



**Universitatea “Politehnica” din Timisoara**  
**Facultatea de Mecanica**  
**Bv. Mihai Viteazu 1, 300222, Timișoara, Romania**  
Tel: +40 256 403521; Fax: +40 256 403523  
Web: <http://mec.upt.ro>

# **Automatizarea procesului de transport de materiale cu ajutorul unui A.G.V.**

Coordonator:

S.L. Dr. Ing. Cristian MOLDOVAN

Absolvent:

Andrei KREMER

Timisoara  
2017

## Cuprins

<b>1.</b>	<b>Introducere.....</b>	<b>3</b>
1.1.	Motivatie. ....	3
1.2.	Descrierea temei.....	4
1.3.	Aspecte logistice ale transportului de materiale.....	6
<b>2.</b>	<b>Aria de productie SMT (Surface Mounted Tehnology).....</b>	<b>8</b>
2.1.	Productia circuitelor imprimate.....	8
2.2.	Procesele tehnologice din aria SMT.....	9
2.2.1.	Procesul de marcare cu laser.....	9
2.2.2.	Procesul de printare cu pasta conductoare.....	10
2.2.3.	Procesul de inspectie a pastei.....	12
2.2.4.	Procesul de plasare al componentelor pe placi.....	13
2.2.5.	Procesul de incalzire si solidificare a pastei conductoare.....	15
2.2.6.	Procesul de inspectie optica automata al componentelor de pe placi.....	16
2.3.	Materiale necesare productiei de circuite imprimate.....	17
<b>3.</b>	<b>Identificarea procesului ce se doreste a fi automatizat.....</b>	<b>20</b>
3.1.	Randamentul liniei de productie.....	20
3.2.	Procesul de aprovizionare cu materiale.....	20
3.2.1.	Aprovizionarea liniei de productie cu placi semifabricate.....	21
3.2.2.	Aprovizionarea liniei de productie cu tuburi cu pasta conductoare.....	21
3.2.3.	Aprovizionarea liniei de productie cu componente electronice.....	21
3.2.4.	Concluzii privind procesul de aprovizionare cu materiale.....	22
<b>4.</b>	<b>Descrierea procesului de transport performantele acestuia.....</b>	<b>23</b>
4.1.	Desfasurarea actuala a procesului.....	23
4.2.	Performantele procesului.....	27
4.3.	Cerintele aplicatiei.....	30
<b>5.</b>	<b>Vehicule ghidate automat.....</b>	<b>31</b>
<b>6.</b>	<b>Robotul utilizat in cadrul aplicatiei.....</b>	<b>36</b>
<b>7.</b>	<b>Programarea si configurarea robotului.....</b>	<b>40</b>
7.1.	Realizarea unei harti.....	41
7.2.	Configurarea traseului.....	44
7.3.	Specificatii cu privire la statia de incarcare cu curent.....	46
<b>8.</b>	<b>Testarea aplicatiei.....</b>	<b>48</b>
<b>9.</b>	<b>Interpretarea rezultatelor oferite in urma automatizarii.....</b>	<b>51</b>
<b>10.</b>	<b>Optimizari.....</b>	<b>52</b>
10.1.	Optimizarea hartii.....	52
10.2.	Aplicarea regulilor de circulatie.....	54
<b>11.</b>	<b>Concluzii.....</b>	<b>56</b>
<b>12.</b>	<b>Bibliografie.....</b>	<b>58</b>

# 1. Introducere

## 1.1. Motivatie

Acest proiect a fost desfasurat in cadrul companiei Continental Automotive Romania S.R.L. din Timisoara, departamentul "Industrial Engineering Central", in cadrul careia am avut ocazia sa desfasor un stagiu de practica de 3 luni in anul III de studiu. Scopul principal al departamentului este acela de a oferi suport direct productiei si al proceselor ce se desfasoara in cadrul productiei. Pe langa acest suport oferit, un alt domeniu de activitate este studierea si optimizarea proceselor din productie cu scopul eficientizarii acestora.

Studierea si implementarea celor mai noi tehnologii de pe piata este o prioritate pentru multe companii, avand in vedere beneficiile pe care tehnologiile noi le ofera. Trendul actual de a automatiza in mod flexibil procesul de productie vine ca raspuns direct al cererii de pe piata de a putea oferi o gama larga de produse, fabricate in regimuri diferite de timp, in diferite loturi, cu diferite particularitati. De cele mai multe ori timpul si calitatea procesului de productie devin factori principali ai nevoii de automatizare dar aceasta automatizare trebuie intai analizata sub forma unui studiu de fezabilitate pentru a se putea identifica gradul de aplicabilitate si scalabilitate al acesteia. Exista situatii in cadrul carora procesele tehnologice ce se doresc a fi automatizate sunt nu doar foarte complicate dar si incredibil de minutioase si necesita o dexteritate in executie ce nu poate fi simulata sau replicata de catre o masina sau un robot.

Luand in considerare toate acestea putem constata ca automatizarea unui proces necesita o atentie deosebita a detaliilor, o analiza a situatiei actuale in care se doreste automatizarea si mai apoi, in urma analizarii datelor, identificarea modului in care se poate sau nu implementa automatizarea.

Odata cu deschiderea subiectului de automatizare intervin si problemele de natura etica ce tind sa puna in concurenta omul cu masina. Sunt numeroase aspecte de care trebuie sa se tina cont atunci cand se doreste o evolutie din punct de vedere tehnologic deoarece pana acum trendul global a fost de usurare a muncii pe care omul o efectueaza. Recent s-a ajuns la punctul in care numeroase procese care pana la un moment dat au fost efectuate fie de om, fie de om cu ajutorul unei masini, au fost dezvoltate in asa fel incat nu mai este necesara o implicare directa a omului pentru un rezultat favorabil.

Cu toate acestea, nu s-a ajuns inca la faza in care masinile deservesc complet oamenii si desi poate pana atunci nu mai este mult, la momentul de fata munca oamenilor este in tandem cu cea a masinilor. Asadar, problema actuala este aceea nu de a inlocui complet oamenii ci de a identifica si separa in doua grupe atributiile pe care le pot efectua oamenii si atributiile pe care le pot efectua masinile intr-o maniera eficienta din punct de vedere tehnologic, ergonomic, economic si social. Astfel, este inca necesara o colaborare om-masina care se presupune a fi o desfasurare eficienta a activitatilor pentru obtinerea rezultatelor dorite si pe cat de paradoxal pare o colaborare intre om si masina in urma trendului de separare a atributiilor acestora, pe atat de greu este de evitat sau neglijat acest aspect.

## 1.2. Descrierea temei

Tema acestui proiect este automatizarea procesului de transport și manipulare al unei cutii în cadrul unei unități de producție cu ajutorul unui robot autonom de tip A.G.V. (Automated Guided Vehicle) adică “vehicul ghidat automat”.

Transportul este efectuat dintr-un punct “A” de încărcare la un punct “B” de descărcare iar în ambele puncte A și B se află câte o persoană care efectuează încărcarea (punctul A), respectiv descărcarea (punctul B).

Distanța dintre punctul A și punctul B este de 100m iar traseul pe care se deplasează robotul are o lățime variabilă formată din porțiuni cuprinse în intervalul 2m-3m.

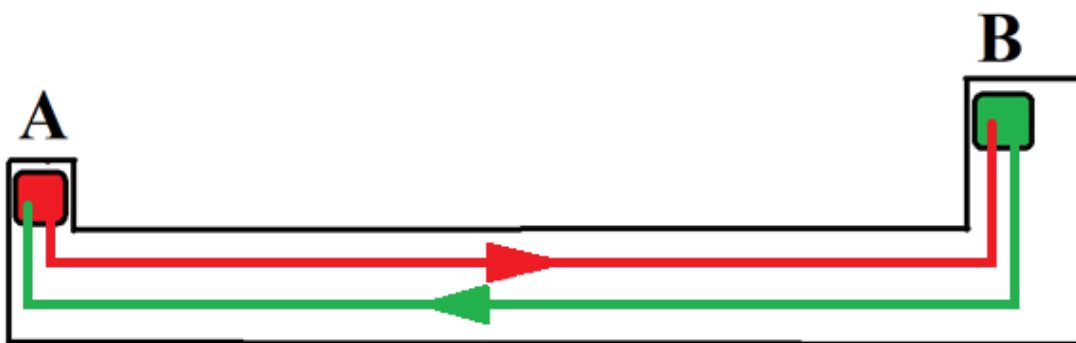


Figura 1. Schema explicativă a traseului efectuat de către robot

Robotul are sarcina de a transporta pe acest traseu o cutie de plastic în care se află role cu componente electronice de tip SMD (surface mounted devices) cum ar fi rezistențe, condensatoare, led-uri sau integrate digitale.

Cutia în care sunt transportate componentele are următoarele dimensiuni:

- 600mm lungime;
- 350mm lățime;
- 100mm înălțime.



Figura 2. Cutie neagră de plastic necesară transportului de materiale

Robotul folosit in cadrul acestei aplicatii este robotul “Smart Shuttle Container” al firmei “Incubed IT” din Graz, Austria. Acest robotul este destinat transportului de materiale in zone in care traseul pe care robotul se deplaseaza este variabil, este circulat si de catre oameni si poate intampina obstacole temporare in calea lui.



Figura 3. “Smart Container Shuttle” (poza din profil)

Acesta este capabil sa anticipeze obstacolele de pe traseu si sa isi recalculeze rute alternative sau sa ocoleasca in mod dinamic si sigur obiectele. De asemenea acesta este certificat “CE” (Conformité Européene) pentru interactiunea sa cu oamenii din jurul sau, acesta desfasurandu-si obiectivele intr-un mod flexibil si sigur fara sa puna in pericol oamenii pe care ii intalneste in cale sau obiectele ce ii pot aparea in cale.

Robotul are urmatoarele caracteristici principale de functionare:

Inaltime	550mm
Lungime	657mm
Latime	58mm
Masa (neincarcata)	90kg
Sarcina de lucru	50kg/ 100kg
Dimensiunea obiectelor de transportat	Pana la 800mm x 600mm
Inaltimea la care se efectueaza incarcarea/descarcarea	Intre 580mm si 1000mm
Viteza maxima	Pana la 2 m/s
Viteza maxima cu spatele	0.3 m/s
Comunicare	WiFi
Laser pentru scanare a traseului	da
Tipul bateriei	LiFePO4, reincarcabila
Modalitati de alimentare cu curent	Contacte in podea/Statie de alimentare

### **1.3. Aspecte logistice ale transportului de materiale**

Transportul de materii prime sau materiale necesare proceselor tehnologice aferente unitatii de productie este unul dintre cele mai importante procese, cu rol operational dar si functional, regasit in fiecare intreprindere unde se realizeaza o productie de serie. Acest proces are un impact direct asupra productivitatii si eficientei operationale a intreprinderii. Tocmai de aceea este necesara o buna gestionare a fluxul logistic aferent transportului de materiale, manipularea acestora, aprovizionarea statiilor de lucru si depozitarea semifabricatelor sau produselor finite. Toate acestea impacteaza volumul unui lot, timpul in care un lot este produs si chiar calitatea operatiilor tehnologice regasite in cadrul intreprinderii.

Problema apare in principal in alegerea modului optim in care se realizeaza transportul. Esecul in identificarea modalitatii optime de manipulare si transportare a materiei prime poate duce la costuri semnificativ mai ridicate, fata de cele necesare.

Este foarte important sa tinem cont de aceasta gestiune in raport cu oamenii care realizeaza aceste operatii de manipulare.

NSSM 57 (Norme specifice de securitate a muncii pentru manipularea, transportul prin purtare si cu mijloace nemecanizate si depozitarea materialelor) defineste acest proces in felul urmator:

“Art. 8. - Prin manipulare si transport prin purtare sau manipulare manuala a maselor conform definitiei din Normele generale de protectie a muncii, se intelege orice operatie de transport sau sustinere a unei mase de catre unul sau mai multi salariati, inclusiv ridicarea, coborarea, impingerea, tragerea, purtarea sau deplasarea unei mase care, din cauza caracteristicilor sale sau a conditiilor ergonomice nefavorabile, implica riscuri de accidentare sau imbolnavire profesionala.”

Asadar, cand vine vorba de aprovizionarea statiilor de lucru cu materii prime, trebuie tinut cont de gradul de dificultate si complexitate al acestei actiuni de manipulare.

In cazul in care avem operatori umani care faciliteaza aceasta operatiune trebuie sa ne asiguram ca munca pe care acestia o efectueaza este posibila din punct de vedere fizic, in conditii ergonomice, dar in acelasi timp si eficienta.

Intregul proces de manipulare presupune de asemenea si un grad de complexitate cand vine vorba de un plan strict si pre-stabilit de productie in care acest plan logistic al productiei este gandit in avans si pentru ca toate tintele impuse sa fie atinse si este absolut necesara o coordonare a operatorilor care se ocupa cu procesele tehnologice de fabricatie cu cei care se ocupa de gestionarea materilor prime si aprovizionarea statiilor de lucru cu acestea.

Este absolut necesara o analiza a situatiei in ceea ce priveste urmatoarele:

- procesele tehnologice care se desfasoara in unitatea de productie.
- felului in care statiile de lucru sunt aprovizionate.
- felul in care acestea sunt comandate care statia de lucru.
- sortarea acestora si corelarea lor cu o anumita statie de lucru.
- timpul si regularitatea aprovizionarii cu materii prime.
- distantele pe care sunt transportate materiile.
- locurile prin care acestea sunt transportate.
- sortarea si depozitarea produselor finite sau semi-finite.

Asadar, trebuie tinut cont de toate aceste aspect in corelatie cu fluxul productiei pentru a se putea pune la cale o modelitate optima de transport, manipulare si aprovizionare cu materii prime.

Scopul acestei analize este identificarea problemelor de natura logica ce apar la nivelul procesului de aprovizionare a statiilor de lucru, a timpului necesar aprovizionarii si identificarea posibilitatii de automatizare a acestui proces.

Automatizarea procesului de transport al materialelor are ca potential efect eficientizarea procesului si presupune urmatoarele:

- reducerea costurilor necesare procesului.
- imbunatarirea timpului procesului de transport.
- imbunatatirea timpului necesar productiei.
- identificarea gradului de aplicabilitate al automatizarii in cauza.

## **2. Aria de productie SMT (Surface Mounted Tehnology)**

### **2.1. Productia circuitelor imprimate**

In cadrul unitatii de productie Continental Automotive Romania S.R.L. din Timisoara unul din domeniile principale de activitate este productia circuitelor imprimate (PCB, din engleza "Printed Circuit Board") in aria de productie SMT (Surface Mounted Tehnology). Aceste PCB-uri au un rol mecanic in sustinerea componentelor electronice montate pe acestea dar si functional prin conectarea electrica intr-un circuit a componentelor pentru a realiza un produs final cu o anumita utilitate.

In cadrul ariei de productie SMT se fabrica o gama variata de produse pentru diversi clienti din industria automobilelor cum ar fi BMW, Mercedes, Ford, Audi, Renault, si multi alti producatori de automobile. Aceste produse variaza de la produse cu rol in siguranta pasagerilor precum unitati de control ale airbag-urilor pana la produse cu rol in design-ul interior al masini precum afisaje inteligente sau display-uri.

Toate aceste produse din aria SMT sunt fabrica pe linii de productie foarte similare din punct de vedere al echipamentelor dar si al proceselor tehnlogice efectuate de catre echipamentele de pe linie.

Liniile de fabricatia din aceasta arie de productie SMT au o o structura liniara in ceea ce priveste fabricarea PCB-urilor in care se respecta o anumita ordine a proceselor necesare fabricatiei acestor PCB-uri. Aceste procese sunt urmatoarele:

- Imprimarea cu ajutorul unui laser a placilor cu un cod unic;
- Printarea placilor cu pasta conductoare cu ajutorul unei matrite;
- Inspectarea pastei conductoare aplicata pe placi;
- Plasarea componentelor pe placi;
- Incalzirea si solificarea pastei cu ajutorul unui cuptor;
- Inspectia optica a componentelor.

Toate acestea au un rol diferit si distinct in cadrul productiei unui PCB si impreuna, aceste procese, faciliteaza producerea rapida a unui lot mare de produse cu caracteristici specifice, fara ca produsele din acelasi lot sa aiba variatii ce pot duce la nefunctionalitate PCB-urilor sau functionarea incorecta a acestora.

Odata cu producerea unui lot mare de produse intr-un interval de timp redus este foarte important sa se asigura ca toate aceste operatii tehnologice se desfasoara in parametrii optimi. Pentru o buna intelegere si gestionare a productiei din punct de vedere calitativ este de asemenea necesara si o buna cunoastere a detaliilor si particularitatilor acestor operatii.

