

Formulari- F2



UNIVERSITETI I PRISHTINËS  
"HASAN PRISHTINA"  
UNIVERSITY OF PRISHTINA

Rr. Xhorxh Bush, Ndërtesa e Rektoratit, 10 000 Prishtinë, Republika e Kosovës  
Tel: +381 38 244 183 • E-mail: rektorati@uni-pr.edu • www.uni-pr.edu

Nr. Prot.: 1180  
Datë: 08/07/2025

RAPORT VLERËSIMI TË DORËSHKRIMIT TË PUNIMIT TE DIPLOMES  
MASTER

FAKULTETI	Fakulteti i Inxhinierisë Mekanike
Departamenti/ Programi	Prodhimtari dhe Inxhinieri Industriale me Menaxhment
Projektpropozimi	HULUMTIMI I ROLIT TË SISTEMEVE FLEKSIBILE TË PRODHIMIT NË PROMOVIMIN E PRAKTIKAVE TË QËNDRUESHME TË PRODHIMIT
Kandidati	BSc. Mergesa Morina
Mentori	Prof. Dr. Mirlind Bruçi
Aprovimi i projekt propozimit në Këshillin e Fakultetit	Datë: 20.03.2025 Vendimi nr.: 2-436/2
<p>Vlerësimi i dorëshkrimit</p> <p>Në bazë të vendimit nr. 2-436/2 të datës 20.03.2025, të Këshillit të Fakultetit të Inxhinierisë Mekanike në Prishtinë, është formuar komisioni në përbërje:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Prof. Asoc. Xhevahir Bajrami</b>, kryetar</li> <li>2. <b>Prof. Asoc. Dr. Afrim Gjelaj</b>, anëtar</li> <li>3. <b>Prof. Dr. Mirlind Bruçi</b>, mentor</li> </ol> <p>Për vlerësimin e punimit Master me titull "Hulumtimi i Rolit të Sistemeve Fleksibile të Prodhimit në Promovimin e Praktikave të Qëndrueshme të Prodhimit" të kandidatit <b>Mergesa Morina</b>.</p> <p>Pas shqyrtimit të punimit të lartpërmendur, Komisioni jep këtë:</p> <p style="text-align: center;"><b>R A P O R T</b></p> <p>Punimi Master me titull "Hulumtimi i Rolit të Sistemeve Fleksibile të Prodhimit në Promovimin e Praktikave të Qëndrueshme të Prodhimit" është strukturuar në kapituj kryesorë dhe është ilustruar me figura, grafe dhe tabela të nevojshme.</p>	

## Formulari- F2

### **Hyrje**

Ky kapitull paraqet rëndësinë e sistemeve fleksibile të prodhimit në arritjen e qëndrueshmërisë. Ky hulumtim prezanton strategjitë e projektimit, optimizimit dhe zbatimit të SFP duke theksuar potencialin e tyre për të arritur objektivat e qëndrueshmërisë ekonomike, mjedisore dhe sociale. Qëllimi më i rëndësishëm është që të plotësohen nevojat e së tashmes në industri, ekonomi dhe më e rëndësishmja, nevojat tona si qenie njerëzore, por, pa kompromentuar mundësinë e gjeneratave të ardhshme për të plotësuar nevojat e tyre.

### **Projektimi dhe Optimizimi i Sistemeve të Qëndrueshme të Prodhimit Fleksibil**

Projektimi dhe optimizimi i sistemeve të qëndrueshme të prodhimit fleksibil kërkon një qasje të integruar që mbulon një sërë komponentësh dhe fazash.

Në këtë kapitull, është paraqitur një qasje moderne e optimizimit dhe se si ajo mund të përdoret për të zgjidhur problemet në prodhimin e qëndrueshëm. Kjo qasje është fikja e makinave për të reduktuar konsumin e energjisë në gjendjen e papunë, kur konsumon energji por nuk kryen ndonjë punë. Kjo zgjidhje nuk e ndikon procesin e prodhimit dhe mund të aplikohet në fusha të ndryshme të prodhimit.

