



DÜFED
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ
Dicle University Journal of Institute of Natural and Applied Science

ISSN: 2146 - 4693
e-ISSN: 2458 - 9330



Cilt/Volume 8

Sayı/Number 3

Aralık/December 2019



DÜFED

**DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ**

Dicle University Journal of Institute of Natural and Applied Science

Cilt /Volume 8 Sayı / Number 3 Aralık / December 2019

ISSN: 2146 - 4693

e-ISSN: 2458 – 9330

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/dufed>

Yazışma Adresi

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ceylan Enstitüler Binası

21280 - DİYARBAKIR

Tel: +90 412 241 10 00 Dahili: 8450

e-posta: dufed@dicle.edu.tr

DİCLE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

DICLE UNIVERSITY JOURNAL OF INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE

Cilt / Volume 8

Sayı / Number 3

Aralık / December 2019

ISSN: 2146 - 4693
e-ISSN: 2458 - 9330

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/dufed>

Sahibi / Owner

Prof. Dr. Sevtap SÜMER EKER

Baş Editör / Editor in Chief

Prof. Dr. Sevtap SÜMER EKER

Baş Editör Yardımcıları / Associate Editors

Prof. Dr. Bilal ÇEKİÇ
Doç. Dr. Fevzi ÖNEN
Doç. Dr. Ersin KILINÇ

Yayın Kurulu / Editorial Board

Prof.Dr. Aysu AKALIN (Gazi Üniversitesi)
Prof. Dr. Akın BAYSAL (Dicle Üniversitesi)
Prof.Dr. Yeliz PEKBEY (Ege Üniversitesi)
Doç. Dr. Özlem TONÇER (Dicle Üniversitesi)
Prof. Dr. Muzaffer DENLİ (Dicle Üniversitesi)
Prof. Dr. İsmail Naci CANGÜL (Uludağ Üniversitesi)
Prof. Dr. Zekai ŞEN (İstanbul Medipol Üniversitesi)
Prof.Dr. Leyla Sezen TANSI (Çukurova Üniversitesi)
Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK (Dicle Üniversitesi)
Doç. Dr. D. Türkan KEJANLI (Dicle Üniversitesi)
Doç. Dr. Kadir TURAN (Dicle Üniversitesi)

Danışma Kurulu / Advisory Board

Prof. Dr. İsmail Naci CANGÜL (Uludağ Üniversitesi)
Prof. Dr. Zekai ŞEN (İstanbul Medipol Üniversitesi)
Prof.Dr. Aysu AKALIN (Gazi Üniversitesi)
Prof. Dr. Abbas GÜNGÖRDÜ (İnönü Üniversitesi)
Prof.Dr. Yeliz PEKBEY (Ege Üniversitesi)
Prof. Dr. Naki ÇOLAK (Hitit Üniversitesi)
Prof. Dr. Hikmet GEÇKİL (İnönü Üniversitesi)
Prof.Dr. Ali SABIR (Selçuk Üniversitesi)
Prof.Dr. Leyla Sezen TANSI (Çukurova Üniversitesi)
Prof.Dr. Kamil KARUT (Çukurova Üniversitesi)
Prof.Dr. Serdar SATAR (Çukurova Üniversitesi)
Prof.Dr. Şengül KARAMAN (Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi)

Alan Editörleri / Field Editors

Prof. Dr. Ahmet ONAY (Biyoloji)
Dr. Özlem DEMİRCİ TURGUNBAYER (Biyoloji)
Doç. Dr. Nurettin PİRİNÇÇİOĞLU (Fizik)
Doç. Dr. Ömer ÇELİK (Fizik)
Prof. Dr. Akın BAYSAL (Kimya)
Doç. Dr. Ersin KILINÇ (Kimya)
Doç. Dr. Bilal ŞEKER (Matematik)
Dr. Öğr. Üyesi Öykü YURTTAŞ (Matematik)
Prof. Dr. Veysel TOLAN (Moleküler Biyoloji ve Genetik)
Prof. Dr. İbrahim KAYA (Elektrik-Elektronik Mühendisliği)
Doç. Dr. Bilal GÜMÜŞ (Elektrik-Elektronik Mühendisliği)
Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK (İnşaat Mühendisliği)
Doç. Dr. Fevzi ÖNEN (İnşaat Mühendisliği)
Prof. Dr. Mustafa AYHAN (Maden Mühendisliği)
Prof. Dr. Özgür AKKOYUN (Maden Mühendisliği)
Doç. Dr. Kadir TURAN (Makine Mühendisliği)
Doç. Dr. Atilla Gencer DEVECİOĞLU (Makine Mühendisliği)
Prof. Dr. F. Demet AYKAL (Mimarlık)
Doç. Dr. D. Türkan KEJANLI (Mimarlık)
Prof. Dr. Gültekin ÖZDEMİR (Bahçe Bitkileri)
Prof. Dr. Selime ÖLMEZ BAYHAN (Bitki Koruma)
Prof. Dr. Mehmet YILDIRIM (Tarla Bitkileri)
Doç. Dr. Özlem TONÇER (Tarla Bitkileri)
Prof. Dr. Abdullah SESSİZ (Tarım Makineleri ve Teknolojileri Müh.)
Doç. Dr. Konuralp ELİÇİN (Tarım Makineleri ve Teknolojileri Müh.)
Prof. Dr. Muzaffer DENLİ (Zootekni)
Doç. Dr. Nihat TEKEL (Zootekni)

Yayın Sekreterliği / Secretary

Arş.Gör. Dr. Önder ALBAYRAK

Basım Yeri / Printing

Dicle Üniversitesi Basımevi, Diyarbakır

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Makine Mühendisliği / Mechanical Engineering

Evaluation of Alternative Fuel Characteristics for Internal Combustion Engines with Analytical Hierarchy Process (Özgün Araştırma)

Analitik Hiyerarşi Prosesiyle İçten Yanmalı Motorlar İçin Alternatif Yakıt Özelliklerinin Değerlendirilmesi (Research Article)

Hasan BAYİNDİR..... 21

Makine Mühendisliği / Mechanical Engineering

Low Velocity Impact Damage Response Of Carbon Fiber Reinforced Composites At Low Temperatures (Research Article)

Karbon Fiber Takviyeli Kompozitlerin Düşük Sıcaklıklarda Düşük Hızdaki Darbe Dayanımı (Özgün Araştırma)

Zafer ÖZDEMİR, Osman Selim TÜRKBAŞ, Dilara YILMAZ..... 35

Ziraat Mühendisliği / Agricultural Engineering

Derik İlçesinde (Mardin) Soya Fasulyesi Alanlarında Bulunan Zararlı Böcek Türleri (Özgün Araştırma)

Harmful Species in Soybean Areas of Derik (Mardin) District (Research Article)

Cihan YARDIM, Selime ÖLMEZ BAYHAN..... 61

Biyoloji / Biology

Uvarovistia satunini Uvarov, 1934 (Tettigoniidae:Orthoptera) Türünün Sürü Oluşturma ve Zarar Durumunun Tespit Edilmesi Bingöl, Türkiye (Özgün Araştırma)

Uvarovistia satunini Uvarov, 1934 (Tettigoniidae:Orthoptera) Creating Herd of Species and Detection Harm of Status Bingöl, Turkey (Research Article)

Mustafa İLÇİN, Ali SATAR, Sadreddin TUSUN..... 69

Yeraltı sularından biyolojik nitrat giderimde kullanılan reaktör tipleri (Derleme Makalesi)

Reactor types used in biological nitrate removal from groundwater (Review Article)

Amine YÜCEL, Deniz UÇAR, Özlem DEMİR..... 77



Araştırma Makalesi / Research Article

Evaluation of Alternative Fuel Characteristics for Internal Combustion Engines with Analytical Hierarchy Process

Analitik Hiyerarşi Prosesiyle İçten Yanmalı Motorlar İçin Alternatif Yakıt Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Hasan Bayındır 

Dicle University, Vocational School of Technical Science, Department of Machine and Metal Technologies, Diyarbakir 21280, Turkey

ARTICLE INFO

Article History

Received 05.10.2019

Revised 23.12.2019

Accepted 27.12.2019

Available Online

31.12.2019

Keywords

*Alternative fuel,
internal combustion
engines, biofuel,
biomass, sustainability*

ABSTRACT

For a long time, the diesel and gasoline have been utilized as fuel for internal combustion engines. But the diminishing oil supplies along with the variable oil prices drive people to obtain alternative sources for fuel. The sustainable fuel options may alter power consumption that results in less pollution, less carbon and more variety of fuel supply. It is generally a challenging task for decision makers to determine the best feasible fuel for internal combustion engines among multiple choices because of the complicated task of considering various attributes of performances and the lack of information available. However, the right choice of the most feasible fuel option for internal combustion engines can efficiently mitigate serious environmental troubles and over-consumption of energy during transportation.

In this study, the diverse types of liquid fuel options for internal combustion engines are compared in terms of critical characteristics determined within the scope of this research. In this article, the quantitative evaluation model utilized provides decision makers with a tool to be utilized during important strategic decision-making processes on issues with regard to fuel policy in the near future. The applied model presents quantitative conclusions that can contribute to enhance the decision-making progression.

