le piante usano delle porzioni specifiche dello spettro nella gamma compresa tra i blu e i rossi. Usando sorgenti artificiali con spettro di emissione simile a quello delle lampade di cui è noto il valore PAR, se ne può stabilire approssimativamente il valore PAR valutandone la temperatura del colore espressa in Kelvin. Lo spettro di colore necessario alla pianta risulta la combinazione di colori diversi.

IL LUXMETRO E LA MISURA DELL'ILLUMINAMENTO

La misura dell'illuminamento, dovuto sia a luce naturale che luce artificiale, può essere effettuata mediante un **luxmetro**.

La parte sensibile di un luxmetro, che riceve il flusso luminoso, è la superficie di un dispositivo fotorilevatore quale una cellula fotoelettrica. Lo strumento è tarato in modo da indicare sulla propria scala valori in lux. Il suo funzionamento è basato sulla considerazione della curva di visibilità relativa dell'occhio umano e della sensibilità del dispositivo fotorilevatore impiegato.

Ciascun luxmetro può essere dotato di una **sonda quanto-radiometrica** per la misura del flusso di fotoni nel campo della PAR (**PPFD**) ; l'unità di misura è $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Sorgente di luce led

L'illuminazione interna della camera di crescita è stata realizzata con dei led che riproducono l'intero spettro solare e l'allestimento delle migliori condizioni ambientali sgancia del tutto la produzione di piantine dai fattori climatici e dalla collocazione geografica del vivaio di terra.

La tradizionali lampade di crescita delle “grow-room” commerciali non sono un'opzione praticabile, visto l'elevato consumo di energia ed il calore emesso. Per questo motivo la nostra ricerca di soluzioni alternative si è orientata verso sistemi che utilizzano pannelli a LED, che presentano notevoli vantaggi come efficienza energetica, spettro di emissione stabile, maggiore sicurezza, bassa emissione di calore, durata più lunga, piccole dimensioni.

Per i motivi precedentemente descritti i LED si sono dimostrati la scelta ideale per l'illuminazione di camere di crescita, se rapportati con gli altri tipi di lampade. In particolare i **LED rossi** con una lunghezza d'onda di **640 nm** si sono rivelati i più efficienti, in quanto la loro luce contribuisce per circa il 96% del processo di fotosintesi clorofilliana. Gli esperimenti hanno dimostrato che diverse specie possono essere coltivate con successo con la luce dei LED. In generale, per una normale crescita, è richiesto anche il **15% di LED blu a 440 nm**, che permette di equiparare la resa ottenuta, con colture cresciute con luce bianca.

Alcune prove hanno dimostrato la necessità di un'intensa luce blu nella fase iniziale di crescita ed è stato provato che anche una percentuale di luce verde può avere effetti benefici. La nostra ricerca si è avvalsa della seguente lampada "commerciale" :

Codice: LED90

Descrizione: **Lampada LED UFO**

Utilizza solo 90w di potenza con un OUTPUT superiore ad una lampada mh-hps 400w. Il concetto su cui si basa il funzionamento di una lampada LED UFO è molto semplice,utilizza in maniera molto efficace i led da 1 W e riesce a produrre l'esatto spettro di luce richiesto dalla pianta per la fotosintesi. Utilizzando solo lo spettro di luce richiesto dalla pianta non ci sono sprechi,proprio come avviene in natura. Utilizzando bulbi con un ampio angolo direzionale ad alta luminosità,la LED UFO è fino all'80% più efficiente delle lampade a scarica MH-HPS e fornisce alle piante una perfetta miscela di luce per una crescita allo stesso tempo rapida e vigorosa. Oltre ad essere estremamente efficiente da un punto di vista energetico,la LED UFO è una lampada molto discreta. Infatti ha una emissione di calore vicina allo zero e risulta praticamente fredda al tatto. In questo modo non servono altre attrezzature per il raffreddamento; La natura direzionale dei led assicura che il 100% della luce sia diretta sulle piante. E' possibile appendere LED UFO appena al di sopra della pianta senza il timore di bruciarne le foglie. Per il funzionamento non occorrono particolari accorgimenti o attrezzature nè alimentatori di corrente: la LED UFO è pronta per essere utilizzata appena viene tirata fuori dalla scatola. La LED UFO è ideale per tutte le fasi di crescita delle piante e può essere facilmente utilizzata sia per colture in terra o idroponiche. LED UFO fornisce la luce necessaria per ogni fase,dalla germinazione alla fioritura.

CARATTERISTICHE E VANTAGGI: RISPARMIO DI DENARO. 80% di energia più efficace con un notevole risparmio sulle bollette elettriche. Il periodo di reintegrazione del capitale investito è meno di 1 anno. **RISPARMIO DI DENARO** Zero costi di manutenzione. Non è necessario sostituire le lampade, 80.000 ore del ciclo di vita.(circa 11 anni seguendo accuratamente le istruzioni). **RISPARMIO DI DENARO** Nessun a necessità di particolari attrezzature di raffreddamento o di sprechi di energia per raffreddare il vostro giardino. **RISPETTOSE PER L'AMBIENTE-** 80% di energia più efficiente rispetto alle lampade MH o HPS

significa meno combustione di carbone e di combustibili fossili per la produzione di energia elettrica e di conseguenza un ambiente più pulito. **RISPETTOSE PER L'AMBIENTE** - E' conforme alla direttiva europea per la salvaguardia dell'ambiente. A differenza delle altre lampade MH - HPS , queste luci non contengono mercurio o materiali pericolosi e possono essere smaltite in modo sicuro. **AUMENTO DELLE PRESTAZIONI**- Aiuta in modo efficace la vostra pianta a produrre foglie lussureggianti e numerosi fiori o frutti. **VERSATILE**- Può essere utilizzata con qualsiasi mezzo di coltivazione,in serra in casa,in idroponica in aeroponica e naturalmente in terra. **DISCRETA** -nessuna impronta termica-inosservabile. **SICURA** nessun rischio di ustioni o di esplosione delle lampade **LEGGERA** 2,8 KG - Nessun trasformatore o riflettore necessario. Certificato CE - Due anni di garanzia

Prezzo: 625,00 €



Fig. 16. Lampada LED-UFO in una camera tradizionale

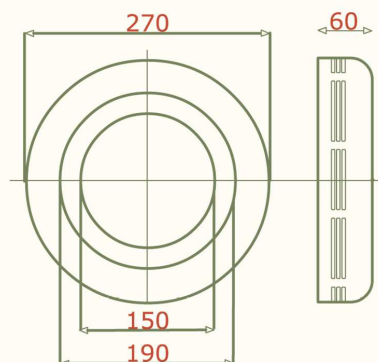
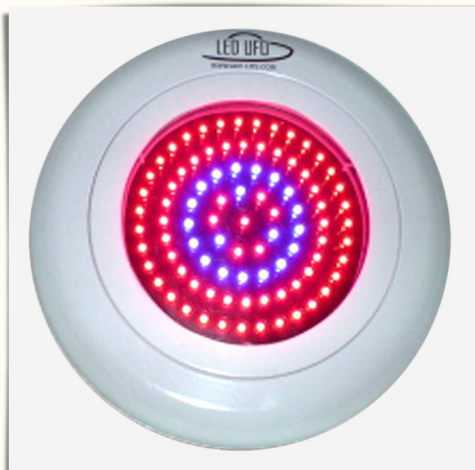


Fig. 17. Piantine “in accrescimento” con una lampada LED-UFO



Fig. 18. Piantine “in accrescimento” con una lampada LED-UFO

LEDUFO CARATTERISTICHE TECNICHE



Dimensions (mm)

LED Parameters

LED Type	1 w High Power BridgeLux
LED Color	REd:630nm,Blue:455nm
LED Color Ratio	Red and Blue :7-2
LED Configuration	90x1W (70 red-20 blu)

No	Tipo	Unità	Parametri
1	Ambiente di lavoro	C	-20 / +40
2	frequenza	Hz	50 / 60
3	voltaggio	volt	220

4	Input Corrente	mA	660
5	potenza	Watt	90w
6	Lux{centro}	LUX	118/2,5mt 80/3mt 55/3,5mt
7	Fattore di potenza	PF	0,97
5	tempo luce accesa	Hour	10 / 18
6	tempo di vita	Hour	0,97
7	tempo luce accesa	Hour	80.000 50.000



ABC-LITE^{ITALIA}

DISTRIBUTORE PER L'ITALIA
Eclipse growing inc.

internet:

mail:

tel:

www.ledufo.it

ledufo@tiscali.it

DEGLI INNOCENTI GIOVANNI
P. IVA: 01649650502

La rivoluzione dell'illuminazione in serra

COSA E' LedUFO ™ utilizza solo 90 watt di potenza con un output superiore ad una lampada da 400 watt ad alogenuri metallici o HPS . Il concetto su cui si basa il funzionamento di una lampada ledUFO è molto semplice; utilizza in maniera molto efficace i led da 1 watt e riesce a produrre l'esatto spettro di luce richiesto dalla pianta in quel momento per la fotosintesi. Utilizzando solo lo spettro di luce richiesto dalla pianta non ci sono sprechi, proprio come avviene in natura. ed utilizza. Utilizzando bulbi con un ampio angolo direzionale ad alta luminosità, la ledUFO ™ è fino all' 80% più efficiente delle lampade ad alogenuri metallici o HPS e fornisce alle tue piante una perfetta miscela di luce per una crescita allo stesso tempo rapida e vigorosa..Oltre ad essere estremamente efficiente da un punto di vista energetico, la ledUFO ™ è una lampada molto discreta. Infatti ha un' emissione di calore vicina allo zero e risulta praticamente fredda al tatto. In questo modo sono limitate le attrezzature per il raffreddamento e la natura direzionale dei LED assicura che il 100% della luce sia diretta sulle vostre piante. È possibile appendere la vostra ledUFO ™ appena al di sopra della pianta senza timore di bruciarne le foglie. Per il funzionamento della lampada non occorrono particolari accorgimenti o attrezzature né alimentatori di corrente: la ledUFO è pronta per essere utilizzata appena viene tirata fuori dalla scatola. La ledUFO ™ è ideale per tutte le fasi di crescita delle piante e può essere facilmente utilizzata sia per la coltivazione tradizionale che per quella idroponica. Non è necessario cambiare lampada nei vari stadi di crescita: la ledUFO ™ fornisce la luce necessaria per ogni stadio di crescita della vostra pianta:

dalla germinazione del seme fino alla fioritura. CHE COSA POSSO FAR CRESCERE? Si può far crescere pianta. Usa ledUFO™ per far crescere orchidee, rose, peperoni, pomodori, basilico, lattuga, erbe aromatiche, cavolo verde, spinaci, broccoli, cetrioli, fragole e molti altri. La lampada ledUFO™ è ottima per la crescita di qualsiasi specie. ledUFO™ è un'eccellente scelta per scuole o negozi che vogliono fornire la luce supplementare su un'ampia area delle piante. ledUFO™ è eccellente anche per la propagazione delle piante (talea, margotta etc..), può essere posizionata in spazi ristretti, senza preoccuparsi di un eventuale accumulo di calore dannoso per le piante. Ogni ledUFO prevede la copertura di circa 1 metro quadro ed è adatta per tutte le fasi della crescita delle piante. UNA LED UFO? ledUFO ™, è usato sia da professionisti (giardinieri , fiorai, vivai ed università) che da semplici appassionati di giardinaggio. Le nostre luci sono usate in oltre 15 paesi del mondo. LEDUFO™

CARATTERISTICHE E VANTAGGI *RISPARMIO DI DENARO - 80% di risparmio sulle bollette elettriche - Il periodo di reintegrazione del capitale investito è meno di un anno *
RISPARMIO DI DENARO - zero costi di manutenzione. Non è necessario sostituire le lampadine. 50000 ore del ciclo di vita (circa 11 anni seguendo accuratamente le istruzioni) *

RISPARMIO DI DENARO - Nessun spreco di energia per raffreddare il vostro giardino. *
RISPETTOSE DELL'AMBIENTE - 80% di energia più efficiente rispetto le lampade ad alogenuri metallici o HPS significa meno combustione di carbone e di combustibili fossili per la produzione di energia elettrica e di conseguenza un ambiente più pulito *

RISPETTOSE DELL'AMBIENTE; conforme alla direttiva europea RoHS compliant per la salvaguardia dell'ambiente messa in atto dal Parlamento Europeo. A differenza di tutte le lampade LCF, alogenuri metallici e HPS le nostre luci non contengono mercurio o materiali pericolosi. E possono essere smaltite in modo sicuro, senza preoccuparsi di alcun impatto ambientale *

AUMENTO DELLE PRESTAZIONI; Aiuta in modo efficace la vostra pianta a produrre foglie lussureggianti e numerosi fiori e frutti *

VERSATILE - Può essere utilizzata con qualsiasi metodo di coltivazione in serra, in casa, in idroponica, in aeroponica e naturalmente in terra *

DISCRETO - nessuna impronta termica - inosservabile * SICURA - nessun rischio di ustioni o di esplosione delle lampadine *

LEGGERA - 2,8 kg *

Nessun trasformatore o riflettore necessario * CE certificate - alta qualità * RoHS compliant
* Due anni di garanzia

INFO USO altezza raccomandata (basato su 1 metro quadro di copertura): da 15 cm a 60 cm (regolare, necessità) Area di copertura: 1 metro quadrato fotoperiodo (regolare, secondo necessità) Fase vegetativa: Fase di fioritura: 10-12 ore LedUFO ™ è destinata per la coltivazione indoor e le serre. I ledUFO ™ non sono destinati ad uso esterno.

SPECIFICHE TECNICHE LED: 90 x 1 Watt High Power (70 diodi 20 diodi blu 455NM)
Temperatura di funzionamento:-20C ~ +40 C / -4F ~ +104 F Voltaggio: 220v Peso: 2,8 kg.
Dimensioni - 270 x 60 mm

3 Risultati

Tecnologia a ridotto impatto ambientale

BioLogicBox, supera in un solo passo le più comuni criticità coniugando la peculiare capacità di riprodurre le condizioni climatiche e ambientali migliori e riprogrammabili a seconda della produzione prevista, con l'automazione di tutti i processi connessi a piantumazione e irrigazione e dunque semina, allevamento, trapianto e raccolta dati sulla crescita delle piante: queste pratiche saranno monitorabili da un totale controllo in remoto (tramite Rete Internet) di ogni processo, grazie all'installazione di webcam nell'ambiente "chiuso" e, dunque, preservato da inquinamento batterico e fungino e dall'alterazione delle condizioni ambientali interne, oltre che messo al riparo dal ripristino delle condizioni iniziali e ottimali conseguente alle aperture finora necessarie a variare i parametri nelle camere attuali. Il controllo a distanza produce anche il vantaggio di disgiungere questa camera di crescita da qualsiasi necessità di presidio in loco da parte di un tecnico che può, dunque, telecontrollare le dinamiche produttive; inoltre, renderà possibile disporre di "servizi di teleconsulenza" da parte di organismi scientifici di consulenza.

Dal punto di vista dell'impatto ambientale, la chiusura dei cicli di acqua e energia consente a BioLogicBox di non disperdere risorse preziose e di riammetterle nei circuiti con evidente risparmio di terra/acqua e energia.

L'illuminazione interna della camera di crescita è stata realizzata con dei led che riproducono l'intero spettro solare e l'allestimento delle migliori condizioni ambientali sgancia del tutto la produzione di piantine dai fattori climatici e dalla collocazione geografica del vivaio di terra.

La tradizionali lampade di crescita delle "grow-room" commerciali non sono un'opzione praticabile, visto l'elevato consumo di energia ed il calore emesso. Per questo motivo la nostra ricerca di soluzioni alternative si è orientata verso sistemi che utilizzano pannelli a LED, che presentano notevoli vantaggi come efficienza energetica, spettro di emissione stabile, maggiore sicurezza, bassa emissione di calore, durata più lunga, piccole dimensioni.

Per i motivi precedentemente descritti i LED si sono dimostrati la scelta ideale per

l'illuminazione di camere di crescita, se rapportati con gli altri tipi di lampade.

BioLogicBox, grazie alla realizzazione della sterilità dell'ambiente di crescita, consente la cessazione dell'uso di pesticidi e fitofarmaci garantendo un'elevata qualità del materiale prodotto certificabile dagli standard internazionali, aspetto finora carente nella produzione vivaistica, forestale e agraria, soprattutto per la distribuzione dei vivai sul territorio nazionale, non uniforme rispetto alle regioni fitoclimatiche.

Biodiversità e etica

Qualità e certificabilità della filiera vivaistica raggiungono inoltre lo strategico obiettivo della tutela della biodiversità e consentiranno alla produzione italiana di ricollocarsi in modo efficace e da protagonista nel panorama del settore attualmente dominato da imprese estere. Questa tecnologia darà anche la possibilità di intervento rapido e in situ per la conservazione di specie rare, minacciate o a rischio di estinzione: la ricerca scientifica e la tutela delle specie, dunque, riceveranno beneficio dal fatto di poter avere sul luogo la camera di crescita, operazione che non rende più necessari la raccolta di semi, talee o intere piantine da portare in centro attrezzati.

Fra gli scopi perseguiti da BiologicBox se ne annovera anche uno dall'elevato spessore etico e umano: le unità di allevamento potranno, infatti, essere efficacemente impiegate per produzioni in ambienti climaticamente difficili o aridi (spesso coincidenti con le nazioni in via di sviluppo) o in contesti di emergenza quali aree colpite da crisi alimentare, zone a disastro ambientale, colpite da eventi bellici o in fase di ricostruzione post bellica.

Infine, la sterilità delle condizioni di crescita consentirà di determinare un miglioramento anche nel settore dell'alimentazione per l'infanzia e destinata a soggetti con specifiche necessità dietetiche; allo stesso tempo, si determineranno condizioni produttive nelle quali sarà possibile integrare principi nutritivi di fondamentale importanza per le produzioni in paesi in cui dominano ricorrenti carestie.

La collocazione sul mercato e nella ricerca

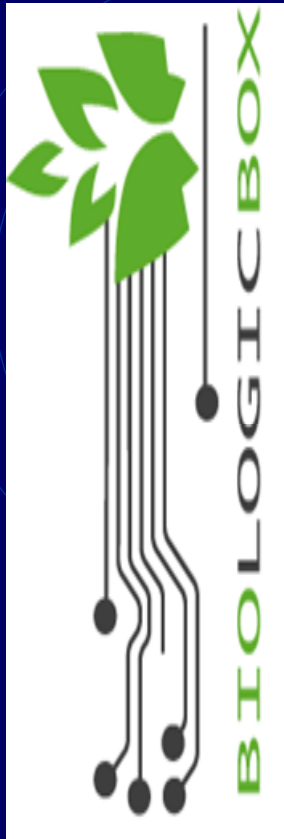
BioLogicBox potrà essere noleggiata o acquistata e, globalmente, rappresenta un progetto di ricerca industriale dalla portata storica nel campo, in grado di innovare le applicazioni nella ricerca scientifica e anche le unità di produzione vivaistica nei settori forestale e agroalimentare italiani che impattano in modo rilevante sull'economia nazionale.