Asadar, cunoasterea in detaliu a operatiilor tehnologice din aria de productie ne ofera posibilitatea identificarii potentialelor optimizari ce se pot face si astfel cresterea eficientei unei linii de productie in raport cu timpul si volumul necesar unui anumit lot.



## 2.2. Procesele tehnologice din aria SMT

Procesul de fabricatie al PCB-urilor este unul liniar in care placile trec pe rand intr-o anumita ordine pe la statiile de lucru pentru procese diferite, toate cu un rol foarte important in realizarea dar si functionarea corecta a acestor placi. De regula liniile de productie sunt relativ similare, desi acestea produc o gama variata de produse cu anumite particularitati ce le diferentiaza ca si scop si utilitate.

O linie de productie SMT este formata din 6 statii principale, toate conectate intre ele printr-un sistem de conveioare cu benzi laterale de sustinere a placilor.

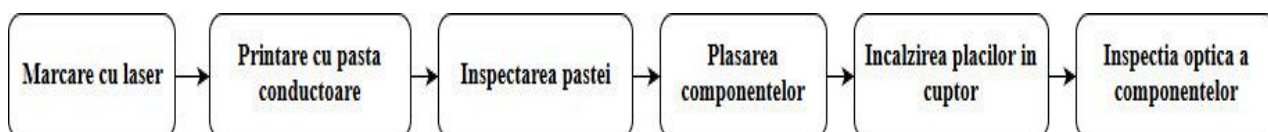


Figura 4. Ordinea etapelor de productie a unui PCB.

### 2.2.1. Procesul de marcarea cu laser

Acesta este primul proces tehnologic prin care un PCB intra in masina de lucru cu scopul imprimarii acestuia cu un cod unic de bare sau un QR Code (Quick Response Code). Fiecarui PCB ii este imprimat un cod unic care contine detalii relevante a acestuia precum: data si ora fabricatiei, denumirea lui, scopul lui, numarul lotului acestuia si altele.

Marcarea fiecarui PCB cu un cod unic este absolut necesara pentru a putea avea o trasabilitate si a putea oricand identifica aceste detalii relevante al unui PCB.

Masina utilizata in acest proces este un "Insignum 4000 Laser" produs de catre ASYS Group.



Figura 5. "Insignum 4000 Laser"



Figura 6. Capul cu laser

Aceasta masina foloseste un laser care arde un strat superficial de pe placa intr-o atmosfera de CO2. In urma arderii acestui strat superficial de pe placa, fiecare PCB are propriul sau cod unic ce poate fi scanat si poate oferi rapid informatiile aferente producerii acestuia.

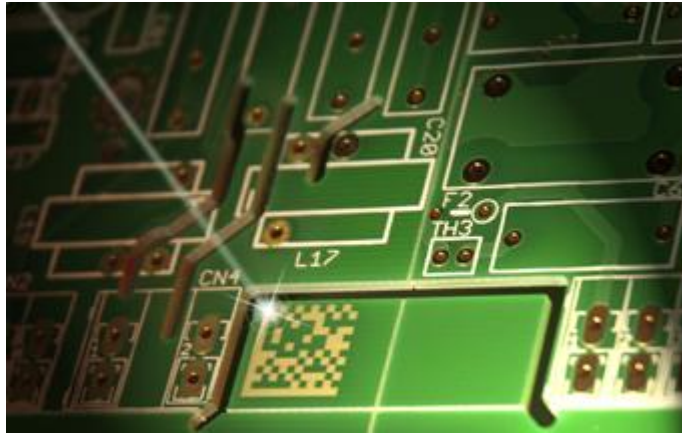


Figura 7. Imprimarea cu laser a unui QR Code pe o placa

Dupa ce fiecare PCB este marcat cu un cod unic placile merg mai departe la urmatoarea statie de lucru.

### **2.2.2. Procesul de printare cu pasta conductoare**

Urmatorul proces tehnologic de prelucrare este cel de printare al placii cu pasta conductoare fara plumb. Rolul acestui proces este de a adauga pasta pe placa, in locurile unde vor urma sa fie montate componentele electronice. Pasta se pune de regula in locul unde vor fi introdusi pinii unei componente.

Pasta folosita este compusa dintr-un aliaj fara plumb si are o conductivitate electrica foarte buna ceea ce permite realizarea conexiunilor circuitului imprimat si transmitia sarcinilor electrice prin circuit.

Masina folosita in acest proces este un “Horizon iX Screen Printer” produs de catre DEK.



Figura 8. “Horizon iX Screen Printer”

Felul in care se realizeaza procesul este urmatorul:

- Placa intra in masina pe un conveior cu benzi laterale;
- Aceasta este ridicata vertical pana cand intra in contact cu matrita montata in masina;
- Matrita compusa din oxel inoxidabil foarte subtire este practic suprapusa peste placa;

*Obs: Aceasta matrita este special construita pentru un anumit tip de produs ce se doreste a fi fabricat iar pe aceasta sunt prevazute niste aperturi de dimensiunile pad-urilor componentelor electronice ce urmeaza sa fie montate.*

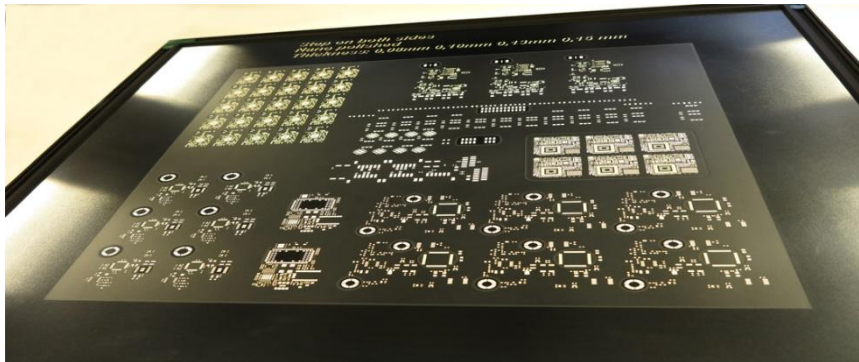


Figura 10. Aperturile prevazuta in matrita de printare

- Masina dispune in mod transversal un volum prestabilit de pasta de-a lungul marginii matritei.
- Odata ce pasta a fost aplicata pe marginea matritei masina foloseste o racleta pentru a intinde pasta peste placa si astfel se realizeaza umplerea aperturilor matricei cu pasta.
- Racleta face doua miscari de translatie pentru realizarea astuparii aperturilor din matrita de doua ori, odata de la stanga la dreapta si odata de la dreapta la stanga.
- Odata aplicata si intinsa pasta peste matrita aceasta este ridicata de pe placa iar placa ramane cu pasta conductoare aplicata doar in locurile unde pe matrita au existat aperturi.
- De regula aceste locuri sunt pad-urile unde urmeaza sa fie introdusi pinii unei componente.

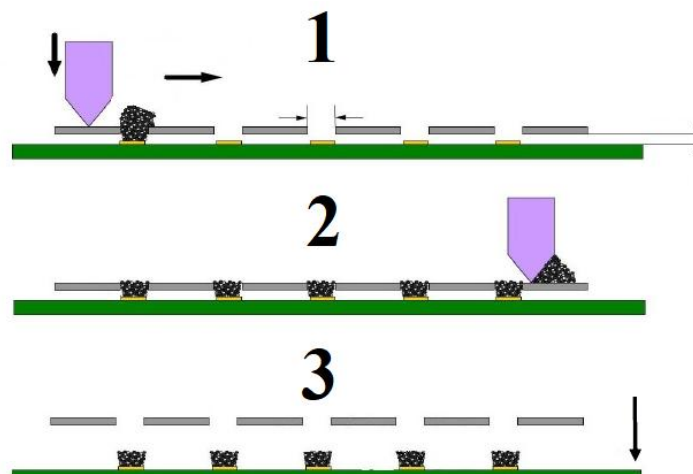


Figura 11. Schma explicativa a procesului de aplicare a pasteii cu ajutorul unei matrite

### 2.2.3. Procesul de inspectie a pastei

Urmatorul proces este cel de inspectie al pastei aplicate pe placi. Scopul acestui proces este de a inspecta volumul, aria si perimetrul pastei pe fiecare pozitie unde aceasta a fost aplicata.

Masina folosita in acest proces este un “Aspire 3D Inline Solder Paste Inspection System” produs de catre Kohyung.



Figura 12. “Aspire 3D Inline Solder Paste Inspection System”

In urma procesului de aplicare a pastei aceasta trebuie verificata iar masina de inspectie al pastei foloseste o camera de scanare de 360 de grade pentru a putea vizualiza fiecare pad in detaliu pentru a putea observa daca exista locuri in care s-a aplicat insuficienta pasta sau prea multa pasta sau daca aplicarea acesteia pe placa s-a facut cu un offset.

Scopul acestui proces este de a preveni potentiale nefunctionalitati in circuitul placii.

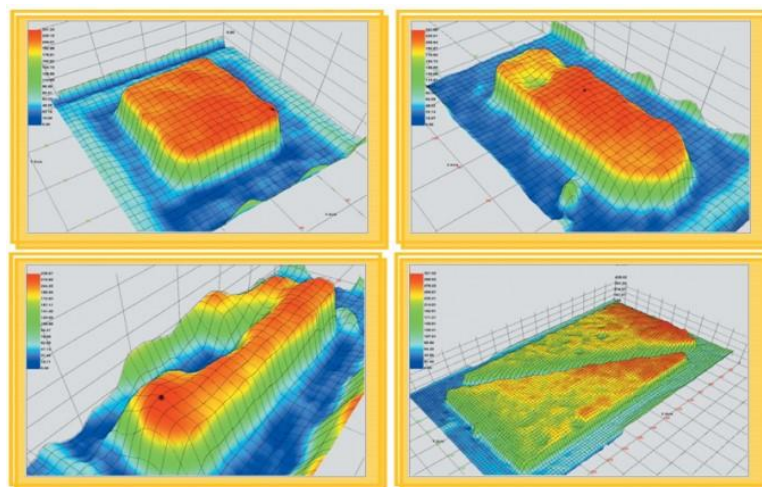


Figura 13. Interpretarea rezultatelor scanarii pastei aplicate pe placi

#### 2.2.4. Procesul de plasare al componentelor pe placi

Acest proces este de altfel si unul dintre cele mai importante procese si necesita o atentie deosebita asupra sa. In cadrul acestui proces placile trec printr-un modul de masini care pun componentele pe placi in locul lor corespunzator.

Este foarte important in cadrul acestui proces ca componentele sa fie plasate pe placi in mod corect, pe pozitii predefinite, fara deviati, la inaltime corespunzatoare si in pozitii corespunzatoare.

Masina folosita in cadrul acestui proces este un “Siplace TXi” produs de catre ASM.



Figura 14. “SiplaceTXi”

Aceasta masina are un suport in care sunt asezate rolele pe care sunt dispuse componentele electronice ce urmeaza a fi montate. Componentele electronice de pe role sunt preluate cu ajutorul unui sistem electro-mecanic numit “feeder” care alimenteaza practic masina cu componente electronice.

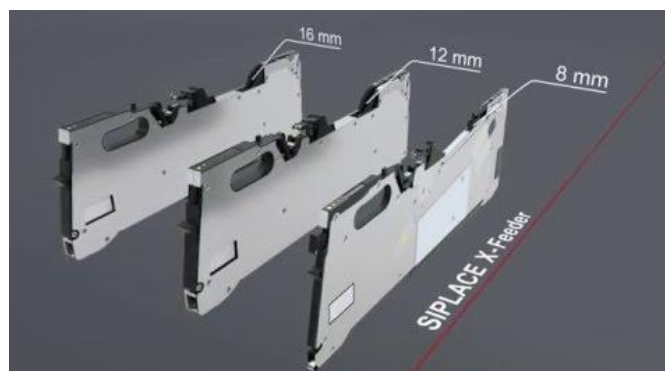


Figura 15. Diferite tipuri de “feedere” pentru componente de dimensiuni diferite

De regula o masina este prevazuta cu un suport pe care sunt montate cateva zeci de astfel de feedere, de regula intre 15-30 in functie de marimea lor si. Acestea suporturi au o constructie modulara ce permite schimbarea si inlocuirea feederelor in functie de tipul componentelor ce se doresc a fi montate, tocmai de aceea acestea au un grad de flexibilitate ridicat datorat versatilitatii ridicate si timpului relativ scurt necesar schimbarii sau re-aranjarii acestora.

Felul in care acestea functioneaza este urmatorul:

- Capatul rolei pe care sunt dispuse componentele electronice este introdus in feeder.
- Feeder-ul comunica cu masina si un functie de numarul necesar de componente ce trebuiesc montate acesta trage rola pe care sunt dispuse componentele pentru ca acestea sa poata fi preluate de catre masina. Sistemul prin care feeder-ul trage de rola este un sistem mecanic format dintr-un angrenaj de roti dintate.



Figura 16. Feedere alaturate preluand componentele de pe role

- Odata preluata o componenta, aceasta este dispusa in capatul de alimentare al feeder-ului aflat in interiorul masinii de unde efectorul final al bratului robotic din masina preia componenta cu ajutorul unei ventuze. Acest efector final este prevazut cu un cap rotativ cu ventuze de marimi diferite iar bratul robotic pe care acesta este montat este unul cu o structura specifica operatiilor de “pick and place” efectuand 3 translatii pe axele X,Y si Z, si o rotatie suplimentara a efectorului final pe axa X.
- Astfel, o componenta este preluata cu ajutorul ventuzei, scanata cu ajutorul unei camere si asezata pe pozitia indicata in urma rezultatului scanarii acesteia.

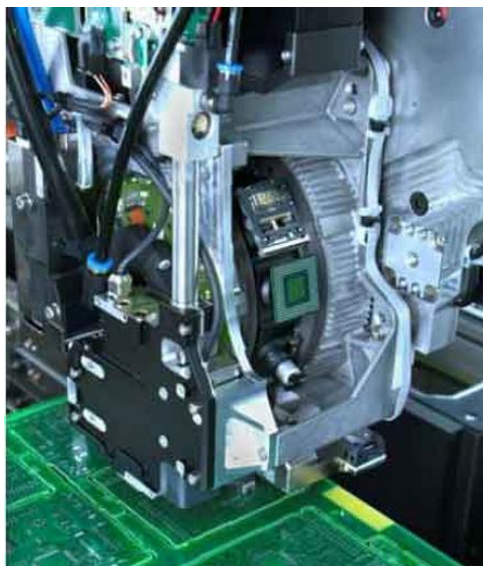


Figura 17. Efectorul final al bratului robotic al masinii

Acest proces este de altfel si bottleneck-ul liniei de productie tocmai datorita timpului relativ ridicat de efectuare a operatiei de plasare a componentelor, comparativ cu celelalte procese de pe linie.

De asemenea, acest proces este si cel la care se impune o buna gestionare a aprovizionarii cu role de componente electronice. De regula, in apropierea statiei de lucru exista rafturi pe care sunt dispuse role necesare productiei produsului curent in caz ca masina ramane fara role. Totusi, cu toate acestea exista cazuri in care productia se poate oprii temporar pentru cateva minute deoarece in stocul disponibil de materiale de pe linie nu mai sunt role necesare produsului in curs de fabricatie.

In cazul in care raftul din apropierea masinii ramane fara o anumita rola necesara, operatorul desemnat gestionarii si aprovizionarii liniilor cu materiale trebuie sa mearga la magazie si sa aduca necesarul de materiale. Acest lucru de regula poate dura cateva minute si astfel poate duce la intarzieri in producerea unui anumit lot.

Pentru a se evita acest lucru se planifica in avans necesarul de materiale al fiecarui produs ce urmeaza a fi fabricat pe linie iar rafturile de pe linie sunt aprovizionate cu materiale suplimentare in caz ca un anumit tip de componenta se epuizeaza, din diferite motive.

#### **2.2.5. Procesul de incalzire si solidificare a pastei conductoare**

Odata ce pe placi a fost imprimata pasta conductoare, iar componentele electronice din circuit au fost montate pe pozitiile corespunzatoare, urmatorul proces este cel prin care placile trec printr-un cuptor unde acestea sunt incalzite la o anumita temperatura si mai apoi racite dupa un anumit profil de temperatura specific produsului in curs de fabricatie.

Scopul procesului este cel de incalzire si solidificare al pastei conductoare.

