

Raport științific și tehnic – 2021, sinteză P1 UPIT

A) Rezumatul etapei

Obiectivul general al proiectului component 1 (Îmbunătățirea fluxurilor de producție din industriile de automobile și aerospațială prin integrarea metodelor și tehnicilor moderne de managementul producției), coordonat de UPIT, constă în dezvoltarea unei metodologii de îmbunătățire a fluxurilor de producție, prin integrarea metodelor, tehnicilor și instrumentelor moderne de managementul producției și realizarea în laborator a unui demonstrator experimental pentru utilizarea acesteia, plecând de la un model conceptual de nivel TRL2.

Etapa IV – 2021 s-a intitulat „Validarea metodologiei de îmbunătățire a fluxurilor de producție în condiții de laborator”. Activitățile din această etapă s-au desfășurat în conformitate cu planul de realizare a proiectului, fiind descrise pe scurt în cele ce urmează.

Activitatea 1-4-1: Aplicarea și validarea metodologiei de îmbunătățire a fluxurilor de producție în condiții de laborator

În această etapă de cercetare industrială a fost validată metodologia de îmbunătățire a fluxurilor de producție, prin utilizarea demonstratorului experimental dezvoltat în etapele anterioare în cadrul laboratorului de cercetare. Activitatea s-a finalizat prin realizarea *Raportului de validare*. Pe baza rapoartelor de experimentare și a Ghidului preliminar realizate în etapele precedente, a fost elaborat un *Ghid de utilizare a metodologiei de îmbunătățire a fluxurilor de producție*.

Activitatea 1-4-2: Diseminare – publicitate rezultate finale

În această etapă a fost elaborat și publicat un articol științific (în revistă cotate ISI, Q2), iar metodologia și ghidul elaborate în cadrul cercetărilor din proiect au fost integrate într-o carte de specialitate, care a fost publicată la o editură recunoscută CNCSIS. Pentru diseminarea rezultatelor proiectului a fost organizat un workshop (în data de 20.04.2021) la care au participat firme industriale regionale, a fost realizat un poster și un roll-up și a fost actualizată pagina web a proiectului component.

Rezultatele obținute în această etapă a proiectului sunt detaliate la punctul C al prezentului Raport.

B) Descrierea științifică și tehnică

Metodologia de îmbunătățire a fluxurilor de producție, fig. 1, dezvoltată în cadrul etapelor precedente ale proiectului – a fost experimentată și validată în laboratorul de cercetare în această ultimă etapă a proiectului. Acest laborator, de tip *Lean learning factory* - fig. 2, cuprinde un demonstrator experimental și platforme de cercetare-învățare integrate, specifice fiecărei direcții de studiu ale conceptului nișial, respectiv: layout design (echipamente fizice modulare și flexibile pentru configurarea și alimentarea posturilor de lucru și pentru realizarea transferului interoperațional, sistem digitizat pentru un post de lucru, elemente suport pentru analiza amplasării mijloacelor de producție: tablă și videoproiector), modele - simulare fluxuri de producție (ghid de învățare a utilizării modelării și simulării în analiza sistemelor de producție) și Lean manufacturing (VSM, 5S, Poka-Yoke, DOJO etc.).



Figura 2. Vedere de ansamblu a laboratorului „Lean learning factory”

