

Denumirea Programului Nucleu: Cercetări multidisciplinare în domeniul agriculturii digitale pentru competitivitate economică și dezvoltare durabilă, în contextul schimbărilor climatice SUSTAIN-DIGI-AGRI

Denumirea obiectivului: O1. Cercetarea științifică și digitalizarea proceselor din agricultură și industrie alimentară, dezvoltarea de noi tehnologii, instrumente și echipamente tehnice pentru producția de bioresurse compatibile și competitive cu aria europeană de cercetare specifică conceptelor de AGRICULTURĂ 4.0

Domeniul și subdomeniile de specializare inteligentă/politici publice cărora li se adresează proiectul: 1. Bioeconomie, 1.3. Tehnologii pentru agricultura ecologică, agroecologie și silvicultură; 1.5 Alimente sigure și durabile pentru o dietă sănătoasă; 6. Mediu și ecotehnologii, 6.2. Tehnologii pentru economia circulară.

Denumire proiect:

**PN-23 04 01 02 - SISTEM AUTOMAT INTELIGENT DESTINAT PRELEVĂRII
GEOREFERENȚIATĂ A PROBELOR DE SOL**

Contract: 9N/01.01.2023

Perioada de derulare: 2023-2026

Responsabil proiect: dr. ing. CRISTEA Mario

Telefon/e-mail: 021 269.32.55 / mario.cristea@inma.ro;

Rezultate estimate:

Obiective măsurabile	Indicatori	An	Buc.
Studiu tehnologic privind echipamentele de prelevare a probelor din sol acționate cu diferite surse de energie Studiu tehnologic privind modurile de etichetare și depozitare a probelor de sol în condiții grele și sursele de energie necesare pentru alimentarea acestora	Studiu tehnologic	2023	2
Studiu prospectiv privind soluțiile adoptate la nivel mondial pentru prelevarea probelor din sol	Studiu prospectiv	2023	1
Realizarea modelului matematic pentru simularea necesarului de energie necesar pentru platformă	Model matematic	2023	1
Documentație de execuție model experimental dispozitiv de prelevare probe Documentație de execuție model experimental modul de etichetare și depozitare a probelor	Documentație de execuție	2024	2
Realizare model experimental dispozitiv de etichetare și depozitare a probelor Realizare model experimental a platformă autopropulsată	Realizare model experimental	2025	2
Documentație de execuție pentru platforma autopropulsată	Documentație de execuție	2025	1
Realizare sistem autonom inteligent de prelevare probe sol (platforma autopropulsată + dispozitive)	Model funcțional	2026	1
Testarea sistemului autonom inteligent de prelevare probe sol în condiții de laborator / exploatare	Raport experimentare	2026	1
Diseminarea rezultatelor	Articole indexate ISI	2023-2026	5
	Articole BDI	2023-2026	15
	Cereri de brevet	2023-2026	3

	Fișă tehnică	2023-2026	5
	Poster	2023-2026	1
	Ghid de bune practici	2023-2026	1
	Pagina web	2023-2026	1

Obiectivul principal al proiectului este reprezentat de dezvoltarea, execuția, testarea și validarea a unei platforme autopropulsate capabilă să efectueze prelevarea de probe de sol cu ajutorul unui operator care controlează platforma de la distanță. Această platforma va fi capabilă să eticheteze probele de sol, să genereze rapoarte în timp real ce conțin ora, data și poziția geografică a fiecărei probe. De asemenea platforma va avea o conexiune fără fir la internet pentru a transmite toate rapoartele generate pe un site web

Fazele de derulare ale proiectului:

Faza: 1 / 2023 Studii privind soluțiile existente pe plan mondial referitor la prelevarea probelor din sol și echipamentele utilizate pentru prelevare. Dezvoltare model matematic pentru simularea necesarului de energie al sistemului

Obiectivul fazei 1: Studii privind soluțiile existente pe plan mondial referitor la prelevarea probelor din sol și echipamentele utilizate pentru prelevare. Realizarea modelului matematic pentru simularea necesarului de energie necesar pentru platformă.

Evaluarea proceselor de degradare a terenurilor are în vedere stabilirea zonelor care au nevoie de reabilitare în UE și controlul modului de implementare a măsurilor comunitare de protecție a solului COM 232 (2006), evaluarea impactului în conformitate cu orientările Comisiei SEC 1165 (2006) și SEC 420 (2006) și cu Programele naționale de acțiune (PNA) pentru punerea în aplicare a Convenției Organizației Națiunilor Unite pentru combaterea deșertificării (UNCCD).