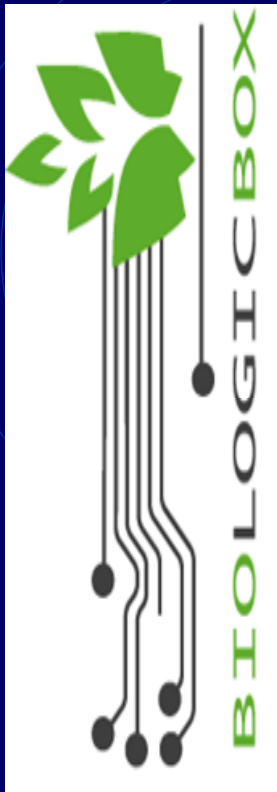


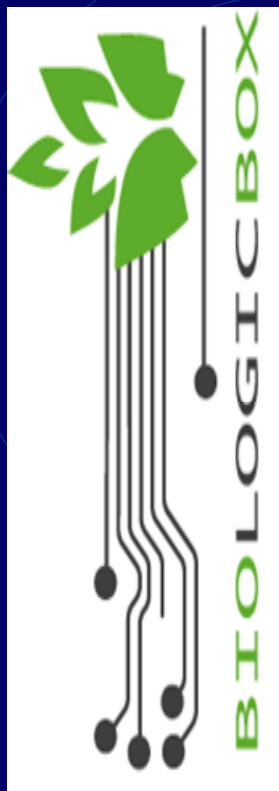
Il relativo sito internet è già attivo:

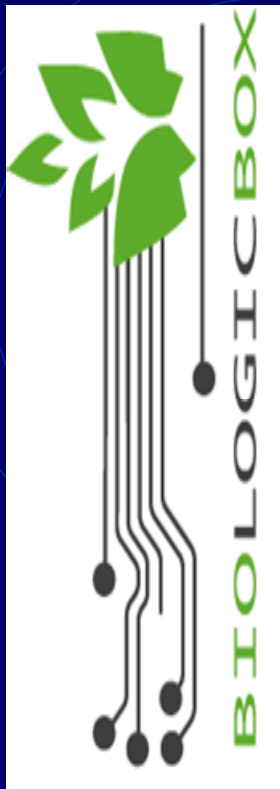


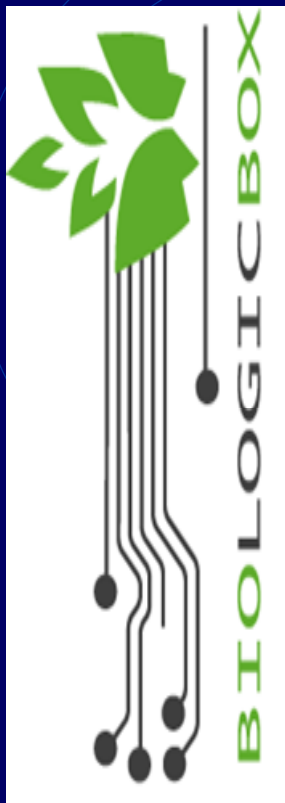
FOTO DEL PROTOTIPO

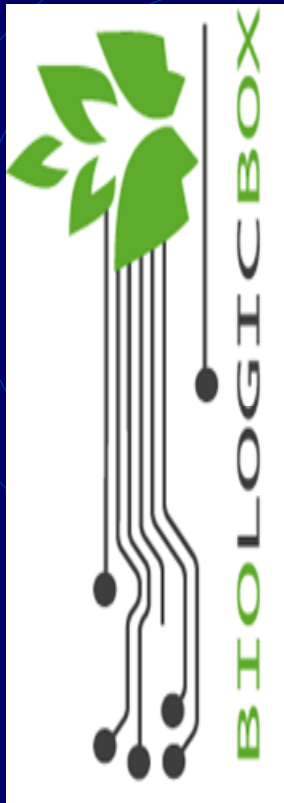


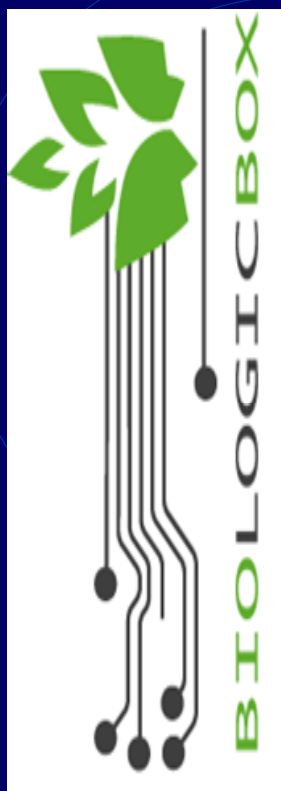


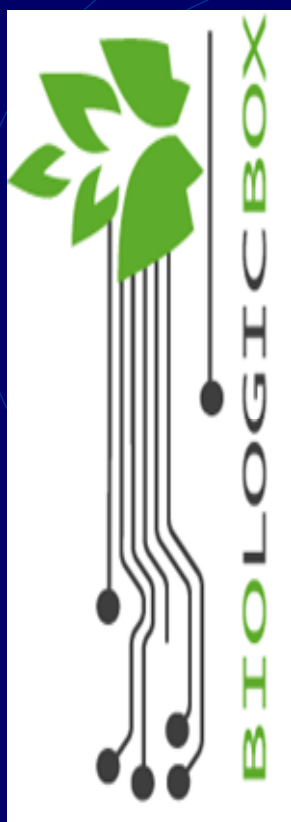


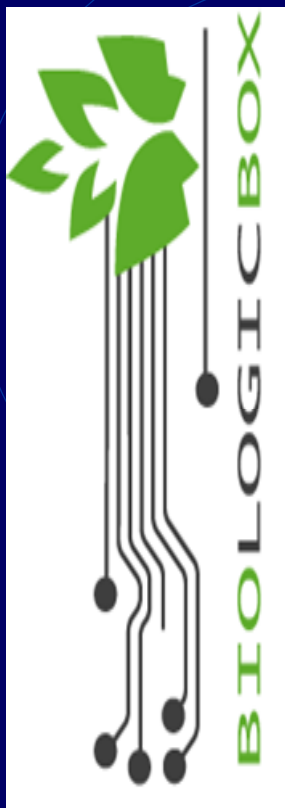


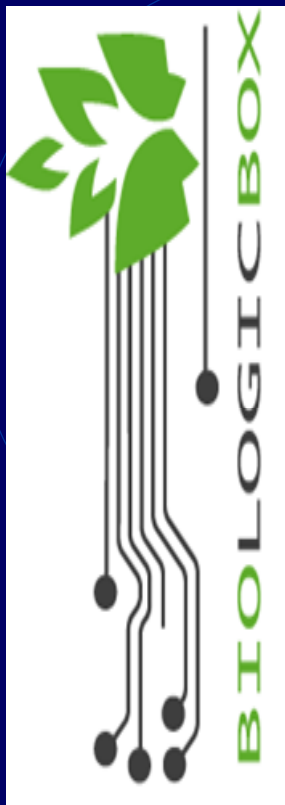


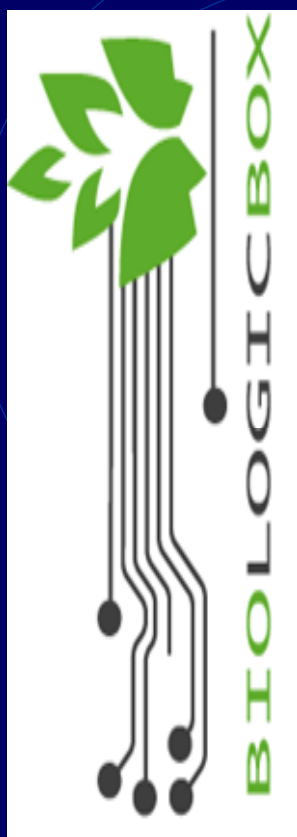


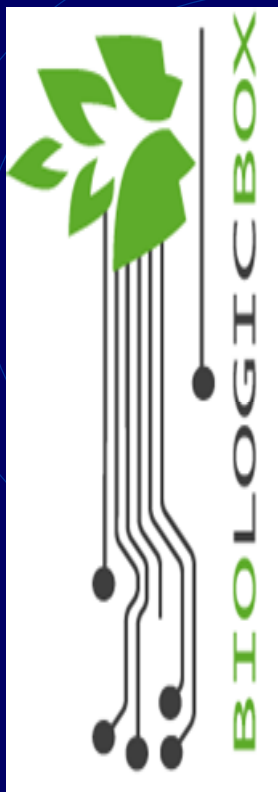


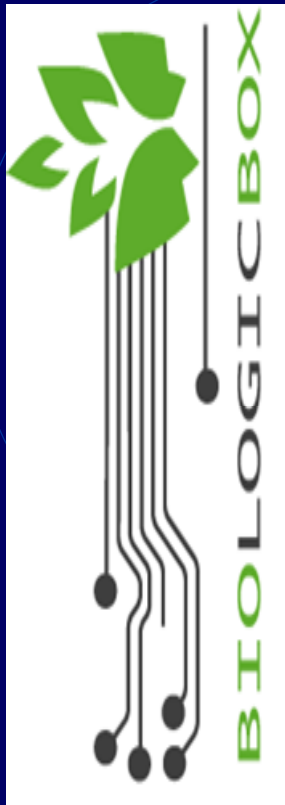


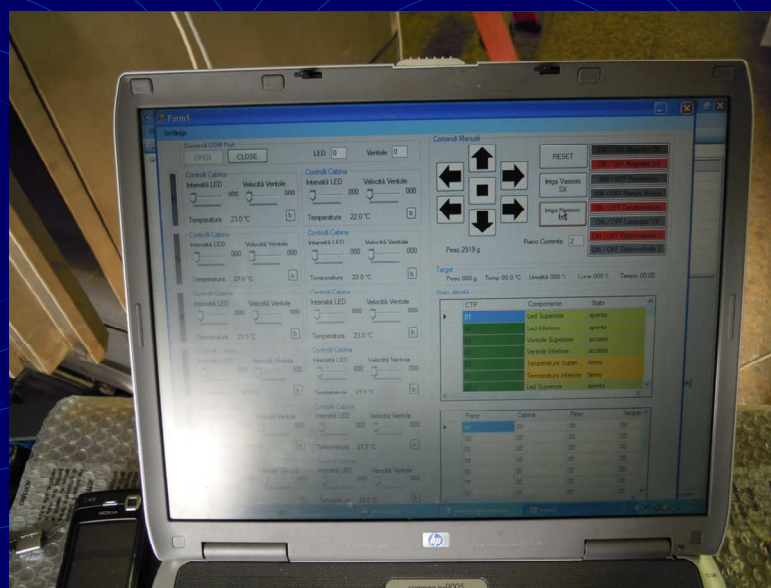
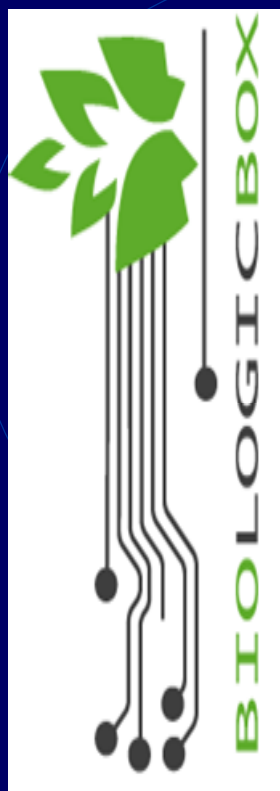












Bibliografia

- BERNETTI G.: Assestamento forestale, 1989, DREAM, Italia.
- FORMAN R.T.: Land mosaics. The ecology of landscape and regions, Cambridge University Press, Cambridge, 1995;
- TURNER M., R.H. GARDNER & R.V. O'NEILL: Landscape ecology. In theory and practice. Pattern and process, Springer, New York, 2001;
- GUTZWILLER K.J. (ED.): Applying landscape ecology in biological conservation, Springer, New York, 2002;
- FARINA A.: Ecologia del paesaggio, UTET, Torino, 2002.
- PAOLO SEQUI: Fondamenti di Chimica del suolo, Patron Editore, 2005.
- Metodi di Analisi Chimica del Suolo. MiPAF ONP. FrancoAngeli Editore. 2000
- BERNETTI G.: Selvicoltura speciale, UTET, Torino, 1995.
- PIUSSI P.: Selvicoltura generale, UTET, Torino, 1994.
- GRANDI A.: Vivaistica forestale, Edagricole, Bologna, 1980.
- R. DEL FAVERO (2004) - I boschi delle Regioni alpine italiane. Tipologia, funzionamento, selvicoltura. Cleup - Padova.
- P. Violante (2002). Chimica del suolo e della nutrizione delle piante. II Edizione Edagricole.
- D.L. Sparks (2002). Environmental Soil Chemistry. Academic Press.
- V. OLGYAY *Progettare con il clima* Muzzio Editore (PD);
- H.T. HARTMANN D.E. KESTER 1990 *Propagazione delle piante*. Edizioni Agricole;
- Gerola F. M. & al., 1995: Biologia e diversità dei vegetali. – Utet, Torino.
- Raven P. H., Evert R. F. & Eichhorn S. E., 2002: Biologia delle Piante, 6° ed. – Zanichelli, Bologna.
- Serafini Fracassini D. & al. (ed.), 2006: Mauseth - Botanica, Biodiversità. – Idelson Gnocchi, Napoli

Sitte P. & al. 2007: Strasburger - Trattato di Botanica 2, 10° ed. – Antonio Delfino Ed., Roma.

W. H. Brown, T. Poon, Introduzione alla Chimica Organica (3° Ed. It.), EdiSES, 2005.

P. Y. Bruice, Elementi di Chimica Organica, EdiSES, 2007.

H. Hart, L.E. Craine, D. J. Hart, C. M. Hadad Chimica Organica (6° Ed. It.), Zanichelli, 2008.

F. Lorenzetti, S. Ceccarelli - Genetica agraria. Ed. Patron Editore (BO)

F. Lorenzetti, M Falcinelli, F. Veronesi - Miglioramento genetico delle piante agrarie. Ed. Edagricole (BO).

LOTTI GOFFREDO Principi di chimica e biochimica agraria I e II vol. Ed. ETS

E. Ciriciofolo (2002) *Biologia, produzione e tecnologia delle sementi*. Dip. Sc. Agroambientali e della Produzione vegetale - Univ. Perugia.(Parti I-IV)

ARTICOLI SCIENTIFICI

Ming-Chang Wu a, Chi-Yao Hou a, Chii-Ming Jiang b, Yuh-Tai Wang c, Chih-Yu Wang d, Ho-Hsien Chen a, Hung-Min Chang e,* “A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings”, *Analytical, Food Chemistry* 101 (2007) 1753–1758

O. V. Avercheva, Yu. A. Berkovich, A. N. Erokhi, T. V. Zhigalova, S. I. Pogosyan and S. O. Smolyanina “Growth and Photosynthesis of Chinese Cabbage Plants Grown under Light-Emitting Diode-Based Light Source “ *Russian Journal of Plant Physiology*, 2009, Vol. 56, No. 1, pp. 14–21

Kevin M Folta¹ , Lawrence L Koss³ , Ryan McMorrow¹ , Hyeon-Hye Kim² , J Dustin Kenitz¹ , Raymond Wheeler² and John C Sager² “Design and fabrication of adjustable red-green-blue LED light arrays for plant research” *BMC Plant Biology* 2005, 5:17doi:10.1186/1471-2229-5-17

Mayuko Iwaia,b, Mari Ohtaa,, Hiroshi Tsuchiyac, Tetsuya Suzukia,d “Enhanced accumulation of caffeic acid, rosmarinic acid and luteolin-glucoside in red perilla cultivated under red diode laser and blue LED illumination followed by UV-A irradiation” *JOURNAL OF FUNCTIONAL FOODS* 2 (2 0 1 0) 6 6 –7 0

James R. Shinklea,, Alaina K. Atkinsa, Erin E. Humphreya, Christiana W. Rodgersa, Shelley L. Wheelera and Paul W. Barnesb “Growth and morphological responses to different UV wavebands in cucumber (*Cucumis sativum*) and other dicotyledonous seedlings “*PHYSIOLOGIA PLANTARUM*120: 240–248. 2004

Jeongwook HEO, Chunwoo Lee, Debasis Chakrabarty and Keeyoeup Paek “Growth responses of marigold and salvia bedding plants as affected by monochromatic or mixture radiation provided by a Light-Emitting Diode (LED)” *Plant Growth Regulation* **38**: 225–230, 2002

Naichia Yeh , Jen-Ping Chung “High-brightness LEDs—Energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation “Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 (2009) 2175–2180

J. Kovac, L. Peternai, O. Lengyel “Advanced light emitting diodes structures for optoelectronic applications” Thin Solid Films 433 (2003) 22–26

Xu Li a,b, Li Guan , Xiaoning Li , Jianwei Wen , ZhipingYang “Luminescent properties of NaBaPO₄: Eu³⁺ red-emitting phosphor for white light-emitting diodes” Powder Technology (2010)

G.D. Goins, N.C. Yorio¹, M.M. Sanwo and C.S. Brown “Photomorphogenesis, photosynthesis, and seed yield of wheat plants grown under red light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental blue lighting” *Journal of Experimental Botany*, Vol. 48, No. 312, pp. 1407-1413, July 1997

Jen-Ping Chung , Chia-Ying Huang , Ting-En Dai “Spectral effects on embryogenesis and plantlet growth of *Oncidium* ‘Gower Ramsey’” *Scientia Horticulturae* (2010)

Allegati

ALLEGATO 1

PROGETTO CAMERA DI ACCRESCIMENTO

MAIN UNIT - LOGICA DI FUNZIONAMENTO

Indice dei contenuti

1	Scopo	4
2	Architettura	4
3	Piani Illuminanti.....	5
4	Web-cam	7
5	Sonda Temperatura - Umidità relativa.....	7
6	Trattamento Aria	8
7	Trattamento Acqua	12
8	Robot di Innaffiamento.....	14
9	MainUnit - Funzionalità	17

Indice delle Figure

Figura 1 - Architettura del sottosistema di controllo	4
Figura 2 - CTPI - Controllore Piani Illuminanti - Schema a blocchi.....	6
Figura 3 - Trattamento Aria - Schema Funzionale	8
Figura 4 - Trattamento Acqua - Schema Funzionale	12
Figura 5 - Diagrammi di movimento dei motori a passi	15
Figura 6 - CTRI - Controller Robot di Innaffiamento - Schema funzionale	16

1 Scopo

La presente nota illustra l'architettura generale di controllo e gestione del sistema "Atmosfera" e le funzionalità sia dell'unità di controllo Main Unit che delle unità periferiche "Controller Aria", "Controller Acqua", "Controller Robot", "Controller Piani Illuminanti", mentre le funzionalità del pannello frontale sono state già descritte in altro specifico documento.

2 Architettura

Figura 1 - Architettura del sottosistema di controllo

La Figura 1 rappresenta schematicamente l'architettura del sottosistema di controllo nel quale l'unità Main Unit è una scheda PC che colloquia mediante una linee seriale bidirezionale con il Pannello Frontale mentre tramite un bus RS.485 colloquia sia con le Unità di controllo dei piani illuminanti (12 o 16 Unità CTPI), sia con le Unità di controllo del Trattamento aria, del Trattamento Acqua e del Robot di innaffiamento; la Main Unit è inoltre collegata tramite una struttura gerarchica a due livelli di HUB USB con le Webcam installate all'interno dell'armadio (12 o 16 unità webcam) e tramite un collegamento Ethernet con un Hub wireless che realizza una rete LAN wireless utilizzata sia per l'accesso alla Main Unit da parte di PC locali (con funzioni di Client o di Console), sia per l'accesso remoto di altri PC Client da Internet.

La Main Unit è collegata direttamente, attraverso una seconda porta USB, ad una sonda di temperatura ed umidità relativa che fornisce valori correnti di T(°C) ed RH(%) misurati all'interno dell'armadio.