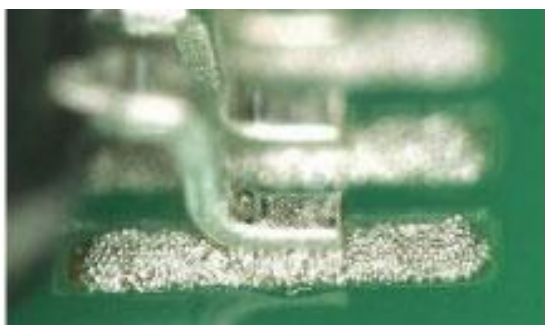


Figura 18.1. Pasta conductoare nesolidificata



Figura 18.2. Pasta conductoare solidificata

In urma solidificarii pastei aceasta capata anumite proprietati mecanice cum ar fi duritate dar si proprietatile conductive necesare.

De asemenea, procesul termic de solidificare al pastei prin incalzire se produce intr-o atmosfera de azot. Rolul azotului in acest proces este de a oferi pastei conductoare un anumit grad de duritate dar si un aspect lucios al acesteia.

Masina folosita in cadrul acestui proces este un “VisionXS” produs de catre Rehm Thermal Systems GmbH.



Figura 19. “VisionXS”

In urma acestui proces pasta conductoare se solidifica iar componentele electronice raman fixate pe placi. De asemenea, un functie de profilul de temperatura la care acestea sunt incalzite si mai apoi racite, pastei conductoare ii se ofera diferite proprietati mecanice dar si electrice.

Aliajul din care este compusa pasta conductoare poate avea proprietati conductive cu anumite particularitati in functie de acest profil de temperatura, tocmai de aceea aceste profiluri de temperatura sunt special create si testate pentru fiecare produs in parte, in functie de necesitatea lor.

#### **2.2.6. Procesul de inspectie optica automata al componentelor de pe placi**

Acesta este de altfel si ultimul proces de pe linia de fabricatie a circuitelor imprimate (sau PCB-uri). In cadrul acestui proces se realizeaza o operatie de inspectie optica prin scanare cu ajutorul unei camere de luat vederi foarte precis. Pe baza unui program fiecare componenta este scanata si analizata in parte.

Masina folosita in cadrul acestui proces este un “S6056 ST1W AOI System” produs de catre Viscom.



Figura 20. “S6056 ST1W AOI System”



Camera de luat vederi foarte performanta cu care este dotata masina scaneaza si ofera imagini in detaliu din diferite unghiuri ale componentelor cu rolul de a identifica eventuale probleme cum ar fi: pozitionarea gresita a componentelor, distrugerea acestora datorita temperaturilor ridicate aferente procesului de incalzire a placilor sau migrarea pastei conductoare in alte zone de pe placa decat cele prestabilite, fapt care de altfel poate duce la nefunctionalitatea circuitului, la scurt-circuite sau la o functionare incorecta a circuitului.

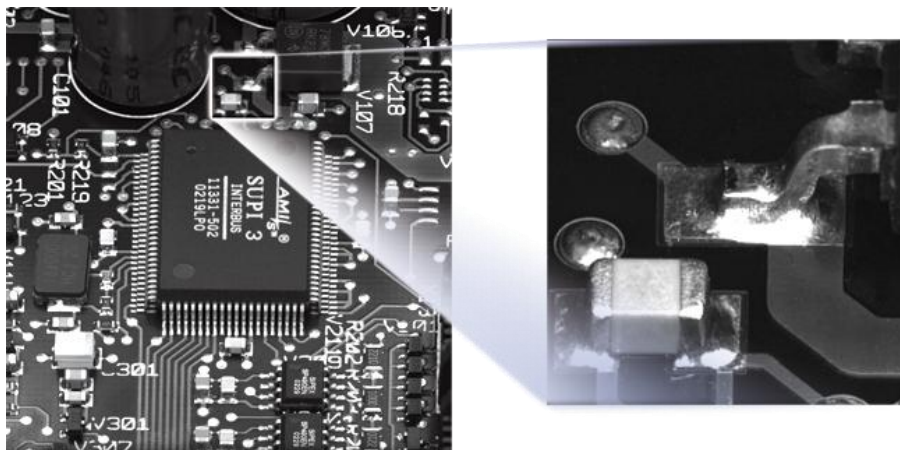


Figura 21. Imagine detaliata a unei componente de pe placa

Masina ofera posibilitatea identificarii potentialelor probleme in mod automat si semnalarea lor catre un operator de clasificare a acestor probleme. Operatorul de la statia de clasificare analizeaza imaginile si ia deciziile aferente fiecarei probleme ce poate aprea, cum ar fi: clasificarea erorii ca si eroare falsa, clasificarea erorii ca si problema reala cum un impact negativ asupra functionalitati circuitului, analizarea suplimentara la microscop a placii in cazul in care imaginile nu sunt concludente pentru luarea unei decizii sau clasificarea placii ca fiind rebut.

Odata ce placile au trecut prin acest ultim proces de inspectie optica automata acestea sunt grupate si transferate catre urmatoarele statii de testare si verificare, si mai apoi asamblarea lor in produse finite.

### **2.3. Materiale necesare productiei de circuite imprimate**

Materiile prime utilizate in productia circuitelor imprimate sunt PCB-uri (printer circuit board) prefabricate, fara componente dar cu conexiuni intre partile pe care urmeaza sa fie montate componente electronice, iar un alt material folosit in cadrul procesului de fabricare al acestora sunt componentele electronice efective ce vor fi montate pe placi, cum ar fi rezistente, capacitoare, diode, led-uri, etc.

Circuitele imprimate sunt de regula produse in cadrul unui panel. Un panel este o grupare de minim doua PCB-uri. Gruparea PCB-urilor in paneluri are ca scop producerea a unei grupe de PCB-uri in acelasi timp, pentru a creste astfel eficienta liniei.

Aceste paneluri sunt ulterior supuse unui proces de separare a acestora, proces numit “depanelare”. Procesul presupune taierea acestora de pe suportul pe care acestea sunt fixate dupa ce toate componentele au fost montate pe ele iar circuitul este functional. Asa arata un astfel de panel compus din mai multe PCB-uri:

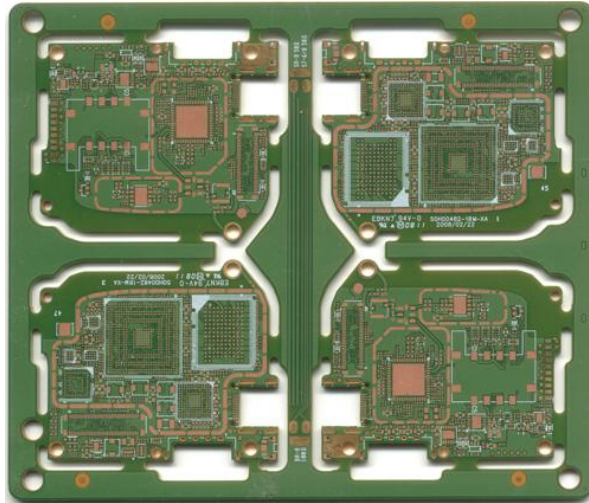


Figura 21. Panel format din 4 PCB-uri prefabricate, fara componente electronice montate pe acesta

Aceste panel-uri formate din mai multe PCB-uri sunt practic materialele pe baza carora se dezvoltă și se fabrică un circuit imprimat pe o linie de producție SMT.

De asemenea, un alt material necesar procesului de printare cu pasta sunt tuburile în care este ținută această pasta. Mașina care efectuează acest proces presupune folosirea unor tuburi de aproximativ 25 cm lungime și 5 cm diametru, în care se află această pasta conductoare, iar aceasta necesită schimbarea acestui tub de pasta în cazul în care acesta se golește.



Figura 22. Tub cu pasta conductoare

Un alt material necesar producerii circuitelor imprimate sunt componentele electronice ce trebuiesc montate pe placi. Aceste componente electronice variaza ca si marime dar de regula majoritatea lor sunt dispuse pe o banda rulata pe un suport, sub forma unei role. Mai sunt si exceptii in care datorita marimii mari a acestora, componentele vin asezate intr-un suport similar cu o tava cu dimensiunile de aproximativ 20 cm lungime, 10 cm latime.

De regula aceste componente dispuse pe o tava sunt conectori sau bobine cu dimensiuni mai mari fata de componentele mici precup rezistente, condensatoare, integrate, LED-uri sau microprocesoare, acestea din urma fiind de regula dispuse pe role. Totusi, exista si exceptii in cazul componentelor relativ mari, precum un conector mini USB sau un alt tip de conector similar, sunt dispuse pe o astfel de rola.



Figura 23. Rola cu conectori de tip mini USB.

Astfel, aceste 3 tipuri de materiale necesare productiei unui circuit imprimat sunt si cele cu care sunt aprovizionate liniile de productie:

- PCB-urile sau panelurile prefabricate, goale;
- Tuburile cu pasta conductoare;
- Componentele electronice care compun circuitul electric.

Aprovizionarea cu aceste materiale este gestionata de catre doi operatori:

- unul care aprovizioneaza linia cu tuburi de pasta si placi prefabricate goale;
- unul care aprovizioneaza linia cu role cu componente electronice.

Necesarul de materiele pentru fiecare produs ce urmeaza a se fabrica pe o anumita linie este planificat din timp, in asa fel incat atunci cand se doreste schimbarea unui produs ce ruleaza pe linia de productie acest lucru sa se poata face in mod rapid si eficient, materialele deja fiind in apropierea masiniilor care le vor folosi ca materie prima pentru procesete aferente productiei de pe linie.

De regula, liniile de productie nu raman niciodata fara tuburi de pasta conductoare si de asemenea nici fara placi prefabricate goale, acestea din urma avand un numar prestabilit de bucati cu care este alimentata linia, cu scopul de a fi produse in functie de un plan de productie ce cuprinde numarul de bucati ce trebuiesc fabricate dintr-un produs anume.

### **3. Identificarea procesului ce se dorește a fi automatizat**

#### **3.1. Randamentul liniei de producție**

Odată ce este înțeles întreg procesul de fabricație de pe o linie de producție se poate începe o analiză mai detaliată a factorilor care influențează în mod direct eficiența liniei.

Eficiența unei linii de producție este caracterizată în principal de timpul efectiv alocat producției, numărul produselor și calitatea acestora.

Randamentul liniei este cunoscut în industrie sub abrevierea de O.E.E. (din engleză, “Overall Equipment Effectiveness”) și este practic randamentul sintetic al echipamentelor din care este formată o linie de producție. Acesta ia în considerare disponibilitatea echipamentelor, performanțele acestora și calitatea produselor fabricate de către acestea.

- Disponibilitatea echipamentelor este timpul efectiv în care acestea sunt în funcțiune și lucrează.
- Performanțele echipamentelor constau în timpii necesari echipamentului să producă sau să prelucreze o piesă sau produs.
- Calitatea este indicele care indică numărul pieselor bune și realizate conform cerințelor impuse. Numărul pieselor bune este obținut în urma scăderii numărului de piese neconforme cerințelor din totalul numărului de piese fabricate.

#### **3.2. Procesul de aprovizionare cu materiale**

În cazul nostru procesul ce se dorește a fi optimizat este procesul prin care liniile de producție sunt alimentate cu materialele necesare. Un prim pas în acest caz este analiza detaliată al acestui proces.

Materiale necesare unei linii de producție SMT sunt următoarele:

- Placi prefabricate goale;
- Tuburi cu pasta conductoare;
- Role cu componente electronice.

Toate aceste materiale trebuie să existe într-un stoc disponibil în apropierea liniei de producție pentru că în eventualitatea în care unul din materiale își epuizează stocul prezent pe linie acesta să poate fi completat cu materiale noi iar procesul de fabricație să se desfășoare fără întreruperi.

Nealimentarea la timp cu materialele necesare poate duce la un impact major asupra randamentului liniei, astfel ne propunem să analizăm ce se poate îmbunătăți în cadrul acestui proces.

### **3.2.1. Aprovizionarea liniei de productie cu placi semifabricate**

Acestea sunt de altfel si baza pe care se va construi produsul. Numarul lor este prestabilit in cadrul unui program de productie iar acestea sunt introduse intr-un suport de pe care acestea sunt preluate pe rand cu ajutorul unui conveior, astfel realizandu-se alimentarea liniei cu placi.

Acestea vin ambalate si grupate in pachete care contin un numar prestabilit de placi. Planul de productie prevede ca toate PCB-urile ce urmeaza a fi produse sa fie alimentate liniei iar in cazul in care volumul acestora este mare si nu permite incarcarea tuturor placilor intr-un singur lot, acestea pachete suplimentare sa fie disponibile pe linia de productie pentru a fi incarcate imediat ce este necesar.

Pachetele cu PCB-uri sunt asezate pe un raft la capatul liniei de productie. In acest raft se regasesc cel putin doua tipuri de produse ce urmeaza a fi fabricate. De regula, atunci cand se realizeaza un schimb de ture, un operator desemnat merge si isi ia din magazie necesarul de materiale pentru schimbul aferent.

Nu s-au inregistrat pana acum cazuri in care linia de productie sa se opreasca datorita absentei placilor cu care este alimentata linia.

### **3.2.2. Aprovizionarea liniei de productie cu tuburi cu pasta conductoare**

Deoarece toate produsele fabricate folosesc acelasi tip de pasta conductoare, linia are la capatul ei de asemenea un suport in care aproximativ 10-15 tuburi la orice ora.

Acest stoc este influentat si de incarcarea liniei respective si de planul de productie. La inceputul fiecarui schimb de lucru operatorul se asigura ca are un minim de tuburi necesare productiei produselor specificate in planul de productie pe schimbul respectiv.

In cazul in care numarul tuburilor dispuse pe suportul de la capatul liniei este insuficient, operatorul inainte de a incepe schimbul de lucru se duce la magazie si isi ia numarul necesar de tuburi.

### **3.2.3. Aprovizionarea liniei de productie cu componente electronice**

Acesta este singurul proces de gestionare a materialelor necesare care presupune prezenta a doi operatori pe fiecare schimb de lucru special desemnati cu aprovizionare liniilor cu role pe care sunt dispuse componentele electronice necesare fabricarii PCB-urilor.

Numarul de componente plantate pe placi, pe un schimb de lucru, este de ordinul zecilor miilor iar in functie de tipul componentelelor electronice si marimea lor acest lucru presupune ca pe un schimb de lucru numarul de role folosit sa fie de ordinul zecilor.

Numarul total de role folosite pe un schimb de lucru de 8 ore variaza foarte mult in functie de tipul produsului fabricat si marimea componentelor electronice necesare tipului respectiv de produs. Acest numar poate varia intre 20 si 50 de role folosite pe un schimb de lucru.

#### **3.2.4. Concluzii privind procesul de aprovizionare cu materiale**

In cazul nostru, dintre cele trei tipuri de materiale necesare productiei de PCB-uri, doar unul este cel care presupune o alimentare continua a liniilor de productie cu acel tip de material.

Aprovizionarea cu rolele pe care sunt dispuse componentele electronice este si singurul proces care are doi operatori pe fiecare schimb de lucru care se ocupa exclusiv cu acest lucru.

Rolul acestora este de a aproviziona fiecare linie de productie inainte de fiecare schimb de lucru cu materialele necesare acelu schimb, plus materiale suplimentare in cazul in care un o anumita componenta electronica nu mai este pe stoc.

Se doreste ca acesta sa fie procesul analizat in detaliu in vederea automatizarii.

## 4. Descrierea procesului de transport si performantele acestuia

Odata stabilit procesul care se doreste a fi automatizat se trece la urmatorul pas de identificare a particularitatilor procesului, modul exact in care acesta se realizeaza si identificare potentialelor imbunatatiri ce ii se pot aduce.

Pentru aceasta ne propunem sa extragem datele cu privire la modul in care se realizeaza aprovizionarea liniilor de productie cu componente electronice, distantele parcurse de catre operatorii care se ocupa cu acest proces si timpii aferenti aprovizionarii fiecarei linii cu materiale.

### 4.1. Desfasurarea actuala a procesului

In prezent, cei 6 operatori care se ocupa cu manipularea si transportul rolor sunt impartiti in echipe de cate doi.

Operatori in aprovizionare		
Echipa 1	Echipa 2	Echipa 3
Operatorul A1	Operatorul A2	Operatorul A3
Operatorul B1	Operatorul B2	Operatorul B3

Figura 24. Tabel cu impartirea pe echipe a operatorilor

Fiecare echipa lucreaza prin rotatie un schimb de lucru de 8 ore.

	Durata
Echipa 1	8 h
Echipa 2	8 h
Echipa 3	8 h
<b>Total</b>	<b>24 h</b>

Figura 25. Tabel cu impartirea pe ore de munca a echipelor

Astfel, se asigura ca la orice ora, pe orice schimb sunt prezenti cel putin doi operatori disponibili si desemnati cu monitorizarea stocului de role de pe liniile de productie si aprovizionarea stocurilor unde sunt necesare role suplimentare. Necesitatea a doi operatori pe

cate un schimb se datoreaza numarului de 18 linii de productie al caror aprovizionare cu materiale este necesara. Aceste 18 linii de productie sunt impartite in doua divizii.