Tranziția de la metodele manuale la cele automatizate este esențială pentru viitorul agriculturii și al științei solului. Inovațiile tehnologice, precum automatizarea cu GPS și senzori avansați, nu doar că îmbunătățesc acuratețea, dar permit și o gestionare mai eficientă a resurselor și o reacție mai rapidă la problemele de mediu.

Utilizarea sistemelor electronice de etichetare și urmărire (cod de bare sau cip) este acum o tehnologie disponibilă care facilitează o trasabilitate mai eficientă a probelor.

În timp ce industria agricolă a depus deja eforturi pentru a include automatizarea robotică pentru multe dintre procesele sale, mai multe medii și tehnici, cum ar fi cultivarea viță-de-vie și plantații pomicole în zonele montane sau pante abrupte, prezintă încă provocări semnificative pentru mecanizare din cauza condițiilor orografice dificile, biodiversitate mare și multe altele. Pentru a ține pasul cu o astfel de cerere în creștere, fermierii caută roboți capabili să crească eficiența fermelor.

Deși adoptarea acestor soluții avansate cere investiții substanțiale, ele reprezintă o decizie strategică. Beneficiile pe termen lung, precum randamente agricole mai mari, un mediu mai curat și o securitate alimentară sporită, demonstrează că aceste eforturi sunt nu doar justificate, ci și esențiale pentru viitor.

Faza: 2 / 2024: Documentație de execuție model experimental dispozitiv de prelevare probe. Definitivarea arhitecturii hardware și software a sistemului de control a modului de prelevare probe.

Obiectivul fazei 2. Documentație de execuție model experimental dispozitiv de prelevare probe sol. Definitivarea arhitecturii hardware și software a sistemului de control a modului de prelevare probe. Realizare model experimental dispozitiv de prelevare a probelor. Documentație de execuție model experimental modul de etichetare și depozitare a probelor.

Dispozitivul de prelevare a probelor de sol este un instrument esențial utilizat în diverse domenii pentru a colecta probe de sol în mod eficient și precis.

Principalele componente ale unui astfel de dispozitiv sunt (figura 1):

- Cadrul de susținere, reper DPP-1.0, 1 buc.;
- Placa susținere motor, reper DPP-2.0, 1 buc.;

- Sistem de ghidare, reper DPP-3.0, 1 buc.;
- Braț antrenare, reper DPP-4.0, 1 buc.;
- Container prelevare, reper DPP-5.0, 1 buc.;
- Tabloul circuitelor de comanda, reper DPP-6.0, 1 buc.;
- Motorul termic cu transmisie, achiziționat din comerț, 1 buc.;
- Burghiu pentru forare, achiziționat din comerț, 1 buc.;
- Motor electric cu pinion și lanț, achiziționate din comerț, 1 buc.;
- Elemente de asamblare, achiziționate din comerț;
- Controler dispozitiv de prelevare probe sol.

