

Programul NUCLEU: Cercetari privind fundamentarea tehnico-stiintifica, realizarea de tehnologii inovative si echipamente tehnice inteligente destinate agriculturii, silviculturii si industriei alimentare – TIASIA

Denumirea obiectivului O1: Cercetarea și dezvoltarea sistemelor tehnologice inteligente pentru lucrările agricole în sistem ecologic, durabil și de precizie, în vederea reducerii efectelor schimbărilor climatice

Proiect PN 16 24 01 01: Sistem tehnologic inteligent de irigare prin condensare în sere și solarii

Contractul nr.: 8N/09.03.2016

Obiectivul proiectului: cercetarea și fundamentarea tehnico științifică a unui sistem tehnologic inteligent de irigare a culturilor legumicole în câmp deschis sau în medii protejate (sere, solarii), în contextul evoluției crizei energetice și a pericolului tot mai evident de deșertificare la nivelul României și zonei centrale a Uniunii Europene.

Etapele de derulare ale proiectului:

1. Studiu prospectiv privind sistemele tehnologice inteligente de irigare
2. Documentație de execuție model experimental de sistem tehnologic inteligent de irigare
3. Execuția modelului experimental
4. Experimentarea sistemului tehnologic inteligent de irigare. Demonstrarea utilității și funcționalității sistemului tehnologic inteligent de irigare. Definitivarea constructivă a modelului experimental
5. Definitivarea proiectului tehnic de execuție. Diseminarea rezultatelor pe scară largă

Rezultate estimate:

- studiu prospectiv privind sistemele tehnologice inteligente de irigare;
- plan tehnic - documentație de execuție model experimental de sistem tehnologic inteligent de irigare;
- model experimental;
- raport de experimentare;
- procedură de încercări;
- raport de demonstrare privind utilitatea și funcționalitatea sistemului tehnologic inteligent de irigare;
- metodologie de demonstrare;
- documentație de execuție definitivată;
- cerere de brevet de invenție;
- lucrări științifice publicate în reviste/jurnale de specialitate;
- comunicări științifice prezentate la conferințe / simpozioane internaționale;
- poster / fișă tehnică / pliant / CD-ROM / film de prezentare a sistemului tehnologic inteligent de irigare;
- pagină Web în care sunt prezentate rezultate obținute în urma realizării proiectului.

REZULTATE OBTINUTE IN FAZA I:

Rezumatul fazei

Sistemul de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor (fig. 1)

Principiul care stă la baza sistemului de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor plantelor este acela că gradientul de temperatură dintre suprafața solului și o anumită adâncime se menține aproximativ constant tot timpul anului. Cu alte cuvinte, temperatura din sol la o anumită adâncime este mai mare decât temperatura de la suprafața solului în anotimpul rece și mai mică decât aceasta în anotimpul cald. ***În contextul schimbărilor climatice actuale, această diferență de temperatură a devenit semnificativă, ajungând și chiar depășind 10°C.***

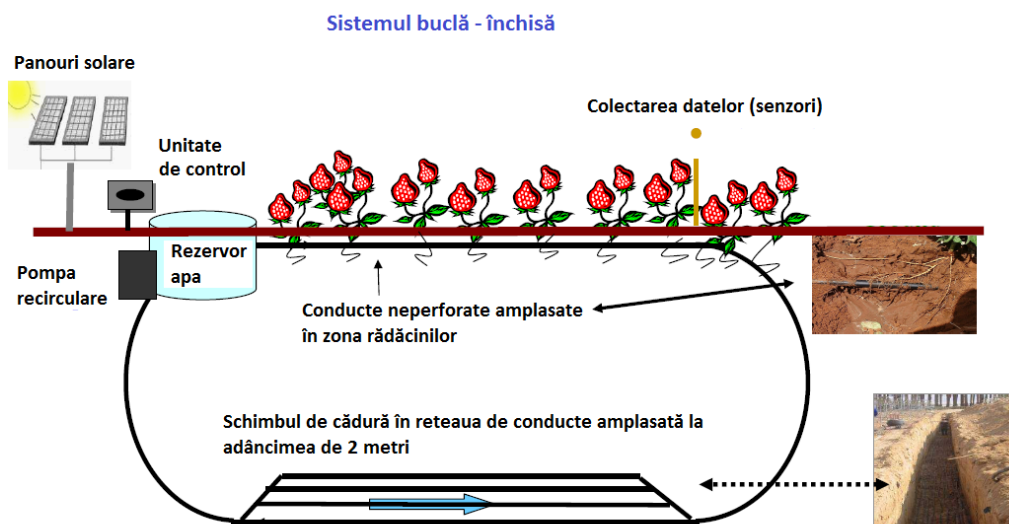


Fig. 1. Schița sistemului de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor plantelor

Datorită efectului de răcire a zonei radiculare, în timpul verii, este menținută umiditatea solului și este redusă rata de evaporare (fig. 2). Cerințele energetice ale sistemului sunt minime și sunt asigurate din surse neconvenționale de energie, cum este cea solară. Este un sistem simplu și fiabil, care necesită o investiție inițială scăzută și costuri mici de întreținere.

Variația temperaturii solului în adâncime

Căldura înmagazinată la suprafața solului, datorită radiației solare, este propagată către straturile din adâncime prin conductibilitatea calorică specifică fiecărui tip de sol. Propagarea căldurii în profunzime, pentru un sol presupus omogen, se produce respectând câteva legi stabilite experimental de către J.Fourier :

- perioadele oscilațiilor termice sunt aceleași la toate adâncimile (de o zi și de un an);
- când adâncimea crește în progresie aritmetică, amplitudinea oscilațiilor termice scade în progresie geometrică. Deci, **în sol există la anumite adâncimi straturi cu temperatura diurnă și, respectiv, anuală invariabilă (constantă)**;
- momentele producerii temperaturilor maxime și minime întârzie proporțional cu adâncimea;
- adâncimile la care se amortizează oscilațiile de temperatură cu perioade diferite sunt proporționale cu rădăcinile pătrate ale perioadelor oscilațiilor respective.

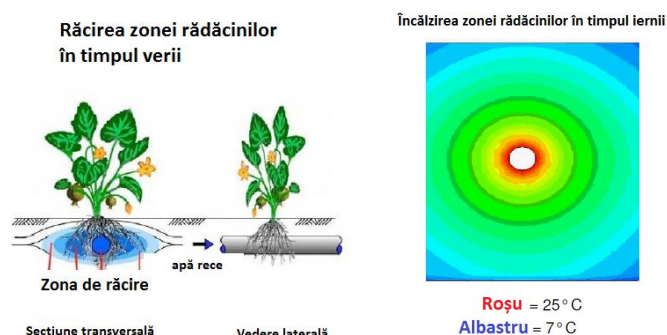


Fig. 2. Efectul de răcire / încălzire a zonei radiculare

În condiții reale, apar abateri de la legile lui Fourier determinate de neomogenitatea compoziției și structurii solurilor. În această privință, Ciulache, în 1985, a descris cele 4 legi, iar Dragomirescu și Enache, în 1998, au dezvoltat legea referitoare la întârzierea producerii maximumului și minimumului de temperatură pentru oscilații termice cu perioade diferite (ex. un an), care are loc în același raport la adâncimi direct proporționale cu rădăcina pătrată a perioadei respective. După acești ultimi autori, prima lege se referă la perioada de oscilație a temperaturii, următoarele două la variația amplitudinii termice, iar ultimele două la întârzierea producerii maximelor și minimelor de

temperatură. Din aceste legi trebuie reținut faptul că propagarea căldurii de la suprafață către adâncime necesită o anumită perioadă de timp, astfel că extremele termice se produc cu un decalaj temporal, comparativ cu cele de la suprafață, a cărui valoare depinde de adâncimea la care se efectuează observația.

Amplitudinea variațiilor zilnice și anuale ale temperaturii solului scade proporțional cu adâncimea, iar momentul producerii maximei și minime este mult întârziat pe măsura creșterii adâncimii. **Temperatura solului suferă modificări (oscilații termice) până la o anumită adâncime, după care rămâne constantă (stratul de izotermie), unde amplitudinea variațiilor anuale se anulează. Stratul de izotermie mai este cunoscut și sub denumirea de strat cu temperatură anuală constantă sau strat invariabil.**

Stratul de izotermie se află la adâncimi variabile pe suprafața globului, dar și regional și local, în funcție de o serie de factori care determină propagarea căldurii în sol. În zonele tropicale acesta se găsește la aproximativ 6-8 m, în cele temperate la 20 m, iar în ținuturile polare la 25 m. După acest strat de izotermie, temperatura solului în straturile profunde crește cu adâncimea, datorită căldurii interne a Pământului, conform gradientului geotermic. Acesta are o valoare medie de 3,3°C/100 m. Adâncimea pentru care temperatura crește cu 1°C reprezintă treapta geotermică, a cărei valoare medie este de 33 m/grad. Limitele de variație sunt între 20 și 40 m, în funcție de particularitățile locale.

Soluții constructive pentru sistemele de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor

În documentul US 006148559 A este prezentat un sistem și o metodă pentru prevenirea formării premature a mugurilor pomilor fructiferi, în timpul perioadei de tranziție dintre anotimpuri, atunci când au loc creșteri bruște de temperatură (fig. 3). Metoda constă în menținerea temperaturii în zona rădăcinilor plantelor la o valoare mai scăzută decât temperatura la care se formează mugurii în condiții normale. Printr-o rețea de conducte subterane circulă un agent de răcire care în condiții normale de presiune și temperatură se află în stare gazoasă (ex. hidrocarburi, CO₂, gaze nobile, amoniac anhidru); în rețeaua de conducte există o zonă cu presiune ridicată (10 - 17 bar) în care agentul de răcire se află în stare lichidă și o zonă cu presiune mică (2 - 2,7 bar) în care agentul de răcire este în stare gazoasă.