ÖZ

Uzun süredir içten yanmalı motorlarda benzin ve motorin yakıt olarak kullanılmaktadır. Ancak değişken yağ fiyatlarının yanısıra azalan yakıt kaynakları insanları alternatif yakıt kaynakları edinmeye itmektedir. Sürdürülebilir yakıtlar, havayı daha az kirleten, daha az karbon salınımına yol açan güç tüketimini değiştirebilen çeşitli yakıtlardır. Otoriteler yakıtların performansı ve özellikleri hakkındaki bilgi eksikliği nedeniyle içten yanmalı motorların alternatif yakıtları için karar vermekte zorlanmaktadır. Bununla birlikte, içten yanmalı motorlar için en uygun yakıt seçeneğinin doğru seçimi, nakliye sırasında ciddi çevresel sorunları ve aşırı enerji tüketimini etkili bir şekilde azaltabilir.

Bu çalışmada, değişik tipteki sıvı yakıt seçeneklerinden hangisinin içten yanmalı motorlar için uygun olduğu değerlendirilmiştir. Bu makalede, kullanılan nicel değerlendirme modeli, karar vericilere yakın gelecekte akaryakıt politikası ile ilgili konularda önemli stratejik karar alma süreçlerinde kullanılacak bir araç sunmaktadır. Uygulanan model, karar alma sürecinin ilerlemesine katkıda bulunabilecek nicel sonuçlar vermektedir.

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış 05.10.2019

Revize 23.12.2019

Kabul 27.12.2019

Online Yayınlama

31.12.2019

Anahtar Kelimeler

*Alternatif yakıt,
içten yanmalı motorlar,
biyoyakıt, biyokütle,
sürdürülebilirlik*

***Corresponding Author**

E-mail addresses: hbayindir@dicle.edu.tr

1. INTRODUCTION

Fossil-based energy sources have various purposes of consumption in different regions of a country such as: commercial, transport, industrial, and domestic sectors for the mechanical production of power. These sources' speedy depletion and crude oil's ever raising cost made the researchers to search for the other sources of energy. The petroleum reserves' deficiency is causing sustainable energy sources to be more appealing. In addition, the fossil-based fuel's cost is rising continuously because of the hike in raw oil cost. The increasing concerns about the unpredictability of fossil-based fuel make alternative fuels more appealing to researchers as well as the manufacturers. The environmental issues emerging from hazardous emissions and a limited fossil-based fuel source motivates the searches for option fuels from sustainable-renewable resources [1]. The most feasible way to meet this ever-growing requirement is by using option fuels [2].

The transportation sector relies heavily on fossil-based energy sources such as liquefied petroleum gas, liquefied natural gas, diesel, and gasoline fuel. Therefore, there is an extensive recent concern in learning more about acquiring fuels from biomass-based resources. The environmental laws and ever increasing demand from automotive sector has encouraged the production of renewable fuel from biomass to replace fossil-based fuels [3]. In addition to the combination of pollution and climate instability, issues of security, increasing fuel prices, and rising poverty in agricultural and rural fields are propelling countries to pass effective incentives for the utilization of these natural liquid energy sources, which is in turn brilliant investment [4]. Burning fossil-based fuels create higher amount of CO₂ and other harmful gases. Using bio-based counter-part rather than fossil-based fuel is efficient in decreasing greenhouse gas and creating financial benefits by reducing health care expenses as well. Hence, utilization of many bio-based fuel alternatives is more volatile than conventional fuel, which can contribute to the solution of ozone trouble [5].

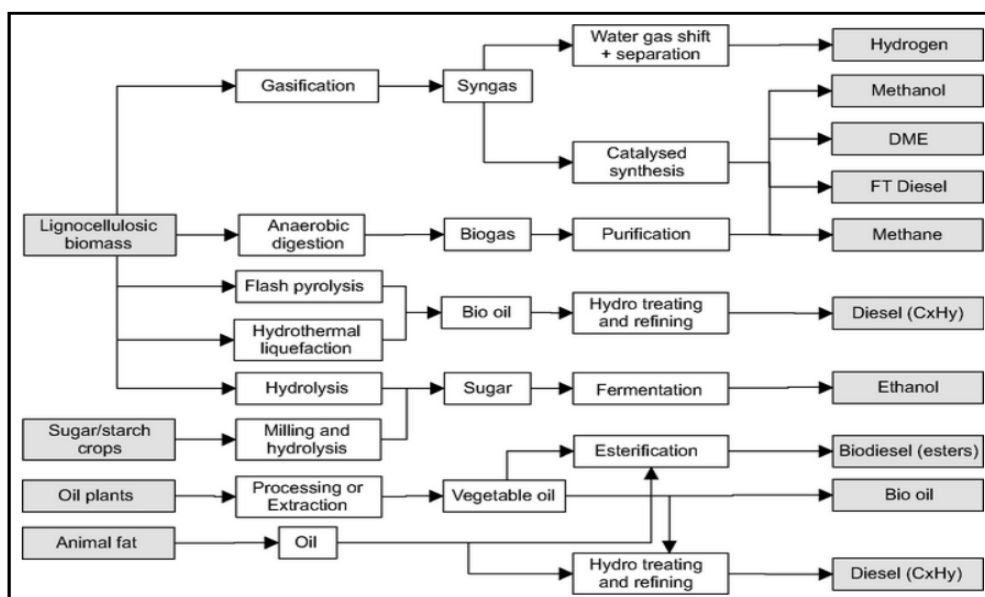


Figure 1. The primary energy resources view as automotive fuels [6].

The primary energy resources' view as automotive fuels is given in Fig. 1 [6]. Some of the alternative fuels have been utilized in reality and display a potential as future automotive fuels. Compared with fossil-based conventional fuels, biomass-based non-conventional fuels have sustainability, energy power, and superiority in environment effect. The liquefied petrol gas and liquefied natural gas are more environment friendly, acceptable running variety, and minor running costs, and hence are able to replace the traditional fossil-based fuels in the near future. In the mid-term period, the biomass-based fuels will probably develop to be more cost efficient and sustainable. In the long period, the hydrogen is predicted to replace the traditional fuels because of the trend of unsustainable generation pathway of the future and high investment costs [7-9]. But, bio-based fuels cannot be utilized directly because of high oxygen and water content, high corrosiveness, viscosity, and low heating capacity [10]. For example, bio-gasoline can be produced from wood waste, agricultural straw, animal oils, animal waste, and algae. In addition, vegetable oil can become more attractive for the generation of bio-gasoline due to the numerous bio-varieties. All of the plant-based oils are eminently viscous. Their viscosities are 9 to 17 times greater than fossil-based gasoline fuel. On the other hand, vegetable-based oil's heating capacity is lesser than half that of fossil-based gasoline. Hence these vegetable oils are proposed to be transformed into bio-gasoline by hydrothermal or pyrolysis. However, these chemical processes require high production cost [11-13].

There are articles that have evaluated a range of biofuels and fossil fuels according to structural properties. For example, Frank et al compared a plenty of algae-based pathways for manufacturing renewable-based fuels such as renewable gasoline and diesel, and bio-diesel [14], Sobrino et al. analyzed fossil-based fuels with ethanol [15], Festel et al. analyzed a plenty of biofuels containing biodiesel and ethanol [16], and Xie et al. compared a series of coal and biomass-based liquid fuel alternatives[17]. In the literature, few diverse approaches are presented to evaluate the fuel options by multi-criteria analysis. For Taiwan' urban fields, Tzeng et al. used an integrated decision making methodology for the choice of option fuel buses. A set of 11 criteria was used for evaluation and comparison purposes. They utilized buses fueled with liquid propane gas, compressed natural gas, diesel, methanol, hybrid electric buses and hydrogen fuel cell bus. Analytical Hierarchy Process (AHP) was utilized to obtain the criteria weights along with VIKOR and TOPSIS methodologies to evaluate and rank the option fuel buses [18]. To obtain the proper fuel mixture, Köne and Buke used Analytical Network Process (ANP). By Super Decisions software, the proposed analysis was applied to two different option scenarios with environmental indicators and electricity production[18]. Streimikiene et al. utilized the TOPSIS technique for comparative evaluation of power sources in transportation. The evaluation depended on economic and environmental parameters. They also considered the transportation infrastructure's impact on the emissions and energy consumption by vehicles [20]. Through a data envelopment analysis (DEA) method and Pareto optimal approach, Fazeli et al. (2011) presented a multi-criteria assessment for the selection of the light-work vehicle fleets' fuel alternatives. To determine the most desirable alternative, they considered user's approval, technology development's risk, and pollutants' emissions to the atmosphere, fuel supply availability, and transition costs as assessment criteria [21]. By using