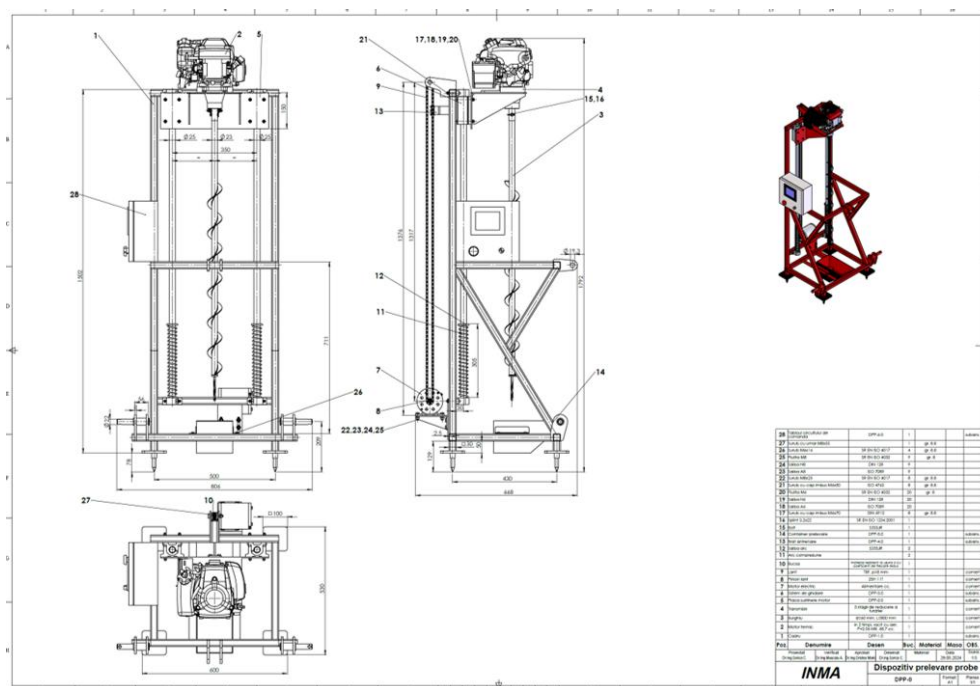


Figura 1 Dispozitivul de prelevare a probelor de sol

Cadrul de susținere (figura 2), reper DPP-1.0, reprezintă elementul de susținere a subansamblurilor principale ale dispozitivului de prelevare, conferind rigiditate și stabilitate întregii construcții.

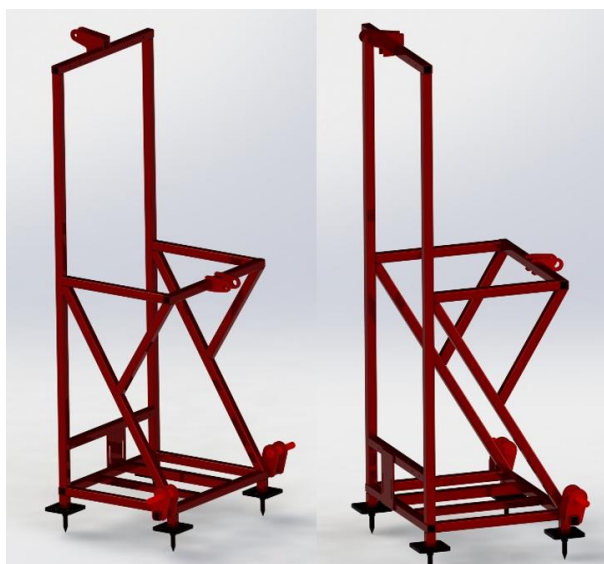


Figura 2 Cadrul de susținere

Placa de susținere a motorului echipat cu burghiu, reper DPP-2.0, este un subansamblu necesar pentru cuplarea la un sistem de ghidare.

Bratul de antrenare, reper DPP-4.0, este subansamblul responsabil de cuplarea întregului sistem mobil (placa de susținere și motor termic cu burghiu) la un sistem automat de conducere și retragere a burghiului.

Containerul de prelevare, figura 3, reper DPP-5.0, este un recipient cu rolul de a colecta proba de sol rezultată în urma acțiunii energice a burghiului.

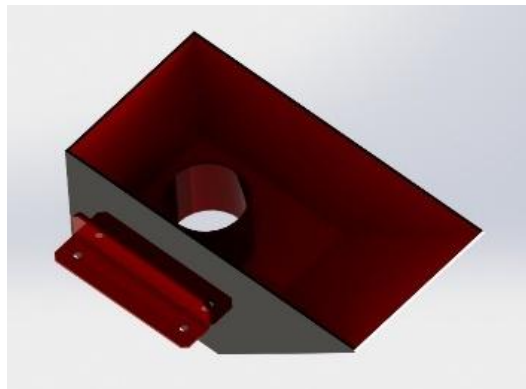


Figura 3 Containerul de prelevare

Motorul termic cu transmisie și burghiul pentru forare, sunt elemente achiziționate din comerț, fiind soluții verificate în piață pentru activitățile pe care le desfășoară

Burghiul destinat prelevării probelor din sol, cu dimensiunile de 60X800 mm.

Motorul electric cu pinion și lanț, achiziționate din comerț, împreună cu bușca realizată din material antifricțiune.

Circuitul de comandă al dispozitivului are la bază un microcontroler Arduino în care a fost încărcat un program ce comandă modul de funcționare al motorului care execută ridicarea sau coborârea burghiului.