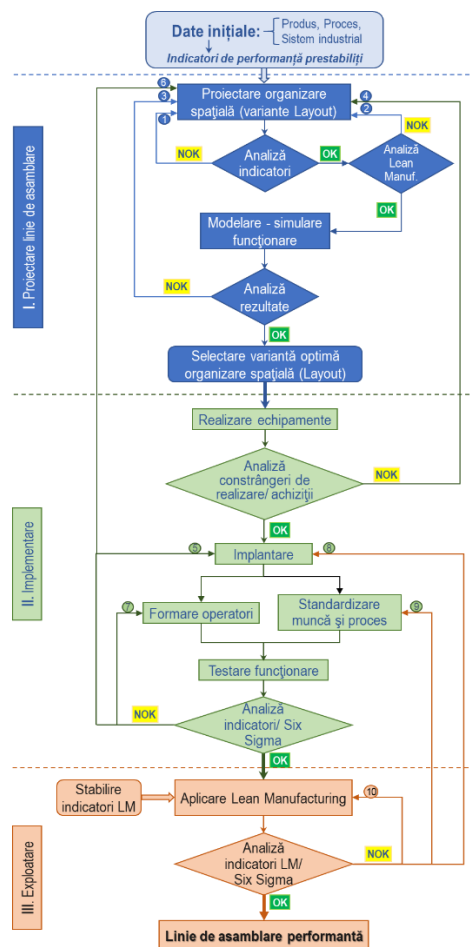


Figura 1. Metodologia de îmbunătățire a fluxurilor de producție

S-a utilizat ca produs experimental un volan, fig. 3, care permite realizarea unei diversități de produse, iar ca proces de cercetat și experimentat, procesul de asamblare a acestuia, care conține un număr important de activități manuale. Ca zonă de implementare a liniei de producție s-a considerat sala laboratorului de cercetare, fig.3, cu toate caracteristicile specifice acesteia. Ca date impuse s-au considerat anumiți indicatori de performanță ai liniei de producție (ca de exemplu: cycle time, takt time etc.).

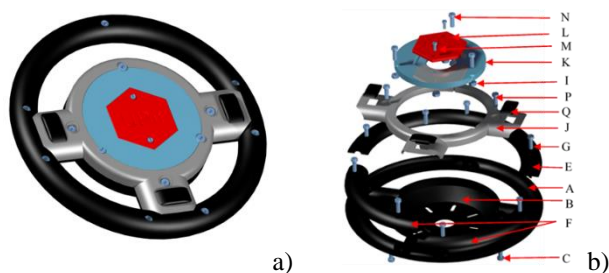


Figura 3. Produsul experimental: a) model 3D; b) structura de descompunere

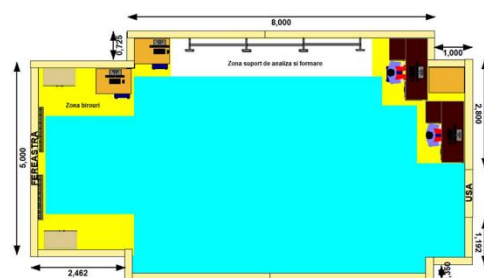


Figura 4. Sala de laborator destinată amplasării demonstratorului experimental

Pornind de la aceste date inițiale și utilizând platformele și echipamentele dezvoltate în etapele anterioare ale proiectului s-au parcurs integral toate etapele metodologiei dezvoltate și au fost realizate ultimele corecții/ modificări asupra acesteia. În cele ce urmează se prezintă, în sinteză, etapele parcurse.

Prima etapă, de **proiectare a liniei de asamblare**, s-a bazat în mare parte pe cercetările realizate în etapele anterioare. Astfel, pornind de la analiza datelor inițiale s-au proiectat succesiv elementele componente ale liniei de asamblare: cele independente de sistemul de alimentare cu componente și sistemul de transport interoperațional, sistemului de alimentare cu componente a posturilor de lucru, elementele dependente de metoda de alimentare cu componente a postului de lucru, elementele de transport interoperațional, care au fost integrate în posturile de lucru. Ulterior, au fost dezvoltate mai multe variante de organizare spațială a liniei de asamblare, fig.4, pentru fiecare dintre acestea analizându-se indicatorii specifici organizării și cei Lean manufacturing.