### **Integrimi i Burimeve të Ripërtërishme të Energjisë në Sistemet Fleksibile të Prodhimit**

Në këtë kapitull është shpjeguar rëndësia e integrimit të burimeve të ripërtërishme të energjisë në sistemet fleksibile të prodhimit në rrugëtimin drejt prodhimit të qëndrueshëm.

Më në detaje janë elaboruar:

- Prodhimi i avacuar
- Reduktimi i kostove të energjisë dhe emetimet e CO2 nga sistemi i prodhimit fleksibil përmes integrimit të energjisë së rinovueshme
- Integrimi i energjisë së ripërtërishme në sektorin e industrisë

### **Vlerësimi i Ciklit Jetësor të Sistemeve Fleksibile të Prodhimit**

Ky kapitull përshkruan se si vlerësimi i ciklit jetësor (ang. Life Cycle Assessment - LCA) për sistemet fleksibile të prodhimit është një proces sistematik që mat ndikimin mjedisor të këtyre sistemeve gjatë gjithë jetës së tyre, nga fillimi deri në fund. Më konkretisht ky kapitull ilustron gjurmën mjedisore të gjysmëpërçuesve dhe përpjekjet e vazhdueshme për ta minimizuar atë nëpërmjet analizës së ciklit jetësor.

### **Zbatimi i Parimeve të Lean Manufacturing në Sistemet Fleksibile të Prodhimit**

## Formulari- F2

Ky kapitull eksploron integrimin e Sistemeve Fleksibile të Prodhimit (SFP) me parimet e Prodhimit Lean, duke theksuar se si një transformim Lean lehtëson përdorimin e robotikës dhe automatizimit në SFP. Ekziston një lidhje e fortë në mes të parimeve SFP dhe Lean bashkë me integrimin e automatizimit për përshtatshmëri dhe saktësi të përmirësuar në prodhim.

### **Menaxhimi i Qëndrueshëm i Zinxhirit të Furnizimit në Sistemet Fleksibile të Prodhimit**

Në këtë kapitull prezantohet një kornizë që përfshin fleksibilitetin si karakteristikë për projektimin e sistemeve komplekse, socio-ekologjike. Në një sistem kompleks të ndërlidhur, fleksibiliteti lejon vendosjen e shpejtë të burimeve aty ku nevojiten dhe është vendimtar si për inovacionin ashtu edhe për qëndrueshmërinë. Një analizë krahasuese e sistemeve fleksibile të prodhimit, ekonomisë, dhe menaxhimit të zinxhirit të furnizimit është kryer për të identifikuar karakteristikat më të rëndësishme të fleksibilitetit.

### **Qasjet e Ekonomisë Rrethore në Sistemet e Prodhimit Fleksibil**



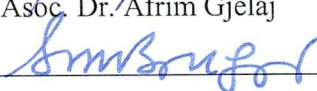
Ky kapitull ofron një pasqyrë të përgjithshme të ndërthurjes së prodhimit dhe inxhinierisë, e ndjekur nga një diskutim mbi fleksibilitetin e lëndës së parë, prodhimin e shpërndarë dhe intensifikimin e proceseve, si dhe rëndësinë e kalimit nga një ekonomi lineare në një ekonomi rrethore.

## P Ë R F U N D I M

Në bazë të të dhënave të përshkuara më lart, Komisioni për Vlerësimin e punimit Master konsideron se punimi është hartuar në nivel të duhur, i pasqyruar me figura, diagrame dhe tabela të nevojshme. Prandaj, komisioni i propozon Fakultetit të Inxhinierisë Mekanike në Prishtinë, që punimin Master me titull “**Hulumtimi i Rolit të Sistemeve Fleksibile të Prodhimit në Promovimin e Praktikave të Qëndrueshme të Prodhimit**” të kandidatës **Mergesa Morina**, ta aprovojë si punim për Master dhe ta japë në diskutim publik.