Arduino este o platformă open-source care constă dintr-o combinație de hardware și software utilizată pentru proiecte de electronică și programare. Microcontrolerul Arduino este componenta centrală a acestei platforme, fiind responsabil pentru preluarea și prelucrarea datelor și pentru controlul altor componente electronice.

Pentru a determina poziția burghiului sunt folosiți doi senzori inductiv de proximitate - LJ12A3. Schema bloc a controlerului este prezentată în figura 4.

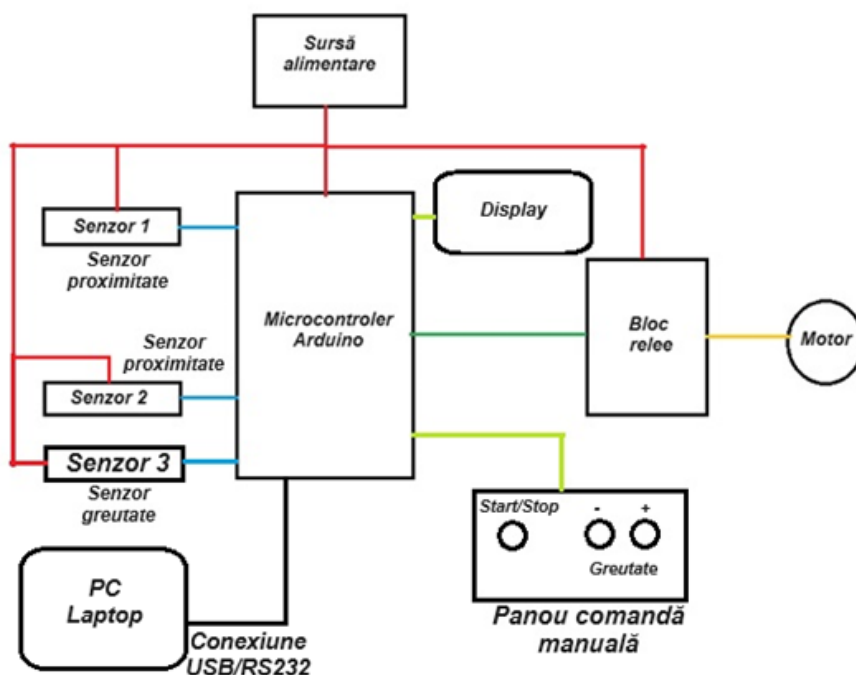


Figura 4 Schema bloc controler

Sursa de alimentare a controlerului cât și a senzorilor este de 12V curent continuu, pentru alimentarea motorului poate fi folosită aceeași sursă sau o sursă diferită capabila de a genera o putere ridicată.

Programul dezvoltat pentru controler

Codul dezvoltat pentru dispozitivul de prelevat probe de sol utilizează un microcontroler Arduino pentru a controla două ieșiri în funcție de stările a doi senzori și un buton de pornire. Codul implementează o mașină de stări finite (finite state machine) pentru a gestiona tranzițiile între diferite stări de funcționare.

Dispozitivul de prelevare a probelor de sol realizat în cadrul fazei 2, este destinat pentru a fi integrat într-un sistem automat de prelevare a probelor de sol care este controlat cu ajutorul unei telecomenzi de către un operator. Acest dispozitiv nu poate funcționa, în mod normal, separat de restul componentelor și dispozitivelor ce formează întreg ansamblul.

Dispozitivul de prelevare a probelor de sol (figura 5) are în componența următoarele elemente principale:

- Cadrul de susținere, 1 buc.;
- Placa susținere motor, 1 buc.;
- Sistem de ghidare, 1 buc.;
- Braț antrenare, 1 buc.;
- Container prelevare, 1 buc.;
- Tabloul circuitelor de comanda, 1 buc.;
- Motorul termic cu transmisie, achiziționat din comerț, 1 buc.;
- Burghiu pentru forare, achiziționat din comerț, 1 buc.;
- Motor electric cu pinion și lanț, achiziționate din comerț, 1 buc.;
- Elemente de asamblare, achiziționate din comerț;
- Controler dispozitiv de prelevare probe sol.



Figura 5 Cadrul de susținere

Dispozitivul de prelevare a probelor de sol după ce au fost montate cadrul de susținere cu placa de susținere (figura 6) și motorul termic.