La Main Unit è collegata alla sezione "sicurezza" del Pannello Frontale (indicata con fondino rosso) alla quale invia, al termine della fase di inizializzazione, il criterio di "Avvio" che, a sua volta, provoca l'attivazione del Relé di Alimentazione dei carichi elettrici del sistema (Trattamento Acqua, Trattamento Aria, Robot di Innaffiamento, Luci). Il Pannello Frontale, su comando dell'operatore, può inviare alla Main Unit il criterio elettrico di "Start" (contatto N.O.) e questo provoca il "reset" dell'unità stessa forzando un ciclo di re-inizializzazione.

Se uno o più dei "consensi" provenienti dal sistema non è in condizione di "chiuso" si interromperà la "catena dei consensi" (indicata in rosso) che provocherà l'attivazione dell'allarme sul pannello, la conseguente caduta del Relè di Alimentazione e quindi l'interruzione dell'alimentazione ai carichi elettrici. La condizione di "STOP" verrà rivelata dalla MainUnit attraverso un contatto ausiliario della sezione sicurezza (contatto d_1 del relè D) che, di conseguenza, potrà mettere in atto le misure necessarie per prevenire eventuali danni al sistema o alle plantule in crescita.

La stessa Main Unit potrà portare in blocco il sistema attivando temporaneamente il relé di "blocco" che interrompe la catena dei consensi.

Il colloquio tra la MainUnit ed i Controller dedicati ai vari sotto-sistemi avverrà attraverso un colloquio half-duplex sul bus RS.485. La MainUnit si prenderà cura di interrogare ciascun Controller con frequenza sufficiente per rilevare tempestivamente eventuali situazioni che richiedono il suo intervento ed, analogamente fornirà ai vari Controller i comandi necessari per assicurare il corretto funzionamento del sistema.

Il bus RS.485 sarà costituito da una coppia trecciata e da due conduttori che portano alimentazione a 12 VCC (non stabilizzata) che verrà utilizzata per l'alimentazione dei soli controller CTPI, mentre i controller delle altre unità saranno alimentati separatamente.

La MainUnit si presenterà verso l'esterno come un WebServer raggiungibile, a seconda delle configurazioni adottate, via LAN o via Internet. Il PC che si connette alla MainUnit attraverso la rete verrà identificato mediante UserID e Password e, se riconosciuto, potrà accedere alla pagina di accoglienza Client oppure, se ne ha le credenziali, alla pagina di accoglienza di Console: l'accesso alla pagina di Console sarà subordinato alla effettuazione di una ulteriore verifica¹ di "compresenza".

3 Piani Illuminanti

I Piani Illuminanti costituiscono a componente "foto" del controllo foto-termo-igrometrico del sistema Atmosfera. I piani sono costituiti da una superficie coperta da 120 LED in grado di irradiare fino a 1500 lumen che, concentrati sulla superficie di 0,15 mq di interesse (0,3 x 0,5 mq), equivalgono ad un illuminamento di 10.000 lumen.

I LED sono montati sul piano inferiore di un parallelepipedo di 3 x 50 cm di base e 5 cm di altezza, vuoto internamente e provvisto di 4 ventilatori che aspirano l'aria attraverso la base inferiore e la convogliano in un canale di ripresa ascendente attraverso la quale l'aria raggiunge l'unità di trattamento. Ciascun Piano Illuminante è inoltre provvisto di una o due sonde di temperatura per rilevare con continuità la temperatura dell'aria di ripresa.

Il controllo On/Off dei ventilatori, la verifica del loro funzionamento, la accensione totale o parziale dei LED e la rilevazione della temperatura è affidata a micro-unità di controllo e gestione CTPI - Controller Piani Illuminanti, installate all'interno dei Piani stessi e collegate al resto dell'apparato tramite la cippia di connettori da cassetto montati sulla parte posteriore del Piano e sulla parete di fondo dell'armadio climatizzato.

Le unità CTPI sono installate all'interno di ciascun Piano Illuminante e colloquiano con la MainUnit attraverso il bus RS.485 dal quale derivano anche l'alimentazione Vcc a 12 V non stabilizzata. Dallo stato di 5 pin del connettore al quale il Piano è connesso, i CTPI ricavano un indirizzo a 5 bit che permette loro di riconoscere i messaggi a loro diretti attraverso il BUS RS.485.

Poiché, come verrà meglio illustrato in seguito, il Firmware di tali controller è in grado di svolgere sia le funzioni strettamente connesse con la gestione dei Piani Illuminanti che altre funzioni più generali, uno dei bit (in particolare il bit MSB dei 5) informa il Firmware circa l'impiego che viene richiesto al controller: se tale bit = 0 il controller verrà impiegato per la gestione dei Piani Illuminanti, mentre se tale bit = 1 verrà utilizzato come generico strumento di interfaccia tra la MainUnit ed il sottosistema nel quale il controller è installato.

Le Unità CTPI ricevono le informazioni di temperatura (come valore di tensione analogica) da due trasduttori dedicati installati all'interno del piano illuminante, leggono i valori ad ogni inizio di minuto ed immagazzinano in memoria gli ultimi 16 valori letti da ciascuna sonda.

Le Unità CTPI, in base ai comandi ricevuti dalla MainUnit comandano l'accensione On/Off di 4 ventilatori (comandando singolarmente ciascun carico) che estraggono l'aria dall'interno dei piani illuminanti e la

¹ Verrà chiesta l'immissione di alcuni numeri (casuali) che il sistema presenta temporaneamente sul Display del Pannello.

incanalano nella condotta di ripresa. In corrispondenza di ciascun ventilatore ricevono un criterio impulsivo che conferma, con un impulso per giro, che il ventilatore effettivamente sta girando. Le unità CTPI dovranno essere in grado di leggere tali impulsi verificando con continuità il corretto funzionamento dei ventilatori.

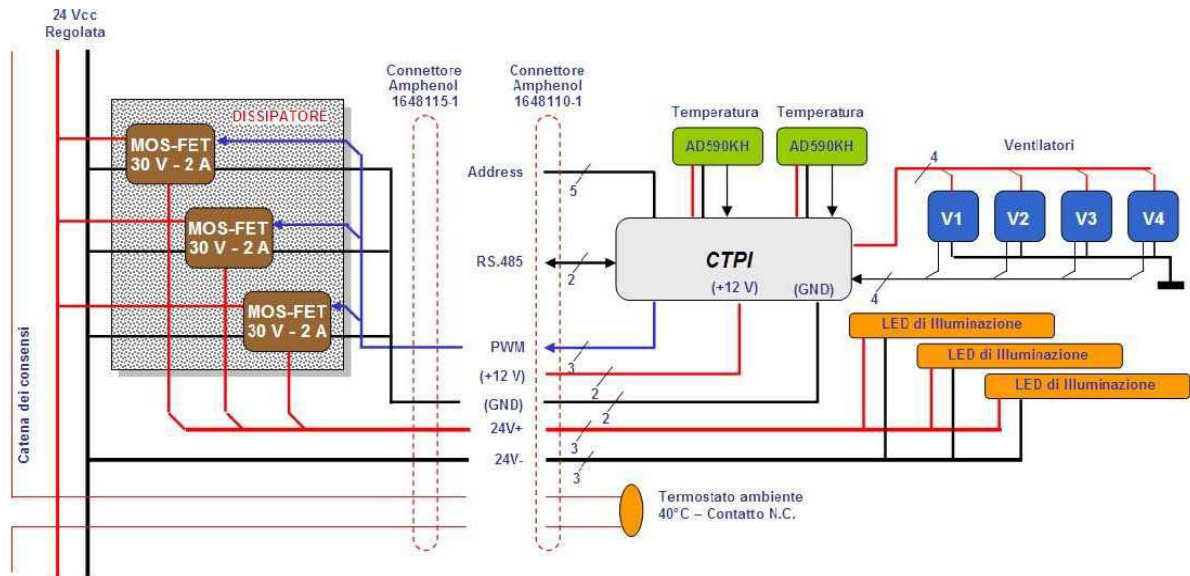


Figura 2 - CTPI - Controllore Piani Illuminanti - Schema a blocchi

Le Unità CTPI, in funzione dei comandi ricevuti, sono in grado di generare tre forme d'onda di comando PWM per comandare altrettanti commutatori elettronici (esterni) attraverso foto-accoppiatori di separazione galvanica. Tali commutatori alimentano ciascuno una diversa sezione dei LED di illuminazione derivando l'alimentazione da una "dorsale" a 24 V che passa all'interno del cavedio dell'armadio.

Poiché ciascun piano illuminante ha un assorbimento di 3 A a 24 V, sono previsti quattro distinti alimentatori regolatori da 24 V - 15 A che alimentano ciascuno mezza colonna di piani illuminanti (3 o 4 piani). Inoltre, per limitare i disturbi e le possibili interferenze tra parti, i 4 circuiti di alimentazione a 24 V vengono tenuti galvanicamente isolati.

Il colloquio tra MainUnit e unità CTPI prevede i messaggi seguenti:

Messaggio CtpiSet

Imposta i parametri di lavoro del controller e chiede - nello stesso tempo - che il controller fornisca in risposta i 16 valori di temperatura in memoria. In particolare, fornisce i valori da impostare per:

- Ventilatori On/Off (un byte) - un bit del nibble MSB per il comando di ciascun output ed un bit complementato nel nibble LSB
- %Luci primo segmento (un byte)
- %Luci secondo segmento (un byte)
- %Luci terzo segmento (un byte)

Messaggio CtpiRpy

risposta da CTPI al messaggio generico di Query che fornisce lo stato corrente delle luci e dei ventilatori, nonché i 16 valori delle due temperature lette e memorizzate. Il messaggio contiene 1+3+16+16 byte = 36 byte utili:

- Stato On/Off Ok/Nok dei Ventilatori (un byte), ove i bit del nibble MSB indicano lo stato On/Off del comando, mentre i bit del nibble LSB indicano lo stato Ok/Nok del segnale di feedback
- % impostata per le Luci primo segmento (un byte)
- % impostata per le Luci secondo segmento (un byte)
- % impostata per le Luci terzo segmento (un byte)
- Temperatura 1 in gradi letta ultimo minuto (un byte)
- Temperatura 1 in gradi letta 1 minuto prima (un byte)
-

- o Temperatura 1 in gradi letta 15 minuti prima (un byte)
- o Temperatura 2 in gradi letta ultimo minuto (un byte)
- o Temperatura 2 in gradi letta 1 minuto prima (un byte)
- o
- o Temperatura 2 in gradi letta 15 minuti prima (un byte)

All'interno di ciascun piano illuminante è previsto un solo consenso che fornisce un contatto N.C. per temperature inferiori a 40°C mentre fornisce un contatto aperto² non appena si superi tale temperatura.

Nota: Il modulo CTPI è tale che, indipendentemente dall'impiego come controller dei Piani Illuminanti, si presta ad essere usato, più in generale, in tutti quei casi in cui sia necessario leggere una o due temperature, comandare fino a 3 carichi disaccoppiati galvanicamente sia in modalità On/Off che in modalità proporzionale, leggere fino a 4 criteri di stato e fornire in output 4 comandi On/Off per carichi a bassa tensione limitati a pochi mA.

4 Web-cam

Il sistema prevede fino a 16 Webcam USB che verranno montate su altrettante staffe a squadra fissate sul fondo dell'armadio, nello spazio tra i piani illuminanti ed i vassoi.

Ciascun gruppo di 4 Webcam verrà connesso ad un HUB USB ed i 4 HUB necessari saranno connessi ad una porta USB della MainUnit attraverso un quinto HUB come indicato nello schema architettonico di Figura 1.

La abilitazione, pilotaggio e scelta delle Webcam verrà effettuata totalmente da software.

5 Sonda Temperatura - Umidità relativa

Come già introdotto in sede di illustrazione dello schema architettonico, la Main Unit è collegata, attraverso una porta USB, ad una sonda di temperatura ed umidità relativa che fornisce valori correnti di T(°C) e di RH(%) misurati all'interno dell'armadio.

Tale conoscenza permette alla MainUnit di agire sul controllo termo-igrometrico del trattamento aria in modo da portare l'atmosfera dell'ambiente di crescita entro i limiti previsti dal Protocollo in atto.

² L'apertura del consenso provoca l'innesco della procedura di allarme che porta in blocco l'apparecchiatura.

6 Trattamento Aria

L'aria di ventilazione viene utilizzata a ciclo chiuso prevedendo filtraggio, sterizzazione, raffreddamento mediante batteria fredda³, riscaldamento mediante batteria calda, umidificazione (eventuale) e postriscaldamento elettrico (quando necessario).

La circolazione dell'aria viene ottenuta mediante ventilatore centrifugo che forza l'aria in un collettore "di mandata" a 4 vie di uscita dalle quali viene incanalato nei 4 condotti di ventilazione discendenti accanto alle celle di crescita. Nel collettore di mandata è prevista una valvola per l'immissione a pressione di CO₂ per future applicazioni. Il ricircolo dell'aria avviene aspirando l'aria da un collettore "di ripresa" a 2 vie di ingresso nelle quali sono incanalati i 2 condotti di ventilazione ascendenti dove viene immessa l'aria prelevata da sopra i plateau contenenti le piante.

Il filtraggio dell'aria viene ottenuto mediante 3 filtri a cartuccia sostituibile montati in cascata: un pressostato differenziale attiva un contatto di avviso se la differenza di pressione tra il punto a monte del primo filtro e quello a valle del terzo supera i 20 cm di acqua (0,02 atm). La sterilizzazione dell'aria viene ottenuta mediante il passaggio attraverso una camera a raggi UV con lampada a tubo montata in asse al condotto cilindrico di percorrenza dell'aria.

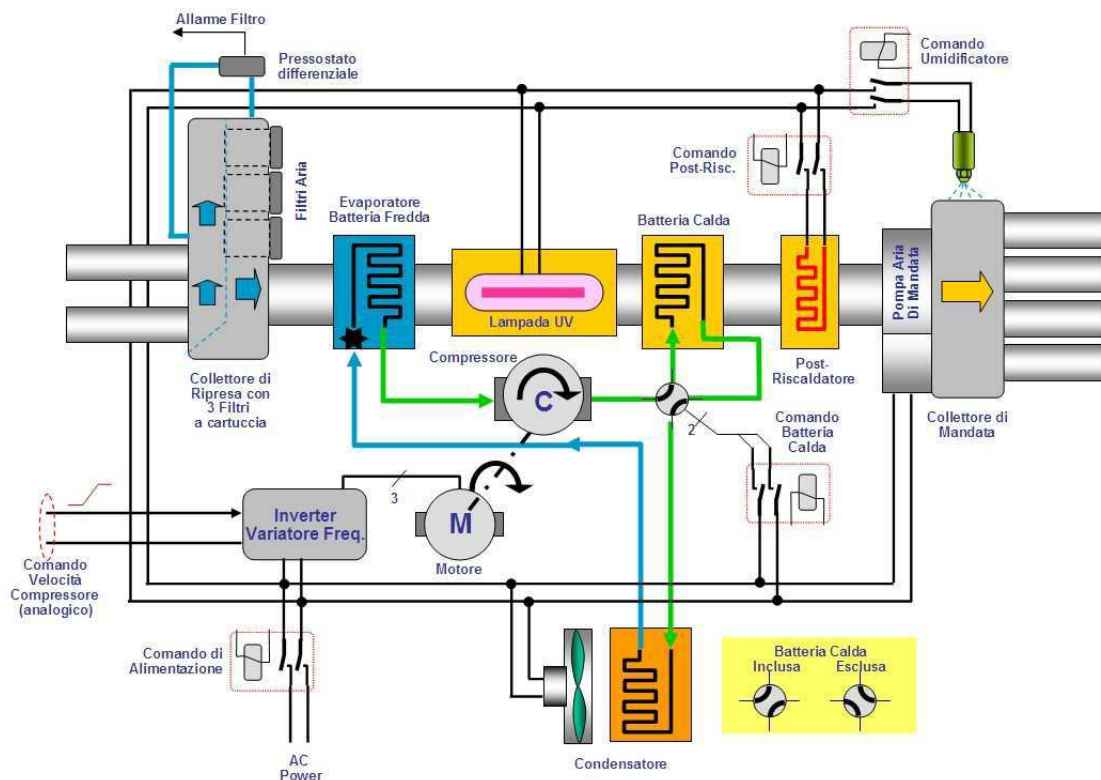


Figura 3 - Trattamento Aria - Schema Funzionale

La Figura 3 illustra schematicamente il funzionamento del sistema di trattamento aria e, con riferimento a tale figura, il ciclo di trattamento può essere illustrato come segue:

L'aria di ripresa viene raccolta nel collettore di ripresa (a sinistra) dove attraversa tre filtri a cartuccia montati in cascata.

Le due pressioni all'ingresso ed all'uscita del collettore vengono applicate ai due ingressi di un pressostato differenziale (del tipo a membrana) e, se la differenza di pressione supera il limite di scatto, questo chiuderà un contatto di avviso (N.O.) indicato nello schema come "Allarme Filtro".

³ Fino alla temperatura corrispondente al punto di rugiada

L'aria passa quindi attraverso la batteria "Evaporatore" dove viene raffreddata fino al suo punto di rugiada, perdendo così l'eventuale acqua disciolta in eccesso. L'acqua di condensa (eventuale) viene recuperata ed inviata al ciclo di trattamento acqua.

L'aria viene ora fatta passare all'interno di un condotto dove è presente una lampada UV che la sterilizza (e la scalda leggermente) proseguendo poi attraverso una Batteria di preriscaldamento (Batteria Calda) che potrà o non essere attiva, in funzione della posizione corrente della valvola di deviazione del gas caldo comandata dal relè indicato con "Comando batteria calda". Infatti se tale valvola è nella posizione rappresentata in figura la batteria calda sarà percorsa dal gas e, quindi sarà inclusa, mentre se valvola fosse nell'altra posizione possibile (vedi riquadro giallo a destra in basso) la batteria non sarebbe percorsa dal gas caldo e quindi sarebbe esclusa.

Dopo il passaggio nella Batteria Calda l'aria viene fatta passare attraverso un post-riscaldatore elettrico che, in funzione dello stato del relè di comando indicato come "Comando Post-Risc." potrà essere o non alimentato. Se il post riscaldatore è alimentato l'aria verrà ulteriormente scaldata.

L'aria viene quindi aspirata dalla pompa di mandata e viene spinta nel Collettore di Mandata (a destra) dove, se necessario potrà essere arricchita di acqua attivando brevemente un nebulizzatore mediante il relè indicato come "Comando Umidificatore".

A questo punto l'aria sarà stata trattata dal punto di vista termo-igrometrico come previsto nel protocollo e, presumibilmente, avrà la temperatura e l'umidità relativa prevista e potrà essere istradata verso i quattro condotti discendenti per l'impiego.

Dal punto di vista più generale la macchina termica funzionerà, come rappresentato nello schema, comprimendo il fluido frigorifero attraverso compressore C nel circuito a destra dello stesso, alzandone quindi la temperatura.

Il fluido caldo potrà essere istradato, a seconda che la Batteria calda sia inclusa o esclusa, o attraverso la Batteria calda e poi attraverso il Condensatore, oppure solo attraverso il Condensatore. In ambedue i casi il fluido verrà raffreddato riportandolo allo stato liquido.

Il fluido verrà ora fatto espandere attraverso l'ugello di espansione dell'Evaporatore dove, per effetto della trasformazione termodinamica, diminuirà di temperatura, assorbendo calore dalla batteria dell'Evaporatore stesso. Il fluido verrà nuovamente prelevato dal Compressore e compresso per iniziare un nuovo ciclo frigorifero.