Prishtinë,

Komisioni:

1.   
Prof. Asoc. Xhevdahir Bajrami – kryetar
2.   
Prof. Asoc. Dr. Afrim Gjellaj – anëtar
3.   
Prof. Dr. Mirlind Bruçi – anëtar

**UNIVERSITETI I PRISHTINËS “HASAN PRISHTINA”**  
**FAKULTETI INXHINERISË MEKANIKE**  
**PRODHIMTARI DHE INXHINIERI INDUSTRIALE ME MENAXHMENT**



**PUNIM DIPLOME MASTER**

**HULUMTIMI I ROLIT TË SISTEMEVE FLEKSIBILE TË PRODHIMIT**  
**NË PROMOVIMIN E PRAKTIKAVE TË QËNDRUESHME TË**  
**PRODHIMIT**

**Mentori:**

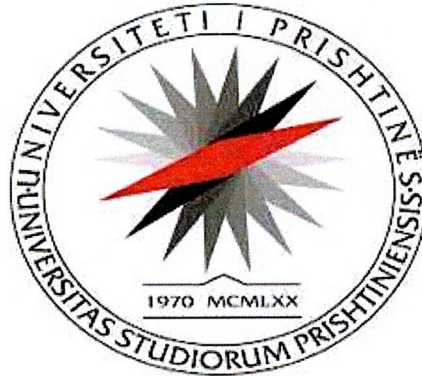
Prof. Dr. Mirlind Bruçi

**Kandidatja:**

Bsc. Mergesa Morina

Prishtinë, 2025

**UNIVERSITY OF PRISHTINA “HASAN PRISHTINA”**  
**FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**MANUFACTURING AND INDUSTRIAL ENGINEERING WITH**  
**MANAGEMENT**



**MASTER'S THESIS**

**INVESTIGATING THE ROLE OF FLEXIBLE MANUFACTURING**  
**SYSTEMS (FMS) IN PROMOTING SUSTAINABLE PRODUCTION**  
**PRACTICES**

**Supervisor:**

Prof. Dr. **Mirlind Bruçi**

**Candidate:**

Bsc. **Mergesa Morina**

Pristina, 2025

## **PËRMBAJTJA PUNIMIT**

<b>PËRMBLEDHJE (ABSTRAKT)</b> .....	6
<b>PYETJET E HULUMTIMIT</b> .....	6
<b>HIPOTEZA</b> .....	7
<b>METODAT DHE TEKNIKAT E HULUMTIMIT</b> .....	7
<b>1. HYRJE</b> .....	8
1.1. Koncepti i prodhimit të qëndrueshëm .....	8
1.2. Rëndësia e SFP në arritjen e qëndrueshmërisë .....	8
<b>2. PROJEKTIMI DHE OPTIMIZIMI I SISTEMEVE TË QËNDRUESHME TË PRODHIMIT FLEKSIBIL</b> .....	10
2.1. Metodatat e optimizimit të sistemeve të qëndrueshme të prodhimit fleksibil .....	11
2.1.1. Politikatat e fikjes në një punëtori të kontrolluar nga koncepti i kontrollit të ngarkesës së punës12	
<b>3. INTEGRIMI I BURIMEVE TË RIPËRTËRITSHME TË ENERGJISË NË SISTEMET FLEKSIBILE TË PRODHIMIT</b> .....	25
3.1. Prodhimi i avancuar .....	25
3.2. Reduktimi i kostove të energjisë dhe emetimet e CO <sub>2</sub> nga sistemi i prodhimit fleksibil përmes integritimit të energjisë së ripërtëritshme.....	26
3.3. Integritimi i energjisë së ripërtëritshme në sektorin e industrisë.....	34
<b>4. VLERËSIMI I CIKLIT JETËSOR TË SISTEMEVE FLEKSIBILE TË PRODHIMIT</b> 41	
4.1. Qasja e ciklit jetësor për të zgjeruar ripërdorimin e pajisjeve në prodhimtarinë fleksibile41	
4.1.1. Mjeti i Vlerësimit Të Sistemit .....	43
4.1.2. Funksionaliteti i Metrikave të Besueshmërisë .....	45
4.1.3. Funksionaliteti i Metrikave LCC .....	46
4.2. Analiza e ciklit jetësor të gjysmëpërçuesve .....	48
<b>5. ZBATIMI I PARIMEVE TË LEAN MANUFACTURING NË SISTEMET FLEKSIBILE TË PRODHIMIT</b> .....	54
5.1. Principet e prodhimit Lean .....	54
5.2. Shtatë llojet e mbeturinave në prodhimin Lean .....	56
5.3. Implementimi i Prodhimit Lean.....	60
<b>6. MENAXHIMI I QËNDRUESHËM I ZINXHIRIT TË FURNIZIMIT NË SISTEMET FLEKSIBILE TË PRODHIMIT</b> .....	63
6.1. Prezantimi i fleksibilitetit në sisteme socio-ekologjike komplekse dhe të qëndrueshme ..63	
6.2. Optimizimi i zinxhirëve të furnizimit.....	72