Cele doua divizii sunt:

- PSS (Passive Safety and Sensors):
- ID (Interior Design)

Liniile de productie aferente celor doua divizii sunt urmatoarele:

<b>Passive Safety and Sensors</b>	<b>Interior Design</b>
PSS 1	ID 1
PSS 2	ID 2
PSS 3	ID 3
PSS 4	ID 4
PSS 5	ID 5
PSS 6	ID 6
PSS 7	ID 7
PSS 8	ID 8
PSS 9	
PSS 10	

Figura 26. Impartirea liniilor de productie in functie de divizie

In cazul de fata, in cadrul unei echipe de cate 2 operatori, fiecare din acestia se ocupa cu aprovizionarea liniilor de productie aferente unei singure divizii. Asadar, primul operator se ocupa cu aprovizionarea liniilor PSS iar cel de-al doilea operator se ocupa cu aprovizionarea liniilor ID.

Operatorii au acces la o baza de date cu planul productiei zilnice in sunt prevazute informatiile necesare gestionarii si aprovizionarii fiecarei linii, de pe fiecare divizie.

Asadar in planul de productie sunt specificate urmatoarele:

- Produsele ce urmeaza a fi fabricate;
- Numarul liniei pe care acestea se vor fabrica;
- Numarul de bucati din fiecare produs;
- Intervalul orar aferent fiecaruia;
- Tipurile de componente necesare;
- Numarul de role din fiecare categorie.

Asadar in planul de productie este specificat necesarul de materiale pentru fiecare produs si locatia unde aceste materiale trebuiesc transportate aduse.



De exemplu:

Denumire produs	Linie	Interval orar	Nr. Bucati
A2Cxxxxxxxx	PSS 9	8:00-12:00	200

A2Cxxxxxxxx	Tipul componentei	Nr. De role
	Rezistente	3
	Connectori	1
	Capacitori	2
	LED-uri	1
Dioda	3	

Figura 27. Exemplu de lista cu materiale necesare

Odata ce operatorii au toate aceste informatii, acestia preiau din magazie necesarul de materiale si incep sa aprovizioneze liniile de productie.

Acestia aprovizioneaza pe rand fiecare linie in functie de prioritatile impuse de planul de productie.

Materialele sunt preluate de catre operatori dintr-un sistem de inmagazinare numit "Megalift". Acest megalift inmagazineaza materialele stocate una deasupra celeilalte pe mai multe nivele iar operatorul, pe baza planului de productie, cauta in magazie materialele necesare.



Figura 28. Sistemul de inmagazinare al materialelor ("Megalift")

Odata preluate din magazie materialele, operatorii le grupeaza in functie de destinatia la care acestea trebuie sa ajunga. Materialele sunt depuse intr-o cutie neagra de plastic si pozitionare

pe un carucior cu roti. De regula, cutiile au o masa cuprinsa in intervalul 15-20 de kg. Tocmai datorita volumului si masei materialelor transportate se prefera transportarea lor cu ajutorul unui carucior.



Figura 29. Cutie pentru transportul materialelor



Figura 30. Carucior pentru transportul materialelor

Se prefera ca masa de materiale incarcata pe un carucior sa nu depasesca 40 de kg, astfel incat numarul maximul de cutii ce se pot transporta concomitent este de 2 cutii, fiecare a mai putin de 20 de kg.

Odata ce materialele sunt incarcate pe carucior, operatorul trebuie sa transporte cutiile pe fiecare linie si sa le aseze pe rafturile amplasate la capatul liniei.

Odata ajuns pe linie, operatorul descarca pe rand cutiile si le aseaza pe rafturi. Un astfel de raft arata in felul urmator:



Figura 31. Raft pentru depozitarea cutiilor

Dupa ce cutiile au fost descarcate, operatorul se intoarce la magazie de unde preia urmatoarele cutii iar operatia de transport se repete pentru urmatoarea linie.

Asadar, diagrama de functionare a procesului este urmatoarea:

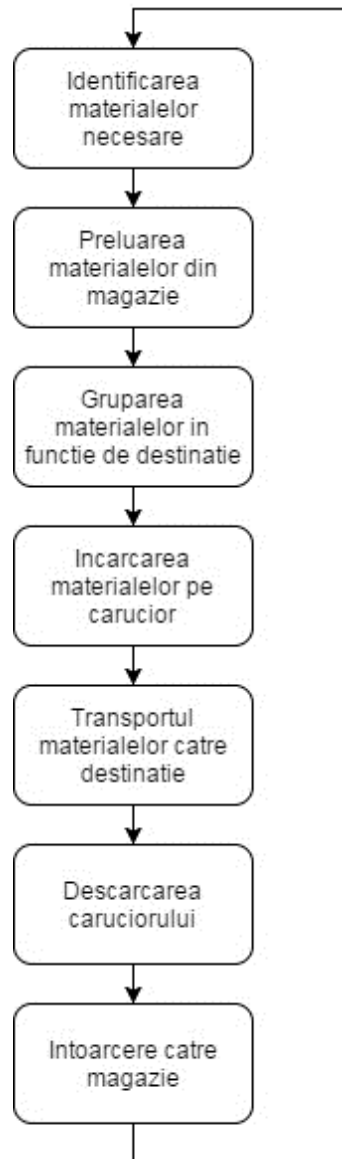


Figura 32. Diagrama de functionare a procesului de transport de materiale

Asadar, intreg procesul este unul ciclic iar acest se repeta pentru aprovizionarea fiecarei linii intr-o maniera identica. Mai exact, odata ce o linie a fost aprovizionata cu materiale, se trece la aprovizionarea urmatoarei linii, in functie de ordinea prestabilita.

#### 4.2. Performantele procesului

Timpul necesar aprovizionarii cu materiale a unei anumite linii variaza in functie de distanta necesara ce trebuie parcursa de la magazie pana la aceasta.

Liniile de productie sunt paralele si au distante aproximativ egale iar in mijlocul dintre liniile de PSS si liniile de ID este situata magazia de unde se realizeaza aprovizionarea cu materiale.

Directia liniilor de productie este de la stanga la dreapta iar acestea sunt dispuse in felul urmator:

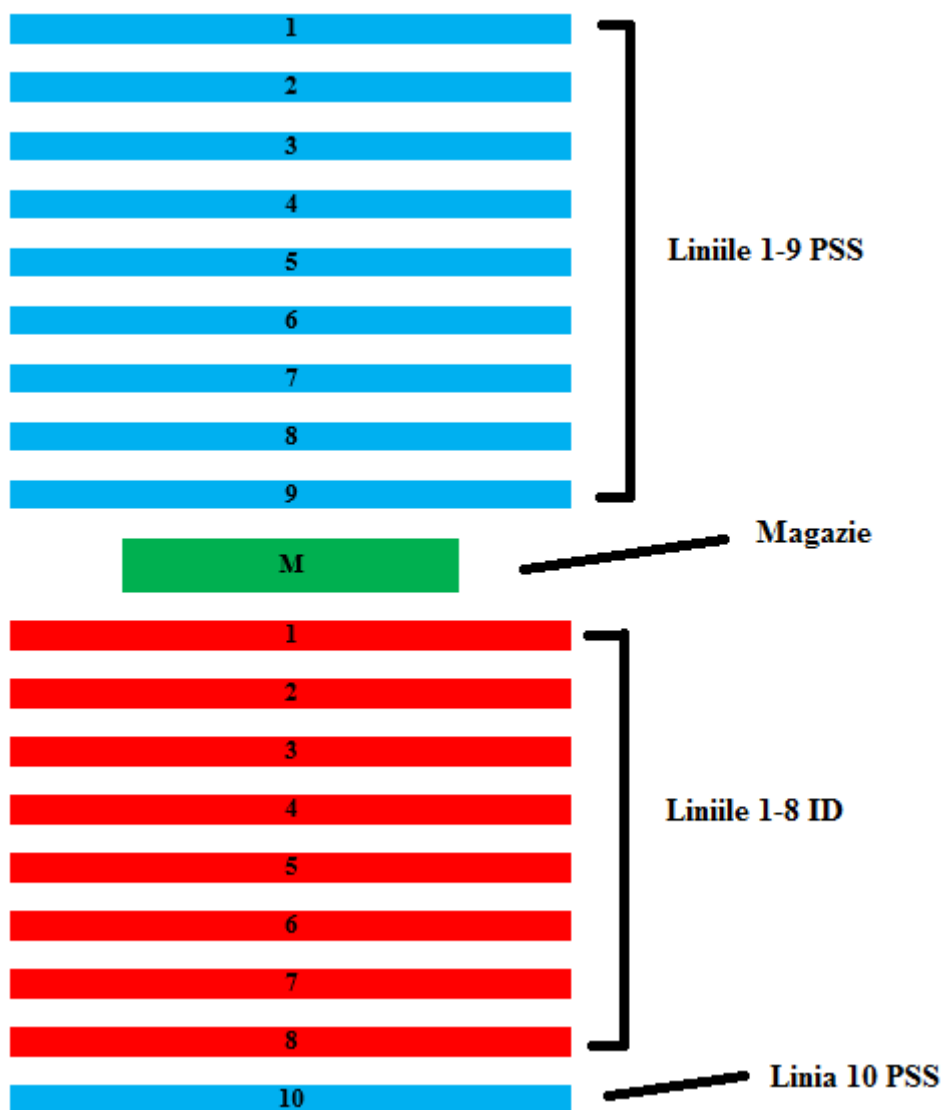


Fig. 33. Modul de asezare al liniilor de productie

Din aceasta schema se poate observa ca linia “10 PSS” este si singura care este amplasata opus celorlalte linii din aceasi divizie, dupa liniile diviziei de ID. Acest fapt sa datoriteaza unei extensii a productiei.

Fiecare linie este aprovizionata pe rand, iar odata ce una din ele are necesarul de materiale in stocul de pe rafturi, operatorul se intoarce la magazie de unde preia materialele necesare aprovizionarii urmatoarei linii din plan.

In urma unor masuratori de timp efectuate pe parcursul schimbului de dimineata a unei saptamani de lucru s-a calculat un timp mediu necesar de aprovizionare. Timpul masurat presune drumul efectuat de la magazie catre linie si drumul intors de la linie la magazie.

Aceste masuratorile de timp sunt prezentate in cadrul urmatoarelor tabele:

Linia	Ziua 1	Ziua 2	Ziua 3	Ziua 4	Ziua 5	Ziua 6	Ziua 7	Timp mediu
1 PSS	5:02	5:07	4:55	5:05	4:57	5:03	5:09	<b>5:02</b>
2 PSS	4:43	4:38	4:45	4:36	4:49	4:45	4:32	<b>4:41</b>
3 PSS	4:25	4:15	4:19	4:28	4:17	4:10	4:28	<b>4:20</b>
4 PSS	4:01	3:37	4:07	4:15	4:08	3:58	4:04	<b>4:01</b>
5 PSS	3:47	3:49	3:44	3:39	3:42	3:50	3:48	<b>3:45</b>
6 PSS	3:25	3:17	3:22	3:35	3:26	3:21	3:19	<b>3:23</b>
7 PSS	3:02	2:58	3:03	3:01	2:57	3:04	3:05	<b>3:01</b>
8 PSS	2:25	2:55	2:33	2:24	2:54	2:43	2:46	<b>2:40</b>
9 PSS	2:12	2:22	2:01	2:46	2:31	2:19	2:55	<b>2:26</b>
10 PSS	6:34	6:14	6:49	5:58	6:34	6:41	6:11	<b>6:25</b>

Figura 34. Tabel cu masuratorile realizate in cadrul unei saptamani pe divizia PSS

Linia	Ziua 1	Ziua 2	Ziua 3	Ziua 4	Ziua 5	Ziua 6	Ziua 7	Timp mediu
1 ID	2:42	2:50	2:39	2:48	2:41	2:44	2:21	<b>2:40</b>
2 ID	3:03	3:07	3:01	2:53	3:04	3:07	3:03	<b>3:02</b>
3 ID	3:22	3:28	3:19	3:26	3:31	3:24	3:18	<b>3:24</b>
4 ID	3:45	3:41	3:42	3:39	3:44	3:41	3:46	<b>3:42</b>
5 ID	4:05	4:03	3:58	4:01	4:06	3:57	4:04	<b>4:02</b>
6 ID	4:22	4:31	4:28	4:23	4:19	4:28	4:22	<b>4:24</b>
7 ID	4:42	4:38	4:45	4:35	4:41	4:48	4:36	<b>4:40</b>
8 ID	4:57	4:52	5:02	4:55	4:53	4:55	4:59	<b>4:56</b>

Figura 35. Tabelul cu masuratorile realizate in cadrul unei saptamani pe divizia ID

Analizand cele doua tabele se poate observa ca pe timpul mediu cel mai mare necesar aprovizionari cu materiale de pe fiecare divizie este cel al liniilor situate la distanta cea mai mare de magazie

Acestea linii sunt:

- 10 PSS – timp mediu de 6:25 minute.
- 8 ID – timp mediu de 4:56

Distantele de la magazie pana la cele doua linii sunt:

- 84 de metri pana la linia 10 PSS;
- 68 de metri pana la linia 8 ID;

### 4.3. Cerintele aplicatiei

Se doreste automatizarea acestui proces cu ajutorul unui robot autonom destinat transportului de obiecte care sa realizeze in mod automat procesul de transport al materialelor catre linia de productie situata la cea mai mare distanta de magazie, mai exact linia 10 PSS. De asemenea, se doreste comandarea momentului de plecare al robotului din punctul A in punctul B si comandarea momentului de plecare din punctul B in punctul A, unde:

A - magazia unde se afla materialele;

B – destinatia finala de pe linia de productie.

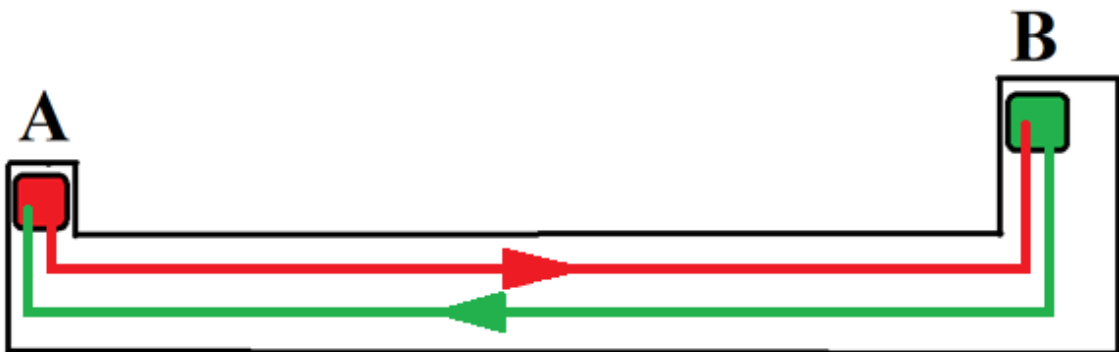


Figura 36. Schema explicativa a traseului efectuat

- Distanța de la punctul A la punctul B este de aproximativ 100 de metri. Asadar, distanța totală a traseului efectuat de către robot pentru a realiza un drum de la punctul A la punctul B, cu revenire în punctul A, este de aproximativ 200 de metri.
- Timpul mediu necesar unui operator să parcurgă acest traseu este de 6:25 de minute. Se dorește ca timpul mediu necesar efectuării traseului de către robot să fie mai scurt sau cel puțin egal.

## 5. Vehicule ghidate automat

Vehiculele ghidate automat cunoscute si sub prescurtarea de AGV-uri (din engleza “Automated Guided Vehicles”) sunt roboti mobili care au abilitatea de a se ghida in mod automat pentru a conduce si transporta diverse obiecte la un anumita locatie intr-o maniera sigura si predictibila. Acestia reprezinta o alternativa flexibila a modului de transport de materiale intern “clasic” specific unitatiilor de productie, cum ar fi:

- cu ajutorul unui transpalet;
- cu ajutorul unor motostivuitoare;
- cu ajutorul unuor conveioare;
- cu ajutorul unor carucioare impinse manual.

Scopul acestor roboti este de a realiza acelasi proces de transport in mod automat si autonom, fara interventia operatorului uman.

Vehiculele ghidate automat se clasifica in urmatoarele categorii principale, in functie de modul de navigatie folosit:

- cu scanner;
- cu laser;
- cu urmarire a unor puncte;
- cu urmarire a unei benzi magnetice;
- cu urmarire a unei fir inductiv;
- mixt.