Figura 6 Placa de susținere și sistemul de ghidare

Containerul de prelevare, gata pentru a fi integrat pe cadru, este ilustrat în figura 7.



Figura 7 Containerul de prelevare

Sursa de alimentare a controlerului cât și a senzorilor este de 12V curent continuu, pentru alimentarea motorului este folosită o sursă diferită, 48 V, capabila de a genera o putere ridicată.

Modulul de etichetare și depozitare a probelor de sol este esențial utilizat în diverse domenii pentru a identifica și identifica probe de sol în mod eficient și precis.

Modulul de etichetare și depozitare a probelor , MEDP-0 (figura 8) are în componenta următoarele elemente principale:

- Suport pentru containere, reper MEDP-1.0, 1 buc.;
- Mecanism de acționare, 1 buc.;
- Structura de suport, reper MEDP-3.0, 1 buc.;
- Tabloul circuitelor de comanda, 1 buc.;
- Controler modul de depozitare și identificare a probelor de sol.

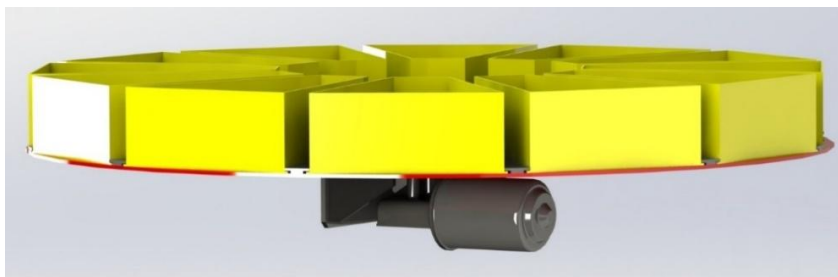


Figura 8 Modul de etichetare și depozitare a probelor

Suport pentru containere (figura 9)

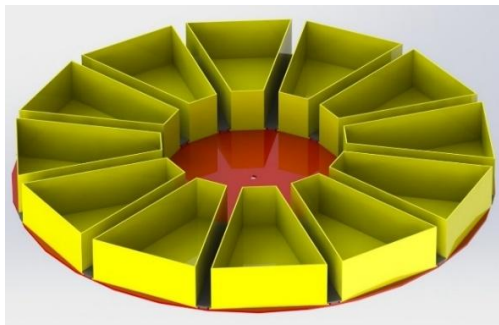


Figura 9 Suport pentru containere

Mecanism de acționare, figura 10.

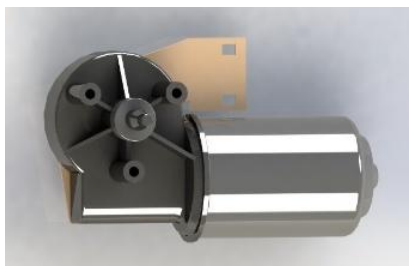


Figura 10 Mecanism de acționare

Structura de suport, figura 11,



Figura 11 Structura de suport

Faza: 3 / 2025: Realizare model experimental dispozitiv de etichetare și depozitare a probelor. Documentație de execuție pentru platforma autopropulsată. Realizare model experimental a platformă autopropulsată.

Obiectivul fazei: Realizarea modelului experimental de etichetare și depozitare probe de sol. Elaborarea documentației de execuție a platformei autopropulsate și a modului de telecomandă. Realizarea platformei autopropulsate

Realizare model experimental de DISPOZITIV DE ETICHETARE ȘI DEPOZITARE

Dispozitiv de etichetare și depozitare este proiectat pentru a eficientiza procesul de colectare și analiză a acestora, asigurând totodată un grad ridicat de precizie.

Principalele componente ale unui astfel de dispozitiv sunt:

1. **Suportul pentru containerele** de probe de sol, compus din **carusel** care este un suport de formă circulară care permite poziționarea containerelor cu probe de sol.
2. **Mecanismul de acționare** care are în componentă un **motor electric** ce asigură energia necesară pentru rotirea caruselului.
3. **Sistemul de control** integrează un microprocesor programat pentru gestionarea funcțiilor modulului.
4. **Structura de suport** este responsabil pentru susținerea motorului electric prevăzut cu reductor de turație.
5. **Sisteme de siguranță și protecție** care constau în scuturi și capace care previn accesul accidental al operatorului la părțile în mișcare.
6. **Sistemul de alimentare** este format dintr-o baterie de acumulatori de 48 V, cu un convertor integrat pentru reducerea tensiunii la 12 V, alimentând componentele de control și acționare.