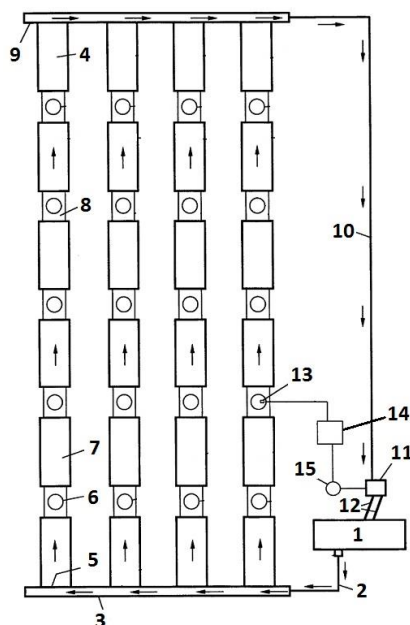


Fig. 3. Schema sistemului pentru controlul temperaturii zonei rădăcinilor plantelor
 1 - rezervor; 2 - conductă de transfer; 3 - colector de înaltă presiune; 4 - linii de distribuție; 5 - regulator; 6 - zona rădăcinilor; 7 - zona izolată; 8 - zona fără izolație; 9 - colector de joasă presiune; 10 - conductă de retur; 11 - compresor; 12 - schimbător de căldură; 13 - senzor flux sevă; 14 - microprocesor; 15 - electrovalvă

Zona cu presiune ridicată cuprinde rezervorul 1 în care se află agentul de răcire în stare lichidă, conducta 2 pentru transferul agentului de răcire către colectorul 3 de presiune înaltă, la care sunt conectate liniile de distribuție 4, fiecare linie având un regulator 5 care permite destinderea adiabatică prin efectul Joule-Thomson.

În general, configurația rădăcinilor plantelor include o zonă centrală de formă sferică. Liniile de distribuție a agentului de răcire sunt amplasate în imediata vecinătate a acestei zone, astfel încât, răcirea să afecteze circa o treime din zonă. Pentru a maximiza eficiența răcirii și pentru a evita propagarea acesteia în zone unde nu se găsesc rădăcini, liniile de distribuție sunt prevăzute la intervale egale cu izolații din fibră de sticlă.

Agentul de răcire în stare gazoasă este preluat mai departe de colectorul 9 de joasă presiune și transmis la compresorul 11, trecând din nou în stare lichidă și ajungând în rezervorul de stocare după trecerea în prealabil prin schimbătorul de căldură 12 pe bază de freon.

Pentru monitorizarea fluxului de sevă care pleacă din zona rădăcinilor plantei către muguri, este utilizat un senzor special, care trimite un semnal electric către un microprocesor. Microprocesorul acționează o electrovalvă care controlează compresorul, astfel încât atunci când seva începe să urce, compresorul este pornit și zona rădăcinilor este răcită până când fluxul de sevă se oprește.

Pentru o lungime totală a liniilor de distribuție de aproximativ 75 m și un diametru de 1/2 inch, îngropate la adâncimea de 13 cm, debitul agentului de răcire este de 267 g/min, la o presiune de 2,3 bar. În aceste condiții, când temperatura ambientală este cuprinsă între 10 ... 44°C, temperatura solului la distanța de 20 cm față de linia de distribuție este menținută în intervalul 3 ... 6°C. La distanța de 10 cm față de linia de distribuție, temperatura solului este cuprinsă între -5... -1°C. Este recomandat ca adâncimea de îngropare a liniilor de distribuție să fie cuprinsă între 13 ... 20 cm. Debitul agentului de răcire trebuie să fie cuprins între 84 ... 300 g/min.

În documentul US 4577435 este prezentat un dispozitiv utilizat atât pentru încălzirea / răcirea sistemului radicular al plantelor, cât și pentru încălzirea / răcirea aerului din jurul plantelor (fig. 4). Alimentarea cu energie a sistemului se face atât din surse neconvenționale (solară, geotermală), cât și din surse convenționale (boilere, răcitoare, arzătoare pe lemn sau cărbuni). Dispozitivul de control al temperaturii este adaptabil la o largă gamă de aplicații și condiții de operare, este ușor de instalat și întreținut și are o eficiență crescută în funcționare.

Dispozitivul este destinat în mod special încălzirii sistemului radicular al plantelor în ghivece, dar poate fi utilizat și în paturile de germinare, tuburile de transfer căldură fiind îngropate în sol.

Colectoarele de intrare / ieșire sunt amplasate de aceeași parte a rețelei de tuburi, care formează bucle în formă de U. Acest mod de amplasare permite ca gradientul de temperatură între colectorul de intrare și bucla U să aibă sens opus gradientului de temperatură dintre bucla U și colectorul de ieșire. Cu alte cuvinte, tuburile adiacente au gradientii de temperatură cu sensuri opuse, ceea ce conduce la uniformizarea temperaturii în zona radiculară.

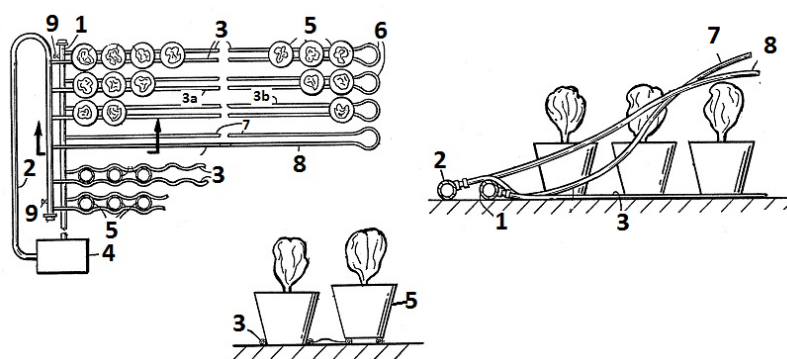


Fig. 4. Dispozitiv pentru încălzirea / răcirea sistemului radicular al plantelor:

1,2 - colector de intrare / ieșire; 3 - tuburi de transfer de căldură; 4 - stație de pompare a lichidului; 5 - ghivece cu plante, 6 - bucla terminală, 7 - porțiune de tub spre exterior; 8 - porțiune de tub în sus; 9 - ventile de aerisire

Tuburile de transfer căldură au secțiunea circulară și sunt realizate din material plastic flexibil (propilenă, polimeri elastomerici ai etilenei, monomer dienic - EPDM), capabile să susțină greutatea ghivecelor cu plante și să suportă temperaturi de la -45°C la 150°C . Pentru o lungime a tuburilor de transfer de 30 m, temperatura apei în colectorul de intrare este de 40°C , iar în colectorul de ieșire ajunge la 32°C . Distanța optimă dintre tuburi este cuprinsă între 2,5 ... 7,6 cm.

Atunci când este necesară încălzirea aerului din jurul plantelor, în sezonul rece, sau răcirea acestuia în sezonul cald, tuburile de transfer pot fi ridicate și amplasate peste înălțimea plantelor. Bucla poate fi susținută în această poziție de niște suporturi speciali. În acest mod, sistemul nu este folosit doar la controlul temperaturii zonei radiculare, ci și la controlul temperaturii aerului ambiental.

Sistemul de irigare prin condensare

Condensarea este procesul prin care apa este transformată din stare gazoasă în stare lichidă. Condensarea este importantă pentru circuitul apei deoarece formează norii. Aceștia produc precipitațiile, care reprezintă principalul mod de întoarcere a apei pe Pământ. Condensarea este opusul evaporării.

Irigarea prin condensare este o resursă inepuizabilă de apă pentru irigații, prin combinația dintre umiditatea relativă ridicată, temperatura aerului și temperatura scăzută a apei care circulă printr-un sistem buclă închisă.

Sistemele de irigare prin condensare sunt destinate în primul rând zonelor aride și semi-aride, unde pânza de apă freatică se află la adâncime și sursele de apă dulce sunt rare.

Pe plan mondial, studii privind irigarea prin condensare au fost realizate de-a lungul timpului de mai mulți cercetători: Widegren (1986), Nordel (1987), Ruess and Federer, Gustafsson and Lindblom (1999).

Absorția apei de către plante este foarte eficientă prin moderarea distribuției zilnice a apei, după cum s-a demonstrat în instalația de irigare prin condensare construită de Swiss Company Ingenieurbüro în anul 1993, în care condensarea curentului de aer umed în conductele îngropate a redus la jumătate consumul de apă la cultura de tomate. Temperatura în sol a fost scăzută prin creșterea distanței dintre conducte sau descreșterea adâncimii de îngropare, deși în ambele cazuri rata de condensare a crescut.

Alte studii teoretice și experimentale ale sistemului de irigare prin condensare au fost realizate de Gustafsson et al., în anul 1999, în Adana, Turcia, rezultând posibilitatea irigării cu 4,6 mm/zi cu un consum de energie de $1,6 \text{ kWh/m}^3$.

În anul 1986, Widegren a realizat studii teoretice asupra unui sistem de irigare prin condensare pe o suprafață de 1 ha, utilizând ca sursă energetică un ventilator cu puterea 3-10 kW.