7.	<b>QASJET E EKONOMISË RRETHORE NË SISTEMET E PRODHIMIT FLEKSIBIL</b>	
	82	
7.1.	Ekonomia rrethore dhe dizajnimi për fundin e jetëgjatësisë së produktit.....	82
7.1.1.	Projektimi për të shmangur ndotjen dhe mbeturinat .....	85
7.1.2.	Zgjatja e Jetëgjatësisë së Dobishme.....	88
7.1.3.	Rigjenerimi i Sistemeve Natyrore.....	88
7.2.	Drejt zbatimit të ekonomisë rrethore në sistemet e prodhimit .....	90
8.	<b>PËRFUNDIMI</b> .....	96
9.	<b>LITERATURA</b> .....	97

### *Lista e Figurave*

<i>Figura 1. Kontrolli i fikjes (ang. switch-off control).....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2. Reduktimi i konsumit të energjisë .....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 3. Efektet kryesore .....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 4. Numri i aktivitetetve të ndezjes/fikjes.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 5. Pjesët e vonuara .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6. Koha totale e vonesës.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 7. Koha e vonesës për njësi të produktit.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 8. Konteksti i referencës .....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 9. Parandalimi i emetimeve të CO<sub>2</sub>.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 10. ER ndan (e kuqe) të energjisë së konsumit primar dhe final në sektorët e transportit, ndërtesave (përfshirë biomasën tradicionale), industrisë dhe bujqësisë në 2008 dhe një parashikim i trendit të rritjes së kontributit të nevojshëm të BR në vitin 2035 në mënyrë që të jenë në përputhje me targetin për 450 ppm CO<sub>2</sub>.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 11. Arkitektura e Përgjithshme e Mjetit të Vlerësimit të Sistemit .....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 12. Emetimet ekuivalente të CO<sub>2</sub> për shkritore tipike të gjysmëpërçuesve të silikonit. Burimi: McKinsey &amp; Company.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 13. Rrjedha e procesit të prodhimit të një qarku të integruar - IC standard .....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 14. Gjurma e karbonit e një FlexIC tipik të kategorizuar nën emetimet e Fushës 1, 2 dhe 3 (% e pjesëmarrjes).....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 15. Emetimet e CO<sub>2</sub>, në kg CO<sub>2</sub>/kg material, dhe energjia e përfshirë, në MJ/kg material, për materiale të ndryshme. BURIMI: Gutowski et al. (2013).....</i>	<i>83</i>