AHP, Pilavachi and Tsita assessed 7 option fuels for transportation sector in Greece. Internal combustion engine, biofuels (1st and 2nd generation) and gasoline's blends, fuel cells, electric vehicles, hybrid vehicles, and plug-in hybrids were assessed according to policy and cost perspectives [22]. For road transportation, Mohamadabadi et al. proposed PROMETHEE Methodology application for evaluation and enrichment for ranking non-renewable and renewable fuel vehicles. The vehicles that depend on E85 ethanol, gasoline-electric (hybrid), compressed natural gas, diesel, gasoline, and B100 biodiesel were assessed in regard to fuel cost, vehicle cost, distance between refueling centers, vehicle alternatives accessible to the harmful emissions, and consumer in their article [23]. Zhou et al. presented fuels' multi-criteria evaluation to compare the traditional fuels with renewable and new fuels. Pure ethanol, compressed natural gas, blend of 85% methanol and 15% gasoline by volume, traditional diesel, and traditional gasoline were evaluated in regard to global warming potential, life cycle cost, vegetable oil, vehicle alternatives available to consumer, net energy product, and nonrenewable source depletion potency utilizing an LCA viewpoint [24]. Brey et al. used DEA method to analyze and compare the fuel-cell vehicles with hybrid and traditional internal combustion engine vehicles in terms of environmental, technical, and economic aspects. The used method entails more familiarity and computation with the linear programming concepts [25]. In Malaysia, Najib and Abdullah developed an IF-AHP (intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process) for choosing the best power technology[26]. To resolve alternative fuel group problem, Montajabiha used PROMETHEE II methodology. By IFS, all criteria weights and ratings of each alternative were presented. To display the methodology's practicability, it was implemented to maintainable power designing problems [27]. To determine the criteria weights and to rank the option fuels, Paul et al. (2015) applied AHP, MOORA, and PROMETHEE methodologies. The determination of data in regard to the assessment signs is pre-necessity before utilizing all these methodologies for obtaining the maintainability order of the option fuels. Nevertheless, it is generally problematic or even impossible to utilize accurate data with units to characterize the alternative fuels' performances in regard to the assessment indicators [28]. To assess the biodiesel optimum blend, Sakthivel et al. performed an analysis by combining VIKOR and TOPSIS with ANP methodologies[29]. Liang and Ren utilized the fuzzy TOPSIS methodology which was then used to obtain the marine fuels' maintainability order and the fuzzy logarithmic least squares methodologies to obtain the criteria weights for marine fuels' maintainability evaluation[30]. Sehatpour et al. used the PROMETHEE methodology to study the alternative fuels utilized in light vehicles including diesel, biodiesel, liquid petroleum gas, compressed natural gas, ethanol, methanol, hydrogen, and biogas in regard to the assessment indicator[31]. For shipping, Lutzen and Ren used fuzzy AHP to obtain the criteria weights for maintainability evaluation of alternative energy resources and then rank the energy resources by unifying Dempster-Shafer theory with MADA methodology[32]. For CO₂ emissions, Nocera and Cavallaro evaluated alternative fuels by the three alternative scenario analyses[33]. In the years 2020–2030, Ang and Poh performed backward and forward AHP to assess the possible plans and transportation fuels for Singapore depending on the choice of the most proper fuel option for road transportation[34]. On the basis of multiple criteria, Lanjewar et al. employed a hybrid multi-criteria method by using graph theory, as well as AHP

methods for the nonconventional and conventional transportation fuels' efficiency evaluation[35]. Papalexandrou et al. performed AHP to assess the biofuel production's complete chain. The substitution's potential, the biofuel cost over the conventional fuels, the total cycle energy consumed and the total life cycle emissions were considered as the criteria. The best alternative was determined to be the bioethanol produced from wheat straw [36].

The aim of this paper is to investigate the most feasible liquid fuel alternative to utilize in the internal combustion engines by using many critical comparison criteria from various scientific aspects. The assessment scale points are defined for each of comparison criteria. The experts evaluated the performance of 8 fuel alternatives (gasoline, diesel, biodiesel, ethanol, methanol, liquefied petroleum gas, liquefied natural gas, and hydrogen) according to given points for each of criteria. Based on their significance, the weights for each comparison criteria are found. The most feasible liquid fuel is determined with given assessment scale points for each of fuel alternatives, and weighing for each of criteria based on their significance in internal combustion engines.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1 The Model Structure

To obtain a framework for relations with multi criteria decision-making issues, an AHP based model is structured. Among decision levels, AHP models adopt a unidirectional hierarchical connection. AHP methodology permits the hierarchical tree building and weighing each indicator through pairwise comparison between indicators and criteria by a matrix to obtain a coherent and consistent administration of both qualitative and quantitative data. To determine weights of criteria, such a method is used in this paper.

In an AHP hierarchy for choosing an optimum fuel for internal combustion engines, the goal would be to choose the most appropriate alternative that satisfies various sets of criteria. These criteria are often subdivided into several sub-criteria. This study involves six main criteria of top level. *Composition* of the fuel involves Carbon, Hydrogen, and Oxygen. *Physical and chemical properties* of analyzed fuels are considered as the second main group of criteria. Density, molecular weight, specific gravity, freezing point, boiling temperature, and Reid vapor pressure are considered within this group. The third main criterion is the *fuel properties* which involves cetane and octane numbers, energy content, flash point, auto ignition temperature, viscosity centipoise, flammability, latent heat of vaporization, stoichiometric air/fuel ratio, and maximum practice compression. The fourth group is the *environmental criteria*. HC, NO_x, CO, PM10, CO₂, and ozone forming impact of the selected fuel types are considered as the sub-criteria under this group. The fifth group covers a set of qualitative criteria that are quantified based on expert evaluations for the purpose of this study. Energy security impacts, fuel availability, types of vehicles available, maintenance issues, and safety are evaluated. The final criterion involves *financial aspects* of the fuel types used. 8 Alternative fuel types are

compared from the perspective of each criteria mentioned. The main criteria and the hierarchy composed of these criteria are constructed as shown in Fig.2 and Table 1, respectively.

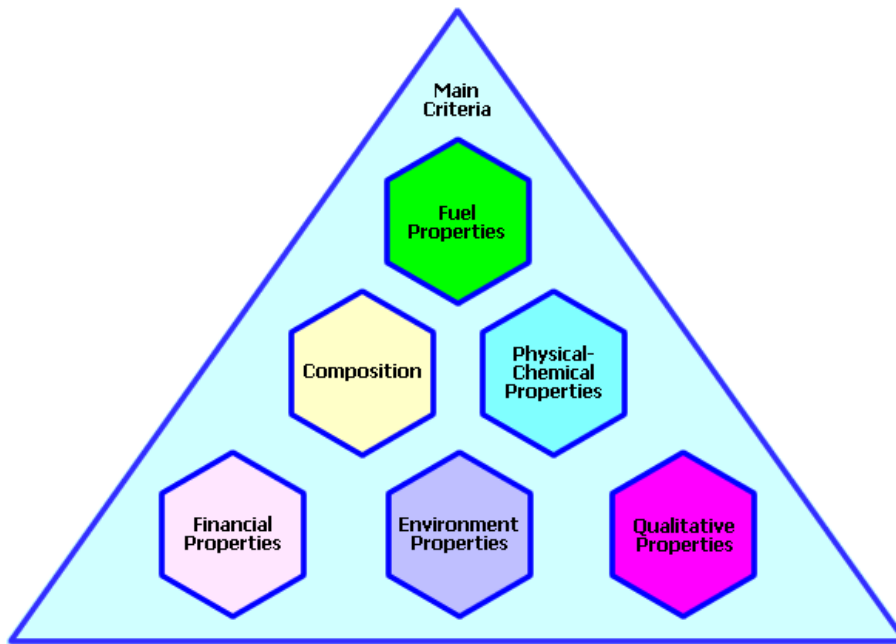


Figure 2. Main criteria

Table 1. Hierarchy of criteria

Main Criteria	Fuel Properties	Composition	Physical-Chemical P.	Environment	Qualitative	Financial
Sub-criteria	Cetane number	Carbon	Density	HC	Energy Security Impacts	Price
	Octane number	Hydrogen	Molecular Weight	NOx	Fuel Availability	Production cost
	Energy Content	Oxygen	Specific gravity	CO	Types of vehicles available	
	Flash Point		Freezing point	PM10	Maintenance Issues	
	Autoignition Temperature		Boiling temperature	CO ₂	Safety	
	Viscosity		Reid vapor pressure	Ozone-forming impacts		
	Centipoise					
	Flammability					
	Latent heat of vaporization					
	Stoichiometric air/fuel					
	Max. Practical compression					

2.2 Result and Discussion

While measurements for some criteria are readily available, some others can only be estimated with respect to other variables. As it is the case in all multi-criteria decision models, the relative priorities of such criteria need to be determined. This is accomplished by pairwise comparison of the factors, starting with the main criteria. Below are the resulting priorities of composition, physical-chemical properties, fuel properties, environmental properties, qualitative aspects, and financial properties shown in Fig. 3.

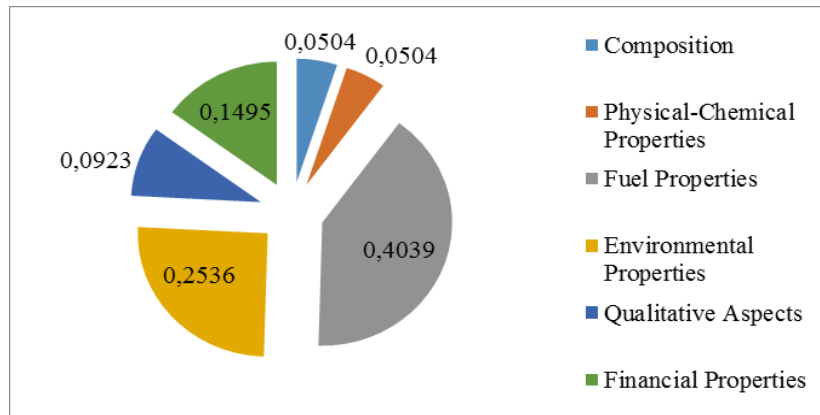


Figure 3. Priorities of main criteria

In the next step, there are groups of sub-criteria under each main criterion to be compared two by two. Each pair of sub-criteria related to the fuel property is compared based on their impact on fuel property criterion.