În anul 1987, Nordell a construit o instalație la scară redusă într-o seră pentru castraveți, în Övertorneå, nordul Suediei. Acest sistem de climatizare a fost destinat reducerii diferenței de temperatură dintre noapte și zi. În timpul zilei, aerul umed a fost recirculat prin conducte îngropate, pentru încălzirea solului și răcirea ambientului.

La proiectarea unui sistem de irigare prin condensare, configurarea conductelor subterane trebuie realizată astfel încât temperatura critică să fie atinsă la pereții conductelor și nu în sol între două conducte paralele. În acest mod, rădăcinile plantelor se vor dezvolta liber în spațiul dintre conducte. Diametrul conductelor, adâncimea de îngropare și distanța dintre conducte se aleg în funcție de disponibilitatea apei și distribuția temperaturii în sol (fig. 5).

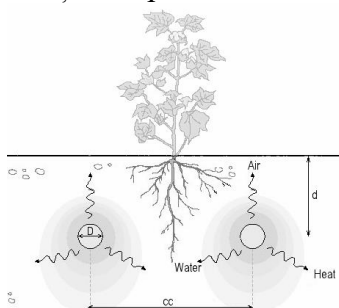


Fig. 5. Secțiune prin conductele îngropate în sol

Lungimea conductelor influențează eficiența procesului de dezumidificare a aerului, din moment ce rata de condensare scade de-a lungul conductei. Adâncimile mici de îngropare ale conductelor pot crește rata de condensare având ca rezultat o distribuție superficială a apei în sol, apă care se acumulează deasupra conductei. Dacă se ia în considerare și radiația solară, o adâncime de îngropare superficială conduce la o producție mai mică de apă și la o rată de evaporare mai mare la suprafață, datorită încălzirii suplimentare a suprafeței solului. Consumul de energie al ventilatorului, necesar pentru a conduce fluxul de aer printr-o conductă perforată a fost de 0.4 kWh pentru 1 m³ de apă condensată.

Regimul apei în sol

Apa înmagazinată în sol se prezintă ca un factor climatic deosebit de important în procesul de formare și evoluție a solului și în determinarea regimului hidrotermic și al aerului din zona sistemului radicular.

În același timp, conținutul de umiditate al solului exercită o acțiune puternică în microclimatul culturii respective și în caracterizarea anuală a climatului. Noțiunea de umiditate a solului exprimă cantitatea de apă existentă într-o probă de sol raportată la greutatea solului uscat (exemplu: 10 grame de apă la 100 grame sol uscat; 10 grame %). Studiul umidității ca factor al climei solului implică o cunoaștere aprofundată a relațiilor ce există între apă și sol (în diferite forme), a relațiilor complexe cu toți factorii componenți ai climei solului. Pătrunderea, înmagazinarea și mișcarea apei în sol prezintă unele însușiri caracteristice determinate de raporturile ce se creează între apă și particulele de sol. Aceste raporturi sunt o rezultată a trei forțe ce acționează în interiorul solului, și anume: forța de absorbție a particulelor de sol; forța de ascensiune capilară a apei; forța de gravitație a pământului. Raporturile dintre apă și sol exprimă deci energia sau forța cu care solul poate să rețină apa, în condițiile acțiunii celorlalte două forțe. În consecință, apa se găsește în sol sub mai multe forme, care, fără a fi strict diferențiate, prezintă unele însușiri caracteristice: apa de higroscopicitate; apa peliculară; apa capilară; apa gravitațională; vaporii de apă.

Mișcare apei în sol în faza de vapori

La mișcarea apei în solurile saturate și nesaturate s-a arătat că mișcarea apei în faza de lichid aproape încetează la conținutul de umiditate corespunzătoare conductibilității capilare apropiate de zero. În aceste condiții, mișcarea apei se face în faza de vapori, care are loc ca rezultat al diferențelor de presiune a vaporilor de apă din diferite straturi de sol. Mișcarea are loc de la straturi cu presiunea vaporilor mai mare către straturi cu presiune mai mică. Lebedeff, studiind mișcarea apei în sol în faza de vapori, a stabilit că, ***în cursul unui an, aproximativ 72 mm de apă s-au condensat din vaporii din atmosferă într-un sol de tip cernoziom. Condensarea apei din atmosferă crește pe măsură ce diferența dintre umiditatea absolută a aerului și presiunea vaporilor de apă este mai mare.*** Chaptal, studiind același proces, în sudul Franței, a constatat creșterea umidității solului vara cu 1%. În România, Botzan a constatat acest proces în cazul cercetărilor asupra bilanțului apei în solurile irigate de pe litoralul dobrogean al Mării Negre și pe terasa Dunării, la Brăila. Studiile în acest domeniu prezintă o importanță practică, atât sub aspectul bilanțului apei din sol, cât și în studiul rezistenței culturilor agricole la condițiile nefavorabile ale intervalelor secetoase din cursul perioadei de vegetație.

Soluții constructive pentru sistemele de irigare prin condensare

În documentul US 4459177 este prezentat un sistem de transfer al umidității din sol pe orizontală (fig. 6), care poate fi utilizat la obținerea de apă potabilă sau pentru irigații în zonele aride. Sistemul utilizează energia solară pentru extragerea umidității din sol prin încălzirea solului, evaporarea apei și ulterior condensarea vaporilor de apă.

Coloana de convecție este un colector solar de tip cutie neagră de formă paralelipipedică, așezată vertical. În interiorul acesteia, aerul încălzit circulă de la intrarea situată în partea inferioară la ieșirea din partea superioară, formând tirajul la partea inferioară. Acest tiraj trage aerul cald din colectorul solar 2 prin conducta de evaporare 4 în conducta de condensare 3. Conducta 4 are mici perforații prin care umiditatea din sol intră prin capilaritate și îmbibare. Apa este evaporată de curentul de aer cald din conducta 4 și transferată în conducta 3 care este răcită de solul din împrejur,

unde condensează. Apa formată prin condensare în conducta 3 poate fi extrasă cu ajutorul unei pompe sau îndepărtând capacul 5 de la conducta de ieșire 7. În locul acestei conducte de ieșire poate fi utilizat un material poros pentru drenajul apei în sol. În acest fel apa este transferată dintr-o zonă umedă într-o zonă uscată.

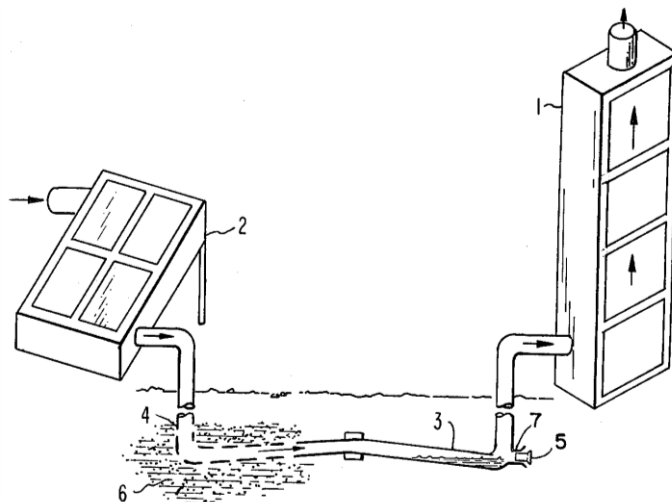


Fig. 6. Sistem de transfer al umidității din sol pe orizontală:

1 - coloana de convecție; 2 - colector solar; 3 - conducta de condensare; 4 - conducta de evaporare; 5 - capac; 6 - sol umed; 7 - conducta de ieșire

Institutul Național pentru Cercetare în Inginerie Rurală, Apă și Sivicultură ((I.N.R.G.R.E.F) din Tunisia a construit în anul 2004 o stație pilot pentru irigare subterană prin condensare și irigare aeriană (fig. 7), într-o regiune caracterizată de climat variabil și cu precipitații minime. Stația pilot include următoarele părți principale: un rezervor de stocare a apei calde încălzită cu energie solară, în care are loc procesul de umidificare a aerului; o rețea de conducte subterane cu lungimea de 13 m și diametrul de 63 mm, amplasată la diferite adâncimi (0,25 m și 0,4 m); un sistem pentru irigarea aeriană (irigarea prin rouă indusă) cu conducte verticale; un sistem de monitorizare a parametrilor: temperatura curentului de aer, a solului, umiditatea etc.

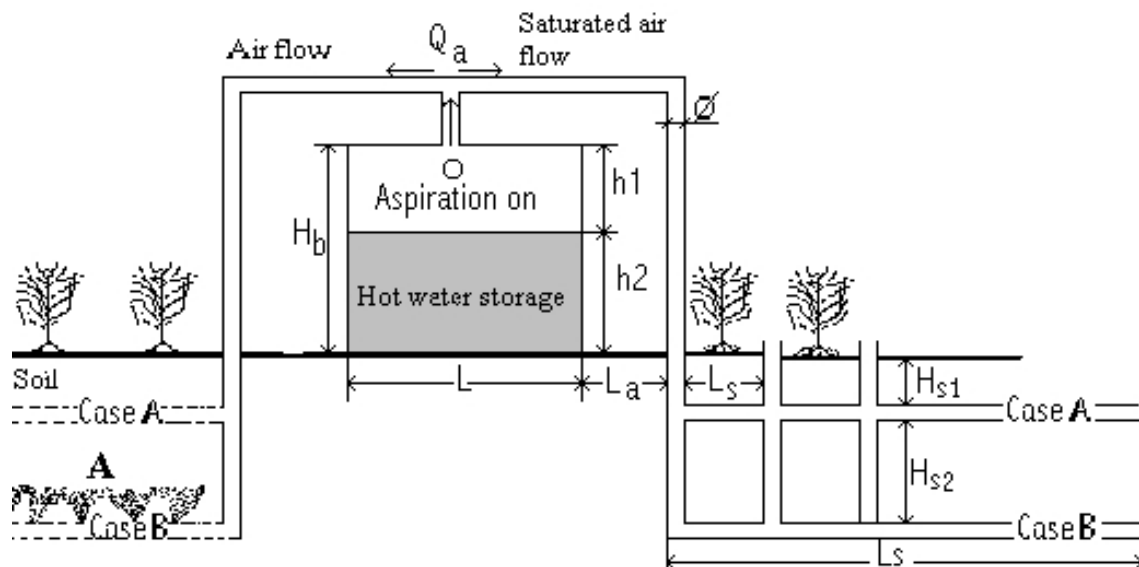


Fig. 7. Schița stației pilot: irigare prin condensare (dreapta); irigare aeriană (stânga);
 $H_{s1}=0,25$ m; $H_{s2}=0,4$ m

Conform cercetărilor experimentale efectuate în cadrul stației pilot, irigarea subterană prin condensare furnizează o cantitate de apă care asigură mai mult de 50% din necesarul de apă al

culturilor de legume, în zonele aride din Tunisia (tabelul 1). Această cantitate de apă poate fi dublată prin creșterea cu 20% a temperaturii apei din rezervorul de stocare.