Poiché è stato previsto di alimentare il motore del compressore attraverso un inverter a frequenza variabile, sarà possibile variare il numero di cicli frigoriferi effettuati per unità di tempo, adattando la potenza frigorifera alle esigenze del momento.

L'unità di trattamento aria fornisce al suo Controller (che le comunica periodicamente alla MainUnit) le temperature dell'aria misurate:

- a monte della batteria fredda
- a valle della batteria fredda
- a valle della batteria calda
- nel collettore di mandata

La conoscenza di tali temperature permette alla MainUnit di regolare la velocità del compressore per ottenere la temperatura di rugiada desiderata e poi di far passare l'aria attraverso la sola Batteria calda (attiva) oppure attraverso la Batteria calda ed il post riscaldatore per ottenere la temperatura di mandata voluta e, quindi, la completa regolazione termo-igrometrica richiesta.

Per ottenere le funzioni di regolazione desiderate, anziché sviluppare un Controller Aria con hardware e firmware specifico, si prevede di realizzarlo utilizzando lo stesso Hardware già previsto per il Controller dei Piani Illuminanti CTPI, ampliando le funzioni del Firmware ad includere funzionalità che ne permettono un impiego più generale. In particolare, come illustrato nel Cap. 3, il bit MSB dell'indirizzo =1 predispone tali controller per funzioni di interfaccia "generalisti".

In tale predisposizione i Controller saranno in grado di:

Leggere e memorizzare due temperature dalle due sonde previste

Leggere lo stato di 4 input logici memorizzando in un nibble se nell'intervallo tra due polling successivi un dato input ha avuto:

- o 000 - nessuna transizione ed è attualmente =0
- o 111 - nessuna transizione ed è attualmente =1
- o 010 - più di una transizione in numero pari ed è restato come era prima =0

- o 101 - più di una transizione in numero pari ed è restato come era prima =1
- o 100 - più di una transizione in numero dispari ed è cambiato da 1 a 0
- o 011 - più di una transizione in numero dispari ed è cambiato da 0 a 1

Impostare lo stato di 4 output logici secondo quanto ricevuto in un nibble e nel suo complemento (due bit opposti per ciascun comando). Se i due nibble non sono opposti, l'intero comando viene ignorato.

Impostare lo stato di 3 output analogici PWM secondo quanto ricevuto nel messaggio di comando.

Per quanto riguarda il colloquio con la MainUnit i controller nella modalità "estesa" saranno in grado di trattare i seguenti messaggi:

Messaggio CtpiSet⁴

Imposta i parametri di lavoro del controller e chiede - nello stesso tempo - che il controller fornisca in risposta i 2 valori di temperatura in memoria e lo stato dei 4 input analogici. In particolare, fornisce i valori da impostare per:

- o Output On/Off (un byte) - un bit del nibble MSB per il comando di ciascun output ed un bit complementato nel nibble LSB
- o % primo carico (un byte)
- o % secondo carico (un byte)
- o % terzo carico (un byte)

Messaggio ExCtpiRpy

risposta da Controller che fornisce lo stato corrente dei carichi, degli output, del monitoraggio dei 4 input, nonché i valori delle due temperature lette e memorizzate. Il messaggio contiene 1+3+16+16 byte = 8 byte utili:

- o Stato On/Off degli Output (un byte), ove i bit del nibble MSB indicano lo stato On/Off del comando, mentre i bit del nibble LSB sono il loro complemento
- o Monitoraggio primo e secondo input (rispettivamente nibble MSB e LSB)
- o Monitoraggio terzo e quarto input (rispettivamente nibble MSB e LSB)
- o % impostato per primo carico (un byte)
- o % impostato per secondo carico (un byte)
- o % impostato per terzo carico (un byte)
- o Temperatura 1 in gradi letta ultimo minuto (un byte)
- o Temperatura 2 in gradi letta ultimo minuto (un byte)

Il comando di variazione di velocità del compressore è un comando in tensione 0-24 V (all'inverter) mentre i comandi da impartire tramite l'attivazione di teleruttori sono quattro:

Comando di accensione generale

Comando Batteria calda

Comando Post-Riscaldatore

Comando Umidificatore

Le temperature aria misurare sono quattro:

Temperatura di ripresa

Temperatura dopo batteria fredda

Temperatura dopo batteria calda

Temperatura di mandata

I criteri logici da rilevare sono sei:

Stato On/Off del compressore (da pressostato a valle del compressore)

Stato On/Off pompa aria (da pressostato a valle della pompa)

Stato On/Off valvola solenoide gas caldo (da contatto di stato ??)

Stato On/Off post-riscaldatore (da termostato ??)

Stato on/off pressostato di sovrappressione differenziale filtro aria

Stato on/off del tubo a raggi Ultra-Violetti di sterilizzazione aria (sensore a fotodiodo...?)

Di conseguenza saranno necessari due controllori per svolgere tutte le funzioni di interfaccia richieste per il controllo del trattamento aria. In particolare:

Controllore TA-1

- o Comando di accensione generale

⁴ Messaggio identico a quello utilizzato per la gestione dei Piani Illuminanti

- o Comando Batteria calda
- o Temperatura di ripresa
- o Temperatura dopo batteria fredda
- o Stato On/Off del compressore (da pressostato a valle del compressore)
- o Stato On/Off pompa aria (da pressostato a valle della pompa)
- o Stato On/Off valvola solenoide gas caldo (da contatto di stato)

Controllore TA-2

- o Comando Post-Riscaldatore
- o Comando Umidificatore
- o Temperatura dopo batteria calda o
- Temperatura di mandata
- o Stato On/Off post-riscaldatore (da termostato)
- o Stato on/off pressostato di sovrappressione differenziale filtro aria
- o Stato on/off del tubo a raggi Ultra-Violetti di sterilizzazione aria (sensore a fotodiodo...)

La logica di controllo da adottare nella MainUnit per gestire il trattamento aria in modo da ottenere la desiderata regolazione termo-idrometrica sarà basata sulla implementazione di un algoritmo che fa riferimento ad una "Tabella della verità" simile a quella rappresentata dalla Tabella 1 e che riporta le "correzioni incrementali" da adottare per attuare degli aggiustamenti dei valori di temperatura ed umidità riscontrati.

T / HR	Compressore ON Riscaldatore ON	Compressore ON Riscaldatore OFF	Compressore OFF Riscaldatore ON	Compressore OFF Riscaldatore OFF
T+ / HR+	OFF Riscaldatore Incrementa potenza Compressore	Increment. Compressore NOP se Compress. è al massimo	OFF Riscaldatore ON Compressore al minimo	ON Compressore al minimo
T+ / HR-	OFF Riscaldatore Decrementa potenza Compressore	Decrementa potenza Compressore NOP se Compress. è al minimo	OFF Riscaldatore	ON Compressore al minimo
T- / HR+	Compressore al minimo	ON Riscaldatore Compressore al minimo	Compressore al minimo	ON Riscaldatore ON Compressore al minimo
T- / HR-	Compressore OFF Attiva nebulizzatore	Compressore OFF Riscaldatore ON Attiva nebulizzatore	Attiva nebulizzatore	Riscaldatore ON Attiva nebulizzatore

Tabella 1 - Ciclo di controllo aria - Esempio di Tabella della verità delle correzioni

Oltre ai comandi, criteri e parametri letti dai controller TA-1 e TA-2 l'unità di trattamento aria dovrà fornire dei consensi come contatti N.C. da utilizzare nella catena dei consensi di sicurezza. Sono previsti i seguenti criteri realizzabili mediante termostati a contatto o ad aria:

- Sovratemperatura motore
- Sovratemperatura compressore
- Sovratemperatura inverter
- Sovratemperatura contenitore del riscaldatore
- Sovratemperatura aria di mandata

7 Trattamento Acqua

L'acqua di irrorazione viene utilizzata a ciclo chiuso prevedendo un ciclo di filtraggio e sterizzazione dell'acqua impegnata per l'innaffiamento che viene, in tal modo recuperata e trasferita nuovamente nel serbatoio di accumulo dopo essere stata utilizzata.

L'acqua di reimpiego viene integrata anche con l'acqua di condensa recuperata dalla batteria fredda a valle del ciclo termico di deumidificazione.

La circolazione dell'acqua viene ottenuta mediante pompa volumetrica che forza l'acqua recuperata a valle dell'innaffiamento (dalla vasca di raccolta) attraverso una batteria di 6 filtri a cartuccia montati nella parte inferiore dell'armadio. Un pressostato differenziale attiva un contatto di avviso se la differenza di pressione tra il punto a monte del primo filtro e quello a valle dell'ultimo supera le 0,5 atm. La sterilizzazione dell'acqua viene ottenuta mediante il passaggio attraverso una camera a raggi UV con lampada a tubo montata in asse al condotto cilindrico di percorrenza dell'acqua.

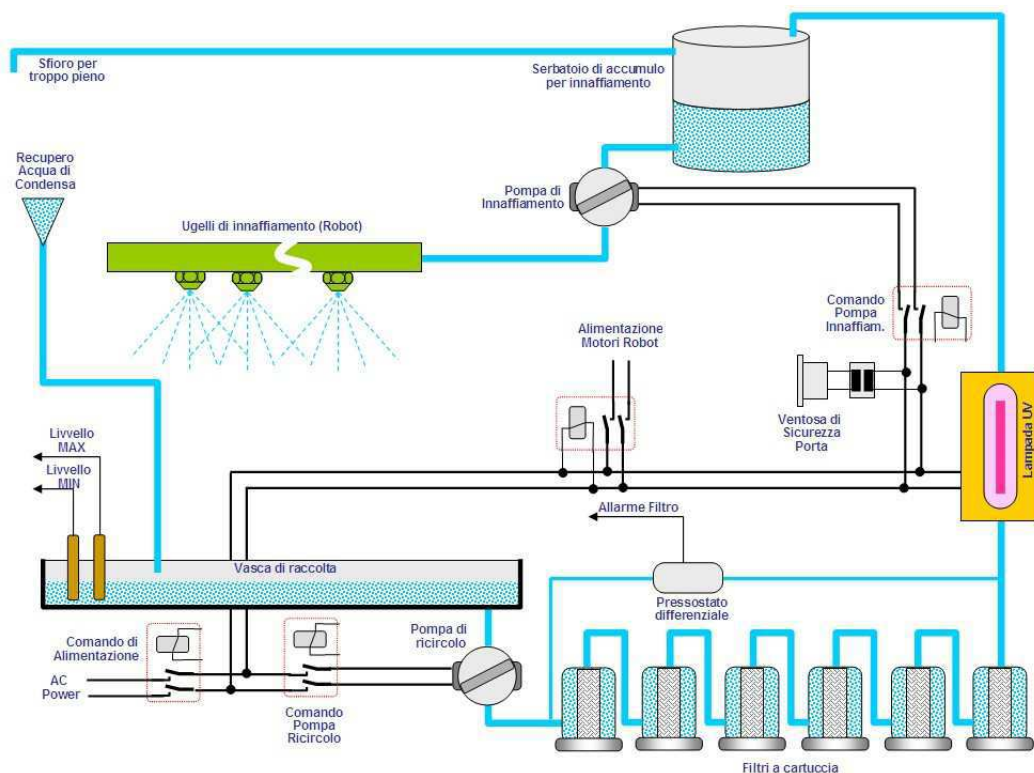


Figura 4 - Trattamento Acqua - Schema Funzionale

La Main Unit utilizza l'acqua del serbatoio per irrorare i vassoi durante il ciclo di innaffiamento. Tale operazione verrà fatta cercando di non superare, ad ogni ciclo, la quantità di acqua che il vassoio può effettivamente assorbire ed, in ogni caso, entro i limiti stabiliti dal protocollo.

L'acqua di sgocciolamento viene recuperata nella vasca sottostante l'armadio ed, appena il livello di questa supera il valore di alcuni centimetri, la Main Unit viene avvertita da un sensore di massima ed attiva un ciclo di svuotamento, filtraggio e sterilizzazione che, una volta attivato, procede autonomamente fino a che un analogo sensore di minimo non avvertirà del completo svuotamento della vasca.

Quando l'unità di Trattamento Acqua è alimentata verranno alimentati i motori di movimento del Robot di innaffiamento e verrà automaticamente bloccata la porta mediante una ventosa magnetica. L'eventuale richiesta di apertura porta fatta dall'Operatore tramite il pannello frontale verrà interpretata dalla MainUnit come richiesta di eseguire in sequenza le operazioni seguenti:

- Interrompere il ciclo di innaffiamento (se attivo) memorizzando il punto di interruzione in modo da poter riprendere dal punto interrotto
- portare la slitta in posizione "tutto alto"

interrompere l'alimentazione del trattamento acqua
fornire il consenso ottico (spia) per l'apertura porta

La Main Unit dovrà colloquiare mediante messaggi su bus RS.485 con il Controller Acqua che, analogamente a quanto previsto per il Controller Aria, sarà realizzato utilizzando le funzioni estese del Controller Piani Illuminanti.

I comandi richiesti per il comando del Trattamento Acqua sono i seguenti:

Attivazione / disattivazione generale
Attivazione / disattivazione della pompa di innaffiamento
Attivazione / disattivazione della pompa di ricircolo

I criteri da rilevare per monitorare il corretto funzionamento del processo sono:

Stato On/Off del sensore di minimo
Stato On/Off del sensore di massimo
Stato On/Off della pompa di ricircolo (pressostato a valle della pompa)
Stato On/Off della pompa di innaffiamento (pressostato a valle della pompa)
Sovrapressione differenziale del filtro acqua
Stato On/Off del tubo a raggi Ultra-Violetti di sterilizzazione acqua (sensore a fotodiode...?)

Le temperature da rilevare sono:

Temperatura del motore della pompa di innaffiamento
Temperatura del motore della pompa di ricircolo

Di conseguenza sarà sufficiente un solo controller per svolgere tutte le funzioni di interfaccia richieste per il controllo del trattamento acqua. In particolare:

Controllore TW-1

- o Comando di accensione generale
- o Comando Pompa di ricircolo
- o Comando Pompa di innaffiamento
- o Temperatura del motore pompa innaffiamento
- o Temperatura del motore pompa ricircolo
- o Stato On/Off del sensore del minimo
- o Stato On/Off del sensore del massimo
- o Stato On/Off della pompa di innaffiamento (pressostato a valle della pompa)
- o Stato On/Off della pompa di ricircolo (pressostato a valle della pompa)
- o Sovrapressione differenziale del filtro acqua / Stato On/Off del tubo a raggi Ultra-Violetti di sterilizzazione acqua

Nota: Poiché è necessario leggere 6 criteri di stato, i 4 ultimi criteri condividono gli stessi due input e vengono scambiati "logicamente" dalla MainUnit utilizzando due dei criteri di Output.

Oltre ai comandi, criteri e parametri letti dal controller l'unità di trattamento acqua dovrà fornire un consenso come contatto N.C. da utilizzare nella catena dei consensi di sicurezza. E' previsto un solo criterio realizzabile mediante termostato a contatto:

Sovratemperatura motore pompa innaffiamento
Sovratemperatura motore pompa ricircolo

8 Robot di Innaffiamiento

Il Robot di innaffiamiento è realizzato mediante un servomeccanismo che prevede un movimento verticale (asse Z= movimento slitta) e due movimenti orizzontali (assi X1= movimento vassoi e X2= movimento ugelli).

Il movimento degli assi X1 ed X2 è realizzato mediante motori a passi, cinghie dentate e sistemi vite-chiocciola, mentre il movimento secondo l'asse Z è realizzato mediante un motore a passi, trasmissione ad ingranaggi ed un sistema vite-chiocciola a riduzione di gioco.

Il Controller del Robot (CTRI - Controller Robot Innaffiamiento) è realizzato mediante una scheda single board computer in grado di:

leggere 12 criteri binari corrispondenti ad altrettanti fine-corsa di movimento:

- o Asse Z: sensore ottico di posizione ai piani, sensore ottico di posizione primo/ultimo, microswitch fine corsa superiore, microswitch fine corsa inferiore
- o Asse X1: sensori magnetici di fine-corsa sinistro, centro-corsa e fine-corsa destro, microswitch "tastatori" di contatto con vassoio sinistro e destro
- o Asse X2: sensori magnetici di fine-corsa sinistro, centro-corsa e fine-corsa destro, microswitch "tastatori" di contatto con vassoio sinistro e destro

leggere un segnale analogico corrispondente al segnale "peso" fornito da un circuito sommatore del peso rivelato da 4 celle di carico montate sulla slitta del sistema

generare le forme d'onda binarie necessarie per azionare (uno alla volta) i tre motori a passi che realizzano il movimento, in accordo ai comandi ricevuti dalla MainUnit,

leggere lo stato di Temperatura Ok o di sovratemperatura per i tre motori

Il Controller CTRI colloquia con la MainUnit attraverso il bus RS.485 utilizzando il protocollo HalfDuplex con messaggi formattati come già descritto precedentemente.

Per minimizzare la complessità del controller CTRI e - soprattutto - per spostare nella MainUnit quegli aspetti di "flessibilità" necessari per poter facilmente intervenire sulla logica del processo, si prevede che CTRI si limiti a gestire il "movimento" dei motori, senza entrare nella logica che comanda tale movimento. Pertanto i comandi che CTRI riceverà da MainUnit saranno i seguenti:

Set parametri⁵ di movimento standard di un motore

asse, % rampa up (%RU), accelerazione rampa up (AU), velocità di marcia (VM), % rampa down (%RD), accelerazione rampa down (AD), velocità di avvicinamento (VA), % di avvicinamento (%PA), velocità di extra corsa (VE)

Comando di "move"

asse, direzione, numero di passi N, id del sensore di consenso finale FC, extra-corsa E

Comando di "zero"

asse, direzione, step ST

Alla ricezione del messaggio di comando di "move", il controller svilupperà il comando in modo da ottenere i diagrammi Spazio/Tempo e Velocità/Tempo illustrati in Figura 5. In particolare la logica di sviluppo del comando di movimento è la seguente:

Il numero N dei passi specificati viene suddiviso in $N_M + N_A$ ove N_M sono i passi di "marcia" ed N_A sono i passi di "avvicinamento" ed ove $N_A = N * \%PA$.

N_M è ancora suddiviso in $N_U + N_V + N_D$ ove N_U sono i passi del tratto di rampa UP, N_V sono i passi a velocità costante = VM, N_D sono i passi del tratto di rampa DOWN suddivisi in base alle percentuali %RU e %RD

Il controller abilita il solo sensore identificato dal comando ed inizia a generare impulsi di avanzamento a velocità via via crescente (con accelerazione uguale ad AU) fino ad aver raggiunto la velocità di marcia VM oppure il numero di passi N_U . A tal punto continuerà a generare impulsi di avanzamento a velocità = VM fino ad aver compiuto il numero di passi $N_U + N_V$.

Il controller inizia a generare impulsi di avanzamento a velocità via via decrescente (con decelerazione uguale ad AD) fino ad aver raggiunto la velocità di avvicinamento VA oppure il numero di passi complessivo $N_M (=N_U + N_V + N_D)$. A tal punto continuerà a generare impulsi di avanzamento a velocità = VA fino a che non si verifichi lo scatto del sensore FC o non venga raggiunto il numero di passi $N+10\%$.

⁵ I parametri sono impostati nel controller con riferimento al numero di passi

Se FC = &00.FF il comando viene considerato "assoluto" e, quindi, il controller genererà comunque un movimento di N passi.

Se il parametro di comando E (extra corsa) specificato nel comando è maggiore di zero il controller genererà ancora E impulsi di avanzamento alla velocità VE specificata nel setting di default.