At this point, the comparison for fuel property criteria is made, and the method has obtained the local priorities for this group. These priorities reflect on how much it adds to the weight of its parent, thus we need to calculate the “global priority” of each sub-criterion which shows the impact of each on the overall goal of determining the best fuel for internal combustion engines. The global priorities throughout the hierarchy should add up to one. The global priorities of each sub-criterion are calculated by multiplying their local priorities with the priority of its parent criterion which results in the following values for the sub-criteria under fuel property. Fig. 4 shows the resulting global weights for these criteria based on pair wise comparisons.

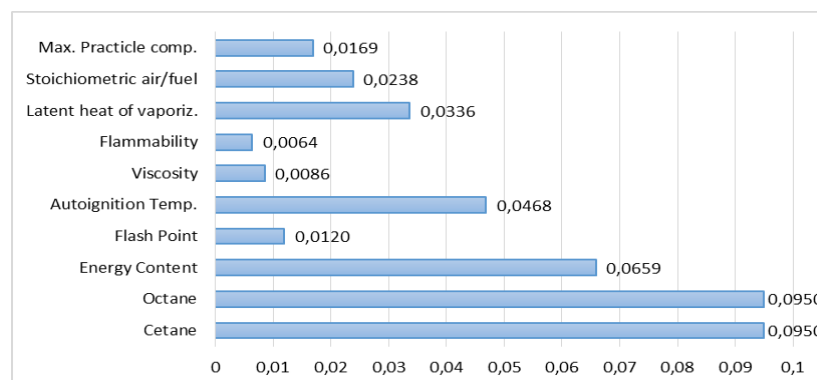


Figure 4. Global priorities of sub-criteria under fuel properties

The second group of sub-criteria involves the composition of the fuel in terms of C, H, and O. These three atoms are evaluated in terms of their impact on the quality of fuel. The factors under the fourth group

showing the physical and chemical properties of the fuel alternatives are also compared pairwise to assess their impact. Financial criterion covers the production cost of the fuel and the price. The fuel alternatives are evaluated from the environmental perspective due to its critical role on the sustainability of these energy sources. HC, NO_x, CO, PM10, CO₂ production of the fuel types along with their ozone impact are evaluated under within this group. Finally, a set of qualitative properties such as energy security, fuel availability, types of vehicles available, maintenance, and safety issues are grouped under this main criterion. All these elements are compared as to how significant impact they have on the overall goal. Fig. 5 shows the global priorities of the mentioned groups of sub-criteria.

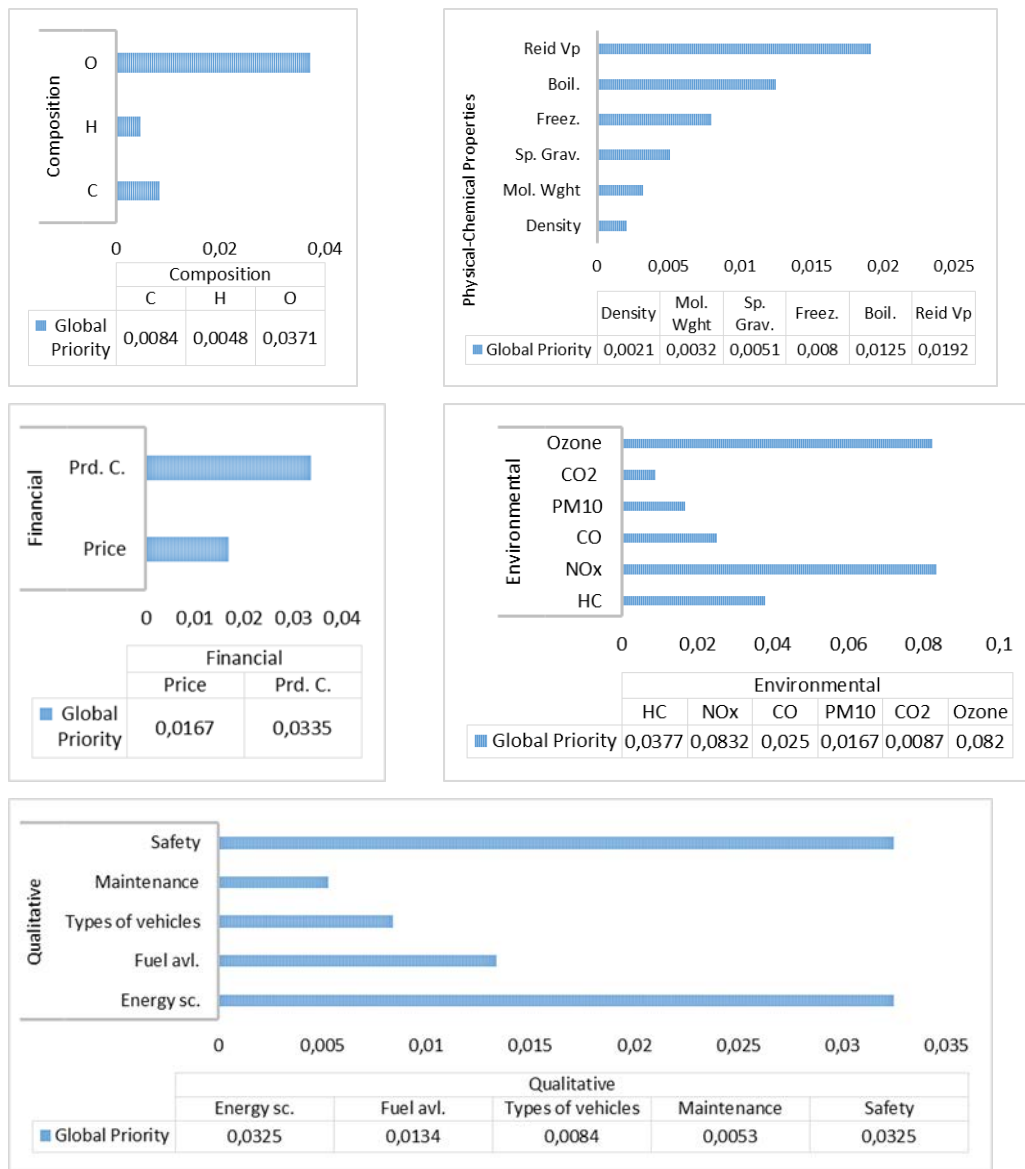


Figure 5. Sub-group priorities

After determining the priorities of the main criteria with respect to the overall goal of choosing the optimum fuel and priorities of each sub-criterion with respect to their own main criterion, the fuel alternatives

are compared two by two with respect to each sub-criterion. 8 different fuel alternatives are used for the purpose of this investigation to be evaluated.

The properties of the selected alternatives are presented in Table 5-6 below:

Table 2. Physical and chemical properties[37-56]

	Gasoline	Diesel (No. 2)	Biodiesel	Ethanol (E85)	Methanol (M85)	Liquefied Petroleum Gas (LPG)	Liquefied Natural Gas (LNG)	Hydrogen
Composition, Weight %								
Carbon	85–88	84–87	66.1	52.2	37.5	82	75	0
Hydrogen	12–15	33–16	13.7	13.1	12.6	18	25	100
Oxygen	0	0	18.2	34.7	49.9	0	0	0
Density, kg/m ³ @ 15,56 °C	718.98 – 778.95	802.861- 886.742	826.827	792.08	794.47	505.68	128.22	–
Molecular Weight	100–105	200	88.15	46.07	32.04	44.1	16.04	2.02
Specific gravity, 15,56°C	0.72–0.78	0.81–0.89	0.744	0.796	0.796	0.508	0.424	0.07
Freezing point, °C	-40	-40–30	-164	-173.2	143.5	-305.8	-296	-435
Boiling temperature, °C	26.67– 225	187.68– 343.33	55	77.78	65	-42.22	-161.67	-20.13
Reid vapor pressure, kPa	55.16– 103.4	1.4	53.8	15.86	31.72	1434.11	16547.42	–

Table 3. Fuel properties [37-56]

	Gasoline	Diesel (No. 2)	Biodiesel	Ethanol (E85)	Methanol (M85)	LPG	LNG	Hydrogen
Cetane no.	5 to 20	40 to 55	46 to 60	0-54	N/A	N/A	N/A	N/A
Octane no.	86 to 94	8 to 15	~25	110	112	104	120+	130+
Energy Content [kJ/m ³] (Lower heating value)	31246.17- 2354.28	35809.61	33318.585	21273.17	15955.58	23480.48	5919.59	14376.74
Energy Content [kJ/m ³] (Higher heating value)	33552.14- 34653.56	38597.16	35662.45	23558.51	18171.24	25478.75	6612.44	17004.32
Flash Point [°C]	- 42.78	73.89	100 -170	12.78	11.11	-87.22	-187.78	N/A
Autoignition Temperature [°C]	257.22	315.55	148.89	793	422.78	454.44- 510	-17.22	-17.19- - 17.18
ViscosityCentipoise @ 15,56 °C	0.37–0.44	2.6–4.1	0.35	1.19	0.59	–	–	–
Flammability limits, volume%	1.4-7.6	1-6	1.6-8.4	4.3-19	7.3-36	2.2-9.5	5.3-15	4.1-74
Latent heat of vaporization kJ/kg@ 15,56 °C	348.90	232.60	320.99	921.10	1176.96	449.15	509.40	446.82
Stoichiometric air/fuel, weight	14.7	14.7	11.7	9	6.45	15.7	17.2	34.3
Max. Practicle compression ratio	10:1	23:1	23:1	19:1	19:1	17:1	17:1	-