Tabelul 1

Gradul de acoperire al necesarului de apă, la irigarea prin condensare

Producția zilnică de apă (mm/zi)	Rata de satisfacere a necesarului de apă (%)				
	fasole verde	mazăre	tomate	cartofi	ceapă
2,8	51-56	69-71	57-64	61-68	74-81

Dispozitivul de irigare AirDrop (fig. 8) utilizează procesul de condensare pentru a colecta umiditatea din aer. Prin sistemul de admisie al aerului cu turbină, aerul este canalizat în subteran printr-o serpentină din cupru și este adus rapid la temperatura solului. Acest proces creează un mediu cu umiditatea de 100%, din care apa este apoi colectată și stocată într-un rezervor subteran, pentru a fi pompată în sistemul de irigare subterană.

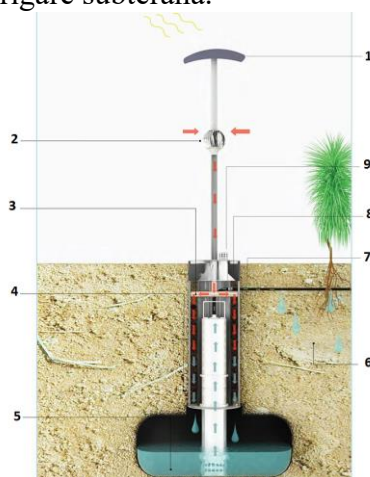


Fig. 8. Dispozitivul de irigare Airdrop:

1 - panou fotovoltaic cu suprafața sferică; 2 - turbina; 3 - senzor de curgere al aerului; 4 - procesul de condensare; 5 - rezervor; 6 - distribuția apei în sol; 7 - conductă semipermeabilă; 8 - bateria; 9 - ieșirea aerului

Regimul de curgere al aerului în interiorul serpentinei din cupru poate fi laminar sau turbulent (fig. 9). În cazul curgerii laminare, aerul trece direct prin tub și condensul se formează numai pe pereții interiori ai tubului, acesta fiind singura suprafață rece cu care aerul cald intră în contact. Curgerea turbulentă a aerului s-a realizat prin introducerea unei spirale din cupru în serpentină, pentru creșterea suprafeței de contact dintre aer și conductă și a timpului în care temperatura aerului scade până la temperatura solului. Spirala de cupru acționează ca o rezistență în calea aerului și creează efectul de curgere turbulentă.

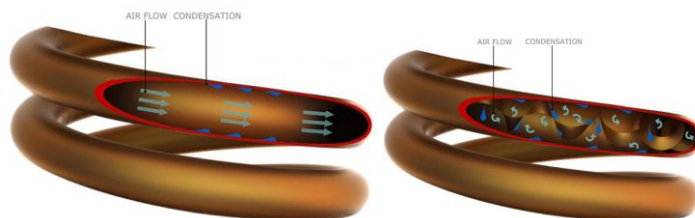


Fig. 9. Regimuri de curgere prin serpentina de cupru: laminar (stânga); turbulent (dreapta)

Monitorizarea și controlul automat al procesului de irigare

INMA București a realizat o tehnologie inovativă cu control automat al irigației și climei în serele legumicole, destinată pentru eficientizarea consumului de apă și creșterea productivității culturilor în spații protejate. Operațiile executate în cadrul tehnologiei (fig. 10) sunt:

- extragerea apei din pânza freatică cu pompă submersibilă solară cu instalația automatizată poz. 1;

- irigarea și fertirigarea prin picurare și microaspersie cu instalația automatizată poz. 2;
- controlul climei într-o seră legumicolă cu sistemul automatizat poz 3.

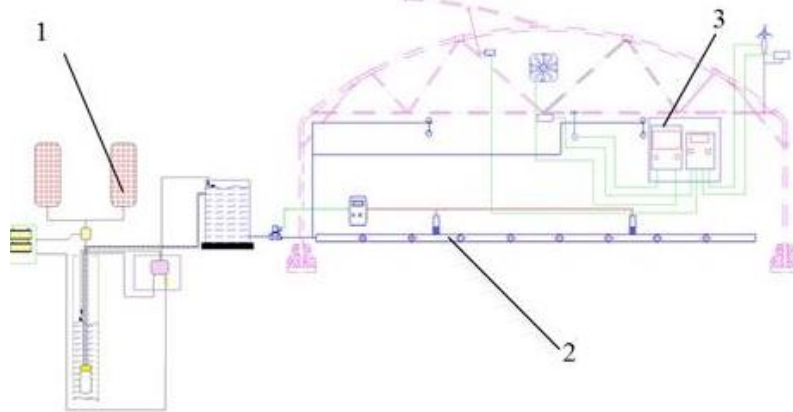


Fig. 10. Tehnologie inovativă de irigații și controlul climei în serele legumicole

Instalația automatizată de irigare și fertirigare prin picurare și microaspersie (fig. 11) se compune din: bransament (1) pentru legătura între un rezervor (2) de stocare a apei și electropompa (3) autoamorsantă, contor (4) de apă, manometru (5) de presiune, elemente (6) de traseu, cap control PVC cu tanec de fertilizare (7), filtru (8), conductă (9) cu benzi (10) prevăzute cu picurătoare încorporate într-o travee (11), conductă (12) prevăzută cu microaspersoare (13), traductor (14) de umiditate, conductivitate și temperatură, Data Logger (15), convertizor (16) de frecvență și electrovane de apă (17).

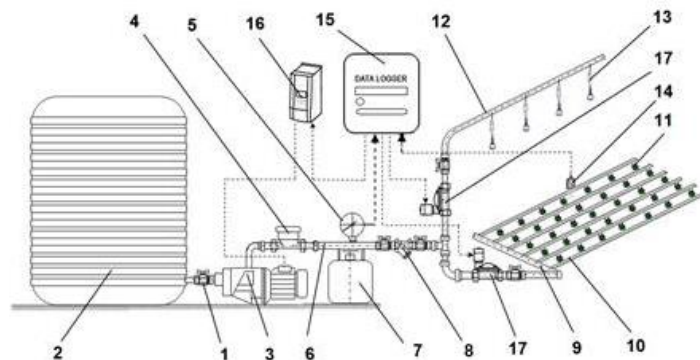


Fig. 11. Instalație automatizată de irigare și fertirigare prin picurare și microaspersie

Data Logger-ele sunt sisteme de înregistrare a datelor și de monitorizare a irigațiilor. Sistemele de monitorizare a parametrilor (umiditate sol, precipitații, temperatură sol, radiații solare) asigură și controlul funcționării irigației în funcție de parametrii măsurăți, reducând substanțial consumul de apă (pana la 60%) și consumul de energie electrică. Sistemul de monitorizare a umidității solului cu controlul irigației poate fi încadrat cu succes în automatizarea irigației cu timer-e. Data loggerul GP1 (fig. 12) poate înregistra măsurători de la 1 sau 2 senzori ThetaProbe de umiditate a solului, folosind canalele analogice diferențiale de înaltă rezoluție. La acest logger se pot conecta și diverși senzori meteo cu ieșiri analogice. Aparatul poate fi utilizat și cu software-ul Pocket DeltaLINK.

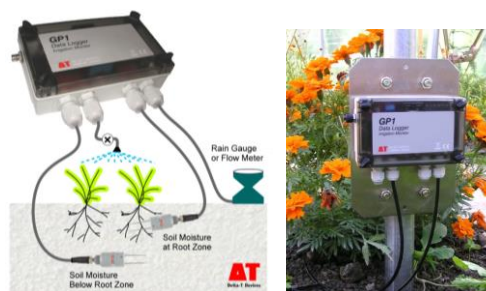


Fig. 12. Data Logger-ul GP1

Software-ul este folosit pentru a implementa procedurile sistemului de control. Deoarece utilizatorul este mai preocupat de ușurința în utilizare și performanțele sistemului, software-ul are o interfață care permite definirea ușoară a caracteristicilor sistemului care urmează să fie controlat și simplifică alocarea resurselor hardware. Performanța se măsoară prin cât de bine sistemul de control automatizat menține starea dorită.