Componenta principală a modulului de etichetare și depozitare a probelor, MEDP-0, suportul pentru containere, este prezentat în figura 12.

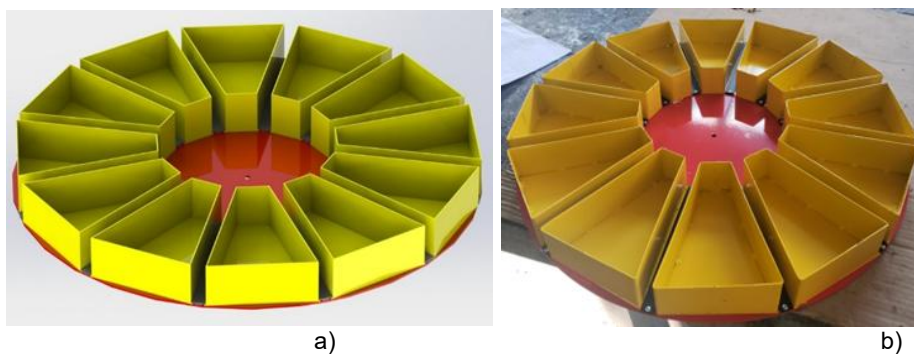


Figura 12 Suport pentru containere (carusel), a – proiect; b) – suportul realizat

Circuitul de comandă al modulului are la bază un microcontroler Arduino în care a fost încărcat un program ce comandă și controlează poziția caruselului.

Documentație de execuție PLATFORMĂ AUTOPROPULSATĂ

Modulul șenilat este echipat cu o platformă (figura 13) pe care sunt montate două motoare electrice și sistemul de alimentare pe bază de baterii Li-ion, configurat pentru a asigura o mobilitate eficientă și sustenabilă în condiții de teren agricol variat. Modulul este prevăzut cu un sistem de propulsie pe șenile, ceea ce îi conferă o tracțiune superioară și o distribuție uniformă a presiunii la sol, reducând astfel compactarea acestuia și permițând operarea în soluri cu consistență redusă sau umiditate ridicată.

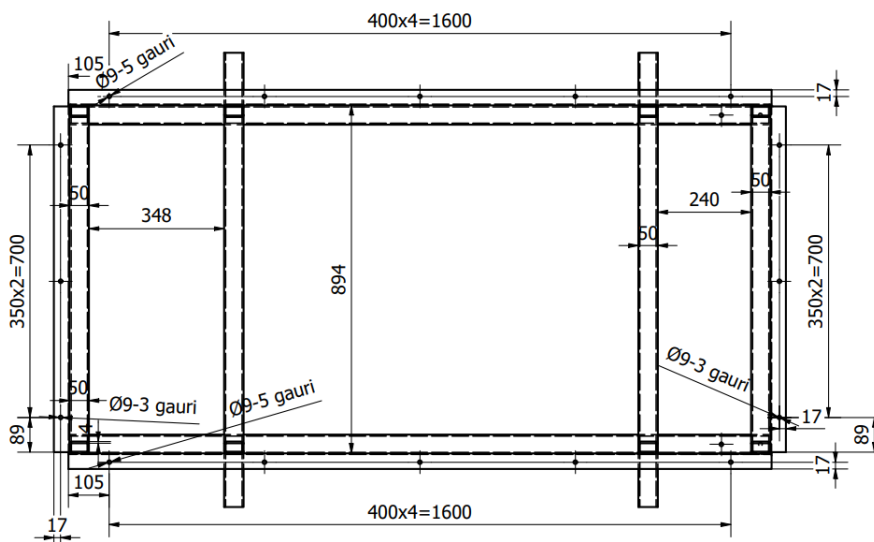


Figura 13 Desen suport platformă - PAP 1.1.0

Utilizarea motoarelor electrice, în combinație cu surse de alimentare Li-ion, asigură nu doar o autonomie ridicată și un regim de funcționare silențios, ci și un impact redus asupra mediului, caracteristici esențiale pentru aplicațiile moderne de agricultură de precizie.