Table 4. Weighted emissions obtained (in µS/km) for vehicles using alternative fuels on basis of exposed emissions [37-56]

	Gasoline	Diesel (No. 2)	Biodiesel (soybean)	Ethanol (E85)	Methanol (M85)	LPG	LNG	Hydrogen
HC	2643	2173	2461	2005	2488	1595	454	516
NOx	10113	15581	17694	1176	576	2114	3210	787
CO	164	33	26	30	28	5	2	2
PM10	361	7716	5145	1637	175	1703	103	128
Total	13281	25502	25327	4848	3267	5417	3768	1432
*The ozone-forming impacts of burning the fuel	2	1	5	4	5	5	6	5
CO ₂ (lbs CO ₂ /gal)	20	22	19	13	3	13	10	0

Table 5. Qualitative Characteristics [52-56]

	Gasoline	Diesel (No. 2)	Biodiesel (soybean)	Ethanol (E85)	Methanol (M85)	Liquefied Petroleum Gas (LPG)	Liquefied Natural Gas (LNG)	Hydrogen
Energy Security Impacts	2	1	5	4	4	2	3	5
Fuel Availability	6	5	3	2	2	4	1	1
Types of vehicles available today	6	5	5	4	4	5	4	1
Maintenance Issues	6	6	3	4	4	5	5	5
Safety	5	4	6	6	6	3	4	4

Table 6. Financial attributes [55-56]

	Gasoline	Diesel (No. 2)	Biodiesel (soybean)	Ethanol (E85)	Methanol (M85)	Liquefied Petroleum Gas (LPG)	Liquefied Natural Gas (LNG)	Hydrogen
Price (\$ per Liter) ^a	0.597	0.652	0.850	0.525	0.436	0.750	0.665	0.317
Production cost (\$/GJ _{fuel})	9.73	8.87	21.73	10,34	11.69	7.32	14.22	5,91

^a National average price between July 1 and July 31, 2017

The final step in applying the AHP technique is pairwise comparisons of the alternatives with respect to the sub-criteria. In order to design an objective scheme for this purpose, the maximum and minimum values of the alternatives for each sub-criteria is determined. This range is divided into nine even ranges on a scale from 1 to 9. Finally each alternative is placed in one of these ranges based on their values to compare them with each other. Remainder of this section presents the priorities obtained under each sub-category using this scheme.

3. CONCLUSIONS

The biomass-derived fuel is renewable and clean energy source that is considered to be a potential to replace the traditional fuel. The multi-criteria evaluation methodology has been performed in transport projects to choose among various options considering mostly economic, environmental, technical, safety, policy, and social criteria.

This study aims to find the most appropriate plant oil based on various criteria exist in the literature. A list of criteria is evaluated and divided into five groups. Each criterion is appointed a relative weight as a result of expert evaluations. Finally, AHP method is applied to the resulting scheme. Based on the calculations above, the relative priorities corresponding to the attractiveness of each fuel about all factors are presented below:

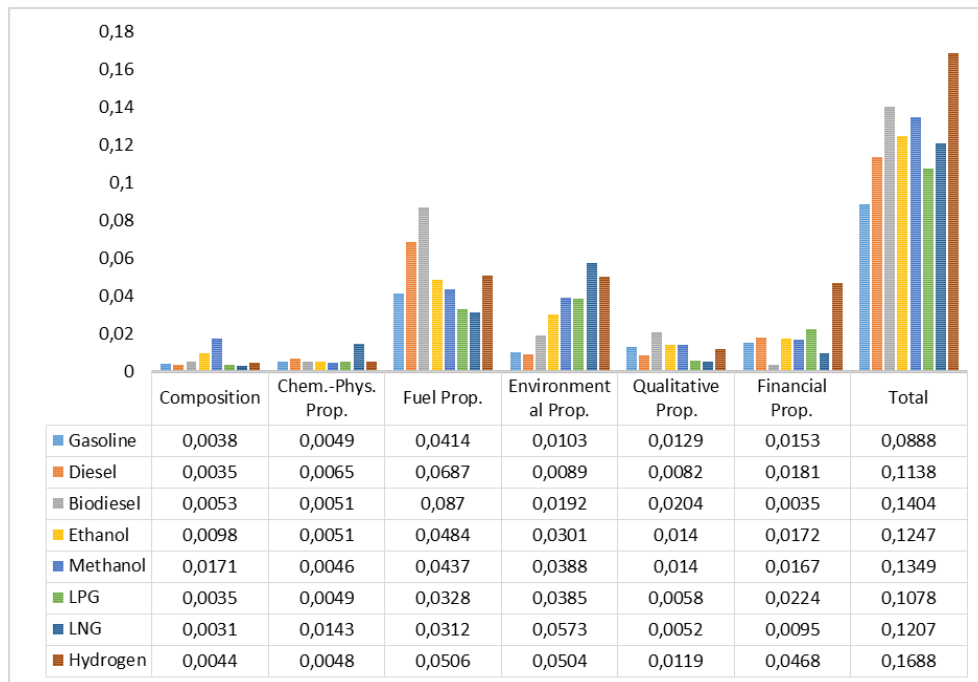


Figure 6. Fuel comparison

The obtained results indicate that the Hydrogen with a global priority of 0.1688 presents itself as the optimum source of energy that satisfies all the criteria selected. On the other hand, Gasoline obtains the lowest priority score of 0.0888. The results also indicate that LNG is the alternative that contributes the most to the environment, presenting itself as an environment-friendly energy source.

Aside from providing a quantitative method to evaluate the alternative fuels, this study brings together a wide range of properties that are grouped under a set of criteria. Various critical qualitative aspects of fuels such as energy security and safety etc. are also quantified to be added into this quantitative analysis.

The model developed within the scope of this study can further be enhanced or improved to cover different aspects of alternative energy sources for internal combustion engines and serve both the policy-makers and the industry itself.

REFERENCES

- [1] Sangeeta, Moka S., Pande M., Rani M., Gakhar R., Sharma M., et al. Alternative fuels: an overview of current trends and scope for future. *Renew Sustain Energy Rev* 2014;32: 697-712.
- [2] EIA, 2016b. International Energy Outlook 2016, U.S. Energy Information Administration <[http://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](http://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf)> (last retrieved on February 2, 2017).
- [3] Wang J., Bi P., Zhang Y., Xue H., Jiang P., Wu X., et al. Preparation of jet fuel range hydrocarbons by catalytic transformation of bio-oil derived from fast pyrolysis of straw stalk. *Energy* 2015;8:488–99.
- [4] Demirbas, A., Competitive liquid biofuels from biomass, *Applied Energy* 88 (2011) 17–28
- [5] Sadeghinezhad, E., Kazi, S.N., Sadeghinejad F., Badarudin, A., Mehrali, M., Sadri, R., Safaei, M.R. A comprehensive literature review of bio-fuel performance in internal combustion engine and relevant costs involvement, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30 (2014) 29–44.
- [6] https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/ch5s5-3-1-3.html
- [7] Zhang, T., Possibilities of Alternative Vehicle Fuels -A literature review, Thesis, Energy Systems Bachelor Program in Energy Systems, Faculty of engineering and sustainable development, Department of Building, Energy and Environmental Engineering, 2015.
- [8] Huiling, L., Bing, L. X., Hong, W., Jingdun. J, Biomass resources and their bio energy potential estimation: a review. *Renew Sustain Energy Rev* 2013;26:344–52.
- [9] Peitao, Z., Yafei S., Shifu, G., Zhenqian, C., Kunio, Y., Clean solid biofuel production from high moisture content waste biomass employing hydrothermal treatment. *Appl Energy* 2014; 131:345–67.
- [10] Wang, S., Wang, Y., Cai, Q., Guo, Z., Production of biogasoline by Co-cracking of acetic acid in bio-oil and ethanol. *Chin J Chem Eng* 2014;22(1):98–103.
- [11] Balo, F., Ucar, A., Development of the insulation materials from coal fly ash, perlite, clay and linseed oil, *Ceramics-Silikaty* 54 (2), 182-191
- [12] Balo. F., Yucel, HL., Assessment of thermal performance of green building materials produced with plant oils, *International Journal of Material Science(IJMSCI)* 3 (3), September 2013, 118-129.
- [13] Selvaratnam, T., Pegallapati, A.K., Reddy H., Kanapathipillai N., Nirmalakhandan N., Deng, S., et al. Algal biofuels from urban wastewaters: maximizing biomass yield using nutrients recycled from hydrothermal processing of biomass. *Bioresour Technol*, 2015, 182:232–238.
- [14] Frank, E.D., Han, J., Palou, Rivera, I., Elgowainy, A., Wang, M.Q., Life-cycle analysis of algal lipid fuels with the GREET model. Energy Systems Division, Argonne National Laboratory; 2011. Available from: <https://greet.es.anl.gov/>
- [15] Sobrino, F.H., Monroy, C.R., Perez, J. L. H., Biofuels and fossil fuels: life cycle analysis(LCA) optimisation through productive resources maximisation. *Renew Sustain Energy Rev* 2011;15(6):2621-2628.
- [16] Festel, G, Würmseher, M, Rammer, C, Boles, E, Bellof, M. Modelling production cost scenarios for biofuels and fossil fuels in Europe. *J Clean Prod* 2014;66(0): 242-253.
- [17] Xie, X, Wang, M, Han, J. Assessment of fuel-cycle energy use and greenhouse gas emissions for Fischer-Tropsch diesel from coal and cellulosic biomass. *Environ Sci Technol* 2011;45(7):3047-3053.
- [18] Tzeng GH, Lin CW, Opricovic S. Multi-criteria analysis of alternate – fuel buses for public transportation. *Energy Policy* 2005;33:1373–83.
- [19] A.Köne, T. Buke, An Analytical Network Process (ANP) evaluation of alternative fuels for