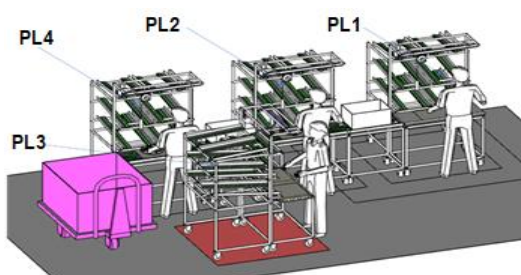


Figura 5. Varianta II de amenajare spațială a liniei de asamblare (model 3D)

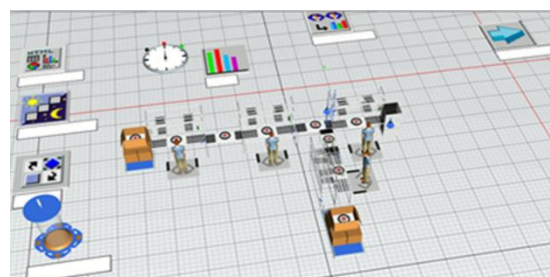


Figura 6. Model al liniei de asamblare (V II) simulat în softul PlantSimulation

S-a modelat și simulat funcționarea liniei de asamblare pentru fiecare variantă de amenajare spațială a sa și pentru diferite scenarii de producție, fig.6, aplicând metodologia de modelare-simulare dezvoltată în proiect. Astfel, pe de o parte a fost testată metodologia propusă și, pe de altă parte a fost selectată varianta optimă de organizare a liniei de asamblare (amenajare spațială și scenariu de producție).

În cea de-a doua etapă, de **implementare a liniei de asamblare**, s-a finalizat realizarea efectivă în laboratorul de cercetare a liniei de asamblare, fig. 7, pe baza elementelor concepute în etapa precedentă. Această linie de asamblare reprezintă *demonstratorul experimental* pentru cercetarea și experimentarea metodelor specifice Lean manufacturing.



Figura 7. Demonstratorul experimental – linia de asamblare în cea de-a doua variantă de organizare spațială: a) imagine din laborator; b) schița 2D a implantării

După realizarea efectivă a liniei de asamblare s-au stabilit standardele (instrucțiunile) de lucru pentru fiecare post din cadrul acesteia, s-a elaborat ciclul elementar de muncă al operatorilor din cadrul liniei de asamblare, fig. 8, și s-au format operatorii, prin realizarea unor ateliere DOJO, fig. 9.

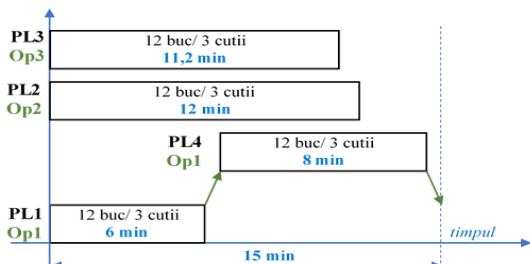


Figura 8. Ciclul elementar de muncă al operatorilor din cadrul liniei de asamblare



Figura 9. Atelier DOJO pentru postul de lucru automatizat, PL4

După elaborarea standardelor de muncă și de proces și formarea operatorilor s-a testat funcționarea liniei de asamblare. Testele s-au derulat de mai multe ori de-a lungul unei zile, desfășurând cu aceiași operatori în posturile de lucru mai multe „cicluri elementare de muncă”. De asemenea, testele s-au efectuat și în câteva zile succesive, când au fost utilizați alți operatori în posturile de lucru. S-a observat direct modul de derulare a proceselor individuale de la posturile de lucru și corelarea activităților dintre posturile de lucru înlănțuite, dar s-a urmărit și evidențierea stării de odihnă și dispoziție a operatorilor asupra modului de desfășurare a proceselor din cadrul liniei, precum și influența ritmului de lucru al operatorilor asupra desfășurării procesului de producție. De asemenea, a fost aplicată metodologia Lean Six Sigma, fig. 10, pentru a analiza dacă procesele de muncă din cadrul liniei de asamblare sunt controlabile și performante, urmărind stabilizarea acestora și încadrarea duratelor în normele stabilite.