Senzorii sunt o componentă extrem de importantă a buclei de control, deoarece acestea oferă datele de bază necesare unui sistem de control automat. Un factor important în legătură cu senzorul este răspunsul său temporal. Un senzor trebuie să ofere un semnal care reflectă starea sistemului în intervalul de timp cerut de aplicație. Pentru măsurarea umidității solului, senzorul trebuie să fie în măsură să "țină pasul" cu schimbările de umiditate ale solului, care sunt cauzate de evapotranspirație.

Senzorul umiditate - temperatură sol Theta Probe ML3 (fig. 13) are următoarele caracteristici: precizie de $\pm 1\%$ pentru umiditatea solului; măsurarea temperaturii cu o precizie de $\pm 0,5^\circ\text{C}$; sistem de cabluri adaptabil pentru extensibilitate și manevrabilitate; carcasa albă pentru reducerea încălzirii radiative; precizie ridicată în soluri cu salinitate mare, utilizabil până la $2000\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$.



Fig. 13. Senzorul umiditate - temperatură sol Theta Probe ML3

Măsurătorile senzorului ML3 pot fi înregistrate cu oricare logger Delta-T. Este potrivit pentru orice logger care furnizează o tensiune de excitație de 5 - 15V DC și acceptă la intrare semnale de 0 - 1V. În cazul aplicațiilor pe teren, sonda ML3 se conectează la un umidometru HH2 și cele două pot fi comandate împreună sub forma kitului ThetaKit.

Senzorul WET 2 (fig. 14) măsoară trei proprietăți vitale ale solului (umiditatea, temperatura, conductivitatea) și furnizează datele esențiale necesare pentru controlul fertilizării prin irigații, management-ul cultivării arbuștilor în containere, sau studiul salinității solului. Principalele caracteristici tehnice ale senzorului WET-2 sunt: precizia la determinarea umidității $\pm 3\%$; precizia la determinarea temperaturii solului $\pm 1,5^\circ\text{C}$; domeniu de salinitate de la 0 la $300\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$; domeniu de temperatura de la 0 la 50°C



Fig. 14. Senzorul WET 2

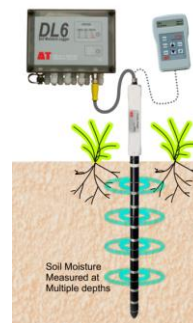


Fig. 15. Sonda profil umiditate sol PR2

Sondele profil umiditate sol PR2 (fig. 15) pot măsura umiditatea la mai multe adâncimi simultan. Sunt folosite în tuburi de acces cu diametrul de 27 mm, introduse în găuri perforate în sol. Adâncimea de detectare ajunge la 100 cm, precizia de măsurare fiind de $\pm 0,04\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$.

Rezultate, stadiul realizării obiectivului fazei, concluzii și propuneri pentru continuarea proiectului

Stadiul de implementare a proiectului este în conformitate cu calendarul activităților prevăzut în propunerea de proiect anexa nr. I/2 la contractul nr. 8N / 09.03.2016, astfel încât realizarea fazei nr. 1. nu a necesitat modificări, activitățile realizate sunt aceleași cu cele planificate, atingându-se în totalitate obiectivele propuse.

Gradul de îndeplinire al obiectivului fazei nr. 1. este de 100 % deoarece:

- Țintele planificate ale fazei sunt realizate integral concretizându-se prin realizarea studiului prospectiv și a temei de proiectare;
- Indicatorul asociat pentru monitorizare și evaluare realizat este același cu cel planificat (studiu prospectiv).

REZULTATE OBTINUTE IN FAZA II:

Rezumatul fazei

Modelul experimental de sistem tehnologic inteligent de irigare (fig. 1) este destinat fermelor legumicole, în special cele din zonele amenințate de deșertificare, pentru realizarea unei economii substanțiale a apei de irigat, precum și agenților economici constructori, care sunt interesați să-și dezvolte echipamentele tehnice pentru irigații în scopul măririi profitului.

Domeniul de utilizare al modelului experimental este irigarea culturilor legumicole în câmp deschis sau în medii protejate (sere, solarii), prin valorificarea umidității din sol și aer, la o putere energetică instalată minimă.

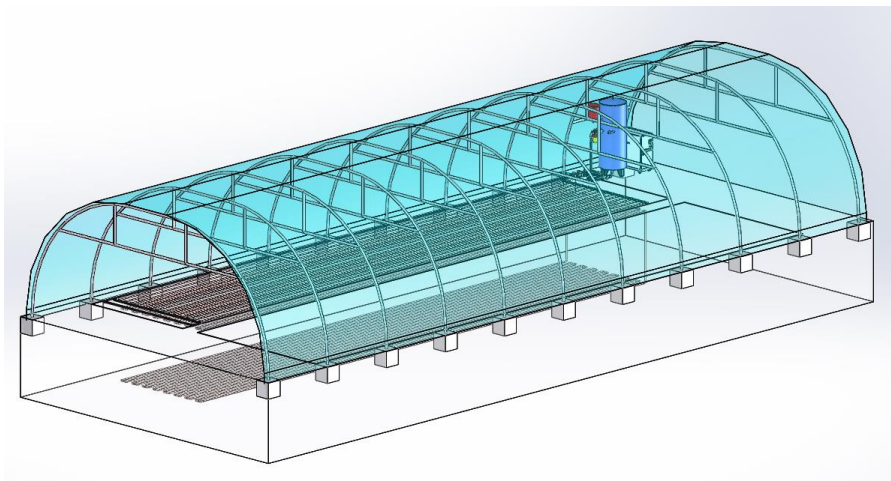


Fig. 1. Model experimental de sistem tehnologic inteligent de irigare

Principalele subansambluri și repere componente ale modelului experimental de sistem tehnologic inteligent de irigare sunt:

1. Instalație de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor plantelor (fig. 2);
2. Pompa de circulație UPS 15-50 CIL 130, 85W, 1" (fig. 3);
3. Rezervor de apă rece (fig. 4);
4. Solar tunel 8x20 m cu folie (fig. 5);
5. Vas de expansiune 24 l;
6. Instalație de condensare (fig. 6);
7. Răcitor apa 500 l (fig. 7);
8. Instalație de automatizare (fig. 8).

Instalația de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor plantelor (fig. 2) este alcătuită dintr-o rețea din țevi de cupru montate în buclă închisă, care prin recircularea apei în interiorul acesteia, va utiliza temperatura din sol de la adâncimea de 2000 mm pentru a încălzi rădăcinile plantelor în anotimpul rece și a le răci în anotimpul cald. Datorită efectului de răcire a zonei radiculare, în timpul verii va fi menținută umiditatea solului și va fi redusă rata de evaporare.

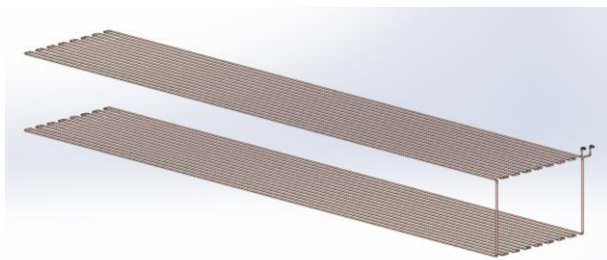


Fig. 2. Instalație de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor plantelor

Pompa de circulație UPS 15-50 CIL 130, 85W, 1" (fig. 3) are corpul realizat din poliamidă, iar rotorul umed. Carcasa motorului electric este turnata din aluminiu. Axul este realizat din oțel inoxidabil și este montat pe rulmenți din grafit, lubrifiați de lichidul pompat. Motorul electric este de tip asincron.

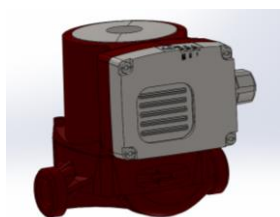


Fig. 3. Pompă de circulație UPS 15-50 CIL 130, 85W, 1"

Specificațiile tehnice ale pompei de circulație sunt prezentate mai jos:

Cod piesa schimb la producător	P/N59505427; PC1026HR
Model	UPS
Tip	15-50 CIL 130
Tensiune electrica alimentare (ca) [v/Hz]	230/50
Putere electrica maxima (activa) [w]	85
Curent electric alimentare (ca) [a]	0.38
Tip turatie	în trepte
Nr trepte turatie	3
Înălțime maxima de pompare [MPa]	0.3
Racord "țoli" [țol]	1
Distanța între racorduri [mm]	130
Unghiul de racordare [grad]	180

Rezervorul de apă rece 500 l (fig. 4) este un recipient termoizolat pentru acumularea apei reci, cu limitarea conținutului de apă în instalație în conformitate cu cantitatea de apă necesară, pentru a garanta o temperatura medie constantă a agentului termic și pentru a limita numărul de porniri a răcitorului de apă.

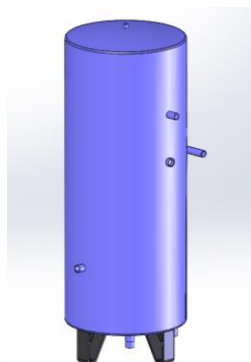


Fig. 4. Rezervor apă rece 500 l

Solarul cu pereți verticali gotic SPVG (fig. 5) este destinat pentru modelul experimental de sistem tehnologic inteligent de irigare.

Structura metalică este concepută din țevă rotundă din oțel E260 Premium, galvanizare Sendzimir 275g zinc/mp. Prinderea structurii se face în cuzineți (pahare) de beton. Îmbinarea profilelor se face telescopic, iar prinderea se face cu șuruburi de calitate clasa 8.8. Întreaga suprafața a solarului este acoperită cu folie dublă cu pernă de aer cu următoarele proprietăți: rezistență la UV (ultraviolete), EVA (elongație 600 %), strat exterior anti-praf, grosime 0,15 mm, transparenta 90 %, difuzie 25 %, strat interior anti-condens.