- electricity generation in Turkey, *Energy Policy* 35 (2007) 5220–5228
- [20] Streimikiene D, Balez'entis T, Balez'entiene' L. Comparative assessment of road transport technologies. *Renew Sustain Energy Rev* 2013;20:611–8.
- [21] Fazeli, R, Leal, V, Sousa, JP. A multi-criteria evaluation framework for alternative light-duty vehicles technologies. *Int J Multicrit Decis Making* 2011;1:230–51.
- [22] Tsita, KG, Pilavachi, PA., Evaluation of alternative fuels for the Greek road transport sector using the analytic hierarchy process. *Energy Policy* 2012;48:677–86.
- [23] Mohamadabadi, H.S., Tichkowsky, G., Kumar, A., Development of a multi-criteria assessment model for ranking of renewable and non-renewable transportation fuel vehicles. *Energy* 2009;34:112–25.
- [24] Zhou, Z, Jiang, H, Qin, L. Life cycle sustainability assessment of fuels. *Fuel* 2007;86:256–63.
- [25] Brey, JJ, Contreras, I, Carazo, AF, Brey, R, Hernandez-Diaz AG, Castro A. Evaluation of automobiles with alternative fuels utilizing multicriteria techniques. *J Power Sources* 2007;169:213–B.
- [26] Abdullah, L., Najib, L., Sustainable energy planning decision using the intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process: choosing energy technology in Malaysia. *Int. J. Sustain. Energ.* 35 (4), 2016, 360–377.
- [27] Montajabiha, M., An extended PROMETHE II multi-criteria group decision making technique based on intuitionistic fuzzy logic for sustainable energy planning. *Group Decis. Negot.* 25 (2), 2016, 221–244
- [28] Paul, S., Sarkar, B., Bose, P.J., Eclectic decision for the selection of tree borne oil(TBO) as alternative fuel for internal combustion engine. *Renew. Sustain. Energy Rev.*48, 2015, 256–263.
- [29] Sakthivel, G., Ilangkumaran, M., Gaikward, A., A hybrid multi-criteria decision modeling approach for the best biodiesel blend selection based on ANP-TOPSIS analysis. *Ain Shams Eng. J.* 6 (1), 2015, 239–256.
- [30] Ren, J., Liang, H., Measuring the sustainability of marine fuels: a fuzzy group multi-criteria decision making approach. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 54, 2017, 12–29.
- [31] Sehatpour, M.H., Kazemi, A., Sehatpour, H., Evaluation of alternative fuels for light-duty vehicles in Iran using a multi-criteria approach. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 72, 2017, 295–310.
- [32] Ren, J., Lützen, M., Selection of sustainable alternative energy source for shipping: multi-criteria decision making under incomplete information. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 74, 2017, 1003–1019.
- [33] Nocera, S., Cavallaro, F., The competitiveness of alternative transport fuels for CO2 emissions, *Transport Policy* 50, 2016,1–14
- [34] Poh, K.L., Ang, B.W., Transportation fuels and policy for Singapore: an AHP planning approach. *Comput. Ind. Eng.* 1999;37(3):507–25
- [35] Lanjewar, PB, Rao, R.V., Kale, A.V., Assessment of alternative fuels for transportation using a hybrid graph theory and analytic hierarchy process method. *Fuel*,2015;154:9–16.
- [36] Papalexandrou, M.A., Pilavachi, P.A., Chatzimouratidis AI. Evaluation of liquid biofuels using the analytic hierarchy process. *Process Saf Environ Prot.*2008;86(5):360–74.
- [37] www.afdc.energy.gov
- [38] American Petroleum Institute (API), Alcohols and Ethers, Publication No.4261, 3rd ed.

- (Washington, DC, June 2001), Table 2.
- [39] McCormick, R.L., Biodiesel Handling and Use Guidelines—Fourth Edition, National Renewable Energy Laboratory, 2009
- [40] Owen, K., and Coley, T., Automotive Fuels Reference Book: Second Edition. Society of Automotive Engineers, Inc. Warrendale, PA. 1995.
- [41] Petroleum Product Surveys: Motor Gasoline, Summer 1986, Winter 1986/1987. National Institute for Petroleum and Energy Research.
- [42] American Petroleum Institute (API), Alcohols and Ethers, Publication No. 4261, 3rd ed. (Washington, DC, June 2001), Table B-1.
- [43] Heywood, J., Internal Combustion Engine Fundamentals. McGraw-Hill Inc. New York, 1988.
- [44] The National Biodiesel Board website reports that "most major engine companies have stated formally That the use of blends up to B20 will not void their parts and workmanship warranties." Accessed (<http://www.biodiesel.org/using--biodiesel/oem--information/oem--statement--summary--chart>)
- [45] Greenhouse Gases, Regulated Emissions, and Energy Use in Transportation (GREET) Model, version 1. Input Fuel Specifications. Argonne National Laboratory. Chicago, IL, 2013.
- [46] Methanol Institute. Fuel Properties. Accessed:
<http://www.methanol.org/Energy/Resources/Alternative--Fuel/Alt--Fuel--Properties.aspx>
- [47] Sheehan, J., Camobreco, V., Duffield, J., Graboski, M., and Shapouri, H., An Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel Life Cycles. Report of National Renewable Energy Laboratory (NREL) and US-Department of Energy (DOE), 1998.
- [48] Energy Information Administration. Monthly Energy Review. Summary For 2006
- [49] McCormick, R.L., Williams, A. Ireland, J., Brimhall, M., and Hayes, R.R., Effects Of Biodiesel Blends on Vehicle Emissions. NREL Milestone Report NREL/MP-40540-40554, 2006.
- [50] Wang, M., Energy And Greenhouse Gas Emissions Impacts of Fuel Ethanol. Presentation to the NGCA Renewable Fuels Forum, August 23, 2005. Argonne National Lab. Chicago, IL
- [51] Kelly, K., Eudy, L., and Coburn, T., Light--Duty Alternative Fuel Vehicles: Federal Test Procedure Emissions Results. Report of National Renewable Energy Laboratory (NREL), NREL/TP, 1999, 25540-25818,
- [52] Murray, J., Lane, B., Lillie, K. and McCallum, J.,. An Assessment Of the Emissions Performance of Alternative and Conventional Fuels. Report of the Alternative Fuels Group of the Cleaner Vehicles Task Force. Norwich, UK, 2000
- [53] Beer, T., Grant, T., Morgan, G., Lapszewicz, J., Anyon, P., Edwards, J., Nelson, P., Watson, H., & Williams, D., Comparison of Transport Fuels on The Stage 2 Study of Life-Cycle Emissions Analysis of Alternative Fuels for Heavy Vehicles, Australian Greenhouse Office, Southern Cross Inst. of Health Research, (EV45A/2/F3C), book, Melbourne University, 2011
- [54] Queddeng, E. A., Decision Analysis Using Value-Focused Thinking To Select Renewable Alternative Fuels, Air University ,Thesis, March 2005
- [55] Clean cities alternative fuel price report, Department of energy, Energy efficiency & renewable energy, July 2017
- [56] DOE Stanford University, College of the desert and green econometric research, 2017



Araştırma Makalesi / Research Article

Low Velocity Impact Damage Response Of Carbon Fiber Reinforced Composites At Low Temperatures

Karbon Fiber Takviyeli Kompozitlerin Düşük Sıcaklıklarda Düşük Hızdaki Darbe Dayanımı

Zafer Özdemir^{1*}, Osman Selim Türkbaş² and Dilara Yılmaz³

¹Balıkesir University, Engineering Faculty, Mechanical Engineering Department, 10100, Balıkesir, Turkey.

²Gazi University, Engineering Faculty, Mechanical Engineering Department, 06400, Ankara, Turkey.

³Gazi University, Engineering Faculty, Mechanical Engineering Department, 06400, Ankara, Turkey.

ARTICLE INFO

Article History

Received 09.10.2019

Revised 01.12.2019

Accepted 27.12.2019

Available Online 31.12.2019

Keywords

Low Temperature, Low Velocity, Impact Response, Carbon Fiber Reinforced Composite, Strain

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış 09.10.2019

Revize 01.12.2019

Kabul 27.12.2019

Online Yayınlama 31.12.2019

Anahtar Kelimeler

Düşük Sıcaklık, Düşük Hız, Darbe Direnci, Karbon Fiber Takviyeli Kompozitler, Gerinim

ABSTRACT

Carbon Fiber Reinforced Composite (CFRC) plates have been subjected to low energy impact tests at 22,5°C (with strain gauge mounted), 22,5°C, 0°C, -30°C and -60°C separately. CFU10T carbon is chosen as fiber material and CR80 epoxy resin as matrix. The samples have been prepared as 100 X 100 mm. width/length and 2 mm. (thickness), 8 layered respectively and have been orientated as quasi-isotropic. The plate samples have been prepared by hand layup method. Low velocity impact tests have been carried out by Weight Drop Impact Test Setup according to ASTM D7136. Critical response force-time, strain and damage response have been investigated. It has been observed that; as the temperature decreases, contact forces increase and contact time decreases. The laminate number and lay up orientation also affect the low impact energy behavior of plates. As the temperature decreases, impact strength of CFRP plates decreases. It has been experimentally observed and proved that low temperature decreases impact strength.