Se dopo aver raggiunto N+10% passi non si è avuto lo scatto del fine-corsa il comando sarà considerato fallito; in caso contrario sarà considerato completato.

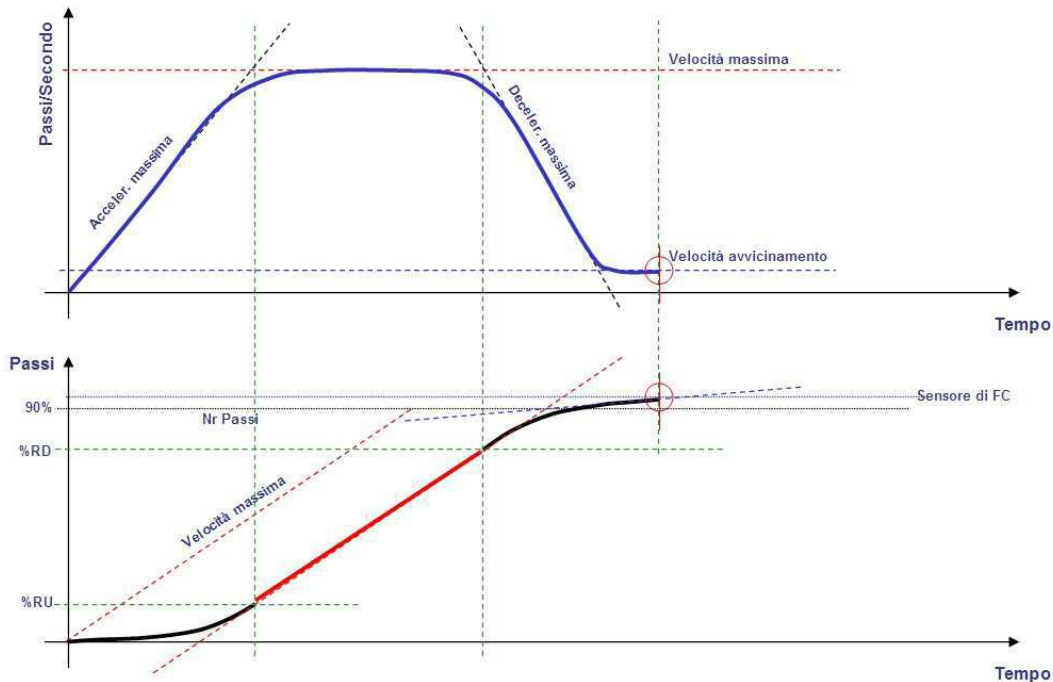


Figura 5 - Diagrammi di movimento dei motori a passi

In ambedue i casi il controller preparerà un messaggio di "move reply" contenente le informazioni:

esito (Ok / Nok)

numero di passi effettivamente fatti per: a) rampa UP, b) marcia a velocità massima, c) rampa DOWN, d) avvicinamento, e) extra corsa

tempo impiegato per: a) rampa UP, b) marcia a velocità massima, c) rampa DOWN, d) avvicinamento, e) extra corsa

Il messaggio verrà inviato quando la MainUnit interroga il Controller con il messaggio (generico) di Query che viene inviato regolarmente a tutte le unità periferiche e che contiene la data:ora corrente. I controller interrogati risponderanno prima con gli eventuali messaggi in attesa di trasmissione e poi, per ultimo, con il messaggio di "stato" nel quale inseriscono i dati significativi del funzionamento dell'unità controllata.

Nel caso del controller CTRI il messaggio di stato conterrà le informazioni:

stato On/Off dei 16 sensori in input

peso corrente letto dalla bilancia

Alla ricezione del messaggio di "zero", il controller CTRI leggerà lo stato dei sensori e farà muovere il motore dell'asse specificato per ST passi alla volta, nella direzione indicata dal comando, a velocità $0,2 \cdot V_A$ e leggendo tutti i sensori tra un gruppo di passi ed il successivo; non appena venga rivelato lo scatto Off>On di un qualsiasi sensore, il comando verrà considerato completato ed il controller preparerà un messaggio di "zero reply" che contiene l'identificativo del sensore o dei sensori (se più di uno) che sono appena passati in condizione On.

In particolare nel caso della slitta su asse Z potrà verificarsi che la posizione iniziale sia tra due piani: in tal caso la slitta si muoverà di piano in piano e la MainUnit potrà ripetere il comando di "zero" nella stessa direzione, fino a raggiungere il fine corsa ottico superiore (o inferiore).

Il controller non risponderà specificamente al comando in quanto lo stato dell'asse verrà rilevato comunque nell'ambito del messaggio di stato fornito come risposta al messaggio di query.

I comandi richiesti per il comando del Robot di innaffiamento sono i seguenti:

- Impulsi di Fase A e di Fase B per il motore attivo
- Scelta del motore attivo (1 di 3)
- Scelta del sensore di fine corsa da leggere (1 di 12)

I criteri da rilevare per monitorare il corretto funzionamento del processo sono:

- Stato On/Off del sensore di temperatura del motore asse Z
- Stato On/Off del sensore di temperatura del motore asse X1
- Stato On/Off del sensore di temperatura del motore asse X2
- Stato On/Off del sensore di movimento in quel momento abilitato

La sola grandezza analogica da leggere è:

Tensione +/- 5V (o corrente 4-20 mA) corrispondente al peso rilevato dalla bilancia

Per semplificare la realizzazione si potranno leggere in polling i sensori di sovratemperatura dei motori nei momenti in cui il controller è libero, utilizzando così lo stesso multiplexer usato per la scelta del sensore di fine corsa.

Lo schema funzionale del Controller CTRI rappresentato nella Figura 6 mostra lo schema funzionale del Controller.

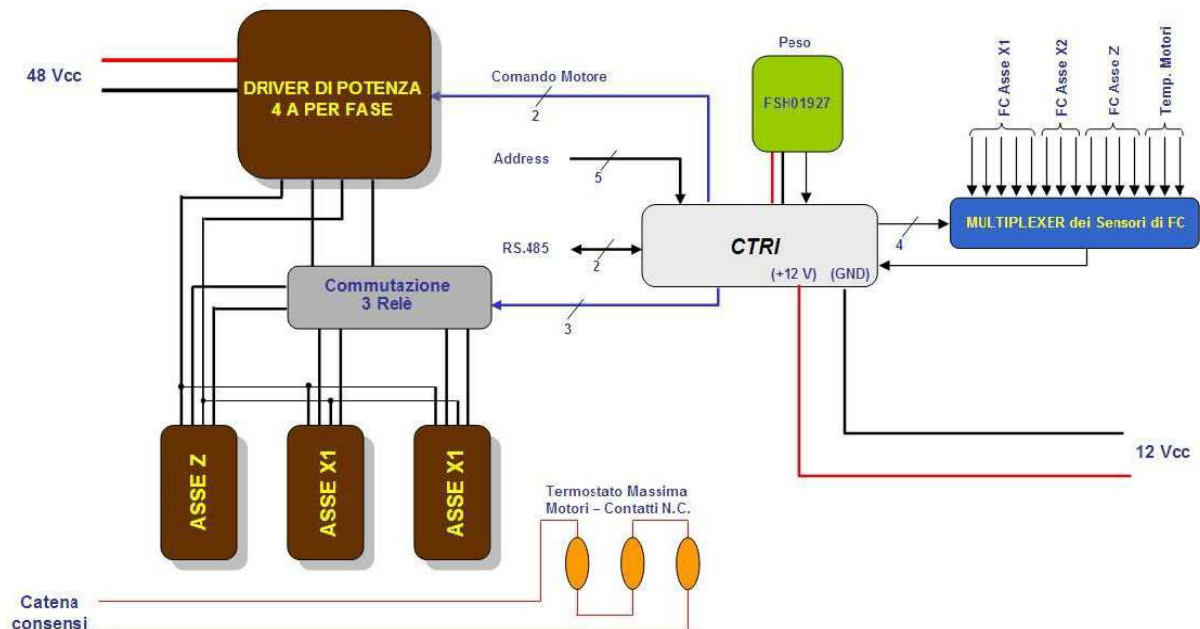


Figura 6 - CTRI - Controller Robot di Innaffiamento - Schema funzionale

9 MainUnit - Funzionalità

Le funzionalità della MainUnit dovranno coprire le esigenze di gestione e controllo del sistema secondo quanto già illustrato per i singoli sottosistemi. In particolare la MainUnit dovrà garantire le seguenti funzionalità:

- Funzionalità 1. Inizializzazione - Task INIT
 Al power-on reset o al reset manuale da pannello frontale MainUnit dovrà attivare il Task INIT che, come prima cosa, dovrà trasformare in tabelle operative le diverse sezioni della P-Table. Invierà un messaggio di Query a tutti i controller periferici e verificherà se gli assi del Robot di innaffiamento sono in posizione nota⁶. Verificherà lo stato del Pannello Frontale e predisporrà, di conseguenza, le spie di feedback.
- Funzionalità 2. Gestione Pannello - Task PanServ
 Il Task PanServ è delegato a servire gli eventi provenienti dal pannello che riceverà come singoli caratteri dalla linea seriale COM:1.
- Funzionalità 3. Comunicazione BUS RS.485 - Task BusComm
 Il Task BusComm gestisce un buffer di comunicazione Outbound nel quale i diversi task potranno depositare messaggi diretti ai Controller periferici e nel quale Task BusComm inserirà periodicamente i messaggi di Query diretti ai vari Controller sia per interrogarli che per comunicare la data:ora corrente. Gli intervalli di polling dei diversi controller sono stabilite come parametri nella tabella P-Table.
Nota: I due controller del Trattamento aria verranno interrogati in stretta successione. Lo stesso Task provvederà a ricevere i messaggi di ritorno dai Controller trasferendoli immediatamente ai Task specifici che servono i diversi sottosistemi.
- Funzionalità 4. Gestione Scheduling Protocollo - Task ProtSch
 Il Task ProtSch si attiva ogni minuto e verifica se sono necessari aggiornamenti dei comandi da inviare ai controller CTPI. In caso affermativo invia i messaggi di comando ai controller. Se, in corrispondenza del primo minuto del segmento temporale si riscontra la programmazione del ciclo di innaffiamento, il Task provvederà ad abilitare il Task GestRobot che eseguirà il ciclo ed, al termine, si auto-disabiliterà.
- Funzionalità 5. Monitoring Piani Illuminanti - Task PI_Mon
 Il Task PI_Mon si attiva ogniqualvolta viene ricevuto un messaggio di stato CtpiRpy dai controller dei piani illuminanti. Il task provvede ad inserire i valori ricevuti in apposite "tabelle cronologiche" che riportano la storia foto-termo-igrometrica di ciascun vassoio.
- Funzionalità 6. Gestione Trattamento Aria - Task GestAria
 Il Task GestAria ha il compito di assicurare il rispetto dei valori termo-igrometrici impostati per il segmento temporale corrente. Il Task si attiva ogni volta che viene ricevuto un messaggio di risposta dai controller TA-1 e TA-2 di trattamento aria, ma il trattamento viene attivato solo dalla risposta di TA-2. Il Task verifica, leggendo la sonda termo-igrometrica dell'armadio, se sono necessari aggiustamenti del setting corrente del Trattamento aria ed, in caso affermativo invia i messaggi di comando ai corrispondenti controller. I valori della sonda vengono iscritti da questo Task, ogni minuto, nelle "tabelle cronologiche" che riportano la storia foto-termo-igrometrica dei vassoi.
- Funzionalità 7. Gestione Trattamento Acqua - Task GestAcqua
 Il Task GestAcqua ha il compito di assicurare il ricircolo dell'acqua di innaffiamento. Si attiva ogni volta che viene ricevuto un messaggio di risposta dal controller TW-1 e, dopo aver esaminato lo stato dell'unità di trattamento acqua, provvede - se necessario - all'invio dei comandi di attivazione della pompa di ricircolo.

⁶ In caso contrario provvederà ad una ricerca di "zero" meccanico di ciascun asse

ALLEGATO 2

PROGETTO **C**AMERA DI ACCRESCIMENTO

PANNELLO FRONTALE

Indice dei contenuti

1	Scopo.....	4
2	Layout.....	4
3	Schema di collegamento.....	6
4	Sicurezza.....	7
5	Funzionalità.....	8
5.1	Generale	8
5.2	Display.....	8
5.3	Tabella P-Table.....	9
5.3.1	Dati Standard.....	10
5.3.2	Dati Limite.....	13
5.3.3	Dati di Protocollo.....	13
5.4	Comandi da pannello	14
5.5	Query da pannello.....	15
5.6	Comandi e Query da console	17
6	Interfacce	18
6.1	I/F Elettrica	18
6.2	I/F Logica	19
7	Componenti.....	21

Indice delle Figure

Figura 1 - Pannello frontale del sistema "Atmosfera"	4
Figura 2 - Pannello Frontale - Schema elettrico.....	6
Figura 3 - Modulo Display di singola cifra a pilotaggio parallelo	7
Figura 4 - Pannello frontale - Schema delle sicurezze	8
Figura 5 - Pannello Frontale - Schema di I/O.....	18

Indice delle Tabelle

Tabella 1 - P-Table - Sezione Equipaggiamento.....	10
Tabella 2 - P-Table - Asse Z.....	11
Tabella 3 - P-Table - Asse X1, movimento vassoi	11
Tabella 4 - P-Table - Asse X2, movimento ugelli	12
Tabella 5 - P-Table - Bilancia.....	12
Tabella 6 - P-Table - Trattamento Aria.....	12
Tabella 7 - P-Table - Trattamento Acqua.....	13
Tabella 8 - P-Table - Valori Limiti di allarme	13
Tabella 9 - P-Table - Valori di specifica del protocollo.....	14
Tabella 10 - Q-Table - Parametri leggibili da Query	17
Tabella 11 - Codifica ASCII degli eventi del pannello.....	19
Tabella 12 - Messaggio PanelSet - Corrispondenza tra bit e spie.....	20

1 Scopo

La presente nota illustra le funzionalità del pannello di controllo e visualizzazione dell'armadio "Atmosfera" che è gestito, attraverso interfacce di I/O, dal Main Module di gestione del sistema, ad eccezione del pulsante STOP che, invece, agisce direttamente sulle sicurezze del sistema

2 Layout

Il pannello frontale dell'armadio "Atmosfera" è l'interfaccia di visualizzazione e comando del sistema e permette all'operatore:

- di visualizzare i parametri principali del funzionamento (in condizioni normali)
- di interrogare il sistema circa altri parametri utili per identificare eventuali anomalie di funzionamento (funzioni di diagnostica).
- di impostare manualmente uno o più parametri di funzionamento

In particolare il pannello è costituito come schematicamente indicato nella Figura 1 seguente.

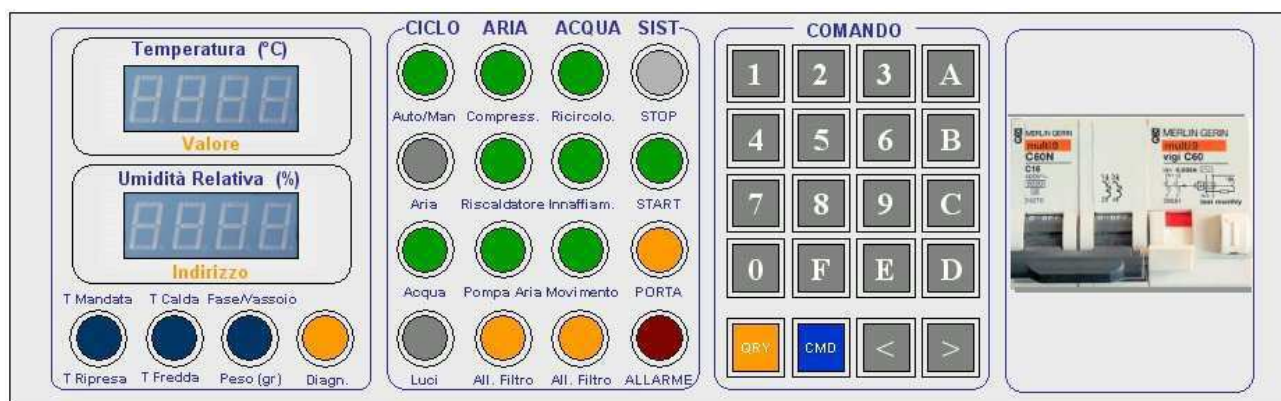


Figura 1 - Pannello frontale del sistema "Atmosfera"

I due display a sinistra vengono pilotati dalla scheda di controllo ed indicano, in condizioni normali, la temperatura e l'umidità relativa rilevate dalla sonda di controllo. Gli stessi display, a seconda dei comandi impartiti dall'operatore, vengono utilizzati per visualizzare - di volta in volta - altre informazioni di interesse.

Il pannello può essere descritto in notazione strutturata come segue:

Panel Atmosfera

Frame Display

! Serve a visualizzare i parametri di interesse o richiesti al momento

Display_1(Digit:4)

! Di norma indica la temperatura; in modalità diagnostica indica il VALORE del dato

Display_2(Digit:4)

! Di norma indica umidità relativa in %; in modalità diagnostica indica l'INDIRIZZO del dato

T_Mandata/T_Ripresa(Temp_On)

! Pulsante e spia. Il pulsante serve per chiedere la visualizzazione nei due display delle temperature di mandata e di ripresa dell'aria. Le temperature vengono visualizzate per 20 secondi e durante tale periodo la spia resta accesa.

T_Calda/T_Fredda(Temp_On)

! Pulsante e spia. Il pulsante serve per chiedere la visualizzazione nei due display delle temperature dell'aria a valle della batteria calda ed a valle della batteria fredda. Le temperature vengono visualizzate per 20 secondi e durante tale periodo la spia resta accesa.

Fase/Vassoio/Peso(Temp_On)

! Pulsante e spia. Il pulsante serve per chiedere la visualizzazione dello stato del ciclo di innaffiamento e la spia accesa conferma tale modalità. La modalità resta attiva fino a nuova attivazione dello stesso pulsante.

Diagn.(Temp_On)

! Pulsante e spia. La spia spenta indica che il sistema è in funzione regolarmente, la spia accesa indica che il sistema funziona e che è correntemente attiva la tastiera di diagnostica e comando. Il pulsante DIAG chiede l'attivazione della tastiera e la spia ne conferma l'attivazione. In condizioni di Diagnostica il Display_1 rappresenta il valore del parametro visualizzato mentre il Display_2 ne rappresenta l'indirizzo con riferimento alla tabella P-Table.