Principalele caracteristici tehnice ale solarului sunt următoarele:

- lățime: 10 m
- înălțime la tirant: 2,95 m
- înălțime la coamă: 5,3 m;
- pompa de aer cu presostat;
- ușă de acces glisantă pe fronton;
- deschideri laterale manuale cu mânere simple prin roluirea foliei pe ambele părți pentru ventilare.

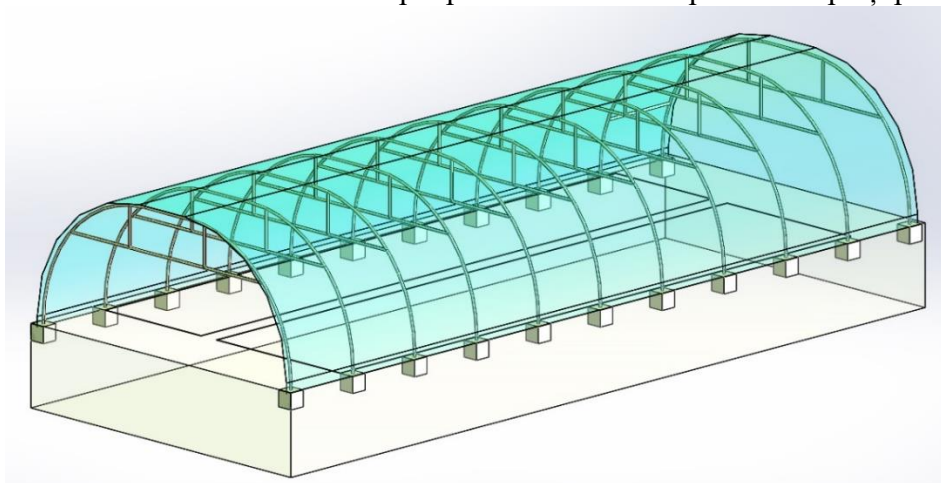


Fig. 5. Solarul cu pereți verticali gotic

Instalația de condensare (fig. 6) este alcătuită dintr-o rețea de țevi din cupru montate în buclă închisă, care prin recircularea apei reci în interiorul acestora combinată cu umiditatea relativă ridicată și temperatura aerului din interiorul solarului va utiliza apa rezultată prin condensare la irigarea culturii legumicole.

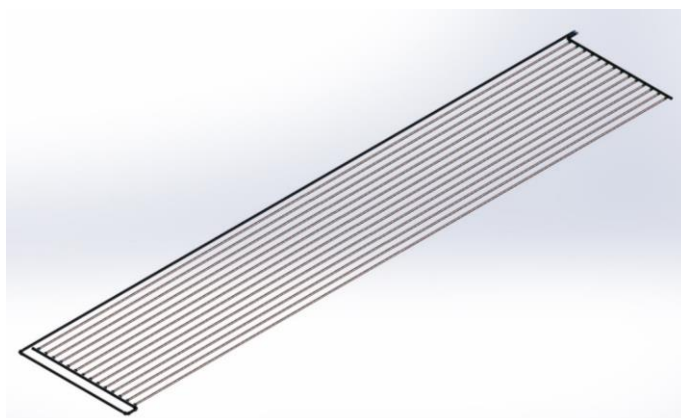


Fig. 6. Instalația de condensare

Răcitorul de apă 500 l (fig. 7) produce o cantitate de apă rece și răcește apa până la 1,5°C pentru instalația de condensare. Acesta uniformizează temperatura apei printr-o pompă de recirculare care evită formarea gheții. În caz de defecțiune a motorului ventilatorului, scurgeri de gaze și problemele cu condensatorul, alimentarea motorului se întrerupe datorită sistemului automat

de urgență. Are structura oțel inoxidabil, puterea de 6,4 kW, capacitatea de 1000 litri, capacitatea orară de 600 litri/oră, temperatura de +18°C –+3°C iar gazul utilizat este R 404A.



Fig. 7. Răcitor de apă

Instalația de automatizare (fig. 8) constă dintr-o combinație de hardware și software care acționează ca un supervisor cu scopul gestionării instalației de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor plantelor și a instalației de condensare destinată irigației culturilor legumicole din solarul modelului experimental de sistem tehnologic inteligent de irigare.

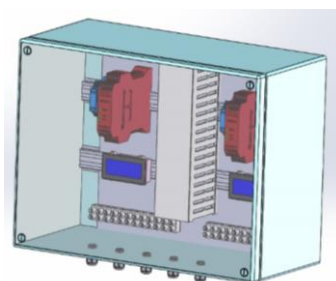


Fig. 8. Instalație de automatizare model experimental de sistem tehnologic inteligent de irigare

Pentru gestionarea instalației de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor plantelor, schema bloc de măsură și control este prezentată în figura 9.

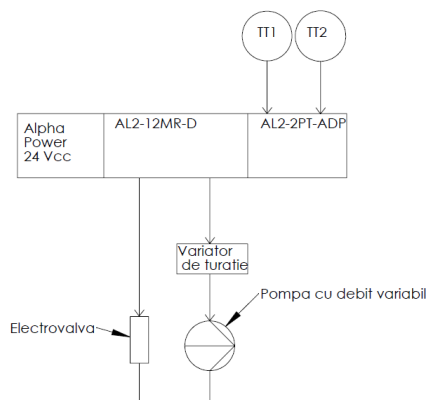


Fig. 9. Schema bloc de măsură și control pentru gestionarea instalației de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor plantelor

În acest scop instalația de automatizare este prevăzută cu următoarele componente:

- Alpha Power 24 Vcc – sursa de tensiune stabilizată 24 Vcc;
- AL2-12MR-D – automat programabil;
- AL2-2PT – ADP – adaptor termorezistente Pt 100;
- TT1 – termorezistența Pt100;
- TT2 – termorezistența Pt100;

Algoritm de reglare este schematizat în figura 10.

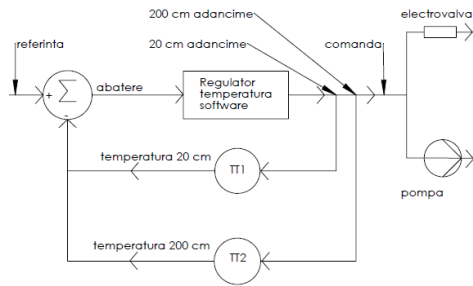


Fig. 10. Schema algoritmului de reglare pentru gestionarea instalației de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor plantelor

Pentru gestionarea instalației de condensare, schema bloc de măsură și control este prezentată în figura 11.

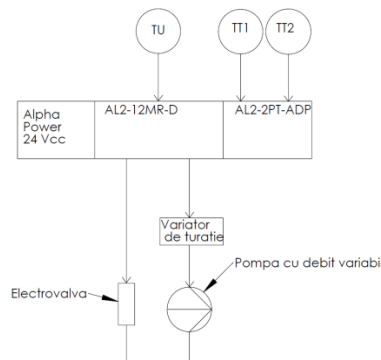


Fig. 11. Schema bloc de măsură și control pentru gestionarea instalației de condensare

În acest scop instalația de automatizare este prevăzută cu următoarele componente:

- Alpha Power 24 Vcc – sursa de tensiune stabilizată 24 Vcc;
- AL2-12MR-D – automat programabil;
- Senzor umiditate sol 12Vcc;
- Senzor pentru măsurarea umidității relative și a temperaturii în solar 0-10Vcc.

Algoritmul de reglare este schematizat în figura 12.

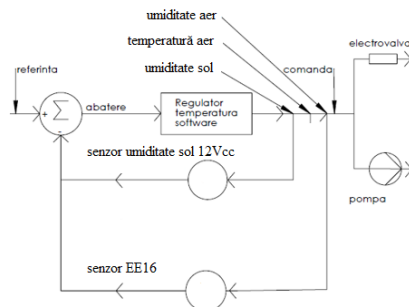


Fig. 12. Schema algoritmului de reglare pentru gestionarea instalației de condensare

Rezultate, stadiul realizării obiectivului fazei, concluzii și propuneri pentru continuarea proiectului

Stadiul de implementare a proiectului este în conformitate cu calendarul activităților prevăzut în propunerea de proiect anexa nr. I/2 la contractul nr. 8N / 09.03.2016, astfel încât realizarea fazei nr. 2. nu a necesitat modificări, activitățile realizate sunt aceleași cu cele planificate, atingându-se în totalitate obiectivele propuse.

Gradul de îndeplinire al obiectivului fazei nr. 2. este de 100 % deoarece:

- Țintele planificate ale fazei sunt realizate integral, concretizându-se prin realizarea documentației de execuție model experimental;
- Indicatorul asociat pentru monitorizare și evaluare realizat este același cu cel planificat (plan tehnic model experimental).

REZULTATE OBTINUTE IN FAZA III:

Rezumatul fazei

Modelul experimental de sistem tehnologic inteligent de irigare (fig. 1) este destinat fermelor legumicole, în special cele din zonele amenințate de deșertificare, pentru realizarea unei economii substanțiale a apei de irigat, precum și agenților economici constructori, care sunt interesați să-și dezvolte echipamentele tehnice pentru irigații în scopul măririi profitului.

Domeniul de utilizare al modelului experimental este irigarea culturilor legumicole în câmp deschis sau în medii protejate (sere, solarii), prin valorificarea umidității din sol și aer, la o putere energetică instalată minimă.