ÖZ

Karbon fiber takviyeli kompozitler (KFTK); 22,5°C (strain-gage li), 22,5°C, 0°C, -30°C ve -60°C sıcaklıklarda düşük enerjili darbe testlerine tabi tutulmuşlardır. CFU10T karbon fiber ve CR80 reçine matriks malzeme olarak kullanılmıştır. Numuneler 100 X 100 mm. genişlik/uzunluk ve 2 mm. kalınlıkta 8 tabakalı olarak hazırlanmış ve quasi-isotropic olarak ayrı ayrı yönlendirilmişlerdir. Tabakalar el yapımı yayma metodu ile hazırlandıktan sonra ASTM D7136'ya göre düşük hızda darbe testine tabii tutulmuşlardır. Kritik kuvvet-zaman, gerinim-zaman grafikleri hazırlanarak ayrı ayrı hasar analizleri yapılmıştır. Sıcaklık azaldıkça temas kuvvetinin arttığı ve temas zamanının azaldığı gözlemlenmiştir.

*Corresponding Author

E-mail adress: ozdemirzafer@yahoo.com (Zafer Özdemir), turkbaz@gazi.edu.tr (Osman Selim Türkbaş), dlrylmz@gmail.com (Dilara Yılmaz)

1. INTRODUCTION

Fiber-reinforced composites have been used as engineering materials for nearly five decades. Early development of fiber-reinforcement composite technology began in the defense sector where uses for composites included such things as filament-wound rocket motor cases. Evaluation of the technology took place primarily in the defense industry for many years due mainly to the extremely high costs associated with developing and manufacturing these materials. As technology matured, development costs decreased to the point where composites could be economically used in a variety of commercial industries. Today, airframe manufactures utilize composite materials in certain external areas such as wing flaps, elevators, rudders, spoilers, and landing gear doors [1].

As fabrication methods become even more economical, composites will be used more extensively as aircraft surface panel materials. With this increased use of composite materials on the exterior of aircraft, it is imperative that designer understand how these materials behave under all loading conditions. One of these loading conditions that exterior components will encounter throughout their service lives is impact loading due to foreign object impact. Because composites have poor resistance to damage due to out-of-plane impact, loading could preclude their use in some structures [2].

Hand lay-up is the most common and least expensive open-molding method because it requires the least amount of equipment. Fiber reinforcements are placed by hand in a mold and resin is applied with a brush or roller. Hand layup is an open molding method suitable for making a wide variety of composites products from very small to very large. Production volume per mold is low; however, it is feasible to produce substantial production quantities using multiple molds. Design changes are readily made. There is a minimum investment in equipment. With skilled operators, good production rates and consistent quality are obtainable [3].

Recently, there has been considerable interest in mechanical tests of fiber reinforced composites. BelingardiveVadori conducted a study on glass fiber epoxy resin composites low energy impact resistance and investigated energy absorbing ability at different impact velocities and deduced force-displacement graphs [4]. Different kinds of strikers affecting on the impact resistance of carbon epoxy composite laminates have recently been proposed in the literature by Mitrevski and colleagues; as a result, they have concluded that the samples exposed to impact by conic edge are the most energy absorbed sample [5]. Dimensional and striker effects to the low energy impact of composites have been investigated by Aslan and colleagues [6]. Milli and colleagues investigated the behaviors of epoxy glass composites at low velocity impact by using theoretical hertz impact law and obtained consistent results with the tests [7]. Karim and colleagues studied the impact behavior and performance of epoxy composites produced by under single and repeated low-velocity impact loading and showed that performance of epoxies decreases at low temperatures [8]. Kara investigated the dynamic behavior of epoxy glass composites under low velocity impact behavior and damage analysis

according to the different plate dimensions and obtained similar results as Karim and colleagues obtained [9]. Cho K. and friends studied the effect of heat fluctuations (low and high temperature) of impact damage on carbon fibers (CFRP) and obtained that heat fluctuations decreases impact resistance [10]. Ibekwe and colleagues have studied the damage effect of compression test on glass fiber reinforced composites at low temperature degrees [11]. T. Gomez and his colleagues examined the low impact damage behavior of CFRPs at different temperatures and concluded that the influence of temperature and ply reinforcement architecture of stacking sequence effect the mechanical behavior of the CFRP laminates subjected to low velocity impulsive loads [12]. Lal studied on the 8 layered isotropic graphite/epoxy composites low impact behavior [13]. Whittingham and colleagues investigated the low impact behavior of carbon fiber / epoxy laminates under prestress and depicted that penetration depth, impact load and absorbed energy are independent from prestress value upto 6J, but dependant at greater energy levels [14]. Husseinzadeh analyzed the high impact behavior of CFRPs numerically with ANSYS Ls-Dyna V6.1 software and obtained consistent results with experiments [15].

Also there has been studies and investigations on the impact behavior of composites at different temperature degrees; some of these studies are as follows:

Amin Salehi-Khojin and his colleagues investigated the role of temperature on impact properties of Kevlar/fiberglass composite laminates and showed that as the temperature decreases, strength decreases [16]. Jeremy Gustin and his colleagues studied on low velocity impact of combination kevlar/carbon fiber sandwich composites [17].

The originality of our study is based on the hand layup preparation and low velocity impact response analyze at low temperatures of CFRPs together. One group of samples for each array at 22,5°C have been subjected to test with strain-gauge. Also; strain analyze is conducted for this group.

2. MATERIAL AND METHOD

Carbon fiber and epoxy resin are used for preparation of plates (Table 1) by hand layup process at 23,7°C, % 28 humidity and under 650 mm Hg. pressure, approximately for 30 minutes. The plates have been vacuumed, after that they have been cured at 55°C for 16 hours [3].

The stacking sequence and numbers are depicted below:

Composite type: Carbon (CFU 10T), epoxy (CR 80) and CH 80-6 hardener (Fig. 1).

(%70 fiber-carbon-% 30 matrix-epoxy resin)

Dimension of samples : 100 x 100 mm.

Each layer thickness : 0,25 mm.

Plate thickness : 2 mm.



Figure 1. Composite plates after vacuum and curing process

Table 1. Properties of the constituents of plates [18, 19]

Properties	CFU 10T Carbon (fiber)	CR 80 Resin (epoxy)
Tensile strength (MPa)	1180	69
Tensile modulus (GPa)	190	3,2
Density (g/cm ³)	1,8	1,17

Table 2a. Stacking sequence of samples

Sample Codes	Array
1N1(22,5°C strain gage), 1N2 (22,5°C), 1N3 (-30°C), 1N4 (-60°C), 1N5 (0°C),	[0/+45/+45/90] _s
2N1(22,5°C strain gage), 2N2 (22,5°C), 2N3 (-30°C), 2N4 (-60°C), 2N5 (0°C),	[90/+45/0/-45] _s
3N1(22,5°C strain gage), 3N2 (22,5°C), 3N3 (-30°C), 3N4 (-60°C), 3N5 (0°C),	[+45/0/-45/90] _s

Table 2b. Stacking sequence of samples

Sample Codes	Array
4N1(22,5°C strain gage), 4N2 (22,5°C), 4N3 (-30°C), 4N4 (-60°C), 4N5 (0°C),	[0/+45/90/-45] _s
5N1(22,5°C strain gage), 5N2 (22,5°C), 5N3 (-30°C), 5N4 (-60°C), 5N5 (0°C),	[0/-45/90/+45] _s
6N1(22,5°C strain gage), 6N2 (22,5°C), 6N3 (-30°C), 6N4 (-60°C), 6N5 (0°C),	[+45/0/90/-45] _s

Samples (Table 1 and 2) have been prepared and tests have been carried out according to ASTM D7136 "Standard Test Method for Measuring the Damage Resistance of a Fiber-Reinforced Polymer Matrix Composite to a Drop-Weight Impact Event" [20].

A weight drop impactor test setup was used for impact tests (Fig. 2(a) and (b)). The device has been designed so as to make damage on the materials by a substance dropped from a definite height with low velocity and mass. For this study, all samples were impacted with a 9 kg. drop weight. Since, the drop weight was not changed, the different impact energies were achieved by adjusting the drop height. A pneumatic clamping fixture, with a 76.2 mm. (3in.) diameter opening, secured each sample during impact. The samples were impacted with a 12.7 mm. (0.5in.) diameter striker with a hemispherical tip, constructed by a high strength steel. Impulse software was used to display and store the impact data.