EndFrame

Frame Pulsanti

Colonna Ciclo

! Comandi e spie di funzionamento generale	
Man/Auto(On/Off)	! Pulsante bistabile e spia. Sceglie la modalità di lavoro Automatica o Manuale. In modalità Automatica la spia è accesa ed i comandi ON/OFF del pannello che comandano le singole Unità (Aria, Acqua, Luci) sono disabilitati. In modalità Manuale la spia è spenta ed i comandi ON/OFF del pannello che comandano le singole Unità sono abilitati
Aria(On/Off)	! Pulsante bistabile e spia. La spia accesa indica che l'unità di trattamento aria è in funzione. Se il ciclo è in <u>Manuale</u> il pulsante in stato ON mette in funzione l'unità di trattamento aria.
Acqua (On/Off)	! Pulsante bistabile e spia. La spia accesa indica che l'unità di trattamento acqua è in funzione. Se il ciclo è in <u>Manuale</u> il pulsante in stato ON mette in funzione l'unità di trattamento acqua. Quando l'unità trattamento acqua è OFF, verrà anche inibito il funzionamento del sistema di innaffiamento.
Luci(On/Off)	! Pulsante bistabile e spia. La spia accesa indica che le luci sono accese. Se il ciclo è in <u>Manuale</u> , il pulsante in stato ON fa accendere le luci.
EndColonna	
Colonna Aria	
! Comandi e spie di funzionamento dell'Unità di Trattamento Aria	
Compressore(Spia)	! Spia che, se accesa, indica che il compressore è in funzione.
Riscaldatore(Spia)	! Spia che, se accesa, indica che il post-riscaldatore elettrico dell'aria è in funzione.
Pompa_Aria(Spia)	! Spia che, se accesa, indica che la pompa di circolazione dell'aria è in funzione.
All.Filtro(Spia)	! Spia che, se accesa, indica eccesso di pressione differenziale al filtro aria (filtro intasato).
EndColonna	
Colonna Acqua	
! Comandi e spie di funzionamento dell'Unità di Trattamento Acqua	
Ricircolo(Spia)	! Spia che, se accesa, indica che la pompa di ricircolo è in funzione
Innaffiamento(Spia)	! Spia che, se accesa, indica che il ciclo di innaffiamento è in atto ed è attiva la pompa di irrorazione dell'acqua. In tali condizioni la porta è bloccata.
Movimento(Spia)	! Spia che, se accesa, indica che il ciclo di innaffiamento è in atto ed il robot è in movimento. In tali condizioni la porta è bloccata.
All.Filtro(Spia)	! Spia che, se accesa, indica eccesso di pressione differenziale al filtro acqua (filtro intasato).
EndColonna	
Colonna System	
! Comandi e spie di comando del sistema	
STOP(Temp_On)	! Pulsante e spia. La spia spenta indica che il sistema è in funzione regolarmente (la spia START è accesa). Il pulsante STOP fa attivare una sicurezza che toglie alimentazione a tutto il sistema ed accende la spia rossa di STOP.
START(Temp_On)	! Pulsante e spia. La spia spenta indica che il sistema è in STOP o in ALLARME. Il pulsante START è attivo solo se il sistema è in STOP o in ALLARME e provoca il restart del sistema.
Porta(Temp_On)	! Pulsante e spia. La spia accesa indica che la porta è bloccata. Se il ciclo è in <u>Automatico</u> il pulsante non è abilitato; se il ciclo è in <u>Manuale</u> il pulsante è abilitato e, se attivato, sospende il ciclo di innaffiamento (se attivo) e non appena il carrello sarà stato portato in condizioni di sicurezza, verrà sbloccata l'apertura della porta.
ALLARME(Spia)	! Spia. La spia accesa indica che il sistema è entrato in condizioni di allarme e successivo blocco. La condizione di allarme fa attivare una sicurezza che toglie alimentazione a tutto il sistema ed accende la spia rossa di ALLARME.
EndColonna	
EndFrame	
Frame Comando	
! Comandi di diagnostica e di predisposizione manuale	
Tastiera(da P ₁ a P ₉ , P _A , P _B , P _C , P _O , P _E , P _F)	
Pulsante(QRY)	! Pulsante e spia. Serve per inviare una query di diagnostica al sistema, specificata mediante una sequenza esadecimale .
Pulsante(CMD)	! Pulsante e spia. Serve per inviare un comando al sistema, specificato mediante una sequenza esadecimale
Pulsante(<)	! Pulsante di scorrimento indietro dei caratteri immessi
Pulsante(>)	! Pulsante di scorrimento in avanti dei caratteri immessi
EndFrame	
EndPanel	

3 Schema di collegamento

La Figura 2 seguente rappresenta lo schema di collegamento del pannello frontale ed, in particolare:

la parte a sinistra in alto rappresenta le due linee seriali per il colloquio con il modulo Display_1, il modulo Display_2 ipotizzando l'impiego dei display a comando serie del tipo Reynolds Electronics - SLED C4 serial 4 digit LED display

la parte a sinistra in basso rappresenta le connessioni previste per il pulsante e per la spia <STOP>, per il pulsante e la spia <START> e per la spia <ALLARME>;

la parte al centro rappresenta i collegamenti per le 20 spie di funzionamento (Man/Auto, On/Off Aria, On/off Acqua, On/Off Luci, Compressore, Riscaldatore, PompaAria, All. Filtro Aria, Ricircolo, Innaffiamento, Movimento, All. Filtro, Start, Porta, T_Mandata/T_Ripresa, T_Fredda/T_Calda, Vassoio/Fase/Peso, Diag, QRY, CMD) che vengono comandate dalla Main Unit;

la parte a destra rappresenta, nella parte superiore, le connessioni previste per i 20 pulsanti della tastiera ed i 5 pulsanti di comando (Porta, T_Ripresa, T_Mandata, T_Rugiada, DIAG) che vengono letti a scansione dalla Main Unit e nella parte inferiore i 4 interruttori On/Off ed il contatto che riporta lo stato di STOP, che vengono letti direttamente dalla Main Unit tramite I/O dedicati.

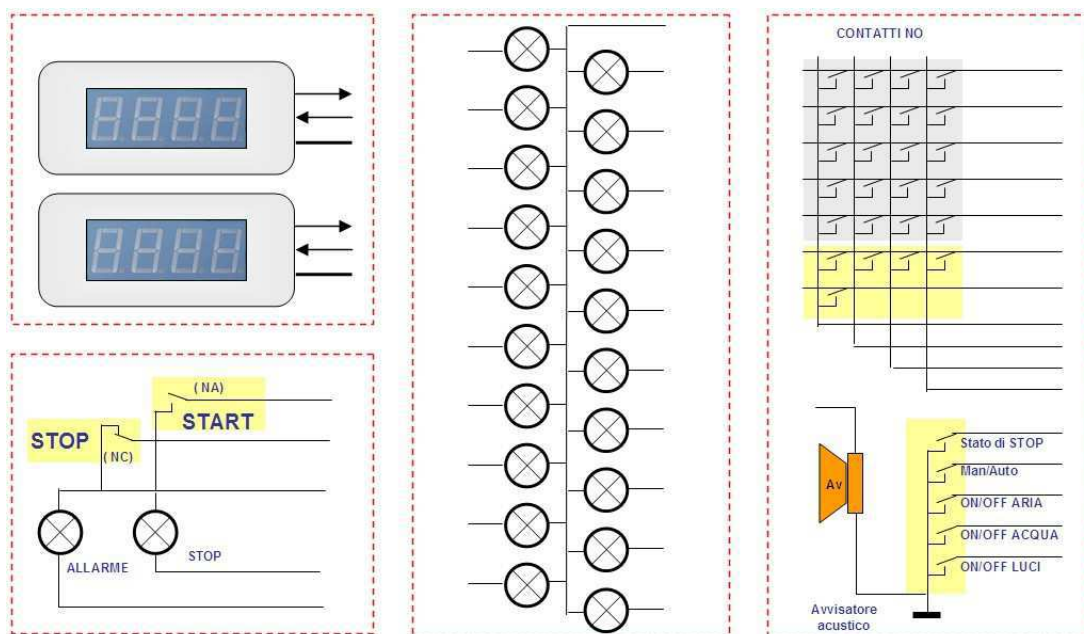


Figura 2 - Pannello Frontale - Schema elettrico

Il collegamento tra pulsanti del pannello e la Main Unit verrà effettuato tramite un microcontroller che funge da multiplexer di I/O e che comunica attraverso il bus RS.485.

In alternativa alla soluzione indicata i display potranno essere realizzati mediante singole cifre pilotate direttamente dal microcontroller del pannello (ad esempio OSRAM DLX713X, 5x7 Dot Matrix Intelligent Display® Device). In tal caso l'interfaccia delle cifre del modulo display è quella rappresentata in Figura 4.

L'avvisatore acustico Av verrà pilotato da un comando della MainUnit per segnalare situazioni di pericolo o di allarme e potrà essere silenziato dall'operatore premendo 5 volte in sequenza il pulsante DIAG.

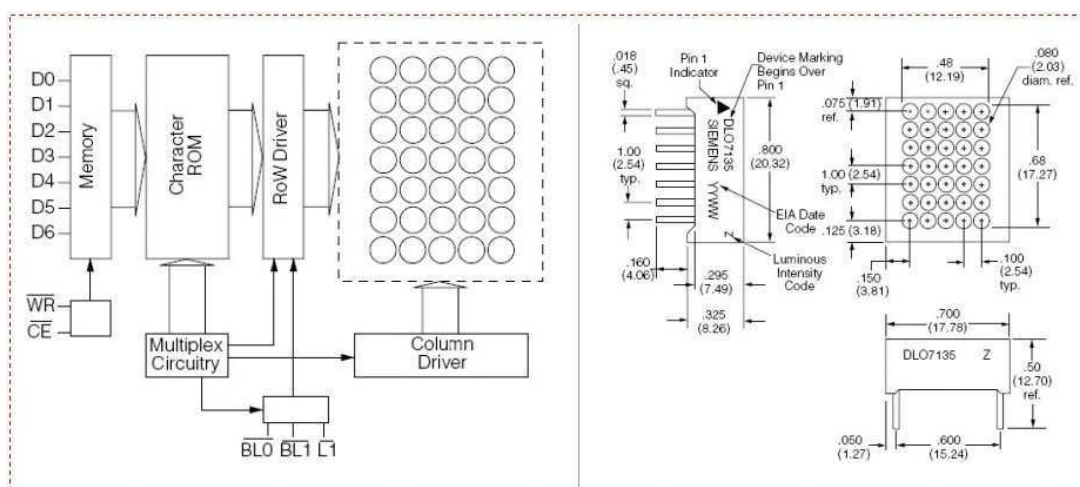


Figura 3 - Modulo Display di singola cifra a pilotaggio parallelo

4 Sicurezza

Nel pannello sarà incorporato un meccanismo di sicurezza che prevede la verifica continua di una "catena di consensi" comunque distribuiti all'interno del sistema. Non appena uno dei consensi venga a mancare oppure non appena venga premuto il pulsante STOP, il sistema di sicurezza toglierà alimentazione all'unità di trattamento aria, all'unità di trattamento acqua, all'alimentatore delle luci, al robot di innaffiamento, restando alimentati solamente la Main Unit ed il pannello.

La Figura 4 rappresenta lo schema elettrico del sistema di sicurezza che prevede quattro relé, rispettivamente indicati come A, B, C e D. Nel momento in cui si dà corrente all'apparato verranno alimentati solamente la Main Unit ed il pannello frontale dove apparirà accesa (brevemente) la spia "Allarme".

Il relé C è dedicato alla verifica della "catena di sicurezza" (rappresentata dal circuito in rosso) e, se la catena è continua, non appena sia data tensione, si attiverà, facendo commutare il suo contatto c_1 che toglierà tensione alla spia "Allarme" e darà tensione al centrale del contatto b_1 del relé B. Poiché la bobina del relé B non è alimentata, il relé B non può attrarre, la tensione (+) verrà data dal contatto b_1 alla spia "Stop" che, quindi, si accenderà.

Non appena l'unità Main Unit avrà completato il suo ciclo di inizializzazione invierà un consenso temporaneo di "Avvio" che farà attivare brevemente il relé A che, tramite il suo contatto a_1 , darà tensione (+) alla bobina di B che attrarrà e resterà attratto tramite il suo contatto di scambio b_1 .

L'attivazione di B fornisce il consenso esterno all'accensione tramite il suo contatto di lavoro b_2 .

L'eventuale interruzione, anche temporanea, della catena di consensi farà cadere C e, di conseguenza B che toglierà - di conseguenza il consenso esterno all'accensione, disalimentando l'apparato. In tale condizione si accenderanno sia la spia "Allarme" che la spia "Stop".

L'eventuale attivazione temporanea del pulsante di "Stop" farà cadere B che toglierà il consenso esterno all'accensione, disalimentando l'apparato. In tale condizione si accenderà solamente la spia "Stop".

Il relé D è usato, in parallelo al relé B per fornire, mediante il contatto d_1 , l'informazione circa lo stato di B ad uso della Main Unit.

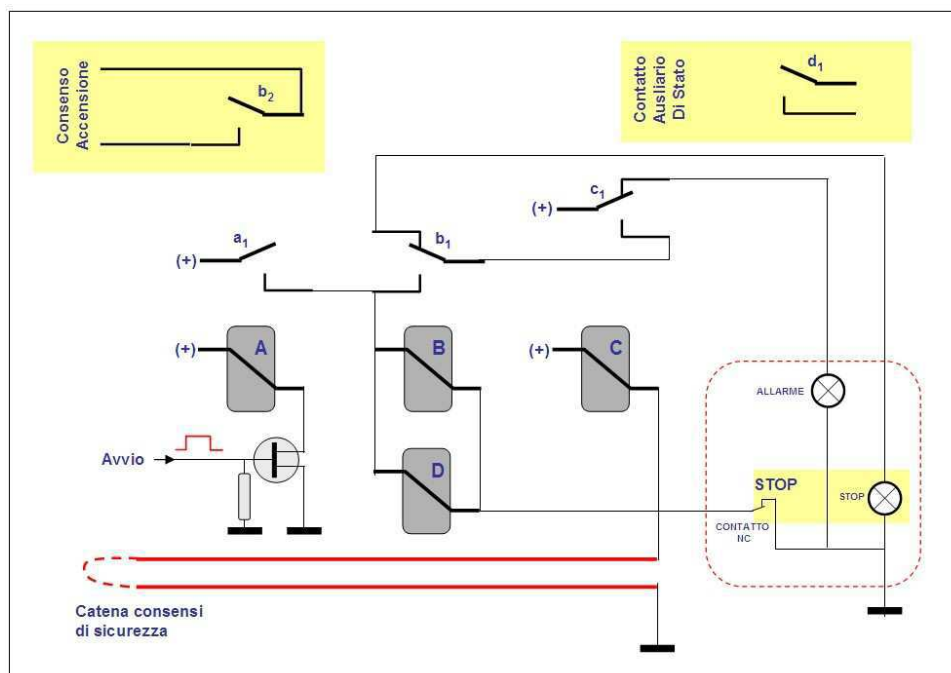


Figura 4 - Pannello frontale - Schema delle sicurezze

Dal punto di vista della sicurezza meccanica è prevista una ventosa magnetica di sicurezza per il blocco della porta nei periodi in cui il sistema di Trattamento Acqua (incluso il Robot di innaffiamento) è attivo. La ventosa sarà abilitata insieme all'unità di trattamento acqua e non verrà comandata per via logica dalla Main Unit.

5 Funzionalità

5.1 Generale

Il sistema è alimentato mediante l'interruttore bipolare magnetotermico installato sul pannello. All'accensione il sistema si porterà nella modalità Manuale / Automatica determinata dallo stato dell'interruttore bistabile Man/Auto.

Quando in funzionamento Manuale l'accensione delle unità di trattamento aria, di trattamento acqua e luci verrà comandato manualmente dai corrispondenti pulsanti bistabili ma, una volta attive, queste verranno gestite comunque dalla Main Unit per quanto concerne il controllo della temperatura ed umidità dell'aria, il ciclo di filtraggio e depurazione dell'acqua ed il ciclo di innaffiamento quando previsto.

Quando in funzionamento Automatico le unità di trattamento aria, di trattamento acqua sono accese mentre le luci verranno accese o spente dalla Main Unit secondo il protocollo impostato. In ogni caso la Main Unit provvederà alla gestione degli automatismi.

Per attivare la tastiera sarà necessario, indipendentemente dalla modalità corrente, attivare il modo "diagnostico" premendo brevemente il pulsante "DIAG" situato sotto i display. Quando la Main Unit avrà riconosciuto la richiesta attiverà la spia di conferma ed, a tal punto la tastiera diverrà attiva, i display vengono azzerati e l'operatore potrà immettere sia comandi che interrogazioni (Query) attraverso la tastiera.

Se non vengono immessi Comandi o Query per oltre 60 secondi, il sistema esce automaticamente dal modo Diagnostico e torna nella modalità normale.

Nota: Il sistema consentirà di attivare il modo "Diagnostico" anche quando il sistema è in condizioni di "STOP" o di "ALLARME".

5.2 Display

Il display è costituito da due Display da 4 cifre che, nella soluzione rappresentata in figura, sono di tipo numerico a 7 segmenti e possono rappresentare le 10 cifre da 0 a 9 e le lettere da A ad F. In una soluzione alternativa questi potrebbero essere sostituiti da display alfanumerici a 4 caratteri.

In condizioni normali il display superiore indica la temperatura mentre il display inferiore indica l'umidità relativa ambedue misurate mediante una sonda USB posta all'interno dell'armadio nella sua parte mediana posteriore. Quando viene attivato uno dei pulsanti al di sotto dei display, cambiano i parametri visualizzati ed, in particolare:

T_Mandata/T_Ripresa - Pulsante e spia.

Il pulsante serve per chiedere di visualizzare nei due display le temperature dell'aria di mandata e di ripresa dell'aria. Le temperature vengono visualizzate per 20 secondi e durante tale periodo la spia resta accesa.

T_Calda/T_Fredda - Pulsante e spia.

Il pulsante serve per chiedere di visualizzare nei due display le temperature dell'aria a valle della batteria calda ed a valle della batteria fredda. Le temperature vengono visualizzate per 20 secondi e durante tale periodo la spia resta accesa.

Fase/Vassoio/Peso - Pulsante e spia.

Il pulsante serve per chiedere la visualizzazione degli stati correnti del ciclo di innaffiamento e la spia accesa conferma tale modalità. La modalità resta attiva fino a nuova attivazione dello stesso pulsante. Quando la modalità è attiva il display superiore mostra nelle prime due cifre il numero del vassoio che viene trattato (da 0.0 a 0.7 per la colonna di sinistra, da 1.0 a 1.7 per la colonna di destra) mentre nella quarta cifra mostra il numero identificativo della fase:

- 0 slitta in posizione di start (altezza minima) - nessun vassoio visualizzato
- 1 in avvicinamento,
- 2 in prelievo,
- 3 pesata a secco,
- 4 innaffiamento - movimento da destra a sinistra,
- 5 innaffiamento - movimento da sinistra a destra,
- 6 sgocciolamento,
- 7 riposizionamento del vassoio,
- 8 slitta in movimento verticale a salire
- 9 slitta in movimento verticale a scendere

Il display inferiore mostra con continuità l'indicazione di peso letto dalla bilancia (espresso in grammi).

Diagn. - Pulsante e spia.

La spia spenta indica che il sistema è in funzione "normale" e quindi i display indicano, rispettivamente, la temperatura e l'umidità relativa misurate all'interno dell'armadio.

Il pulsante chiede l'attivazione della modalità Diagnostica e la spia accesa indica che è attiva tale modalità. In modalità Diagnostica il Display in alto rappresenta il valore del parametro mentre il Display in basso ne rappresenta l'indirizzo (con riferimento agli indirizzi riportati nella tabella P-Table).

I display vengono anche utilizzati:

Per presentare - rispettivamente - il GG:MM corrente e la HH:MM corrente durante i primi 10 secondi di ogni minuto

Per presentare il <Codice anomalia> eventualmente riscontrata dalla Main Unit che dovesse aver portato allo spegnimento forzato dell'apparato intervenendo sulla catena dei consensi.

5.3 Tabella P-Table

I dati di lavoro della Main Unit risiedono in una "Tabella dei Parametri" (o P-Table) che fornisce tutte le informazioni necessarie e sufficienti per il funzionamento del sistema secondo il protocollo impostato.

La P-Table conterrà tre sezioni:

Dati Standard di funzionamento

Dati Limite di allarme

Dati di Protocollo

Nella sezione Dati Standard saranno inseriti quei parametri che caratterizzano il funzionamento del sistema e che permettono alla Main Unit di colloquiare con i controller delle diverse funzioni.