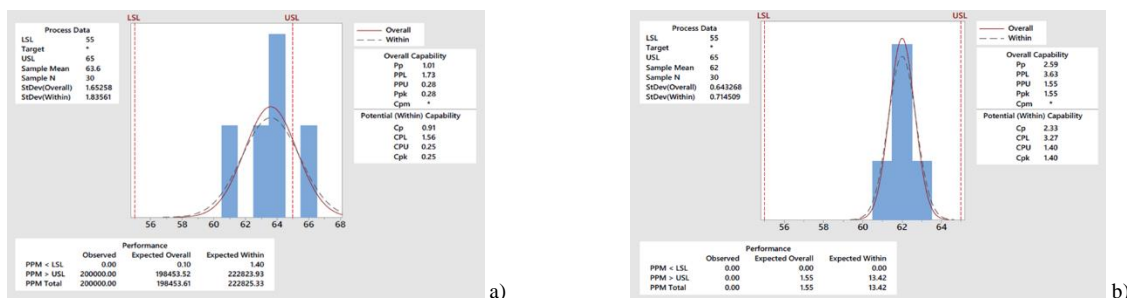


Figura 10. Capabilitatea procesului asamblare – PL2:

a) după formarea inițială a operatorilor; b) după implementarea planului de acțiuni

Cea de-a treia etapă a metodologiei, de **exploatare a liniei de asamblare**, a constat în aplicarea metodelor și tehnicilor specifice Lean manufacturing, conform metodologiei și instrumentelor dezvoltate în cadrul proiectului. Au fost evaluate performanțele liniei de asamblare utilizând metoda VSM, fig.11, lucru care a permis identificarea ideilor de îmbunătățire.



Figura 11. Analiza VSM pentru linia de asamblare



Figura 12. Reorganizarea în formă de „U” a liniei de asamblare

Astfel, au fost realizate studii în mai multe direcții, rezultând:

- Eliminarea activităților fără valoare adăugată de tip deplasare a operatorului ce deservește posturile de lucru 1 și 4 prin reorganizarea spațială a liniei de asamblare, fig. 12;
- Eliminarea riscurilor ce afectează siguranța și ergonomia operatorului în posturile de lucru prin implementarea metodei Kaizen, fig.13.

- Eliminarea defectelor de calitate apărute ca urmare a erorilor umane ce au loc la asamblarea unor repere prin implementarea în posturile de lucru a unor dispozitive de tip Poka-Yoke, fig.14;
- Creșterea dexterității operatorului din postul de lucru 3, în legătură cu realizarea pregătirii – reglării sistemului „pick by light” de la postul de lucru 4 prin implementarea metodei DOJO și realizarea unei proceduri pentru reglarea postului de lucru automatizat (PL 4).



Raport Kaizen			
Locație	Departament		
UPIT	LLF		
Situația inițială (Care este problema identificată?)	Soluții propuse (Ce trebuie implementat, schimbat sau îmbunătățit?)		
Ambalaje de depozitare prea mari	Înlocuire ambalaje		
Mod de alimentare greș	Modificare mod de alimentare		
Postul nu este ergonomic	Aplicare concepte ergonomice		
Postul nu este standardizat	Standardizare post		
Structura digitală neprecizată	Optimizare structură digitală		
Înainte (imagini, diagrame, etc.)	După (imagini, diagrame, etc.)		
			
Tipul beneficiilor	Descrierea beneficiilor (siguranță, calitate, timp, costuri etc.)		
<input checked="" type="checkbox"/> Calitate <input type="checkbox"/> Cost <input type="checkbox"/> Transport <input checked="" type="checkbox"/> Eficiență <input checked="" type="checkbox"/> Pierderi	<input type="checkbox"/> Siguranță <input type="checkbox"/> Mediu / Energie <input type="checkbox"/> Satisfacția clienților <input type="checkbox"/> Satisfacție <input type="checkbox"/> Altele		
Eliminarea problemelor de calitate cauzate de diversitatea produselor Eficientizarea procesului de asamblare prin îmbunătățirea structurii digitale			
Creat	Validat	Aprobat	Data de contact
Catalina N.	Nadia B.	Eduard N.	
Membrii echipei Kaizen			
Eduard N., Ana G., Nadia B., Catalina N., Iuliana P.			
Data implementării	Data completării	Observații	
08.02.2021	15.03.2021		