*Figura 16. Diagrami i sistemit të ekonomisë rrethore që tregon rrjedhën e materialeve, lëndëve ushqyese, përbërësve dhe produkteve (materialet me bazë biologjike tregohen me ngjyrë të gjelbër). BURIMI: Ellen Macarthur Foundation - EMF (2019).*..... 85

*Figura 17. Prodhimi global, përdorimi dhe fati i rrëshirave polimerike, fibrave sintetike dhe aditivëve, 1950–2019, në miliona tonë metrikë. BURIMI: Geyer (2021).*..... 87

*Figura 18. Qasje eksploruese dhe qasje optimizimi për të lidhur dizajnin dhe strategjinë e biznesit në një ekonomi rrethore.*..... 92

*Figura 19. Marrëdhënia e indekseve të projektimit dhe përpjekjeve të projektimit për ripërdorim, riprodhim dhe riciklim.*..... 95

### *Lista e tabelave*

*Tabela 1. Hulumtimi i politikave të fikjes* ..... 16

*Tabela 2. Parametrat për politikat e fikjes.* ..... 17

*Tabela 3. Analiza ANOVA* ..... 23

*Tabela 4. Marrëdhënia midis fleksibilitetit dhe variablave* ..... 65

*Tabela 5. Fleksibiliteti në disiplina të ndryshme* ..... 69

*Tabela 6. Fleksibiliteti në disiplina të ndryshme* ..... 70

*Tabela 7. Fleksibiliteti në kornizën e të menduarit të rezistencës*..... 71

## **PËRMBLEDHJE (ABSTRAKT)**

Në këtë temë diplome do të trajtohet roli i Sistemeve Fleksibile të Prodhimit – SFP (ang. Flexible Manufacturing Systems – FMS) në promovimin e praktikave të qëndrueshme të prodhimit.

Do të hulumtohet se si SFP mund të përmirësojë efikasitetin e përdorimit të burimeve, të reduktojë ndikimin mjedisor dhe të mbështesë përdorimin e burimeve të ripërtëritshme të energjisë në proceset e prodhimit.

Qëllimi i këtij punimi është analiza e ndikimit të integritit të teknologjive të avancuara si automatizimi, robotika dhe inteligjenca artificiale në SFP në aspektin e fleksibilitetit dhe adaptueshmërisë ndaj kërkesave dinamike të tregut dhe sfidave mjedisore.

Ky hulumtim prezanton strategjitë e projektimit, optimizimit dhe zbatimit të SFP duke theksuar potencialin e tyre për të arritur objektivat e qëndrueshmërisë ekonomike, mjedisore dhe sociale.

Rezultatet tregojnë se adoptimi i SFP mund të kontribuojë ndjeshëm në avancimin e prodhimit të qëndrueshëm duke përmirësuar efikasitetin operativ, minimizuar mbetjet dhe nxitur një ekonomi rrethore.

Metodologjia e këtij punimi kryesisht është hulumtim vetanak dhe në formë analitike gjithëpërfshirëse e punuar në një përmbledhje nga literatura të ndryshme.

## **PYETJET E HULUMTIMIT**

Në këtë hulumtim do t'u jepet përgjigje pyetjeve kërkimore-hulumtuese si:

- Cilat janë komponentët dhe karakteristikat kryesore të Sistemeve Fleksibile të Prodhimit (SFP) në kontekstin e prodhimit të qëndrueshëm?
- Si kontribuojnë SFP në zvogëlimin e ndikimit mjedisor dhe promovimin e qëndrueshmërisë në proceset e prodhimit?
- Cilat janë përfitimet ekonomike të zbatimit të SFP në praktikatat e prodhimit të qëndrueshëm?

është kryer nga perspektivat e mbetjeve në fund të jetës (ang. End of Life – EoL) së një produkti në një proces, përdorimit të burimeve dhe ndikimit mjedisor, duke lënë perspektivat e biznesit dhe ato ekonomike mjaft të paeksploruara.