Vehiculele ghidate automat cu scanner sunt un tip de roboti care folosesc un scanner pentru scanarea in timp real a proximitatii zonei in care se afla robotul cu scopul identificarii poziei actuale a acestuia pe harta. Acesti roboti de regula au deja o harta pe baza carora acestia se deplaseaza iar scannerul robotului este folosit pentru localizarea robotului pe acea harta si navigarea cu succes printre obstacolele ce ii pot aparea in cale.



Figura 37. navigatie cu ajutorul unui scanner

Acestia sunt cei mai practici in cazul unui traseu pe care pot aparea obstacole temporare. De regula robotii ce folosesc acest mod de navigare dinamic au abilitatea de a ocoli obstacolele si nu au o traiectorie fixa, pre-stabilita, de deplasare permitandu-le sa functioneze in mod autonom indiferent de potentialele obstacole minore ce ii pot aparea in cale.

Robotii care folosesc pentru navigatie un laser sunt roboti similari celor cu scanner cu mentiunea ca rolul laserului este de a masura distanta dintre pozitia actuala a robotului si punctele de referinta de pe harta. Aceste puncte de referinta sunt de regula benzi reflectorizante. Robotii sunt dotati cu un transmitator si cu un receptor pentru iar semnalul transmis de la robot se reflecta pe banda magnetica situata in punctele strategice de navigare de pe traseu si ajunge inapoi la receptorul robotului. Astfel, se masoara distanta dintre aceste puncte si robotul calculeaza pozitia sa actuala pe harta.

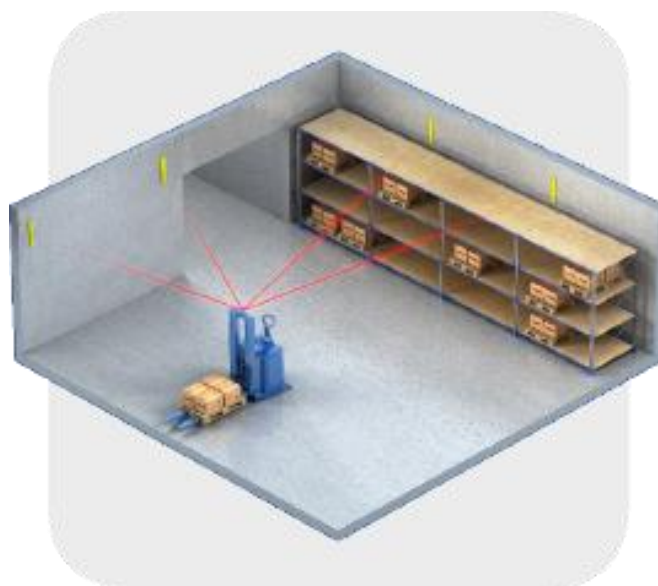


Figura 38. navigatie cu ajutorul unui laser

Acest tip de roboti sunt de regula mai mari si sunt folositi in zone de transport mai mari, precum depozite unde accesul oamenilor pe trasele strabatute de acesti roboti este limitat.

Robotii care folosesc pentru navigatie o serie de puncte pe podea sunt robotii care au un traseu de regula fix. Acestia au un dispozitiv de interpretare a imaginilor, de regula o camera video care preia imaginile punctelor de pe podea, le analizeaza si in functie de numarul punctului si eventual directia indicata pe acesta, sau culoarea acestuia continua deplasarea in directia urmatorului punct. Astfel, intreg traseul este definit de un sir de astfel de puncte iar unitatea centrala de procesare a robotului gestioneaza directia de deplasare a sa pe baza sirului de puncte de pe podea.

Acestia au un traseu de mers si o directie prestabilita care trebuie realizata pentru a putea folosi robotul in scopul transportului de obiecte pe acel traseu.





Figura 39. navigatie cu ajutorul unui sir de puncte

Acesti roboti sunt mai putin flexibili decat celelalte modele prezentate anterior daroita abilitatii limitate sau inexistente de ocolire a obstacolelor. De regula acesti roboti sunr folositi in locuri in care se asigura ca nu pot aparea obstacole temporare pe traseul ce se doreste a fi efectuat de catre robot.

Robotii care se ghideaza dupa o banda magnetica sunt de asemenea un tip de roboti care opereaza pe un traseu prestabilit fix. Acest traseu este definit de o banda magnetica de dimensiuni reduse dispusa intr-un canal de aproximativ 10mm adancime in podea.

Acesti roboti sunt dotati cu un sistem de senzori magnetici care masoara polaritatea benzii, secventa de dispunere a acestei benzi si distanta pe care banda este dispusa. In functie de aceste caracteristici ale benzii robotul poate aprezia distanta parcursa, viteze de deplasare necesara sau punctele de oprire/pornire.

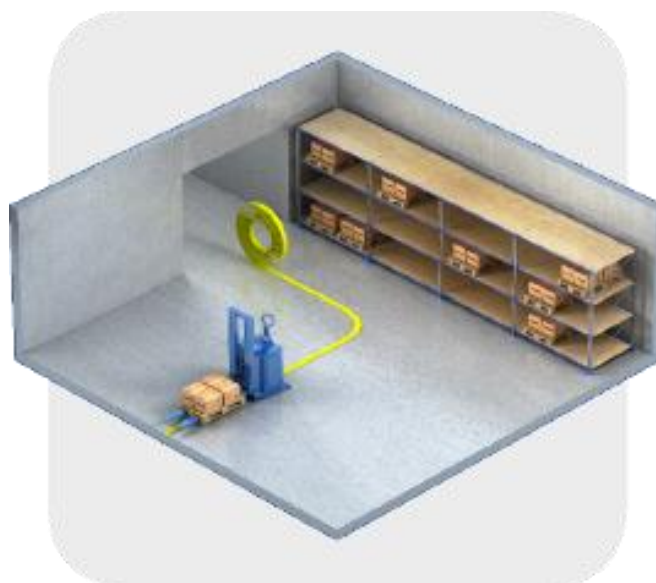


Figura 40. nagivatie cu ajutorul unei benzi magnetice

Acest tip de roboti nu au posibilitatea ocolirii potentialelor obstacole ce le pot aparea in cale dar de regula acestia sunt folositi in zone in care prezenta sau aparitia obstacolelor pe zonele definite de deplasarea a robotului sunt putin probabile.

Robotii care se ghidaza dupa un fir inductiv in podea sunt un tip de roboti similari celor care se ghidaza dupa o banda magnetica. Principiul este similar, mai exact, robotul urmeaza traseul impus de firul inductiv cu deosebirea ca acesti roboti sunt dotati cu un senzor care detecteaza pozitia relativa a semnalului primit de la fir, astfel stiind unde se afla acesta. Firul transmite un semnal radio care in functie de frecventa poate impune viteza robotului sau directia in care acesta trebuie sa se deplaseze.

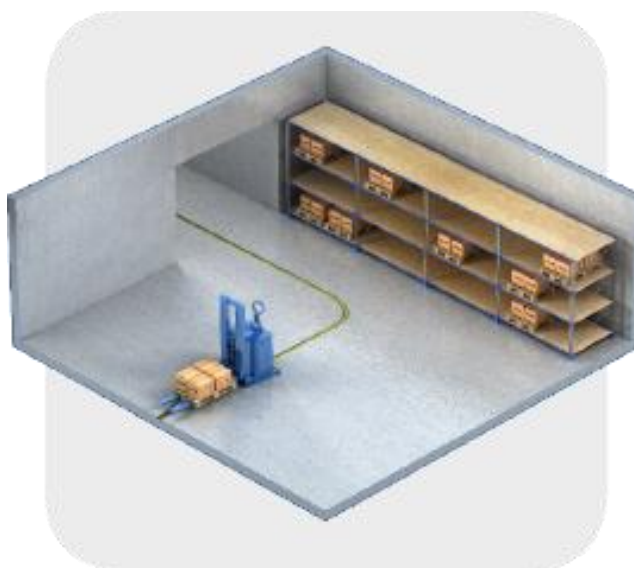


Figura 41. navigatie cu ajutorul unui fir inductiv

Acesti roboti au aproximativ aceleasi avantaje si dezavantaje pe care o au si cei care folosesc o banda magnetica pentru navigatie cu excepti faptului ca in cazul firului inductiv, acesta este sub podea si nu prezinta denivelari la nivelul suprafetei podelei. De asemenea, nici acesti roboti nu au posibilitatea ocolirii obstacolelor si sunt folositi doar in cazul traseelor fixe cu directii de miscare prestabilite.

Ultima categorie principala sunt sistemele robotizate cu sisteme de navigatie mixte. Acesti roboti prezinta o complexitate ridicata su de regula au dimensiuni mai mari. Astfel de roboti sunt folositi de regula in hale sau depozite unde traseele pe care acestia pe indeplinesc sunt foarte variate, datorita volumului mare de obiecte ce necesita transportul si plasarea acestor obiecte in mod disipat de-alungul depozitului. Spatiile ungeste, spatiile late, inaltimea obiectelor si posibilitatea transportarii anumitor obiecte prin anumite zone din traseu fac necesara dotarea cu un sistem informatic performant capabil sa ofere toate aceste informatii robotului iar acesta sa navigheze un mediu complex structurat pentru a isi indeplini cu succes functiile.

Sistemele mixte sunt compuse de regula din sub-sisteme care au la baza functionarea robotiilor prezentati anterior. Acestia sunt de altfel si cei mai costisitori tocmai datorita flexibilitatii ridicate a modului de operare si navigare.

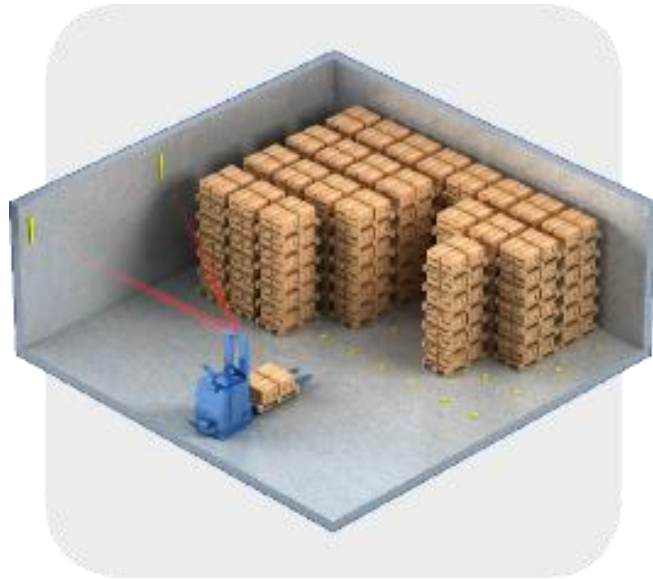


Figura 42. sistem de navigatie mixt

De regula acest tip de roboti sunt folositi in cazul in care aria de desfasurare a transporturilor de obiecte poate avea multiple trasee, in functie de necesitatea transportului in zona aceea. Necesitatea transportului printr-o anumita zona poate fi impusa de latimea culoarelor, inaltimea la care este situat tavanul, gradul de iluminare in zona respectiva sau conditiile murdare de lucru, etc. Scopul acestor roboti este de a putea comuta de pe un mod de navigatie pe altul in functie de necesitate.

## 6. Robotul utilizat in cadrul aplicatiei

Robotul utilizat in cadrul acestui proiect este un robot autonom cu mod de navigare dinamic folosind un scanner. Acesta are abilitatea de a parcurge un traseu cu ajutorul unei harti. Acesta scaneaza mediul inconjurator si compara informatiile obtinute in urma scanarii pentru a se localiza pe harta si a naviga cu succes pe traseul impus.

Robotul in cauza este un “Smart Shuttle Container” produs de catre firma “Incubed IT”.



Figura 43. Robotul “Smart Shuttle Container” de la Incubed IT.

Robotul este prevazut cu un scanner principal folosit pentru navigatie, doi senzori laterali de proximitate pentru depistarea obstacolelor si un scanner secundar situat in spatele robotului pentru mersul cu spatele si depistarea obstacolelor pe parcursul efectuarii acestei miscari. Principalele caracteristici functionale ale acestuia sunt:

Inaltime	550mm
Lungime	657mm
Latime	58mm
Masa (neincarcata)	90kg
Sarcina de lucru	50kg/ 100kg
Dimensiunea obiectelor de transportat	Pana la 800mm x 600mm
Inaltimea la care se efectueaza incarcarea/descarcarea	Intre 580mm si 1000mm
Viteza maxima	Pana la 2 m/s
Viteza maxima cu spatele	0.3 m/s
Comunicare	WiFi
Laser pentru scanare a traseului	da
Tipul bateriei	LiFePO4, reincarcabila
Modalitati de alimentare cu curent	Contacte in podea/Statie de alimentare

Acest robot foloseste un mod de conducere diferential, fapt ce ii permite sa efectueaza rotatii in jurul propriei axe. Pe langa aceasta miscare de rotatie, robotul efectueaza o translatie principala care poate fi efectuata in orice directie in functie de orientarea acestuia.



Figura 44. Schema explicativa a miscarilor efectuate de robot

Acesta este dotat si cu un sistem de role si doi senzori pe partea superioara care detecteaza prezenta unei incarcaturi pe robot si o trage pana in capatul rolor. Pentru a se asigura ca incarcatura nu cade, robotul este prevazut si cu un stopper care vine ca masura de siguranta si impiedica alunecarea cutiei de pe robot in cazul unei franari.



Figura 45. Rolele de pe partea superioara a robotului.

Pe partea inferioara a robotului sunt prezente urmatoarele butoane de comanda:

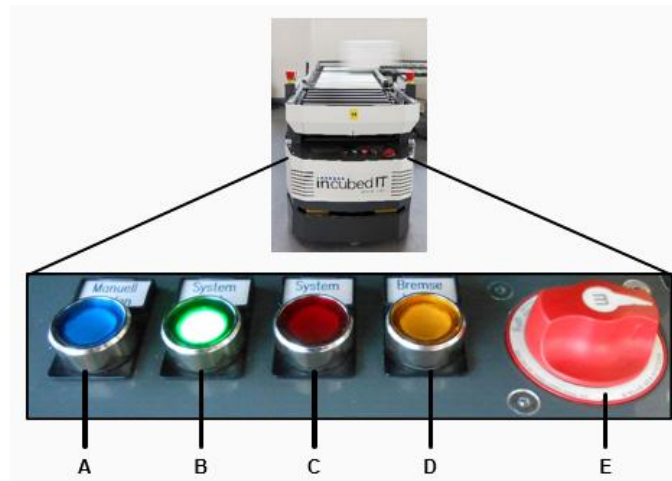


Figura 46. Butoanele de comanda principale ale robotului

Unde:

- **A:** Încărcare
  - Încărcare manuală
- **B:** Pornirea sistemului (System ON)
- **C:** Oprirea sistemului (System OFF)
- **D:** Eliberarea frânelor
  - Pentru mutarea manuală a robotului
- **E:** Pornirea/Oprirea sursei de alimentare
  - Pentru transportul robotului sau înlocuirea bateriei.

De asemenea pe partea superioara a robotului sunt prezente butoanele cu rol operational care pot fi configurate in diferite moduri. Acestea sunt practic conectate la un modul I/O iar fiecare buton de pe partea superioara, cu exceptia a butonului de urgenta sunt intrari in modulul I/O.



Figura 47. Butoanele operationale de pe partea superioara a robotului.

Robotul se controleaza cu ajutorul unei manete similare manetelor unor console de jocuri video. Aceasta maneta este folosita in procesul de programare a robotului sau in modul de folosirea manuala a robotului.



Figura 48. Maneta de control a robotului

Maneta se foloseste pentru executarea miscarilor de baza a robotului si pentru modificarea vitezelor liniare si unghiulare cu care acesta se deplaseaza.

## 7. Programarea si configurarea robotului

Programarea robotului se face in soft-ul sau propriu de programare numit “Incubed Client”. In acest program se poate configura harta pe care robotul v-a circula, punctele la care acesta trebuie sa ajunga si sa se intoarca, parametri de functionare a robotului si generarea comenzilor, fie manuale, fie in mod automat.

Baza de date a programului este instalata pe un server iar robotul, cu ajutorul unei conexiuni wireless la internet comunica cu informatiile primite de pe server.

Astfel, informatiile nu sunt pastrate local pe calculator iar programul este practic un portal ce permite conectarea cu informatiile de pe server.