Figura 13. Implementarea metodei Kaizen



Figura 14. Implementarea unor dispozitive de tip Poka-Yoke

Aplicarea acestor îmbunătățiri au avut un efect pozitiv asupra funcționării liniei de asamblare, în sensul creșterii nivelului de performanță a acesteia, aspect care a evidențiat utilitatea aplicării metodelor și tehnicilor specifice Lean manufacturing în exploatarea liniei de asamblare.

Prin parcurgerea acestei etape a proiectului a fost validată forma finală a metodologiei de îmbunătățire a fluxurilor de producție, iar pentru a facilita înțelegerea și aplicarea corespunzătoare a acesteia s-a elaborat un ghid cuprinzând un *Exemplu de utilizare a metodologiei pentru îmbunătățirea fluxurilor de producție pe o linie de asamblare*. Acesta descrie modul concret de punere în practică a metodologiei dezvoltate, cu detalierea activităților specifice acesteia, pentru realizarea în cadrul laboratorului de cercetare produsului experimental volan.

C) Rezultate obținute

Partenerul P1 – UPIT din cadrul proiectului complex *a îndeplinit integral toate obiectivele asumate*

I. 1 Raport de experimentare care conține descrierea modului de punere în practică, în condiții de laborator (demonstratorul experimental), a întregii metodologii de îmbunătățire a fluxurilor pe liniile de producție.

II. 1 Ghid de utilizare a metodologiei: prezintă un exemplu de aplicare a metodologiei elaborată în cadrul proiectului, constând în parcurgerea etapelor și pașilor specifice acesteia pentru dezvoltarea-organizarea unei linii de asamblare a unui produs experimental, în condiții de laborator.

III. 1 Workshop pentru diseminarea rezultatelor proiectului: ”Îmbunătățirea fluxurilor de producție din industria de automobile – Lean Manufacturing”, organizat on-line pe 20.04.2021. La acesta au participat reprezentanți din zece firme industriale și o asociație profesională ACAROM, toate din industria de automobile. În cadrul acestuia au fost prezentate principalele rezultate ale proiectului, au fost discutate posibilități de realizare de servicii de cercetare și tehnologice, precum și de colaborare în viitoarele competiții de proiecte de cercetare.

IV. Materiale de prezentare a proiectului: au fost elaborate și realizate **1 poster și 1 roll-up** cu scopul de a evidenția principalele rezultate ale proiectului.

V. 1 pagină web dedicată proiectului component 1 coordonat de partenerul P1 - UPIT, disponibilă la adresa: <https://www.upit.ro/ro/cercetare-stiintifica/centrul-regional-crcd/proiecte-de-cercetare-in-derulare-crcda/tfi-pmaiaa>

VI. 2 publicații științifice originale, bazate pe cercetările realizate în cadrul proiectului component 1 coordonat de UPIT:

1. **A.C. Gavriluță, E.L. Nițu, C.A. Gavriluță,** *Algorithm to Use Some Specific Lean Manufacturing Methods: Application in an Industrial Production Process*, Processes 2021, 9, 641. <https://doi.org/10.3390/pr9040641> (revistă cotate ISI cu FI 2.753, Q2)

2. **Îmbunătățirea fluxurilor de producție: metodologie de aplicare pentru liniile de asamblare**, Nițu E. L., Gavriluță A. C., Belu N., Gavriluță C. A., Anghel D. C., Rizea A. D., Neacșu G. C., Pascu I. G., Editura Universității din Pitești, 2021, ISBN: 978-606-560-700-2

VII. 1 transfer tehnologic: Continuarea valorificării rezultatelor proiectului prin transfer tehnologic către firme industriale, realizând serviciul științific „*Studiu privind îmbunătățirea fluxului de producție din cadrul zonei de topografie prin implementarea conceptului Lean Manufacturing*”. Acest serviciu este realizat sub formă de proiect de cercetare științifică (contract 6615/16.07.2020) către firma SC GOLD PLAST PRODUCTION SRL, desfășurat în perioada 16.07.2020 – 31.07.2021. Echipa implicată în acest proiect este formată din: ș.l. dr. ing. Gavriluță Ana – director, prof. dr. ing. Nițu Eduard, ACS drd. ing. Pascu Iuliana, ACS drd. ing. Neacșu Cătălina – membri.