Fig. 1. Model experimental de sistem tehnologic inteligent de irigare

Principalele subansambluri și repere componente ale modelului experimental de sistem tehnologic inteligent de irigare sunt:

- Instalație de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor plantelor;
- Pompa de circulație UPS 15-50 CIL 130, 85W, 1";
- Rezervor de apă rece;
- Solar cu pereți verticali gotic, 10x30 m;
- Vas de expansiune 24 l;
- Instalație de condensare cu țevi din cupru sau cu țevi din PHD;
- Răcitor apă 500 l;
- Instalație de automatizare.

Instalația de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor plantelor (fig. 2) este alcătuită dintr-o rețea din țevi de cupru și / sau PHD montate în buclă închisă, care prin recircularea apei în interiorul acesteia, va utiliza temperatura din sol de la adâncimea de 2000 mm pentru a încălzi rădăcinile plantelor în anotimpul rece și a le răci în anotimpul cald. Datorită efectului de răcire a zonei radiculare, în timpul verii va fi menținută umiditatea solului și va fi redusă rata de evaporare.



a. realizarea căminelor de acces din beton armat



b. excavare pământ



c. realizare pat de nisip



d. realizare rețea din țevi de cupru / PHD



Fig. 2. Aspecte din timpul realizării instalației de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor plantelor

Pompa de circulație UPS 15-50 CIL 130, 85W, 1" (fig. 3) are corpul realizat din poliamidă, iar rotorul umed. Carcasa motorului electric este turnată din aluminiu. Axul este realizat din oțel inoxidabil și este montat pe rulmenți din grafit, lubrifiați de lichidul pompat. Motorul electric este de tip asincron.



Fig. 3. Pompă de circulație UPS 15-50 CIL 130, 85W, 1"

Specificațiile tehnice ale pompei de circulație sunt prezentate mai jos:

Cod piesa schimb la producător	P/N59505427; PC1026HR
Model	UPS
Tip	15-50 CIL 130
Tensiune electrica alimentare (ca) [v/Hz]	230/50
Putere electrica maxima (activa) [w]	85
Curent electric alimentare (ca) [a]	0.38
Tip turație	în trepte
Nr trepte turație	3
Înălțime maxima de pompare [m]	0.3
Racord "țoli" [țol]	1
Distanța între racorduri [mm]	130
Unghiul de racordare [grad]	180

Rezervorul de apă rece 500 l (fig. 4) este un recipient termoizolat pentru acumularea apei reci, cu limitarea conținutului de apă în instalație în conformitate cu cantitatea de apă necesară, pentru a garanta o temperatură medie constantă a agentului termic și pentru a limita numărul de porniri a răcitorului de apă.



Fig. 4. Rezervorul de apă rece 500 l și vasul de expansiune 24 l

Solarul cu pereți verticali gotic SPVG (fig. 5) este destinat pentru modelul experimental de sistem tehnologic inteligent de irigare.

Principalele caracteristici tehnice ale solarului sunt următoarele:

- lățime: 10 m
- înălțime la tirant: 2,95 m
- înălțime la coamă: 5,3 m;
- pompa de aer cu presostat;
- ușă de acces glisantă pe fronton;
- deschideri laterale manuale cu mânere simple prin roluirea foliei pe ambele părți pentru ventilare.



a. marcarea terenului, săpatul gropilor și turnarea cuzinețelor de beton



b. montajul structurii metalice

c. montajul foliei duble



d. realizare rețea de alimentare cu apă



e. solarul cu pereți verticali gotic finalizat

Fig. 5. Aspecte din timpul realizării solarului cu pereți verticali gotic

Instalația de condensare este concepută dintr-o rețea cu țevi, în varianta I din cupru sau în varianta II din PHD, montate în buclă închisă, care prin recircularea apei reci în interiorul acestora combinată cu umiditatea relativă ridicată și temperatura aerului din interiorul solarului va utiliza apa rezultată prin condensare la irigarea culturii legumicole.

Răcitorul de apă 500 l (fig. 6) produce o cantitate de apă rece și răcește apa până la 1,5°C pentru instalația de condensare. Acesta uniformizează temperatura apei printr-o pompă de recirculare care evită formarea gheții. În caz de defecțiune a motorului ventilatorului, scurgeri de gaze și problemele cu condensatorul, alimentarea motorului se întrerupe datorită sistemului automat de urgență. Are structura oțel inoxidabil, puterea de 6,4 kW, capacitatea de 500 litri, capacitatea orară de 600 litri/oră, temperatura de +18°C – +3°C iar gazul utilizat este R 404A.



Fig. 6. Răcitorul de apă

Instalația de automatizare (fig. 7) constă dintr-o combinație de hardware și software care acționează ca un supervisor cu scopul gestionării instalației de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor plantelor și a instalației de condensare destinată irigării culturilor legumicole din solarul modelului experimental de sistem tehnologic inteligent de irigare.



a. cutia de comandă



b. senzor
umiditate/temperatura



c. termorezistenta Pt 100

Fig. 7. Principalele elemente componente ale instalației de automatizare

În acest scop instalația de automatizare este prevăzută cu următoarele componente:

- sursa de tensiune stabilizată 24 Vcc Alpha Power ;
- automat programabil - AL2-12MR-D;
- adaptor termorezistente Pt 100 - AL2-2PT – ADP;
- termorezistenta Pt100cu cablu;
- senzor umiditate sol 12Vcc;
- senzor pentru măsurarea umidității relative și a temperaturii în solar 0-10Vcc.

REZULTATE OBTINUTE IN FAZA V:

Rezumatul fazei

Definitivarea proiectului tehnic de execuție

Proiectul tehnic de execuție al modelului experimental a fost definitivat conform îmbunătățirilor constructive realizate în etapa precedentă pentru asigurarea unui nivel calitativ superior, prin completarea și actualizarea documentației de execuție astfel:

- introducerea în schema bloc de monitorizare și control pentru gestionarea instalației de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor plantelor a două termorezistențe Pt 100 suplimentare: TT3 pentru monitorizarea evoluției temperaturii la suprafața solului și TT4 pentru monitorizarea evoluției temperaturii în zona rădăcinilor plantelor, la adâncimea de 0,2 m (fig. 1);
- inserarea a câte o supapă unisens de 1" pe coloana de intrare în instalația de optimizare a temperaturii în zona radiculară, pentru ambele variante de lucru Cu / PHD (fig. 2);

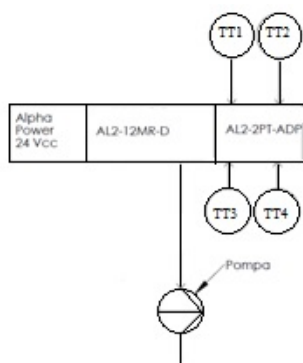


Fig. 1. Schema bloc de monitorizare și control pentru gestionarea instalației de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor plantelor

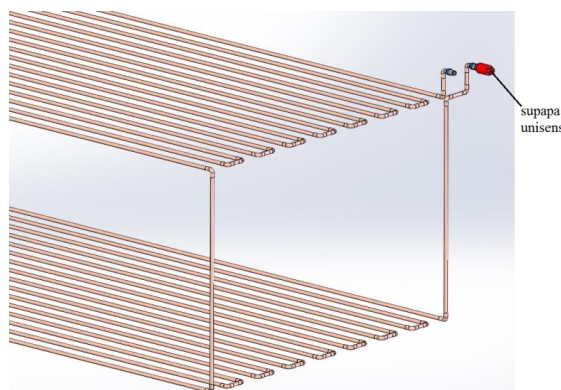


Fig. 2. Instalația de optimizare a temperaturii prevăzută cu supapă unisens

- modelarea geometrică 3D și reprezentarea grafică 2D a subansamblului suport pentru instalația de alimentare cu energie electrică și instalația de automatizare (fig. 3);
- modelarea geometrică 3D și reprezentarea grafică 2D a subansamblului suport pentru răcitorul de apă (fig. 4).

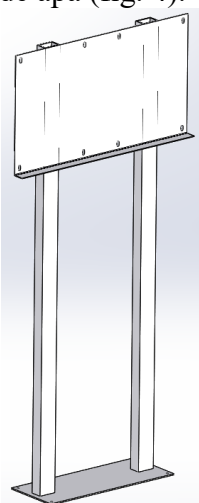


Fig. 3. Suportul pentru instalația de alimentare cu energie electrică și instalația de automatizare

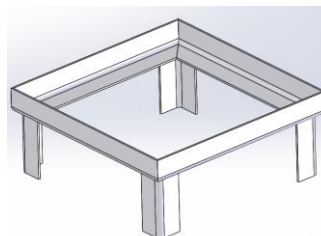


Fig. 4. Suportul pentru răcitorul de apă

Modelul experimental **definitivat** de sistem tehnologic inteligent de irigare prin condensare în sere și solarii (fig. 5) are în componență următoarele subansambluri principale:

- Instalație de optimizare a temperaturii în zona rădăcinilor plantelor (poz. 1);
- Pompa de circulație UPS 15-50 CIL 130, 85W, 1" (poz. 2);
- Rezervor de apă rece (poz. 3);
- Solar cu pereți verticali gotic, 10x30 m (poz. 4);
- Vas de expansiune 24 l (poz. 5);
- Instalație de condensare cu țevi din cupru sau cu țevi din PHD (poz. 6);
- Răcitor apă 500 l (poz. 7);
- Instalație de automatizare (poz. 8).