Principalele componente ale platformei autopropulsate sunt:

Sistemul de propulsie:

1. **Motoarele electrice** (figura 14) de curent continuu fără perii (BLDC) alimentate la 48 V, putere maximă 4000 W și transmisie cu reductoare.



Figura 14 Motor electric și transmisie destinat propulsiei platformei

2. **Șenile** (figura 15). Trenul de rulare pe șenile pentru o platformă autopropulsată de mici dimensiuni.

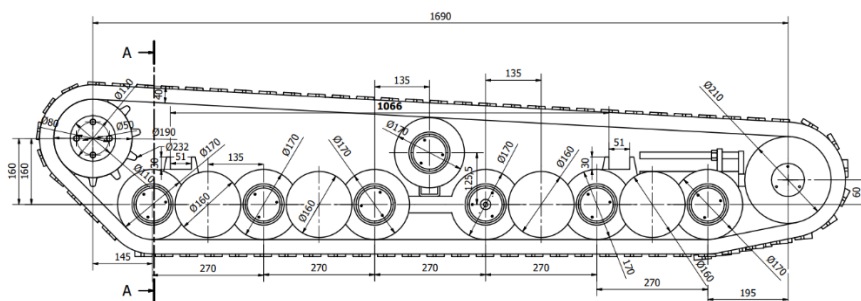


Figura 15 Desen șenilă cauciuc

3. **Controler motor 48 V max 4000 W.**

Sistemul de alimentare:

- **Baterii Li-Ion 48 V, 70 Ah .**
 - **Convertor DC/DC 48V 12V.** Putere maxim de 500W.
 - **Sistem management baterie**
 - **Încărcător baterie** Un încărcător de baterii Li-ion cu o tensiune de ieșire de 48 V și o putere nominală de 3,3 kW.
4. **Telecomandă** Telecomanda cu ajutorul căreia platforma este controlată de operator și este un dispozitiv de control fără fir, operând în banda de 2,4 GHz și fiind proiectată pentru aplicații la sisteme de drone agricole.

Platforma autopropulsată are în componență următoarele subansambluri principale:

- | | |
|---|---------|
| 1. Modulul șenilat, reper PAP-1.0, | 1 buc.; |
| 2. Suport, reper PAP-1.1.0, | 1 buc.; |
| 3. Ans 1 șenilă, reper PAP-1.2.0, | 1 buc.; |
| 4. Ans 2 șenilă, reper PAP-1.3.0, | 1 buc.; |
| 5. Apărătoare, reper PAP-1.4.0, | 2 buc.; |
| 6. Dispozitiv de ridicare, reper PAP-2.0, | 1 buc.; |
| 7. Reazem actuator 1 as., reper PAP-2.1.0, | 1 buc.; |
| 8. Cadru, reper PAP-2.2.0, | 1 buc.; |
| 9. Arbore cu pârghii, reper PAP-2.7.0, | 1 buc.; |
| 10. Lagăr as., reper PAP-2.8.0, | 2 buc.; |
| 11. Lonjeron lateral as., reper PAP-2.9.0, | 2 buc.; |
| 12. Tijă de ridicare, reper PAP-2.10.0, | 2 buc.; |
| 13. Bucșă 1 actuator as., reper PAP-2.11.0, | 1 buc.; |

- | | | |
|-----|--|---------|
| 14. | Bucșă 2 actuator as., reper PAP-2.12.0, | 1 buc.; |
| 15. | Bolț lonjeron lateral, reper PAP-2.13.0, | 2 buc.; |
| 16. | Bolț actuator, reper PAP-2.14.0, | 2 buc.; |
| 17. | Cui asamblat, reper PAP-2.20.0, | 2 buc. |

Adoptarea pe scară largă a echipamentelor automatizate și a inteligenței artificiale (AI) în prelevarea probelor de sol reprezintă un punct de cotitură în managementul agricol și de mediu. Această tranziție de la metodele manuale, laborioase și adesea subiective, la sisteme integrate și bazate pe date, oferă o serie de beneficii transformatoare, cele mai importante sunt:

Acuratețe și Fiabilitate Îmbunătățite - echipamentele automatizate elimină erorile umane și asigură o prelevare uniformă la adâncimi și locații precise, ghidate de GPS. Inteligența artificială procesează datele colectate, identificând tipare și zone cu variabilitate mare în timp real. Aceasta permite crearea unor hărți de fertilitate și de risc de poluare de o precizie inegalabilă, esențiale pentru decizii informate;