Nella sezione Dati Limite saranno inseriti i valori limite che la Main Unit utilizzerà per la supervisione del funzionamento e che permettono a quest'ultima, se necessario, di generare il criterio elettrico di "allarme" che spegne e blocca il sistema.

Nella sezione Dati di Protocollo saranno inseriti i valori che descrivono il funzionamento corrispondente al protocollo di crescita definito mediante il linguaggio strutturato concordato o con altro mezzo equivalente.

Ad ogni ciclo di inizializzazione (al "power-on reset" o al "restart" a seguito dell'azionamento del pulsante <START>) la Main Unit elaborerà il contenuto corrente della P-Table e genererà una tabella T-Table che riporta, su ciascun riga, i valori dei parametri da impostare per il corrispondente intervallo di tempo (un massimo di 8 parametri foto-termo-igrometrici per ciascun intervallo).

Nota: Ciascuna riga della tabella T-Table si riferisce univocamente a 30 minuti della giornata e la dimensione della tabella è tale da coprire un intervallo massimo di 8 giorni ($48 \times 8 = 384$ righe da 16 parametri ciascuna), essendo la durata dei protocolli un multiplo di 24 ore.

Ad ogni ciclo di inizializzazione la Main Unit, oltre a generare la tabella T-Table, copierà i valori dei parametri della P-Table relativi a Dati Standard e Dati Limite in due corrispondenti tabelle S-Table e L-Table.

Le tabelle S-Table, L-Table e T-Table sono quelle che la Main Unit consulterà nel corso del suo funzionamento per svolgere i task di sua competenza.

L'operatore potrà leggere e modificare la P-Table sia tramite il pannello frontale sia tramite un applicativo di console sia, per i soli parametri relativi al protocollo, tramite l'applicativo di accesso remoto via internet.

5.3.1 Dati Standard

I dati standard descrivono alla Main Unit come interfacciarsi con il sistema. La sezione della P-Table relativa a tali dati è a sua volta suddivisa in:

- Equipaggiamento
- Asse Z - sollevamento
- Asse X1 - movimento vassoi
- Asse X2 - movimento ugelli
- Bilancia

I parametri corrispondenti alle varie sottosezioni sono descritti nelle rispettive Tabelle. Per ciascun parametro viene riportato l'indirizzo HEX in tabella che lo identifica, il formato del parametro ed i limiti di accettabilità.

N.	HexAdrs	Parametro	Formato	Valori / Limiti
0	00.00	Numero di piani	00.0N	4, 6 o 8
1	00.01	Indirizzo ¹ base dei controller Luci	00.NN	da 0000.-.00FF
2	00.02	Indirizzo ² base dei controller Aria	00. NN	da 0000.-.00FF
3	00.03	Indirizzo del controller Acqua	00. NN	da 0000.-.00FF
4	00.04	Indirizzo del controller Pannello	00. NN	da 0000.-.00FF
5	00.05	Indirizzo di inizio della sezione di descrizione del Protocollo	0N. NN	da 0080.-.03FF
6	00.06	Polling ³ Piani illuminanti (sec)	0N. NN	da 0010.-.00FF
7	00.07	Polling Trattamento Acqua (sec)	0N. NN	da 0010.-.00FF
8	00.08	Polling Trattamento Aria (sec)	0N. NN	da 0010.-.00FF
9	00.09	Polling Robot Innaff. (sec)	0N. NN	da 0010.-.00FF

Tabella 1 - P-Table - Sezione Equipaggiamento

N.	HexAdrs	Parametro	Formato	Valori / Limiti
0	00.20	Passi per millimetro motore Z	NN.NN	da 0010 - 7FFF
1	00.21	Passo tra piani (mm)	NN.NN	da 0010.-.00C8
2	00.22	Extra corsa prelevamento (mm)	00. NN	da 0000.-.001F
3	00.23	Extra corsa reinserimento (mm)	00. NN	da 0000.-.001F
4	00.24	Id del Lettore ottico piani	00. NN	da 0000.-.00FF
5	00.25	Id del Lettore ottico limite di corsa	00. NN	da 0000.-.00FF

¹ Indirizzo usato per l'indirizzamento dei messaggi tramite BUS RS.485. Gli indirizzi effettivi dei moduli illuminanti si ricavano sommando &00 + numero del piano per i piani di sinistra (da 00 a 07) e sommando &08 + numero del piano per i piani di destra (da 08 a 0F).

² Indirizzo usato per l'indirizzamento dei messaggi tramite BUS RS.485. Gli indirizzi effettivi dei moduli di controllo si ricavano sommando &00 per il TA-1, &01 per il TA-2, &03 per il TA-3.

³ Intervallo di polling massimo per ciascun controller della famiglia

N.	HexAdrs	Parametro	Formato	Valori / Limiti
6	00.26	Id del FineCorsa superiore	00. NN	da 0000.-.00FF
7	00.27	Id del FineCorsa inferiore	00. NN	da 0000.-.00FF
10	00.2A	Velocità massima di spostamento (mm/sec)	00.NN	da 0000.-.00FF
11	00.2B	Velocità di avvicinamento (mm/sec)	00.NN	da 0000.-.00FF
12	00.2C	Accelerazione massima di rampa up (mm/sec ²)	00.NN	da 0000.-.00FF
13	00.2D	Accelerazione massima di rampa down (mm/sec ²)	00.NN	da 0000.-.00FF
14	00.2E	Velocità di extra corsa (mm/sec)	00.NN	da 0000.-.00FF
15	00.2F	Id del termostato motore Z	00. NN	da 0000.-.00FF

Tabella 2 - P-Table - Asse Z

N.	HexAdrs	Parametro	Formato	Valori / Limiti
0	00.30	Passi per millimetro motore X1	NN.NN	da 0010 - 7FFF
1	00.31	Corsa completa X1 (mm)	NN.NN	da 0010.-.00C8
2	00.32	Extra corsa prelevamento (mm)	00. NN	da 0000.-.001F
3	00.33	Extra corsa reinserimento (mm)	00. NN	da 0000.-.001F
4	00.34	Id del FineCorsa magn. Sx	00. NN	da 0000.-.00FF
5	00.35	Id del FineCorsa magn. Centro	00. NN	da 0000.-.00FF
6	00.36	Id del FineCorsa magn. Dx	00. NN	da 0000.-.00FF
7	00.37	Id del Tastatore Sx	00. NN	da 0000.-.00FF
8	00.38	Id del Tastatore Dx	00. NN	da 0000.-.00FF
10	00.3A	Velocità massima di spostamento (mm/sec)	00.NN	da 0000.-.00FF
11	00.3B	Velocità di avvicinamento (mm/sec)	00.NN	da 0000.-.00FF
12	00.3C	Accelerazione massima di rampa up (mm/sec ²)	00.NN	da 0000.-.00FF
13	00.3D	Accelerazione massima di rampa down (mm/sec ²)	00.NN	da 0000.-.00FF
14	00.3E	Velocità di extra corsa (mm/sec)	00.NN	da 0000.-.00FF
15	00.3F	Id del termostato motore X1	00. NN	da 0000.-.00FF

Tabella 3 - P-Table - Asse X1, movimento vassoi

N.	HexAdrs	Parametro	Formato	Valori / Limiti
0	00.40	Passi per millimetro motore X2	NN.NN	da 0010 - 7FFF
1	00.41	Corsa completa X2 (mm)	NN.NN	da 0010.-.00C8
4	00.44	Id del FineCorsa magn. Sx	00. NN	da 0000.-.00FF
5	00.45	Id del FineCorsa magn. Centro	00. NN	da 0000.-.00FF
6	00.46	Id del FineCorsa magn. Dx	00. NN	da 0000.-.00FF
10	00.4A	Velocità massima di spostamento (mm/sec)	00.NN	da 0000.-.00FF
11	00.4B	Velocità di avvicinamento (mm/sec)	00.NN	da 0000.-.00FF
12	00.4C	Accelerazione massima di rampa up (mm/sec ²)	00.NN	da 0000.-.00FF

N.	HexAdrs	Parametro	Formato	Valori / Limiti
13	00.4D	Accelerazione massima di rampa down (mm/sec ²)	00.NN	da 0000.-.00FF
15	00.3F	Id del termostato motore X1	00. NN	da 0000.-.00FF

Tabella 4 - P-Table - Asse X2, movimento ugelli

N.	HexAdrs	Parametro	Formato	Valori / Limiti
0	00.50	Sensibilità grammi/microvolt	NN.NN	da 0001 - 7FFF
1	00.51	Limite inferiore di linearità (gr)	NN.NN	da 0001.-.00FF
2	00.52	Limite superiore di linearità (gr)	NN.NN	da 0001.-.00FF
3	00.53	Min. per presenza vassoio (gr)	NN.NN	da 0001.-.00FF
4	00.54	Max. per assenza vassoio (gr)	NN.NN	da 0001.-.00FF
5	00.55	Limite massimo di portata (gr)	NN.NN	da 0001.-.00FF
6	00.56	Tempo di assestamento (sec)	00. NN	da 0000.-.00FF
7	00.57	Tempo di sgocciolamento (sec)	0N. NN	da 0000.-.0FFF

Tabella 5 - P-Table - Bilancia

N.	HexAdrs	Parametro	Formato	Valori / Limiti
0	00.60	Id del sensore di Temperatura T _R (a valle della batteria fredda)	00.NN	da 0001.-.00FF
1	00.61	Id del sensore di Temperatura T _M (temperatura di mandata)	00.NN	da 0001.-.00FF
2	00.62	Id del sensore di Temperatura T _F (temperatura di ripresa)	00.NN	da 0001.-.00FF
3	00.63	Id del sensore di Temperatura T _H (a valle della batteria calda)	00.NN	da 0001.-.00FF
4	00.64	Id del sensore di stato On/Off compressore	00.NN	da 0001.-.00FF
5	00.65	Id del sensore di stato On/Off pompa aria	00.NN	da 0001.-.00FF
6	00.66	Id del sensore di stato On/Off valvola solenoide gas caldo	00.NN	da 0001.-.00FF
7	00.67	Id del sensore di stato On/Off post-riscaldatore	00.NN	da 0001.-.00FF
8	00.68	Id del sensore di stato on/off pressostato di sovrappressione differenziale filtro aria	00.NN	da 0001.-.00FF
9	00.69	Id del sensore di stato on/off del tubo a raggi Ultra-Violetti di sterilizzazione aria	00.NN	da 0001.-.00FF
10	00.6A	Id del sensore di alta temperatura motore del compressore	00.NN	da 0001.-.00FF

Tabella 6 - P-Table - Trattamento Aria

N.	HexAdrs	Parametro	Formato	Valori / Limiti
0	00.70	Id del sensore di Stato On/Off del sensore di minimo	00.NN	da 0001.-.00FF
1	00.71	Id del sensore di Stato On/Off del sensore di massimo	00.NN	da 0001.-.00FF
2	00.72	Id del sensore di Stato On/Off pompa di circolazione	00.NN	da 0001.-.00FF

N.	HexAdrs	Parametro	Formato	Valori / Limiti
8	00.78	Id del sensore di stato on/off pressostato di sovrappressione differenziale filtro acqua	00.NN	da 0001.-.00FF
9	00.79	Id del sensore di stato on/off del tubo a raggi Ultra-Violetti di sterilizzazione aria	00.NN	da 0001.-.00FF
10	00.7A	Id del sensore di alta temperatura motore della pompa	00.NN	da 0001.-.00FF

Tabella 7 - P-Table - Trattamento Acqua

5.3.2 Dati Limite

I Dati Limite descrivono alla Main Unit come verificare il corretto funzionamento del sistema. La sezione della P-Table relativa a tali dati contiene i parametri descritti nella Tabella seguente.

N.	HexAdrs	Parametro	Formato	Valori / Limiti
0	01.00	Temperatura massima aria	00.NN	da 0000.-.003F
1	01.01	Temperatura minima aria	00.NN	da 0000.-.00FF
2	01.02	Umidità relativa massima	00.NN	da 0000.-.00FF
3	01.03	Umidità relativa minima	00.NN	da 0000.-.00FF
4	01.04	Limite di attesa per allarme filtro aria attivo (minuti)	00.NN	da 0000.-.00FF
5	01.05	Limite di attesa per allarme filtro UV aria spento (minuti)	00.NN	da 0000.-.00FF
6	01.06	Limite di attesa per allarme filtro acqua attivo (minuti)	00.NN	da 0000.-.00FF
7	01.07	Limite di attesa per allarme filtro UV acqua spento (minuti)	0N.NN	da 0000.-.0FFF

Tabella 8 - P-Table - Valori Limiti di allarme

5.3.3 Dati di Protocollo

I Dati di Protocollo descrivono alla Main Unit come impostare il ciclo di trattamento foto-termo-igrometrico desiderato. La sezione della P-Table relativa a tali dati contiene i parametri descritti nella Tabella seguente.

N.	Offset HexAdrs	Parametro	Formato	Valori / Limiti
0	00.00	Segmento di inizio ⁴	00.NN	da 0000.-.0017
1	00.01	Temperatura aria	00.NN	da 0000.-.00FF
2	00.02	Umidità relativa	00.NN	da 0000.-.00FF
3	00.03	Illuminazione % inizio	00.NN	da 0000.-.00FF
4	00.04	Illuminazione % fine	00.NN	da 0000.-.00FF
5	00.05	Irrorazione (grammi)	0N.NN	da 0000.-.0FFF
6	00.06	- spare -		
7	00.07	Durata (numero di intervalli)	0N.NN	da 0000.-.0FFF
8	00.08	Next = 00.00 / Last = FF.FF	00.00	n.a.
9	00.09	Temperatura aria	00.NN	da 0000.-.00FF
10	00.0A	Umidità relativa	00.NN	da 0000.-.00FF
11	00.0B	Illuminazione % inizio	00.NN	da 0000.-.00FF
12	00.0C	Illuminazione % fine	00.NN	da 0000.-.00FF
13	00.0D	Irrorazione (grammi)	0N.NN	da 0000.-.0FFF
14	00.0E	- spare -		

⁴ La giornata è divisa in 24 segmenti da 30 minuti.

N.	Offset HexAdrs	Parametro	Formato	Valori / Limiti
15	00.0F	Durata (numero di intervalli)	0N.NN	da 0000.-.0FFF
16	00.10	Next = 00.00 / Last = FF.FF	00.00	n.a.
17	00.11	Temperatura aria	00.NN	da 0000.-.00FF
18	00.12	Umidità relativa	00.NN	da 0000.-.00FF
19	00.13	Illuminazione % inizio	00.NN	da 0000.-.00FF
20	00.14	Illuminazione % fine	00.NN	da 0000.-.00FF
21	00.15	Irrorazione (grammi)	0N.NN	da 0000.-.0FFF
22	00.16	- spare -		
23	00.17	Durata (numero di intervalli)	0N.NN	da 0000.-.0FFF
24	00.18	Next = 00.00 / Last = FF.FF	00.00	n.a.
25	00.09	Temperatura aria	00.NN	da 0000.-.00FF
26	00.0A	Umidità relativa	00.NN	da 0000.-.00FF
27	00.0B	Illuminazione % inizio	00.NN	da 0000.-.00FF
etc...				
etc...				
xx	xx.xx	Next = 00.00 / Last = FF.FF	FF.FF	n.a.

Tabella 9 - P-Table - Valori di specifica del protocollo

Ciascun gruppo di 8 parametri descrive il comportamento foto-termo-ighrometrico del sistema in uno specifico intervallo, fornendo il valore dei parametri da impostare. In particolare il primo intervallo sarà posizionato nel tempo all'ora specificata dal parametro in posizione 00.00 "Segmento di inizio" ed avrà la durata indicata dal parametro "Durata" in posizione 00.07. Tutti gli altri intervalli saranno l'uno consecutivo all'altro per le rispettive durate.

La condizione parametro Next / Last valorizzato al valore FF.FF indica che quello che precede era l'ultimo intervallo specificato. A tal punto si aggiusterà la durata dell'ultimo intervallo (qualsiasi fosse la Durata espressa) al valore tale che la somma delle durate degli intervalli specificati è esattamente multipla di 24 ore e si considererà il ciclo di protocollo ripreso dall'inizio con la stessa successione di intervalli.

Se i valori di "Illuminazione % inizio" ed "Illuminazione % fine" sono uguali tra loro il valore di illuminazione nell'intervallo sarà costante; in caso contrario la percentuale di illuminazione verrà fatta variare linearmente durante l'intervallo dal valore di "Illuminazione % inizio" al valore di "Illuminazione % fine".

5.4 Comandi da pannello

Le funzioni di comando si attivano quando, dopo aver portato il sistema in modalità Diagnostica, si preme brevemente il pulsante <CMD> della tastiera. Non appena la Main Unit avrà rilevato e riconosciuto la richiesta, porterà a BLANK il Display_1 ed il Display_2, attiverà il lampeggio della spia <CMD> e resterà in attesa di comandi per un tempo massimo di 60 secondi. Se non vengono digitati comandi per oltre 60 secondi la modalità Diagnostica viene annullata ed il sistema torna nella condizione normale.

I comandi permettono all'operatore di impostare, uno ad uno, i parametri della tabella P-Table facendo riferimento all'indirizzo HEX del parametro di interesse e definendone il valore. I comandi consistono, quindi, in gruppi di 8 caratteri HEX composti da 4 cifre che rappresentano l'indirizzo e da 4 cifre che rappresentano il valore. Man mano che vengono inseriti caratteri, questi verranno visualizzati in sequenza sui due display. Se vengono inseriti più di 8 caratteri vengono visualizzati solo gli ultimi 4 + 4 inseriti e l'operatore potrà far scorrere avanti ed indietro la sequenza immessa utilizzando i tasti "<" e ">" della tastiera.

Una volta che i caratteri visualizzati come Valore e come Indirizzo corrispondono a quelli desiderati, l'operatore dovrà premere per 1 secondo almeno il tasto <CMD> per confermare il comando. Se il comando viene riconosciuto come valido⁵ la spia si spegnerà per alcuni secondi, poi tornerà a lampeggiare, mentre ambedue i display verranno azzerati presentando i caratteri " _ _ _ _ ". Se - viceversa - i caratteri immessi non

⁵ Cioè se il parametrospecificato esiste ed il valore è nel range ammesso.

vengono riconosciuti come comando valido verranno ignorati, i Display non verranno azzerati e la spia resterà lampeggiante.

Una volta che un comando sia stato accettato dalla Main Unit esso non diverrà immediatamente operativo fino a quando l'apparato non eseguirà un ciclo di inizializzazione.

5.5 Query da pannello

Le funzioni di Query si attivano quando, dopo aver portato il sistema in modalità Diagnostica, si preme brevemente il pulsante <QRY> della tastiera. Non appena la Main Unit avrà rilevato e riconosciuto la richiesta, porterà a BLANK il Display_1 ed il Display_2, attiverà il lampeggio della spia <QRY> e resterà in attesa di caratteri per un tempo massimo di 60 secondi. Se non vengono digitati caratteri per oltre 60 secondi la modalità Diagnostica viene annullata ed il sistema tornerà nella condizione normale.

I caratteri immessi permettono all'operatore di leggere, uno ad uno, i parametri della tabella P-Table facendo riferimento all'indirizzo HEX del parametro di interesse. Le query consistono, quindi, in gruppi di 4 caratteri HEX che rappresentano l'indirizzo del parametro. Man mano che vengono inseriti caratteri, questi verranno visualizzati in sequenza sul Display_2 mentre il Display_1 resta blank. Se vengono inseriti più di 4 caratteri vengono visualizzati solo gli ultimi 4 inseriti e l'operatore potrà far scorrere avanti ed indietro la sequenza immessa utilizzando i tasti "<" e ">" della tastiera.