Nga perspektiva industriale, një kalim nga një sistem linear (merr-prodho-hedh) në një sistem të mbyllur ose rrethor kërkon një lëvizje nga modeli konvencional i shitjes së produkteve fizike në shitjen e çasjes në funksionalitet ose shërbim. Në modele të tilla biznesi të bazuara në shërbime, duke përfshirë pagesën për përdorim, prodhuesit mbajnë pronësinë e produkteve të tyre dhe i marrin ato përsëri pas përdorimit me qëllim rikuperimin dhe rishpërndarjen e vlerës. Si pasojë, strategjitë e projektimit dhe dizajnit pas përdorimit si ripërdorimi, riprodhimi dhe riciklimi bëhen shumë të rëndësishme për procesin e zbatimit të ekonomisë rrethore pasi ato praktikisht mundësojnë mbylljen e ciklit dhe ndikojnë në koston dhe emetimet e rikuperimit të vlerës operative. Këto rrethana i sjellin kompanitë prodhuese në një pozicion të pasigurt kur bëhet fjalë për qasjet e ekonomisë rrethore, pasi potencialet e projektimit të produkteve të tyre në kombinim me modelet e reja (rrethore) të biznesit nuk dihen.

Ekzistojnë mjete të sofistikuar në dispozicion për projektuesit të cilat ofrojnë mbështetje në vendimmarrje gjatë procesit të projektimit për sa i përket vlerësimeve të koston, vlerësimit të ciklit jetësor dhe llojit të materialit të përdorur në mënyrë që produkti të mund të ripërdoret, riprodhohet dhe riciklohet.

Megjithatë, shumica e këtyre mjeteve janë të kufizuara në fushën e prodhimit linear. Në këtë pikë, bëhet jashtëzakonisht sfiduese për projektuesit dhe vendimmarrësit të vlerësojnë përfitimet ekonomike dhe mjedisore të opsioneve të projektimit në një pamje të zgjeruar dhe të paekspluar të ekonomisë rrethore. Një qasje për të promovuar një ekonomi rrethore të drejtuar nga industria konsiston në shqyrtimin e njëkohshëm të dizajnit të produktit, modeleve të biznesit dhe zinxhirëve të furnizimit.

Bazuar në këtë perspektivë sistemike, Fig. 18 ilustron qasjet eksploruese dhe të optimizimit. Qasja eksploruese supozon se nuk ka asnjë njohuri paraprake në dispozicion. Prandaj, pika fillestare është projektuesi i cili u ndan strategji të ndryshme komponentëve në fund të jetës së produktit.

Si hap tjetër, duhet të specifikohet përpjekja shtesë e projektimit në aspektin e koston ose emetimeve të CO<sub>2</sub> për të realizuar projektin e zgjedhur. Së fundmi, vendoset modeli i biznesit përmes të cilit do të dorëzohet produkti.

## 8. PËRFUNDIMI

Sot, bota po përballet me sfida të shumta, përpos tjerash, po përballet me sfida të klimës dhe burimeve natyrore. Duke pasur parasysh këto sfida, industritë po përpiqen të mbijetojnë duke zhvilluar dhe përmirësuar proceset e prodhimit, kështu duke përdorur praktikën e qëndrueshmërisë në prodhim duke ruajtur burimet natyrore dhe energjinë, duke minimizuar ndikimet negative në mjedis dhe duke përmirësuar sigurinë e punonjësve. Të gjitha këto ndikojnë pozitivisht për industritë dhe ekonomitë botërore duke siguruar kualitet më të mirë të produkteve.

Në këtë punim është hulumtuar roli i Sistemeve Fleksibile të Prodhimit – SFP (ang. Flexible Manufacturing Systems – FMS) në promovimin e praktikave të qëndrueshme të prodhimit. Janë paraqitur praktikat si optimizimi i sistemeve fleksibile të prodhimit, integrimi i burimeve të energjisë së ripërtëritshme në këto sisteme, teknologjitë e avancuara, ekonomia rrethore e të tjera që mund të ndikojnë në arritjen e qëndrueshmërisë ekonomike, mjedisore dhe sociale.