D) Prezentarea structurii ofertei de servicii de cercetare și tehnologice

Dezvoltarea în cadrul proiectului de cercetare a laboratoarelor ISP & Lean manufacturing (sala I 123) și Modelare-simulare & Întreprindere simulată (sala I 107) și a competențelor membrilor echipei, a îmbogățit oferta de servicii de cercetare care pot fi transferate de centrul de cercetare din care face parte echipa partenerului P1 – UPIT (CRC&D-Auto) către firme din mediul industrial. Această ofertă este disponibilă pe platforma ERRIS și este accesibilă la adresa: <https://www.upit.ro/ro/cercetare-stiintifica/centrul-regional-crcd>, iar serviciile create în cadrul proiectului constau în:

- Organizarea spațială a sistemelor de producție (Layout of production systems): crearea de noi modele conceptuale de layout; modificarea și analizarea layout-ului unui sistem de producție pentru noi cerințe; identificarea metodelor și instrumentelor specifice ce pot crește performanța sistemului de producție;
- Learning factory (fabrică de învățare): deprinderea în laborator a principalelor metode și tehnici și utilizarea unor instrumente specifice ameliorării fluxurilor de producție;
- Modelarea și simularea fluxurilor de producție și logistice: analiza și îmbunătățirea fluxurilor de producție și logistice prin modelare-simulare cu evenimente discrete;
- Îmbunătățirea fluxurilor de producție și logistice utilizând conceptul Lean manufacturing: analiza și îmbunătățirea performanțelor sistemelor de producție cu ajutorul conceptelor specifice Lean Manufacturing (VSM, Kaizen, Dojo, Poka Yoke, 5S etc);
- Formare în Modelare-Simulare și Lean Manufacturing: formarea în cele două domenii utilizând conceptul Learning factory (fabrică de învățare).

E) Locuri de muncă susținute prin program

Echipa de cercetare a partenerului P1 – UPIT a fost alcătuită din 10 persoane: 7 cercetători cu experiență (cadre didactice universitare), 1 doctorand și 2 asistenți de cercetare științifică – nou angajați. Celor doi asistenți de cercetare nou angajați în anul 2018 le-a fost prelungit contractul de muncă pe o perioadă de 2 ani, începând cu 01.09.2020, fiind plătiți din resursele proprii ale universității.

F) Prezentarea valorificării / îmbunătățirii competențelor / resurselor existente la nivelul consorțiului (cecuri)

Partenerul P1 – UPIT a valorificat *CEC-uri de mobilitate de tip B*, constând într-o vizită de lucru de o zi la Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați – partener P4, la care au participat 3 cercetători cu experiență. Mobilitatea s-a desfășurat în data de 16.04.2021 și a constat în întărirea capacității instituționale a partenerului UPIT, prin *îmbunătățirea competențelor privind scanarea laser 3D a reperelor din industria auto*. În cadrul acestei vizite s-au analizat posibilitățile și limitele de utilizare a echipamentelor de scanare laser 3D pentru piesele din industria auto, tehnologia de măsurare și s-au făcut analize comparative cu măsurarea 3D convențională privind precizia de măsurare. Au fost utilizate soluții software de scanare 3D (GOM-scan, GOM-inspect) și s-a analizat posibilitățile de integrare cu sistemele CAD. De asemenea, au fost realizate aplicații de tip reverse engineering pe piese din industria auto.