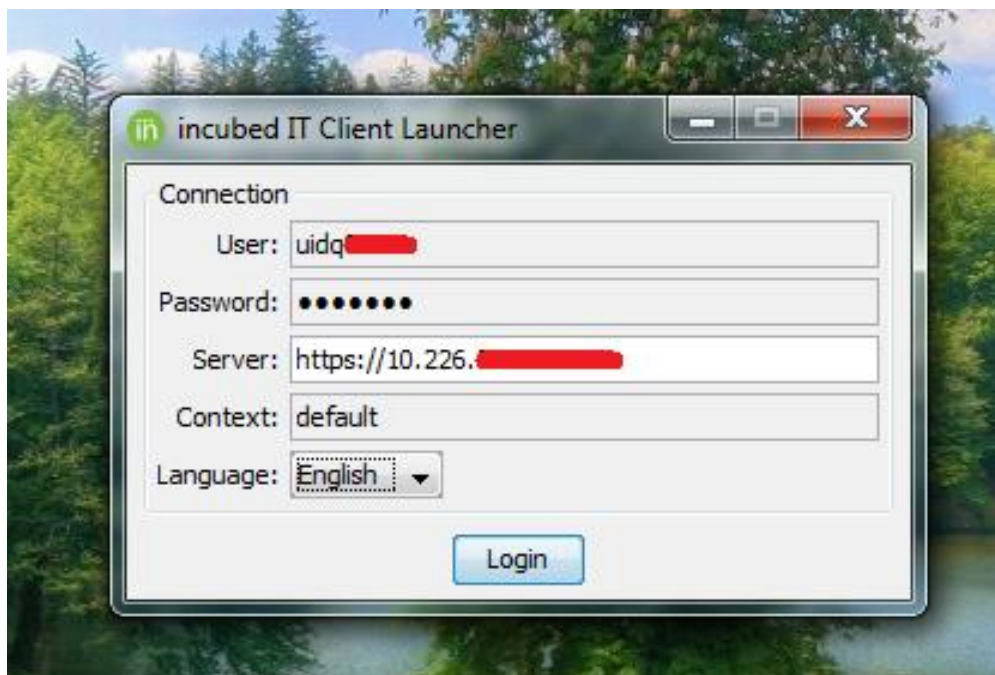


Figura 49. Fereastra cu datele necesare pentru conectarea pe server

Pentru conectarea pe server avem nevoie de un username autorizat insotit de o parola si de IP-ul serverului pe care dorim sa ne conectam. In cazul nostru serverul pe care este stocata baza de date a robotului.

In urma conectarii cu succes pe server cu ajutorul executabilului numit “incubed IT Client Launcher” se deschide automat mediul de programare al robotului in care vom gasii toate informatiile relevante programarii acestuia.

Pentru ca robotul sa poata sa indeplineasca automat functia de transport al unui obiect avem nevoie de:

- inregistrarea unei hartii;
- definirea zonelor de lucru de pe harta;
- definirea punctelor caracteristice originii si destinatiei;
- configurarea modului in care sa se realizeze transportul.



## 7.1. Realizarea unei harti

Primul pas in configurarea robotului presupune inregistrarea unei harti. Rolul acestei harti este de a ajuta robotul sa navigheze zona de lucru in care se realizeaza transportul si sa ii poata oferi in coordonate necesare operatiei de transport pe un anumit traseu. Robotul v-a folosi aceasta harta pentru a compara datele cu privire la mediul inconjurator oferite ca rezultat al scanarii in timp real al mediului inconjurator si compararea acestor datelor cu cele de pe harta. Pentru realizarea unei harti este necesara mai intai pornirea robotului. Pornirea acestuia se realizeaza prin apasarea butonului de comanda verde, de pornire.



Figura 50. Pornirea robotului prin apasarea butonului verde

Timpul de initializare al robotului este de aproximativ 1 minut. Odata ce robotul a fost pornit si acesta s-a initializat acesta v-a aparea in interfata grafica de programare sub denumirea de "Anna" in campul din stanga al meniului principal.

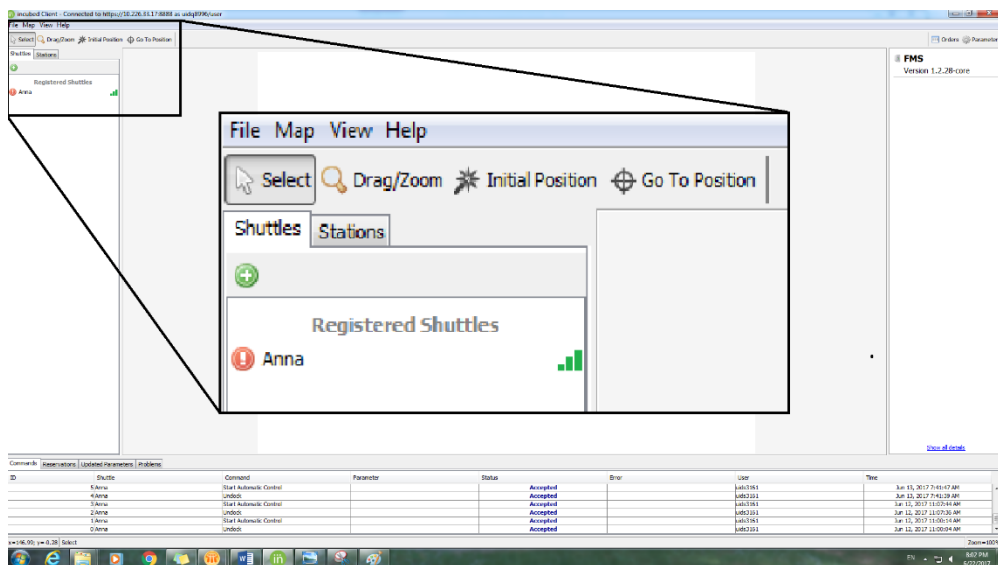


Figura 51. Campul din stanga al interfetei grafice

Dupa ce robotul a fost pornit se da click dreapta pe numele robotului, “Anna”, si se selecteaza comanda de inregistrarea a unei hartii, “record map”.

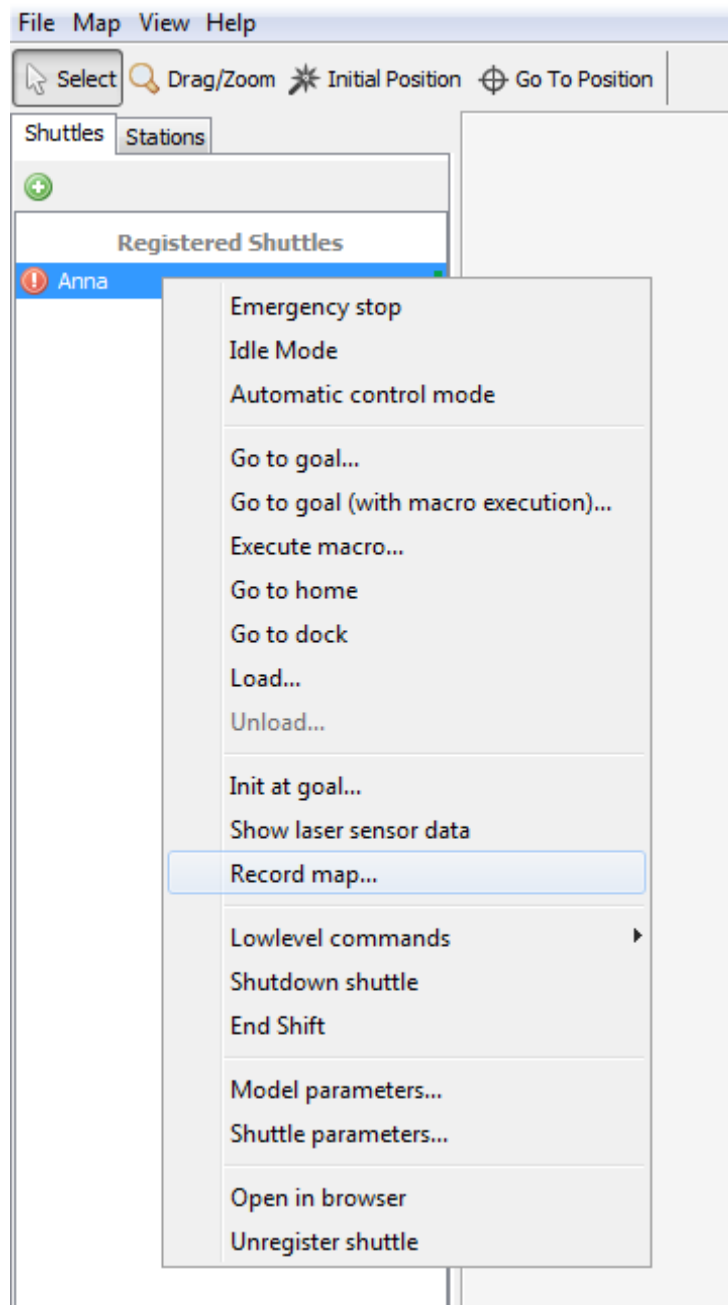


Figura 52. Selectarea comenzii de inregistrare a unei hartii

Odata cu selectarea comenzii, scanner-ul frontal al robotului v-a deveni activ. Acesta v-a scana la o raza de 20 de metri tot ce este in fata s-a, la un unghi de scanare de 230 de grade.

Urmatorul pas este pornirea efectiva a scanarii si conducerea in modul manual al robotului pe traseul care se doreste a fi inregistrat sub forma unei hartii.

Pentru aceasta se selecteaza din fereastra de inregistrati a hartii, comanda “start” si se incepe parcurgerea traseului prin manevrarea robotului cu maneta de control.

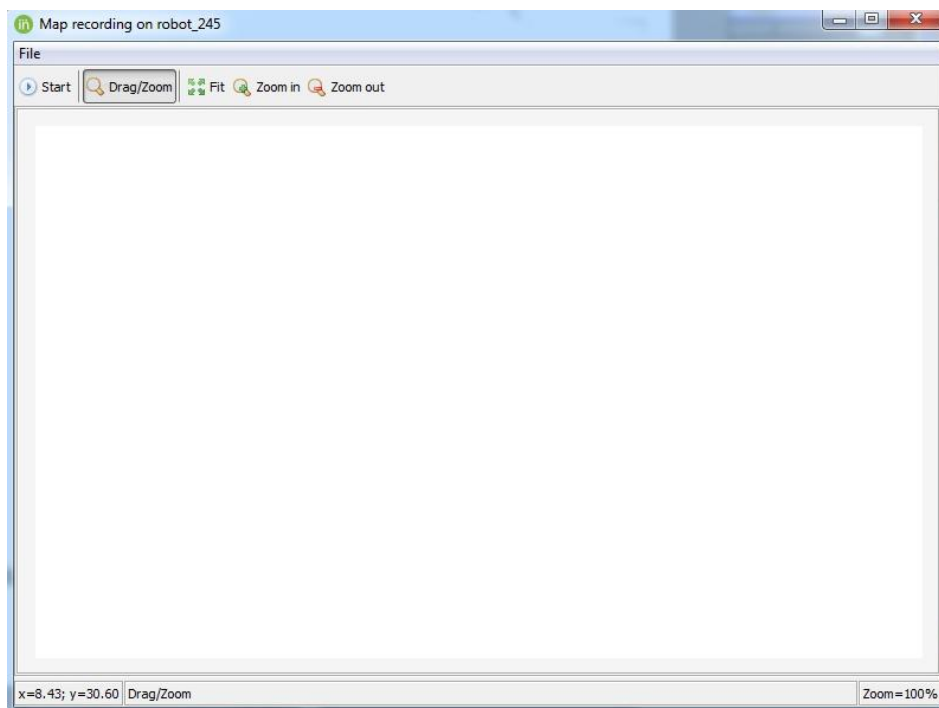


Figura 53. Fereastra de inregistrare a hartii

Este indicat ca pentru a obtine o harta cat mai precisa sa se controleze robotul cu o viteza redusa pentru a se putea obtine detaliile specifice de pe traseu cum ar fi peretii, usile, echipamentele din jur, stalpi, etc.

Odata ce traseusul a fost parcurs cu succes, in fereastra de inregistrare a hartii se va contrui automat harta. Aceasta harta este compusa dintr-o multitudine de puncte rezultate in urma scanarii.

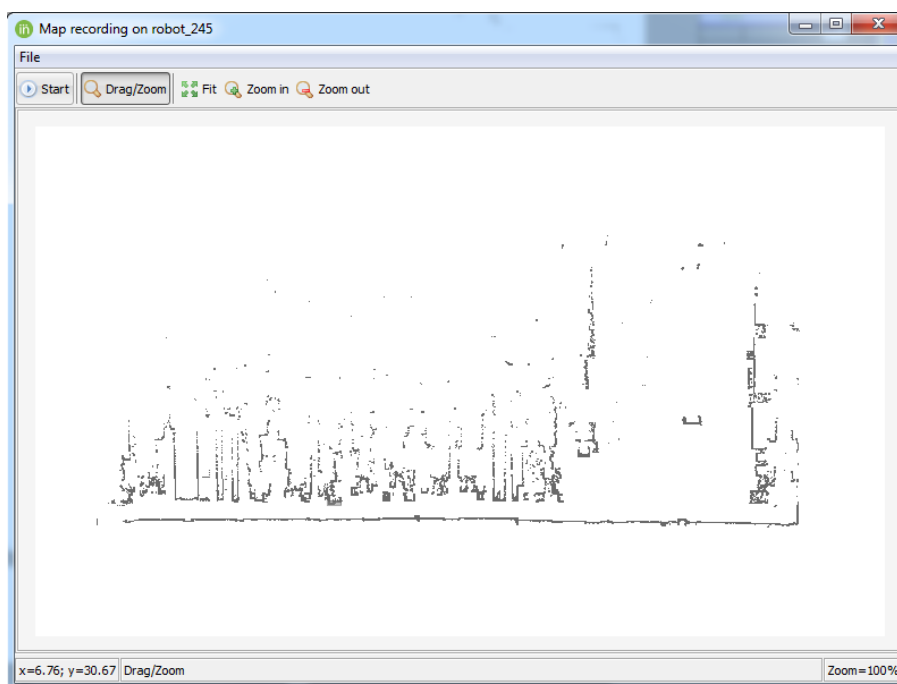


Figura 54. Harta rezultata in urma scanarii traseului

## 7.2. Configurarea traseului

Urmatorul pas este definirea zonelor de pe harta si introducerea zonelor de referinta pe harta. Astfel, se salveaza harta si se deschide modulul de editare al hartii, unde se definesc zonele de lucru si tipul anumitor arii de pe harta.

Orice arie de pe harta poate fi setata ca fiind:

- zona interzisa: in care robotul nu v-a incerca sa intre (marcate cu gri);
- zone libere: pe unde robotul v-a trece daca v-a avea posibilitatea (lasate libere, marcate cu alb);
- zone tinta de unde acesta v-a pleca sau se v-a opri;

Dupa definirea zonelor de lucru prin suprapunerea peste harta a zonelor marcate cu culorile aferente specificatiilor se salveaza si se inchide fereastra.

Astfel, in urma configurarii hartii si definirea zonelor de lucru harta v-a arata in felul urmatoar:

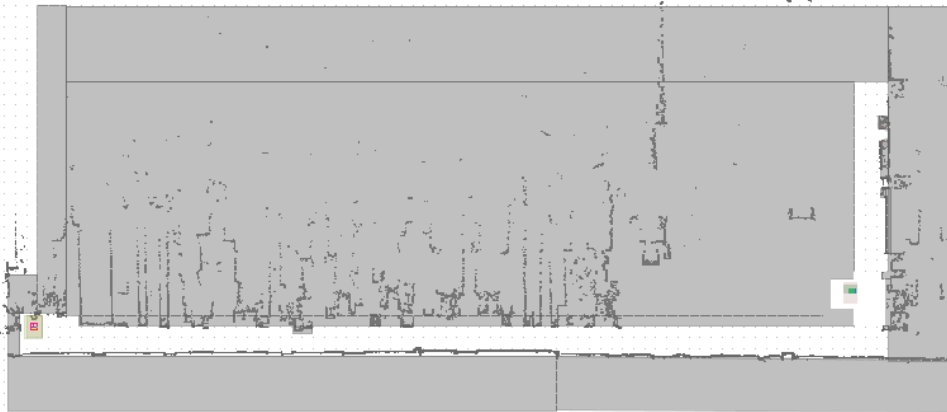


Figura 56. Harta zonei de lucru a robotului

Cu culoare gri sunt delimitate zonele in care robotului ii este interzis accesul iar in mijlocul hartii, aria lasata libera si marcata cu zona alba este aria de lucru a robotului. De asemenea pe aceasta harta sunt prezente si punctele intre care robotul v-a trebui sa efectueaza transportul. In partea stanga este punctul din care robotul v-a pleca cu materiale iar in stanga este punctul in care robotul trebuie sa ajunga pentru a lasa materialele.