Pra, SFP me integrimin e praktikave të mësipërme mund të përmirësojë efikasitetin e përdorimit të burimeve, të reduktojë ndikim mjedisor si dhe të rrit përdorimin e energjisë së ripërtëritshme në proceset e prodhimit.

Qëllimi më i rëndësishëm është që të plotësohen nevojat e së tashmes në industri, ekonomi dhe më e rëndësishmja, nevojat tona si qenie njerëzore, por, pa kompromentuar mundësinë e gjeneratave të ardhshme për të plotësuar nevojat e tyre.

## 9. LITERATURA

Literatura e shqyrtuar në këtë punim të diplomës për studimet e masterit është si në vijim:

- [1] Jayal, A. D., Badurdeen, F., Dillon Jr, O. W., & Jawahir, I. S. (2010). Sustainable manufacturing: Modeling and optimization challenges at the product, process and system levels. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 2(3), 144-152.
- [2] Ruben, R. B., Asokan, P., & Vinodh, S. (2017). Performance evaluation of lean sustainable systems using adaptive neuro fuzzy inference system: a case study. *International Journal of Sustainable Engineering*, 10(3), 158-175.
- [3] Schenker, S., Vierhaus, I., Borndörfer, R., Fügenschuh, A., & Skutella, M. (2017). Optimisation methods in sustainable manufacturing. *Sustainable Manufacturing: Challenges, Solutions and Implementation Perspectives*, 239-253.
- [4] Renna, Paolo. "Switch-Off Policies in Job Shop Controlled by Workload Control Concept." *Applied Sciences* 13, no. 8 (2023): 5210.
- [5] Kurup, P., Remo, T. W., Jenne, S. D., O'Connor, P., & Cotrell, J. (2018). *Analysis of Supply Chains and Advanced Manufacturing of Small Hydropower Systems* (No. NREL/TP-6A20-71511). National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States).
- [6] Materi, S., D'Angola, A., Enescu, D., & Renna, P. (2021). Reducing energy costs and CO<sub>2</sub> emissions by production system energy flexibility through the integration of renewable energy. *Production Engineering*, 15, 667-681.
- [7] Ralph Sims (New Zealand), Pedro Mercado (Argentina), Wolfram Krewitt (Germany) Integration of Renewable Energy into Present and Future Energy Systems
- [8] Susana Aguiar, Rui Pinto, Joao Reis, Gil Goncalves, Life-cycle Approach to Extend Equipment Re-use in Flexible Manufacturing; Institute for Systems and Robotics Faculty of Engineering of University of Porto Porto, Portugal (2016)
- [9] Ashiq Ahamed Cinthya Anand Joshua Young; Life Cycle Analysis of FlexICs (2023)
- [10] Lean Manufacturing & Robotics for Flexible Systems - Introduction to Lean Manufacturing - Week 2 | Coursera
- [11] Asokan, V. A., Yarime, M., & Esteban, M. (2017). Introducing flexibility to complex, resilient socio-ecological systems: a comparative analysis of economics, flexible manufacturing systems, evolutionary biology, and supply chain management. *Sustainability*, 9(7), 1091.

- [12] David Chinalu Anaba, Azeez Jason Kess-Momoh, Sodruddeen Abolore Ayodeji, Optimizing supply chain and logistics management: A review of modern practices (2024)
- [13] Flexible Manufacturing and the Circular Economy | New Directions for Chemical Engineering | The National Academies Press 2022
- [14] Lieder, M., Asif, F. M., Rashid, A., Mihelič, A., & Kotnik, S. (2017). Towards circular economy implementation in manufacturing systems using a multi-method simulation approach to link design and business strategy. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 93, 1953-1970.