Eficiență Operațională - automatizarea reduce drastic timpul și costurile de muncă. În loc să fie alocați pe teren pentru o sarcină repetitivă, operatorii pot superviza mai multe sisteme simultan, optimizând astfel resursele umane și financiare. Această eficiență permite fermierilor și cercetătorilor să obțină rezultate mai rapid și cu un efort minim;

Sustenabilitate și Rentabilitate - Prin identificarea nevoilor specifice ale solului la nivel de micro-zonă, tehnologiile bazate pe AI permit o aplicare precisă a fertilizatorilor, pesticidelor și apei. Acest lucru reduce risipa, scade costurile de producție și minimizează impactul negativ asupra mediului. Astfel, o agricultură mai productivă devine, în același timp, și mai responsabilă.

În cele din urmă, utilizarea echipamentelor automatizate și a inteligenței artificiale nu este doar o modernizare a procesului de prelevare, ci un pas esențial către o agricultură de precizie, pregătită să răspundă provocărilor viitoare legate de securitatea alimentară și protecția mediului.

Diseminarea și publicarea rezultatelor pe scară largă

Articole BDI:

Nr. Crt.	Autor (<i>Nume și prenume</i>) Titlu	Editura	An apariție
1	Nicoleta-Alexandra VANGHELE, Andreea MATACHE, Mario CRISTEA, Augustina PRUTEANU, Robert CRISTEA <i>Automatic and intelligent soil sampling equipment</i>	AGRI-INMA Vol. 3 / No. 2	2023
2	Alexandru IONESCU, Mario CRISTEA, Mihai MATACHE, Costin MIRCEA, Gheorghe STROESCU, Iulian DUMITRU, Tudor Adrian ENE <i>Maximising precision and accuracy in soil sampling using automated technological processes</i>	ISB-INMA TEH' 2023 International Symposium, Bucharest	2023
3	Iulian DUMITRU, Mario CRISTEA, Valentin VLADUT, Laurențiu VLADUTOIU, Alexandru IONESCU, Gabriel NAE, Florin NENCIU, Andreea-Iulia GRIGORE, Costin MIRCEA, Lorena-Diana POPA <i>Technology and importance of qualitative sampling of soil samples intended for agricultural crops</i>	ISB-INMA TEH' 2023 International Symposium, Bucharest	2023
4	Iulia GRIGORE, Laurențiu VLADUTOIU, Cristian SORICĂ, Elena SORICĂ, Mario CRISTEA, Robert Dorin CRISTEA . <i>Research on soil properties, the most important soil indicators and possible determination</i>	AGRI-INMA Vol. 4 / No. 1	2024
5	Iulia GRIGORE, Laurențiu VLADUTOIU, Cristian SORICA, Elena SORICA, Mario CRISTEA, Robert Dorin CRISTEA. <i>Considerations on the importance of soil biology for soil sampling</i>	AGRI-INMA Vol. 4 / No. 1	2024

6	Alexandru IONESCU., Nicolae-Valentin VLĂDUȚ., Costin MIRCEA., Iulian DUMITRU., Gheorghe S., Robert B., Cătălin L., Claudiu U. <i>Optimization of soil sampling: integrating modern equipment and methods</i>	ISB-INMA TEH' 2024 International Symposium, Bucharest	2024
7	Alexandru IONESCU., Nicolae-Valentin VLĂDUȚ., Costin MIRCEA., Iulian DUMITRU., Gheorghe S., Robert B., Cătălin L., Claudiu U. <i>The impact of weeds on the soil sampling process</i>	ISB-INMA TEH' 2024 International Symposium, Bucharest	2024

Articole ISI:

Nr. Crt.	Autor (Nume și prenume) Titlu	Editura	An apariție
1	Mario CRISTEA, Mihai Gabriel MATACHE, Robert-Dorin CRISTEA, Andreea-Iulia GRIGORE, Laurențiu VLĂDUȚOIU <i>Mathematical model for calculating the force required for the movement of platforms intended for the collection of soil samples</i>	INMATEH Agricultural Engineering Volume 74 / No. 3	2024
2	Mario CRISTEA., Cristian SORICĂ., Robert-Dorin CRISTEA.. <i>Using arduino development boards to automate the soil sampling process</i>	INMATEH Agricultural Engineering În curs de apariție	2025