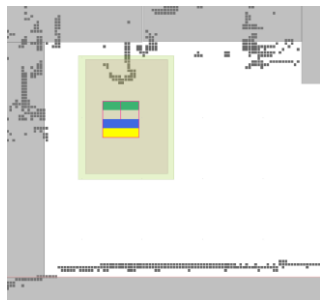


Figura 57.a. Punctul de plecare din stanga hartii

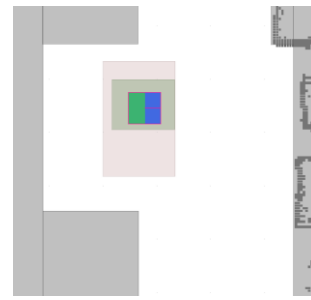


Figura 57.b. Punctul destinatiei din dreapta hartii

Definirea celor doua puncte se face prin amplasarea pe harta in zonele dorite a unui dreptunghi al carui proprietati sunt configurate in functie de modul in care se doreste a se actiona de catre robot in acel punct.

In cazul nostru ambele puncte sunt selectate ca fiind de tipul “get\_manual” si “put\_manual” ceea ce inseamna ca in ambele puncte robotul asteapta sa fie incarcat de catre un operator, respectiv descarcat de catre un operator.

Name	Value
id	27
name	HOME
goalType	GET_MANUAL
clusterId	<undefined>
preMacroId	<undefined> ...
postMacroId	<undefined> ...

Figura 58. Punctul de plecare de la magazie

Name	Value
id	29
name	TARGET 1
goalType	PUT_MANUAL
clusterId	<undefined>
preMacroId	<undefined> ...
postMacroId	<undefined> ...

Figura 58.a. Punctul de destinatie de pe linia 10 PSS

Selectarea acestor doua optiuni presupune ca robotul sa plece din primul punct doar dupa ce cutia a fost incarcata pe acesta de catre operator si se apasa butonul de “TARGET 1” situat pe partea superioara a robotului. Apasarea butonului presupune plecarea catre acel punct.



Figura 59. Butoanele de pe partea superioara a robotului.

Aceasi operatie se va repeta intr-o maniera similara atunci cand robotul v-a ajunge la destinatie, cu mentiunea ca de data aceasta acesta v-a trebui descarcat de catre operatorul aflat pe linie si apasat butonul de "HOME". Apasarea butonului presupune plecarea catre punctul de origine situat in dreptul magaziei.

Odata ce toate aceste setari sunt efectuate se poate trece la montarea statiei de alimentare cu curent al robotului si punerea acestuia in functiune.

### **7.3. Specificatii cu privire la statia de incarcare cu curent**

Dupa ce traseul si functiile operationale ale robotului au fost configurate mai ramane montarea statie de incarcare a acestuia in zona de unde se face incarcarea cu materiale.

Incarcarea robotului se realizeaza cu ajutorul incarcatorului propriu. Acest incarcator este realizat dintr-un suport ceramic pe care sunt dispuse doua lamele de cupru de cu dimensiunile de 10 cm lungime si 5cm latime. Acestea sunt dispuse pe partea inferioara a suporului ceramic care este fixat de podea cu ajutorul unei benzi duble adezive.

Cele doua lamele de cupru sunt conectate la un acumulator care este conectat la o sursa de tensiune de 24V.



Figura 60. Statia de incarcare a robotului

Robotul v-a veni la statia de incarcare cu materiale si se va aseza deasupra celor doua lamele. In acel moment, odata ce robotul se afla deasupra lamelelor, cei doi pini de incarcare ai robotului vor cobori automat de indata ce robotul se opreste din miscare si vor face contact cu lamelele de cupru astfel pornind astfel procesul de alimentare cu curent al robotului.



Figura 61.a. Robotul aflat in fata statiei de incarcare



Figura 61.b. Robotul aflat deasupra statiei de incarcare cu pinii aflati contact cu lamelele

Astfel, se asigura ca de fiecare data cand robotul asteapta sa fie incarcat cu materiale acesta se incarca cu curent. In acest mod se asigura ca sansele ca acesta sa ramana fara baterie sunt minime.

## 8. Testarea aplicatiei

Odata ce robotul a fost configurat iar echipamentul necesar incarcarii cu curent a fost montat in zona de incarcare cu materiale se poate trece la testarea robotului in modul de functionare automat.

Asadar, robotul este in prima faza situat la locul de asteptare unde urmeaza sa fie incarcat cu materiale.

Se aseaza pe robot cutia ce trebuie transportata.

Obs: In imaginile urmatoare cutia este goala. Masa cutiei este irelevanta functionarii robotului atata timp cat aceasta nu depaseste 50 de kg. Atata timp cat senzori de pe partea superioara a robotului sesizeaza prezenta unei incarcaturi acesta isi va desfasura obiectivele in modul normal in care a fost programat sa le execute.



Figura 62. Incarcarea robotului cu o cutie

Dupa ce cutia a fost incarcată se apasa butonul de pe partea superioara a robotului cu denumirea de “TARGET 1”.

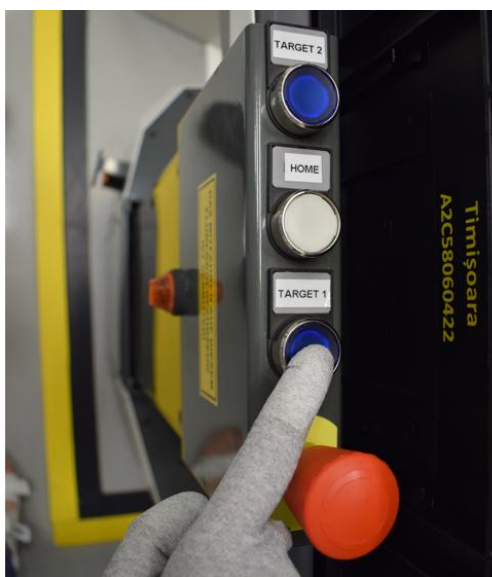


Figura 63. Apasarea butonului “TARGET 1”



Dupa apasarea butonului robotul va iesi din zona statiei de incarcare si se va indreptata spre destinatia finala, mai exact, linia 10 PSS.

Pe parcursul traseului acesta v-a ocoli in mod dinamic obiectele ce ii apar in cale sau se v-a opri in cazul in care in calea sa apar obstacole ce nu pot fi ocolite si v-a astepta ca acestea sa dispara din calea sa.



Figura 64. Robotul efectuand o ocolire a unui carucior aflat pe traiectoria sa de deplasare (traiectorie paralela cu liniile galbene din imagine)

Odata ajuns la destinatia finala operatorul de pe linie descarca robotul ridicand cutia de pe acesta. Dupa ce robotul a fost descarcat operatorul apasa butonul cu denumirea de "HOME" iar acesta v-a efectua acelasi dar in sens opus, catre statia de incarcare de unde a plecat.



Figura 65. Robotul descarcat plecand catre statia de incarcare

Odata ce robotul a ajuns inapoi la statia de incarcare, operatia se poate repeta in aceasi maniera prezentata anterior.

- Se incarca cu materialele robotul;
- Se apasa butonul de "TARGET 1";
- Robotul ajunge la destinatie;
- Se descarca robotul;
- Se apasa butonul de "HOME";
- Robotul se intoarce la statia de incarcare.

Mentiuni:

- La plecarea de la statia de incarcare incarcarea si apasarea butonului de "TARGET 1" se realizeaza de catre operatorul de aprovizionare care in mod normal ar fi trebuit sa care personal materialele catre linia de productie.
- Pe linia de productie robotul este descarcat de catre operatorul de pe linie care de asemenea are rolul preluarii materialelor si folosirea lor in cadrul procesului de productie aferent.

## 9. Interpretarea rezultatelor oferite in urma automatizarii

Odata ce aplicatia este functionala se poate trece la masurarea timpului mediu necesar efectuării unui drum dus-intors si compararea acestuia cu timpul mediu necesar operatorului de aprovizionare sa efectueze aceasi operatie.

Pentru acest lucru s-au realizat un numar de masuratori identic cu cel realizat pentru masurarea timpului mediu de parcurgere al traseului de catre operator.

Rezultatele masuratorii sunt prezentate in urmatorul tabel:

Linia	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Timp mediu
10 PSS	7:41	7:33	7:39	7:44	7:46	7:32	7:38	<b>7:39</b>

Figura 66. Tabel cu masuratorile timpului necesar de parcurgere al traseului de catre robot

Asadar se poate observa ca timpul mediu necesar robotului sa parcurga traseul este de 7:02 minute. Comparand acest timp cu timpul mediu necesar unui operator de aprovizionare sa realizeze acelasi proces, putem observa ca timpul necesar robotului este mai mare.

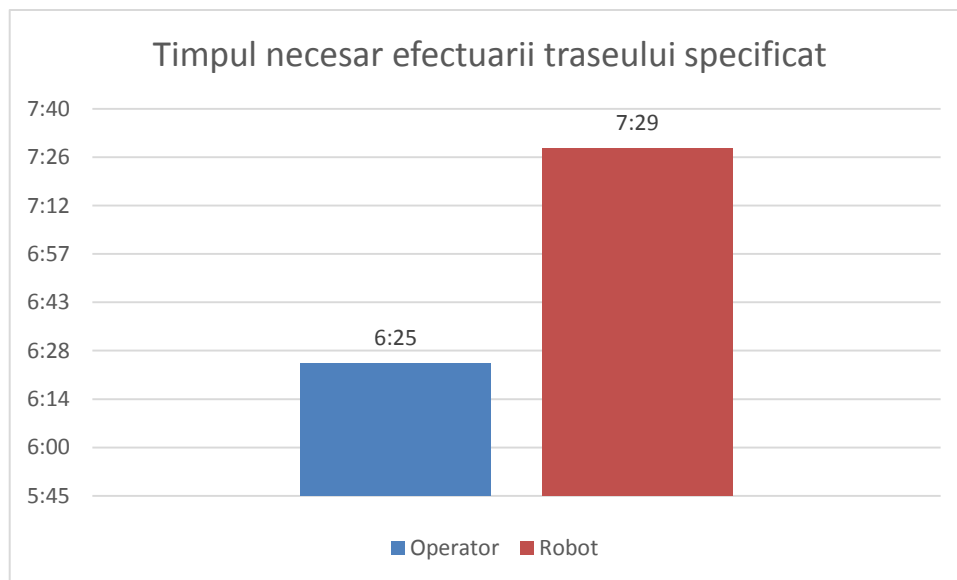


Figura 67. Comparatie a timpul necesar efectuării procesului

Diferenta medie este de 37 de secunde iar in acest caz nu putem vorbi de o imbunatatire.

Aplicatia este functionala dar trebuie optimizata pentru a se reduce acest timp mediu necesar efectuării traseului in asa fel incat acesta sa fie mai mic sau cel putin egal cu timpul mediu de 6:25 minute.

## 10. Optimizari

Dupa ce aplicatia este configurata si functionala se trece la urmatorul pas ce presupune optimizarea procesului cu scopul eficientizarii acestuia.

Desi aplicatia este functionala, timpul necesar efectuarii traseului de catre robot este mai mare decat timpul necesar efectuarii traseului de catre operatorul de aprovizionare.

### 10.1. Optimizarea hartii

Harta are rolul principal de a ajuta robotul sa se ghideze atunci cand aceasta traverseaza o un traseu cuprins in aceasta. Pe harta apar toate obstacolele si limitarile mediului inconjurator care definesc spatiile in care acesta nu poate intra, cum ar fi un perete.

Robotul compara cu ajutorul scanner-ului frontal formele si dimensiunile limitarilor impuse de mediul inconjurator si le foloseste pentru a se ghida si a se localiza pe harta.

Pe langa peretii care limiteaza spatiul de lucru al robotului pe harta sunt prezente si echipamentele de pe linie si echipamente auxiliare de productie. Orice echipament auxiliar cum ar fi mese de lucru cu roti, rafturi cu roti, carucioare sau de obicei o pozitie fixa si definita cu marcaje pe podea dar acestea se pot deplasa si orice miscare a acestora va face ca harta robotului sa nu mai corespunda cu pozitiile echipamentelor mutate astfel, robotul v-a avea un timp de localizare mai mare pana cand acesta v-a observa un perete care este inca fix pe locul unde a fost si ultima oara pe harta.

Asadar, pentru un timp de localizare mai scurt al robotului si astfel parcurgearea traseului intr-un timp mai scurt este necesar ca toate obiectele mobile ce pot fi mutate sau rearanjate sa fie sterse de pe harta pentru a nu fi folosite de robot cu scopul localizarii acestuia.

Desi acestea nu v-or fi prezente pe harta, robotul le va detecta cu ajutorul senziorilor si se v-a asigura ca nu v-a face coliziuni cu acestea. Robotul asadar v-a folosi doar obiectele fixe din mediul inconjurator pentru a se localiza. Astfel, se procedeaza la stergerea punctelor ce definesc obiectele mobile de pe harta.

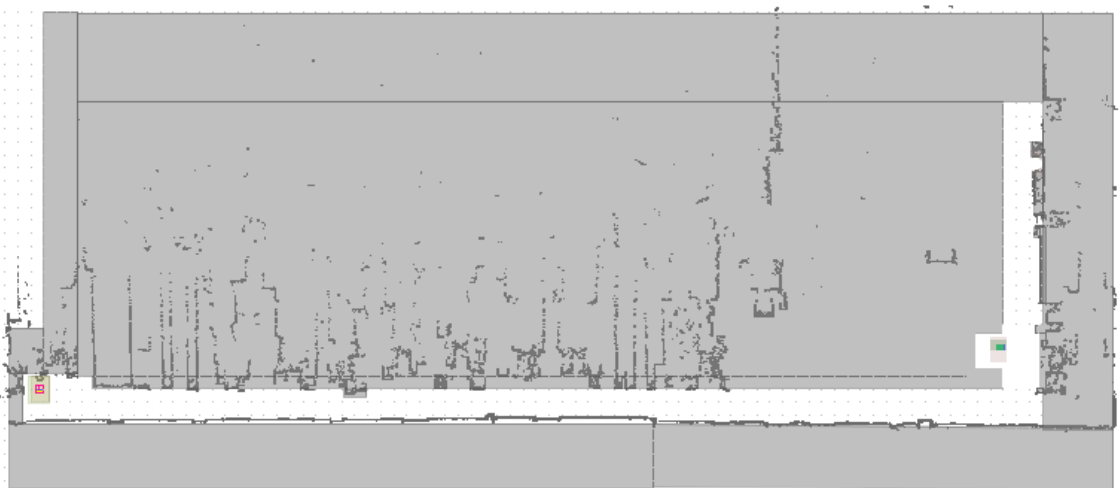


Figura 68. Harta definita de obstacole fixe si mobile

Odata ce toate aceste obiectele mobile au fost sterse de pe harta se salveaza modificarile si se inchide editorul hartii.

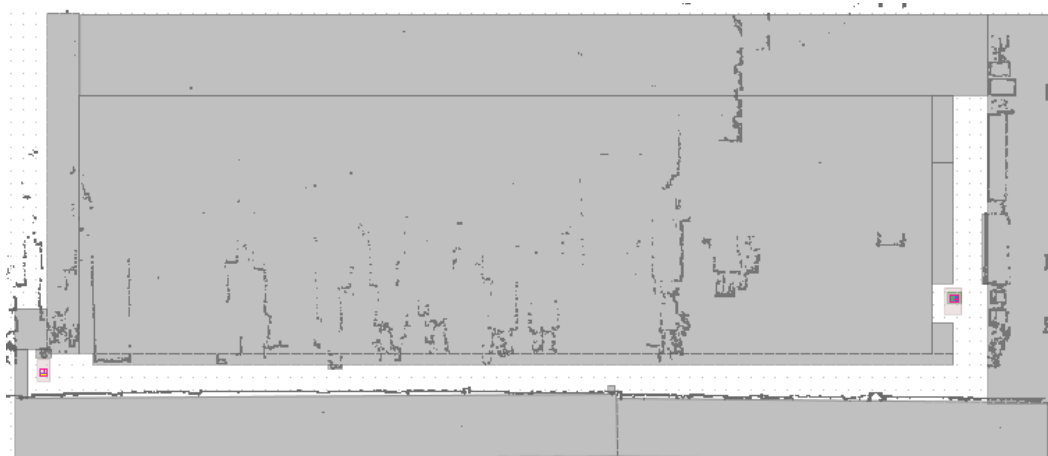


Figura 69. Harta definita doar de obstacole fixe

Dupa efectuarea modificarilor se procedeaza la testarea robotului folosind noua harta. Se v-a masura din nou timpul pentru a se calcula noul timp mediu necesar efectuarii operatiei de transport pe traseul stabilit.