Una volta che i caratteri visualizzati come Indirizzo corrispondono a quelli desiderati, l'operatore dovrà premere per 1 secondo almeno il tasto <QRY> per confermare l'interrogazione. Se l'indirizzo viene riconosciuto come valido⁶ la spia si spegnerà per alcuni secondi, poi tornerà a lampeggiare, mentre ambedue i display verranno predisposti presentando l'uno l'indirizzo del parametro e l'altro il suo valore. Se - viceversa - i caratteri immessi non vengono riconosciuti come indirizzo valido verranno ignorati, il Display non verrà modificato e la spia resterà lampeggiante.

L'operatore ha a disposizione un ulteriore set di indirizzi, oltre a quelli che si riferiscono ai parametri della P-Table, ai quali corrispondono parametri "volatili" letti dalla Main Unit. A tali indirizzi corrispondono le informazioni descritte dalla seguente Tabella 10 che viene convenzionalmente indicata come Q-Table.

N.	HexAdrs	Parametro	Formato	Note
0	02.00	Temperatura massima raggiunta dall'aria nelle ultime 24 ore	00.NN	Si azzerà alle 00.00 di ciascun giorno
1	02.01	Temperatura minima raggiunta dall'aria nelle ultime 24 ore	00.NN	Si azzerà alle 00.00 di ciascun giorno
2	02.02	Umidità relativa massima registrata nelle ultime 24 ore	00.NN	Si azzerà alle 00.00 di ciascun giorno
3	02.03	Umidità relativa minima registrata nelle ultime 24 ore	00.NN	Si azzerà alle 00.00 di ciascun giorno
4	02.04	Temperatura massima raggiunta dall'aria dall'ultimo azzeramento	00.NN	Si azzerà mediante comando ⁷
5	02.05	Temperatura minima raggiunta dall'aria dall'ultimo azzeramento	00.NN	Si azzerà mediante comando
6	02.06	Umidità relativa massima registrata dall'ultimo azzeramento	00.NN	Si azzerà mediante comando
7	02.07	Umidità relativa minima registrata dall'ultimo azzeramento	00.NN	Si azzerà mediante comando

⁶ Cioè se il parametro specificato esiste ed il valore è nel range ammesso.

⁷ Si azzerà scrivendo il parametro "fittizio" all'indirizzo 01.FF

N.	HexAdrs	Parametro	Formato	Note
16	03.00	Temperatura corrente ripiano 0.0 (Sinistra - piano 0)	00.NN	
17	03.01	Temperatura corrente ripiano 0.1 (Sinistra - piano 1)	00.NN	
18	03.02	Temperatura corrente ripiano 0.2 (Sinistra - piano 2)	00.NN	
19	03.03	Temperatura corrente ripiano 0.3 (Sinistra - piano 3)	00.NN	
20	03.04	Temperatura corrente ripiano 0.4 (Sinistra - piano 4)	00.NN	
21	03.05	Temperatura corrente ripiano 0.5 (Sinistra - piano 5)	00.NN	
22	03.06	Temperatura corrente ripiano 0.6 (Sinistra - piano 6)	00.NN	
23	03.07	Temperatura corrente ripiano 0.7 (Sinistra - piano 7)	00.NN	
24	03.08	Temperatura corrente ripiano 1.0 (Destra - piano 0)	00.NN	
25	03.09	Temperatura corrente ripiano 0.1 (Destra - piano 1)	00.NN	
26	03.0A	Temperatura corrente ripiano 0.2 (Destra - piano 2)	00.NN	
27	03.0B	Temperatura corrente ripiano 0.3 (Destra - piano 3)	00.NN	
28	03.0C	Temperatura corrente ripiano 0.4 (Destra - piano 4)	00.NN	
29	03.0D	Temperatura corrente ripiano 0.5 (Destra - piano 5)	00.NN	
30	03.0E	Temperatura corrente ripiano 0.6 (Destra - piano 6)	00.NN	
31	03.0F	Temperatura corrente ripiano 0.7 (Destra - piano 7)	00.NN	
32	04.00	Peso secco corrente ripiano 0.0 (Sinistra - piano 0)	00.NN	
33	04.01	Peso secco corrente ripiano 0.1 (Sinistra - piano 1)	00.NN	
34	04.02	Peso secco corrente ripiano 0.2 (Sinistra - piano 2)	00.NN	
35	04.03	Peso secco corrente ripiano 0.3 (Sinistra - piano 3)	00.NN	
36	04.04	Peso secco corrente ripiano 0.4 (Sinistra - piano 4)	00.NN	
37	04.05	Peso secco corrente ripiano 0.5 (Sinistra - piano 5)	00.NN	
38	04.06	Peso secco corrente ripiano 0.6 (Sinistra - piano 6)	00.NN	
39	04.07	Peso secco corrente ripiano 0.7 (Sinistra - piano 7)	00.NN	
40	04.08	Peso secco corrente ripiano 1.0 (Destra - piano 0)	00.NN	
41	04.09	Peso secco corrente ripiano 0.1 (Destra - piano 1)	00.NN	
42	04.0A	Peso secco corrente ripiano 0.2 (Destra - piano 2)	00.NN	

N.	HexAdrs	Parametro	Formato	Note
43	04.0B	Peso secco corrente ripiano 0.3 (Destra - piano 3)	00.NN	
44	04.0C	Peso secco corrente ripiano 0.4 (Destra - piano 4)	00.NN	
45	04.0D	Peso secco corrente ripiano 0.5 (Destra - piano 5)	00.NN	
46	04.0E	Peso secco corrente ripiano 0.6 (Destra - piano 6)	00.NN	
47	04.0F	Peso secco corrente ripiano 0.7 (Destra - piano 7)	00.NN	
48	05.00	Peso umido ⁸ corrente ripiano 0.0 (Sinistra - piano 0)	00.NN	
49	05.01	Peso umido corrente ripiano 0.1 (Sinistra - piano 1)	00.NN	
50	05.02	Peso umido corrente ripiano 0.2 (Sinistra - piano 2)	00.NN	
51	05.03	Peso umido corrente ripiano 0.3 (Sinistra - piano 3)	00.NN	
52	05.04	Peso umido corrente ripiano 0.4 (Sinistra - piano 4)	00.NN	
53	05.05	Peso umido corrente ripiano 0.5 (Sinistra - piano 5)	00.NN	
54	05.06	Peso umido corrente ripiano 0.6 (Sinistra - piano 6)	00.NN	
55	05.07	Peso umido corrente ripiano 0.7 (Sinistra - piano 7)	00.NN	
56	05.08	Peso umido corrente ripiano 1.0 (Destra - piano 0)	00.NN	
57	05.09	Peso umido corrente ripiano 0.1 (Destra - piano 1)	00.NN	
58	05.0A	Peso umido corrente ripiano 0.2 (Destra - piano 2)	00.NN	
59	05.0B	Peso umido corrente ripiano 0.3 (Destra - piano 3)	00.NN	
60	05.0C	Peso umido corrente ripiano 0.4 (Destra - piano 4)	00.NN	
61	05.0D	Peso umido corrente ripiano 0.5 (Destra - piano 5)	00.NN	
62	05.0E	Peso umido corrente ripiano 0.6 (Destra - piano 6)	00.NN	
63	05.0F	Peso umido corrente ripiano 0.7 (Destra - piano 7)	00.NN	

Tabella 10 - Q-Table - Parametri leggibili da Query

5.6 Comandi e Query da console

Gli stessi comandi di predisposizione e le stesse Query possono essere attivati, indifferentemente, dalla tastiera del pannello o dalla "console" di colloquio con la Main Unit: l'immissione da tastiera è da considerare come condizione "eccezionale" in quanto, di norma, i comandi saranno già pre-impostati in fabbrica ed, ove necessario, verranno impartiti / modificati da console.

⁸ Il peso umido è ricavato dopo innaffiamento lento e sgocciolamento di 2 minuti.

Il sistema verrà equipaggiato con un modem WiFi che realizza una rete locale wireless. Qualsiasi PC dotato di modem wireless potrà connettersi al sistema purché venga correttamente impostata la chiave crittografica di protezione del canale e purché venga correttamente effettuata la funzione di log-in.

Una volta connesso al sistema in modalità "Console" il PC potrà accedere alla pagina Web corrispondente alle funzioni di Console o a quella corrispondente alle funzioni di Client.

Se il PC accede alla pagina Console il sistema chiederà, come ulteriore verifica, che l'operatore immetta da console alcune cifre casuali che vengono presentate sui display del pannello, verificando, in tal modo, che il PC sia effettivamente nello stesso locale dove si trova il sistema.

Una volta attivate le funzioni di console l'operatore disporrà di una GUI (Graphic User Interface) che gli permetterà di scambiare interattivamente informazioni con il sistema e quindi di leggere ed impostare, secondo necessità, i valori dei parametri della P-Table o leggere i valori dei parametri della Q-Table.

L'operatore potrà, inoltre, impostare in blocco la P-Table copiandola da un file txt in formato csv oppure potrà esportare il contenuto della P-Table e della Q-Table su corrispondenti file nel PC.

Nota: L'operatore potrà utilizzare tale funzione di upload per impostare integralmente nel sistema una P-Table ottenuta preventivamente mediante un applicativo di utilità che consente di definire interattivamente i parametri di funzionamento ed il ciclo foto-termo-igrometrico del protocollo di crescita

Dalla pagina Console l'operatore potrà anche accedere alle funzionalità Client che gli permettono di monitorare il funzionamento del sistema in tempo reale ed allo storico dei valori registrati.

In particolare l'operatore potrà visualizzare:

- le immagini delle web-cam installate all'interno dell'armadio, scegliendo una specifica webcam alla volta tra le 12 (o 16) attive;

- un sinottico grafico che mostra le temperature istantanee all'interno delle 12 (o 16) aree vassoi e la temperatura ed umidità relativa dentro l'armadio

- un sinottico grafico che mostra l'evoluzione (in tempo reale) del ciclo di innaffiamento con la visualizzazione dei valori dei pesi rilevati di volta in volta

- un sinottico grafico che mostra le temperature istantanee nelle diverse sezioni della macchina termica di trattamento aria

- un sinottico grafico che illustra il ciclo di protocollo correntemente in atto (grafico delle temperature, umidità e illuminazione impostato per la durata del ciclo di ripetizione)

L'operatore potrà inoltre richiedere e visualizzare i report tabellari seguenti:

- tabella delle temperature, umidità relative e % di illuminazione registrate di mezz'ora in mezz'ora nel periodo specificato dall'operatore

- tabella dei pesi a secco, dei grammi di acqua erogati e dei pesi dopo sgocciolamento registrati ad ogni ciclo di innaffiamento per ciascuno dei 12 (o 16) vassoi nel periodo specificato dall'operatore

6 Interfacce

6.1 I/F Elettrica

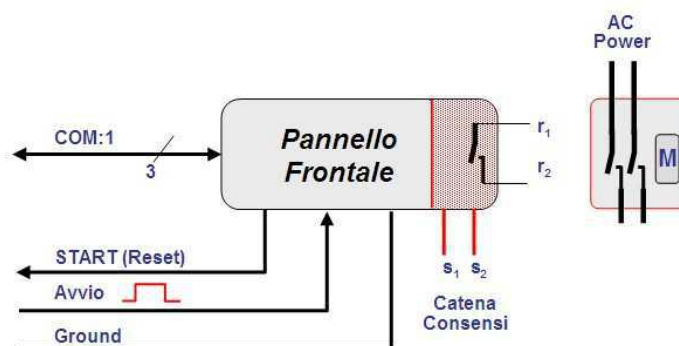


Figura 5 - Pannello Frontale - Schema di I/O

La Figura 5 rappresenta schematicamente le connessioni di I/O del Pannello Frontale che comunica con l'unità Main Unit attraverso la linea seriale COM:1 (TxD, RxD, Gnd), invia il segnale START e riceve il segnale Avvio.

La sezione Sicurezza del Pannello Frontale riceve dal sistema il criterio ($s_1 - s_2$) N.C. derivante dalla catena dei consensi e fornisce al sistema il criterio ($r_1 - r_2$) N.O. come abilitazione alla alimentazione dei carichi.

Il pannello Frontale incorpora l'interruttore magnetotermico di alimentazione primaria che, quando in posizione ON, fornisce alimentazione all'alimentatore della Main Unit e del Pannello stesso, rendendola anche disponibile per gli altri carichi (Trattamento Aria, Trattamento Acqua, Robot Innaffiamento ed Alimentatore Luci) attraverso un Relè di Alimentazione abilitato dal criterio ($r_1 - r_2$).

6.2 I/F Logica

Il colloquio tra Pannello e Main Unit avviene attraverso la linea seriale utilizzando singoli caratteri nel verso Pannello-MainUnit e messaggi nel verso opposto.

La Tabella 11 rappresenta la codifica dei caratteri utilizzati per segnalare alla MainUnit gli eventi riscontrati dal Pannello a seguito dell'attivazione di pulsanti o interruttori.

Char	ASCII	Evento	Char	ASCII	Evento
0	&30	Tastiera "0"	1	&31	Tastiera "1"
2	&32	Tastiera "2"	3	&33	Tastiera "3"
4	&34	Tastiera "4"	5	&35	Tastiera "5"
6	&36	Tastiera "6"	7	&37	Tastiera "7"
8	&38	Tastiera "8"	9	&39	Tastiera "9"
A	&41	Tastiera "A"	B	&42	Tastiera "B"
C	&43	Tastiera "C"	D	&44	Tastiera "D"
E	&45	Tastiera "E"	F	&45	Tastiera "F"
R	&52	Tastiera "QRY"	M	&4D	Tastiera "CMD"
<	&3C	Tastiera "<"	>	&3E	Tastiera ">"
T	&54	Puls. "T _{Mandata} /T _{Ripresa} "	H	&48	Puls. "T _{Calda} /T _{Fredda} "
I	&49	Puls. "Fase/Vass/Peso"	#	&23	Puls. "Diagn"
P	&50	Puls. "Porta"			
a	&61	Auto/Man > [ON]	b	&62	Auto/Man > [OFF]
c	&63	Aria > [ON]	d	&64	Aria > [OFF]
e	&65	Acqua > [ON]	f	&66	Acqua > [OFF]
g	&67	Luci > [ON]	h	&68	Luci > [OFF]
i	&69	Stato STOP > [ON]	j	&6A	Stato STOP > [OFF]

Tabella 11 - Codifica ASCII degli eventi del pannello

Ogni volta che si verifica un evento (attivazione di un pulsante) il pannello invierà alla MainUnit un carattere che qualifica l'evento e 4 caratteri che ripetono lo stato degli interruttori bistabili (Auto/Man, Aria, Acqua, Luci).

I messaggi emessi dalla MainUnit sono formattati secondo il formato generale seguente:

```

Message <Nome messaggio>
! eventuale commento.....
StartOfMessage(&A55A")
Destination(Byte::1)
Source(Byte::1)
Header(Byte::1)
Len(Byte::1)
Payload
! N byte che costituiscono il Payload del messaggio
Field_1(Byte:: ??)
Field_2(Byte:: ??)

Field_N(Byte:: ??)
EndPayload
Parity(Byte::1)
EndMessage
  
```

! Due byte di start =&A55A

! Un byte tra 00 e 7F che identifica l'unità destinataria del messaggio - Omnibus = &FF

! Un byte che identifica l'unità origine del messaggio - MainUnit = &7F

! Un byte che qualifica il tipo di messaggio

! Un byte che specifica la lunghezza N del Payload in byte

! Un singolo byte di parità pari cioè tale che la somma MOD256 di tutti i byte del messaggio, esclusi i due byte di SoM, dia come risultato &00.

Nel caso specifico del colloquio verso il Pannello Frontale l'indirizzo di destinazione è specificato nel Parametro all'indirizzo 00.04 della P-Table e sono previsti i soli due messaggi:

PanelSet [Header= &01]

Messaggio che imposta tutti i LED di segnalazione del pannello ed il contenuto dei display

PanelQry [Header= &02]

Messaggio che chiede il re-invio di 4 caratteri che ripetono lo stato corrente dei pulsanti bistabili di On/Off (Auto/Man, Aria, Acqua, Luci).

Il formato dei due messaggi è il seguente:

Message PanelSet

! Messaggio che imposta tutti i LED di segnalazione del pannello ed il contenuto dei display

StartOfMessage(&A55A")

! Due byte di start =&A55A

Destination(Byte::1)

! <Indirizzo del Pannello Frontale>

Source(&7F)

! Indirizzo della Main Unit = &7F

Header(&01)

! Messaggio = PanelSet

Len(&0B)

! Specifica che la lunghezza del Payload = 11 byte

Payload

! 11 byte che costituiscono il Payload del messaggio

Spie(Byte::3)

! Ciascun bit rappresenta lo stato di una singola spia.

Display_1(Byte::4)

! Contenuto del primo display

Display_2(Byte::4)

! Contenuto del secondo display

EndPayload

Parity(Byte::1)

! Un singolo byte di parità pari cioè tale che la somma MOD256 di tutti i byte del messaggio, esclusi i due byte di SoM, dia come risultato &00.

EndMessage

I bit dei tre byte del campo PanelSet.Spie hanno il significato descritto dalla Tabella 12 seguente:

Char	Bit	Spia	Char	Bit	Spia
1	7	Auto/Man	1	6	Compressore
1	5	Ricircolo	1	4	n.a.
1	3	Aria	1	2	Riscaldatore
1	1	Innaffiamento	1	0	Start
2	7	Acqua	2	6	Pompa Aria
2	5	Movimento	2	4	Porta
2	3	Luci	2	2	All. Filtro (Aria)
2	1	All. Filtro (Acqua)	2	0	n.a.
3	7	Puls. "T _{Mandata} /T _{Ripresa} "	3	6	Puls. "T _{Calda} /T _{Fredda} "
3	5	Puls. "Fase/Vass/Peso"	3	4	Puls. "Diagn"
3	3	n.a.	3	2	Avvisatore acustico
3	1	n.a.	3	0	n.a.

Tabella 12 - Messaggio PanelSet - Corrispondenza tra bit e spie

Message PanelQry

! Messaggio che imposta tutti i LED di segnalazione del pannello ed il contenuto dei display

StartOfMessage(&A55A")

! Due byte di start =&A55A

Destination(Byte::1)

! <Indirizzo del Pannello Frontale>

Source(&7F)

! Indirizzo della Main Unit = &7F

Header(&02)

! Messaggio = PanelQry

Len(&00)

! Specifica che la lunghezza del Payload = 0 byte

Payload

! Nessun byte. Payload vuoto

EndPayload

Parity(Byte::1)

! Un singolo byte di parità pari cioè tale che la somma MOD256 di tutti i byte del messaggio, esclusi i due byte di SoM, dia come risultato &00.

EndMessage

7 Componenti

Per il pannello sono stati utilizzati i componenti seguenti:

A. Pulsanti

Forma tonda e quadra, illuminati e non
con funzionamento bistabile o temporaneo

ITW Switches - SERIES 59 - MINIATURE SEALED PUSHBUTTON W,
L = 17,45 mm x P = 22 mm - Protezione IP.67 -
Temperatura -35°C to +85°C

B. Display

B.1 - Reynolds Electronics - SLED C4 serial 4 digit LED display

<http://www.rentron.com/>

B.2 - OSRAM Optoelectronics - DLO7135 o DLG7137 OSRAM
Intelligent Displays