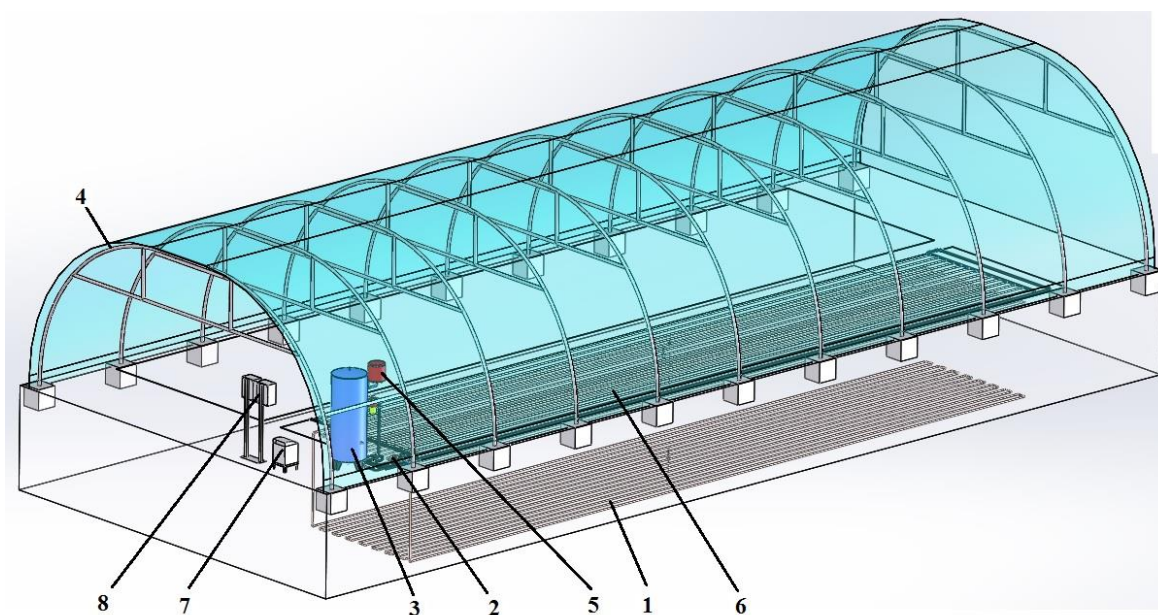


Fig. 5. Modelul experimental de sistem tehnologic inteligent de irigare definitivat

Diseminarea rezultatelor pe scară

Elaborare cerere de brevet de invenție

În vederea notificării cererii de brevet de invenție cu titlul „SISTEM DE IRIGARE PRIN ROUĂ INDUSĂ” au fost desfășurate următoarele activități:

- a fost completat formularul tip “Cerere de brevet de invenție” (c.b.i.) în conformitate cu ghidul elaborat de OSIM și respectând art.14 din Legea nr.64/1991 privind invențiile, republicată la 08.08.2007, precum și art.13 din Regulamentul de aplicare a acesteia;
- au fost elaborate următoarele materiale: descrierea invenției (conform reg.16 și art.17 din regulamentul), revendicarea (art.18), desenele explicative (art.19) și rezumatul invenției (art.21);
- a fost înregistrată cererea de brevet de invenție la O.S.I.M cu nr. **A00629/08.09.2017**.

Publicare articole

- Articolul *Study on irrigation systems in areas threatened by desertification - review*, elaborat de autorii: Manea D., Dumitrașcu A., Mateescu M., Gheorghe G., a fost publicat în Proceedings of International Symposium ISB - INMATEH 2016, pag. 803 - 812, București, ISSN 2344-4118, **articol indexat BDI** [CABI], http://isb.pub.ro/isbinmateh/2016/Volume_Symposium_2016.pdf.
- Articolul *The CAE study of the air velocity over a greenhouse for the installation of a wind turbine*, elaborat de autorii: M. Mateescu, G. Gheorghe, D. Manea, E. Marin, C. Persu, M. Bota, a fost publicat în Proceedings of 6th International Conference on Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development, TE-RE-RD 2017, pag. 243 - 246, Moieciu de sus, ISSN 2457 – 3302, ISSN-L 2457 – 3302, **articol indexat BDI** [EBSCO, CABI, PROQUEST], <http://www.tererd.pub.ro/wp-content/uploads/2015/01/web-proc.pdf>.
- Articolul *Experimental researches on soil temperature optimization in roots area*, elaborat de autorii: D. Manea, G. Gheorghe, E. Marin, M. Mateescu, C. Brăcăescu, a fost publicat în Proceedings of 6th International Conference on Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development, TE-RE-RD 2017, pag. 397 - 402, Moieciu de sus, ISSN 2457 – 3302, ISSN-L 2457 – 3302, **articol indexat BDI** [EBSCO, CABI, PROQUEST], <http://www.tererd.pub.ro/wp-content/uploads/2015/01/web-proc.pdf>.
- Articolul *Convergence study for a heat transfer problem*, elaborat de autorii: Petru CÂRDEI, Dragoș MANEA, a fost publicat în ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, Tome XV [2017], Fascicule 3 [August], ISSN 1584-2665, **articol indexat BDI** [SCIPPIO, INDEX COPERNICUS, PROQUEST, DOAJ, SCIRUS, CITEFACTOR], <http://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2017/ANNALS-2017-3-16.pdf>.
- Articolul *Mathematical model for the heat exchange of greenhouse and solarium soil in the plant root area*, elaborat de autorii: Petru CÂRDEI, Dragoș MANEA, este în curs de publicare în Proceedings of International Scientific Conference Rural Development 2017 - Bioeconomy Challenges, noiembrie 2017, Aleksandras Stulginskis University, Lituania, **articol indexat ISI [Thomson Reuters, EBSCO]**.

Comunicări științifice

- Lucrarea științifică SISTEM TEHNOLOGIC INTELIGENT DE IRIGARE PRIN CONDENSARE ÎN SERE ȘI SOLARII, autori: Marin Eugen, Manea Dragoș, Mateescu Marinela, Gheorghe Gabriel, a fost prezentată la SIMPOZIONUL CERCETARE-DEZVOLTARE din cadrul Târgului Național AGRICULTURĂ 2016, CAMERA DE COMERȚ, INDUSTRIE ȘI AGRICULTURĂ BRĂILA, în data de 29 septembrie 2016.
- Lucrarea științifică SISTEM INTELIGENT DE IRIGARE A CULTURILOR AGRICOLE ÎN CONDIȚII DE ARIDITATE CRESCUTĂ, EFICIENȚĂ ENERGETICĂ ȘI

UTILIZARE RAȚIONALĂ A APEI PENTRU IRIGAȚII, autori: Marin Eugen, Manea Dragoș, Mateescu Marinela, Gheorghe Gabriel a fost prezentată la SIMPOZIONUL CERCETARE-DEZVOLTARE din cadrul Târgului Internațional de Agricultură și Industrie Alimentară AGROIAL PARTENER & ZIUA OREZULUI 2016, Muzeul Național al Agriculturii, Municipiul Slobozia, 04 octombrie 2016.

- Lucrarea științifică STUDY ON IRRIGATION SYSTEMS IN AREAS THREATENED BY DESERTIFICATION, autori: Manea D., Marin E., Dumitrașcu A., Mateescu M., Gheorghe G., a fost susținută sub formă de poster, în cadrul International Symposium ISB - INMATEH 27-29 octombrie 2016, Secțiunea 1- Power and Machinery, Universitatea Politehnica București.
- Lucrarea științifică SISTEM TEHNOLOGIC INTELIGENT DE IRIGARE PRIN CONDENSARE ÎN SERE ȘI SOLARII, autori: Marin Eugen, Manea Dragoș, Mateescu Marinela, Gheorghe Gabriel a fost susținută sub formă de poster, în cadrul 6th International Conference on Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development, TE-RE-RD 8-10 iunie 2017, Section 3 - Rural Development. Un aspect din timpul susținerii posterului este prezentat în figura 1.

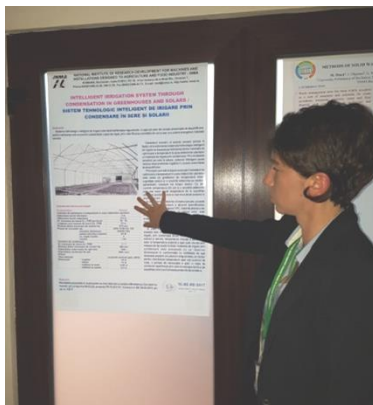


Fig. 1. Aspect din timpul susținerii posterului

Editare CD-ROM de prezentare

Pentru promovare la târguri și expoziții a fost realizat un CD-ROM care conține următoarele fișiere: film, poster de prezentare, fișă tehnică și pliant.

Creare și actualizare pagină web

Pagina web creată pentru acest proiect prezintă date de recunoaștere a contractorului și proiectului, obiectivul principal al proiectului, rezultatele preconizate și obținute, prezentarea Sistemului tehnologic inteligent de irigare prin condensare în sere și solarii realizat în cadrul proiectului și modul de diseminare a rezultatelor obținute în urma desfășurării proiectului.

Adresa paginii web a proiectului este următoarea:

http://www.inma.ro/Pagina_web_NUCLEU/NUCLEU_nou/PN_16_24_01_01/Sistem_tehnol_inteligent_irigare_condensare_sere_solarii.pdf

* * *

Pe baza concluziilor rezultate în urma desfășurării proiectului, se propune trecerea la faza de valorificarea directă a proiectului prin transferul drepturilor de utilizare a rezultatelor cercetării la agenții economici interesați pentru implementarea în exploatare a fazelor ulterioare de transfer tehnologic.