Linia	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Timp mediu
10 PSS	6:47	6:33	6:40	6:25	6:44	6:39	6:41	<b>6:38</b>

Figura 70. Masuratorile de timp efectuate dupa optimizarea hartii

Se poate observa cum odata cu optimizarea hartii timpul mediu necesar efectuarii traseului de catre robot a scazut de la 7:29 de minute la 6:38 de minute. Diferenta intre timpul necesar operatorului si timpul necesar robotului este acum, in medie, de 13 secunde.

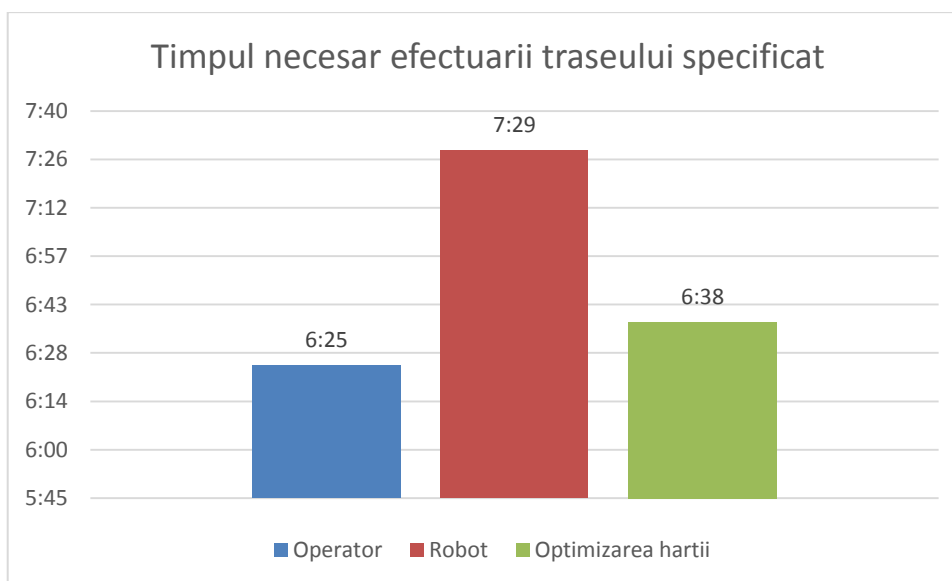


Figura 71. Comparatie a timpului mediu obtinut cu timpii medii precedenti

## 10.2. Aplicarea regulilor de circulatie

In momentul de fata robotul este nevoi sa ocoleasca oamenii care circula pe traseul pe care se deplaseaza robotul iar urmatorul pas este impunerea robotului de a circula pe o o parte a culoarului, cealalta parte revenind circulatiei oamenilor.

De asemenea oamenii au fost intruiti ca pe aceasta portiunea sa circule pe partea stanga, pe langa perete si usile de la birourile de langa iar robotul sa circule de-alungul echipamentelor de productie pe partea stanga.

Modificarea pe harta prevede definirea unor zone in care robotul sa nu circule doar atunci cand apare un obstacol pe traseul ramas liber si nedefinit cu vreo zone speciala. Astfel, in eventualitatea in care culoare pe care acesta se deplaseaza este liber acesta v-a circula pe partea stanga iar in cazul in care apare un osbtacol pe directia de deplasare robotul v-a depasi pe partea dreapta obstacolul si va reveni pe partea stanga a culoarului.

In urma modificarii harta v-a arata astfel, cu zonele albastre impuse a fiind folosite de catre robot doar in cazul depasirii unui obstacol.

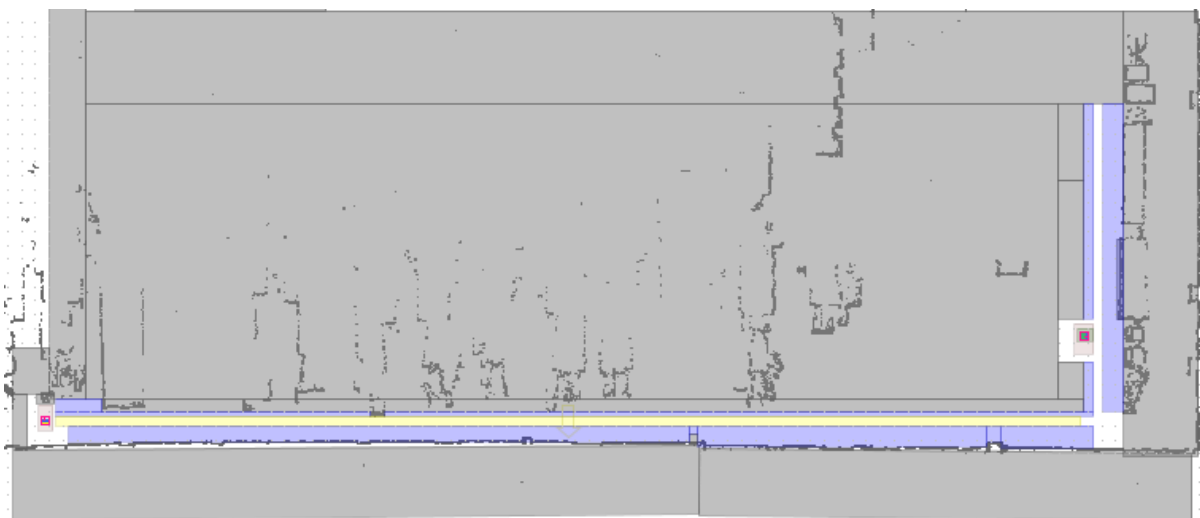


Figura 72. Harta optimizata prin impunerea zonei preferate de deplasare a robotului

In urma acestei modificari se v-a masura din nou timpul necesar efectuarii operatiuni de transport si compararea acestuia cu timpii precedenti.

Linia	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Timp mediu
10 PSS	5:12	5:01	5:19	4:58	5:07	5:03	5:11	<b>5:07</b>

Figura 73. Masuratorile de timp realizate in urma definirii zonelor preferate de deplasare ale robotului

In urma acestei optimizari de poate observa o scadere majora a timpului mediu necesar efectuarii traseului de catre robot. Acest timp mediu este acum 5:07 minute, cu 1:18 minute mai mic decat timpul mediu necesar inainte de automatizarea acestui procesului.

Comparand din nou timpul mediu obtinut se poate observa ca de data aceasta robotul este mai eficient decat operatorul uman cand vine vorba de a efectua traseul dorit, transportand cutia cu materiale pe linia de productie.

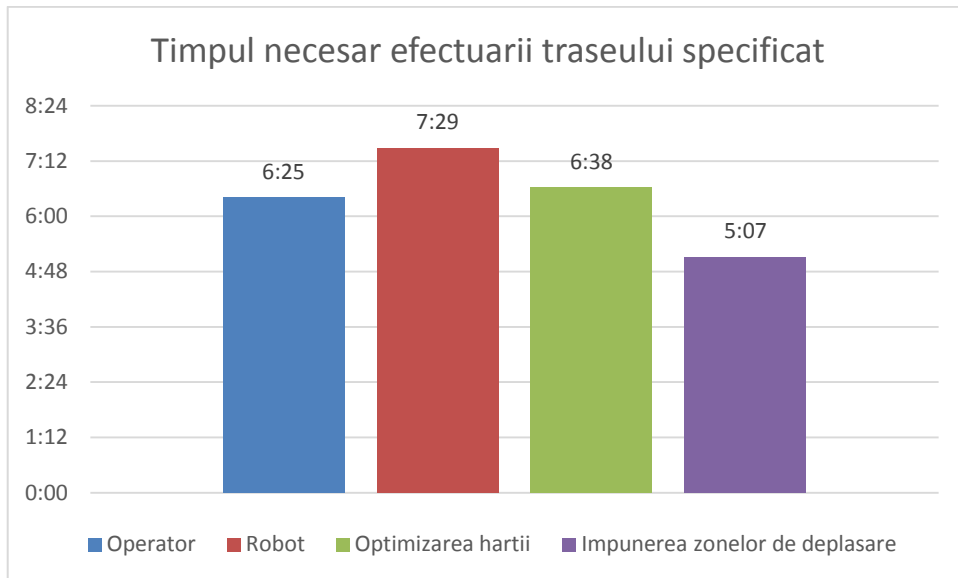


Figura 74. Comparatie a timpului mediu obtinut in urma impunerea zonelor de deplasare ale robotului

## 11. Concluzii

Aplicatiile robotizate din ziua de azi sunt tot mai numeroase iar toate au ca scop principal reducerea costurilor operationale aferente industriei. De asemenea trend-ul actual este de a inlocui oamenii care efectueaza aceste operatii, cu scopul obtinerii unor rezultate constante.

In cadrul acestui proiect s-a decis testarea si implementarea acestei aplicatii robotizate pe o singura linie cu scopul identificarii gradului de aplicabilitate. In conditiile actuale, rezultate abtinate de in urma testelor a demonstrat ca robotul utilizat este eficient si isi poate indeplini toate atributiile cu succes intr-un timp mai mic decat timpul necesar anterior.

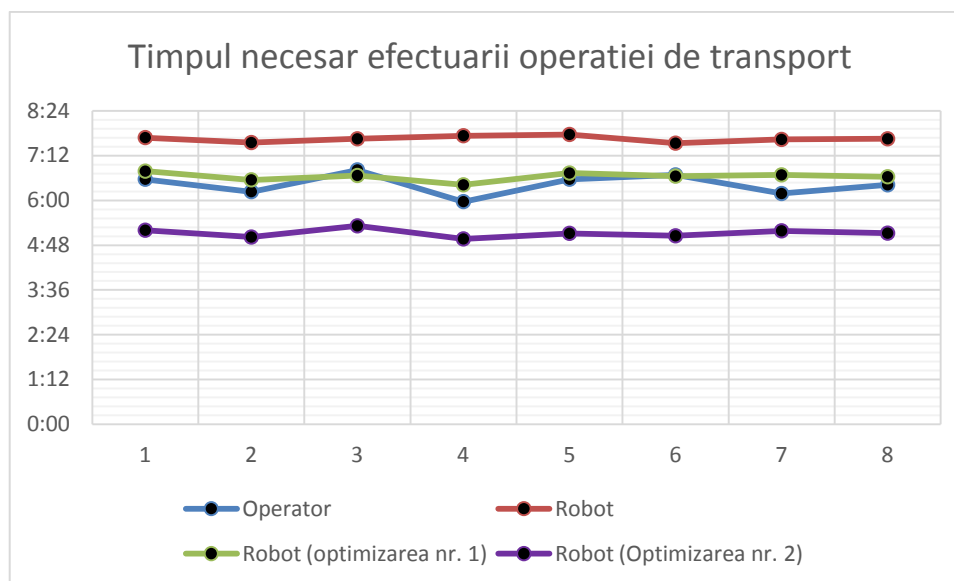


Figura 75. Grafic cu variatia timpului in toate cele 4 cazuri

Desigur, este absolut necesar ca aplicatia sa fie optimizata pentru obtinerea unor rezultate favorabile.

Pe langa reducerea timpului mediu de efectuare a transportului se poate observa de asemenea in graficul de mai sus se poate observa o corelare directa intre obtinerea unor rezultate cat mai constante si optimizarile aduse procesului, de la simpla inlocuire a operatorului uman cu un robot pana la modificarile aduse hartii robotului si impunerea unei directii de deplasare a acestuia.

Robotul nu doar ca realizeaza operatia intr-un timp mai scurt dar acest timp este si mult mai predictibil si nu variaza la fel ca si timpul precedent in care operatorul era cel care efectua operatia de transport.

De asemenea, se poate concluziona prin analogie ca in cazul in care aplicatiile robotizate nu sunt optimizate si se incarca implementarea lor in absenta unei analize prealabile a situatiei in care v-a fi folosita aplicatia, rezultatele obtinute pot fi de regula nefavorabile si neeficiente.

Flexibilitatea robotiilor ghidati in mod automat este reprezentata de abilitatea acestora de a merge pe anumite directii, cu anumite viteze, intr-o anumita ordine si tocmai de aceea in urma



manierii predictibile a aplicatiilor se pot observa clar potentialele probleme ce pot aparea sau ce pot duce la obtinerea unor rezultate ineficiente din partea aplicatiei.

De regula vehiculele ghidate automat au doua probleme foarte des intalnite in cadrul functionarii lor. Una din probleme este ghidarea efectiva pe harta cu ajutorul reperelor prezente in mediul inconjurator. Este de preferat ca definirea acestor repere sa se faca cu atentie si sa se evite definirea ca puncte de reper a obiectelor mobile sau pe roti ce se pot deplasa si au punct de coordonate variabile pe harta.

A doua problema, probabil si cel mai des intalnita, in cazul folosirii oricaror tipuri de roboti este evitarea obstacolelor. Majoritatea aplicatiilor robotizate au un traseu fix si prestabilit de functionare ce nu le permite ocolirea unui obstacol aflat pe directia lor de mers. De regula aceste tipuri de roboti sunt cei care utilizeaza benzi magnetice sau fire inductive in podea pentru ghidarea acestora. Astfel modul de navigatie al robotului nu este dinamic iar functionarea robotului poate fi ingreunata sau chiar oprita in cazul in care pe aceste trasee apar obstacole. Totusi, in cazul acestor tipuri de aplicatii se asigura ca de regula nu sunt obstacole in locurile prin care robotii isi desfasoara activitatea. In cazul in care traseele de deplasare ale robotilor sunt inevitabil traversate de catre oameni sau pe anumite portiuni din traseu pot aparea obstacole temporare, se prefera folosirea robotilor automoni dinamici dotati cu sisteme de detectie preventiva si recalculare a rutelor de deplasara.

Un aspect foarte important in functionarea acestor roboti nu este doar si transportul efectiv al materialelor ci si felul in care acestia fac transferul si preluarea obiectelor transportate.

Momentan, operatiunea incarcare a robotului cu materiale se face cu ajutorul unui operator uman care are simplul obiectiv de a incarca fizic robotul cu materiale, robotul efectuand transportul in mod automat si autonom in timp ce operatorul se poate ocupa de aprovizionarea cu materiale a altei linii de productie. Acestia pot lucra in tandem, astfel economisindu-se timp si reducandu-se costurile aferente realizatii procesului.

Studiul intern realizat asupra acestei aplicatii a concluzionat ca urmatorul aspect al acestei automatizari este inlocuirea completa a operatorului uman si implementarea unui sistem de conveioare care sa faciliteze incarcarea cu materiale a robotului. De asemenea in punctele in care robotul are sarcina de a duce materialele, la fel, se planifica montarea unui sistem similar de conveioare care sa preia materialele aduse de catre robot.

De asemenea se planifica folosirea a unui grup de roboti care sa functioneze in tandem pe trasee diferite, fiecare cu rolul de a prelua, transporta si descarca materiale necesare pe linia de productie.

Concluzia acestei lucrari este ca folosirea robotiilor destinatiti transportului de materiale este o idee eficienta si ieftina si cu ajutorul unui plan logistic bine gandit aceasta operatie poate fi efectuata in viitor exclusiv de catre roboti, fara ajutorul operator uman.

## 12. Bibliografie

1. <http://conspecte.com/Logistica/transporturile-de-materii-prime-materiale-si-marfuri.html>
2. <https://www.iprotectiamuncii.ro/norme-protectia-muncii/nssm-57>
3. <http://www.nutek-europe.com/used-stock/laser-marking-system-series-3/>
4. [http://www.smtnet.com/index.cfm?fuseaction=search\\_submit&searchstring=dek%20horizon%2003i&collection=site\\_catalog](http://www.smtnet.com/index.cfm?fuseaction=search_submit&searchstring=dek%20horizon%2003i&collection=site_catalog)
5. <https://www.slideshare.net/danro98/solder-paste-screen-printing>
6. <http://www.hpetch.se/en/products/about-stencils/>
7. <http://www.apexfa.com/product/sj-inno-tech/>
8. <http://www.siplace.com/en/smt>
9. [http://www.smtnet.com/news/index.cfm?fuseaction=view\\_news&news\\_id=9698](http://www.smtnet.com/news/index.cfm?fuseaction=view_news&news_id=9698)
10. <http://www.senju-m.co.jp/en/product/ecosolder/lowsilver/>
11. <http://www.viscom.com/europe/products/solder-joint-inspection-aoi/s6056-high-end-aoi/>
12. <http://www.miselectronics.com/PCB-AOI-Testing.html>
13. <https://www.sparkfun.com/tutorials/58>
14. <http://morethanall.manufacturer.globalsources.com/si/6008815397891/pdtl/USB-2.0/1066309863/Micro-USB-Connector-SMT-Reel.htm>
15. <http://oeeindustrystandard.oeefoundation.org/oee-calculation/>
16. <http://www.teknis.co.uk/c-1134-shelving.aspx>
17. <http://ndcsolutions.com/building-agvs/>