**Figure 2.** (a) Weight Drop Test Setup and Settlement of Sample to the Fixture

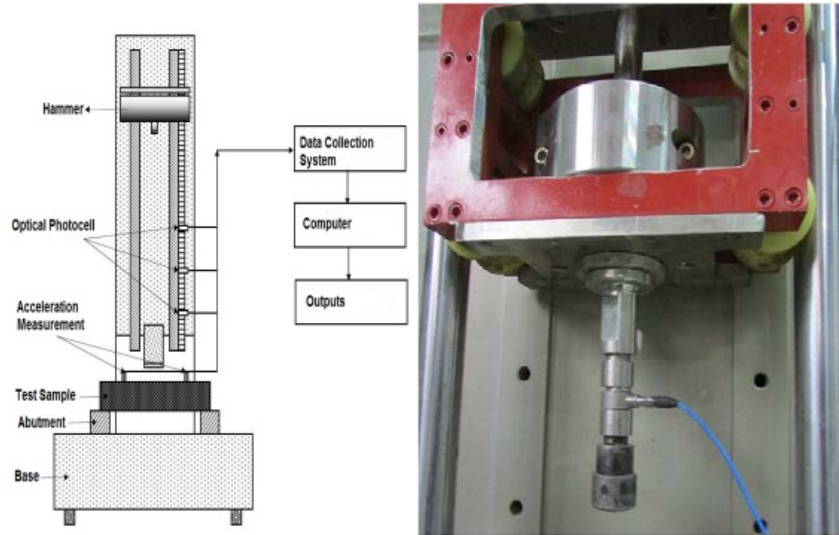


Figure 2. (b) Weight Drop Test Setup and Settlement of Sample to the Fixture

The force sensor 201B03 model (Table 3) ICP manufactured by PCB Group Company is used in tests (Fig. 3.)



Figure 3. The Force Sensor

Table 3. Technical Specification of Force Sensor

Specification	Value
Sensitivity	(±15%) 2248 mV/kN
Measuring Range (Pressure Force)	2,224 kN
Maximum Statical Force (Pressure Force)	13,34 kN
Broadband Resolution (1-10 000 Hz)	0,04448 N-rms
Low Frequency Response (-5%)	0,0003 Hz
Highest Frequency Limit	90 kHz

The data collector is the application that collects and delivers the metadata that is analyzed and presented in the GUI (Graphical user Interface) in computer (Table 4). The NI 9233-USB-9162 model data collector is used in tests (Fig. 4.)



Figure 4. NI 9233-USB-9162 Model Data Collector and Mounting

Table 4. Technical Specification of Data Collector

Specification	Value
Channel Number	4
Resolution	24-bite
Dynamic Interval	102 dB
Minimum Data Rate	2 kS/s
Maximum Data Rate	50 kS/s
Frequency	12,8 MHz
Sensitivity	± 100 ppm max.

Optical photocells are used in tests in order to measure the strain rate (Fig. 5.)

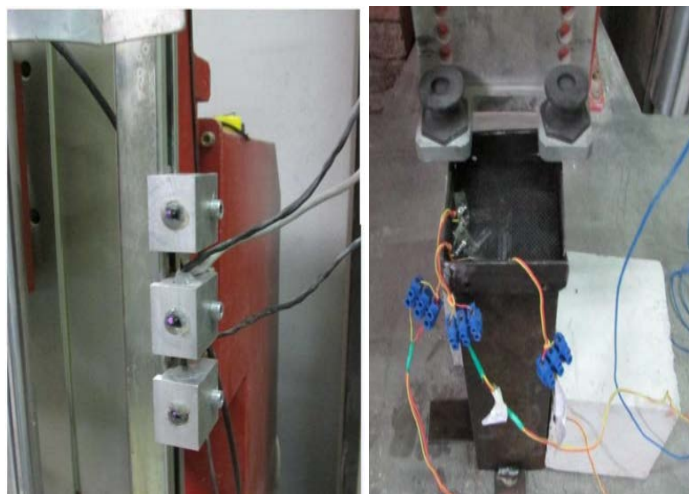


Figure 5. Optical photocells and sample with strain-gauges

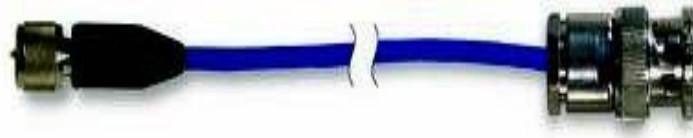


Figure 6. 003A20 Model LowNoise Coaxial Cable

Collected data from impact tests to the data collector was transmitted by coaxial cable without losing data (Fig. 6.).

Plates have been subjected to cooling operation by nitrogen gas and when desired temperature degree (0°C, -30°C and -60°C) is obtained, low velocity impact tests have been conducted immediately. The temperature degrees have been kept stable till the experiments were conducted (Fig.7).



Figure 7. Nitrogen Gas Tank

3. THE RESEARCH FINDINGS

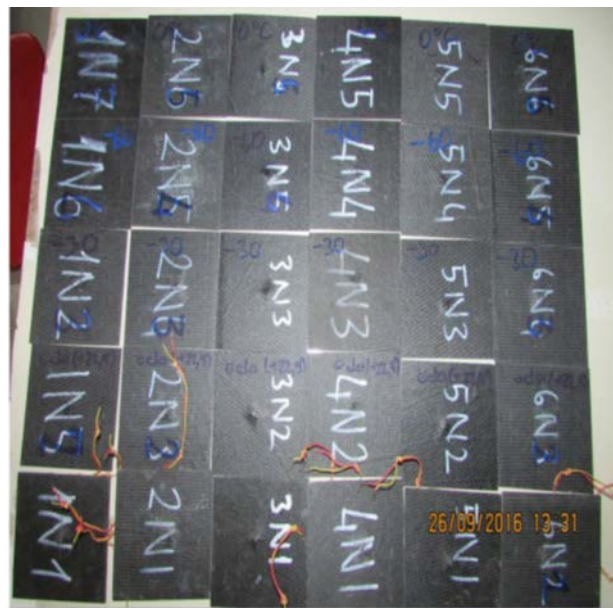


Figure 8. Samples subjected to low velocity impact test at +22,5 °C (strain gage), +22,5 °C, -30 °C, -60 °C and 0 °C respectively



Figure 9. *Samples with strain gage*

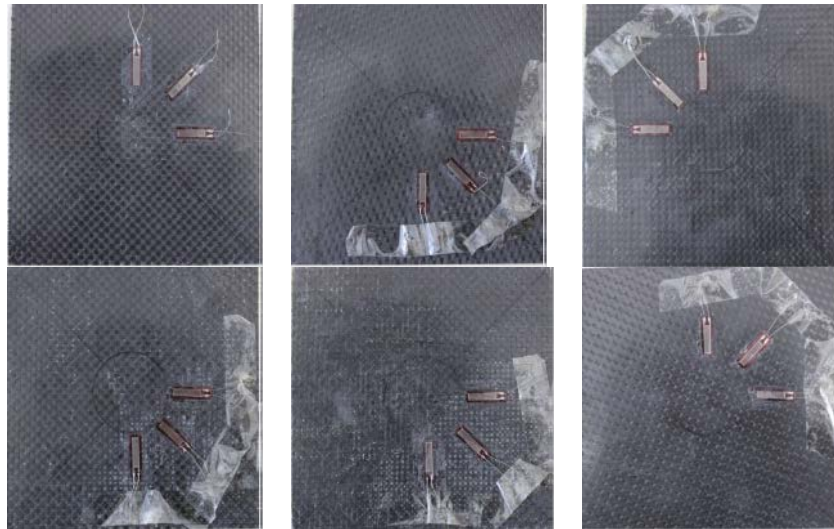


Figure 10. *Samples subjected to low velocity impact test at +22,5 °C (strain gage), +22,5 °C, -30 °C, -60 °C and 0 °C respectively*

A Strain gage (sometimes referred to as a Strain Gauge) is a sensor whose resistance varies with applied force; it converts force, pressure, tension, weight, etc., into a change in electrical resistance which can then be measured. When external forces are applied to a stationary object, stress and strain are the result. Stress is defined as the object's internal resisting forces, and strain is defined as the

displacement and deformation that occur. Strain gauges (120 (Ω) and % 3 strain limit) are used to measure the strain for the samples that have been subjected to impact at +22,5°C (fig.9 ve 10). [21].

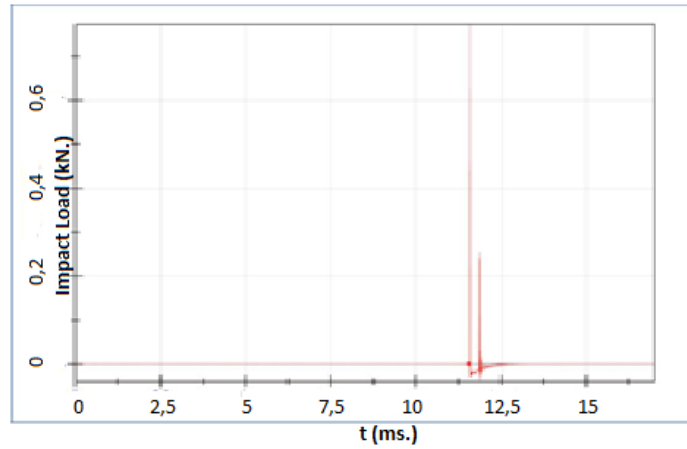


Figure 11. Signals taken by samples subjected to repeated forces

Until striking edge hits the sample, force is zero. Just at the hitting time, the force increases to a very high level and then again after second hit a small force magnitude has been obtained compared to the first hit as seen in Fig. 11. This means a second impact force has been applied. And as seen in Fig. 12., after second impact force a less contact force has been observed. Until the striking end stops, the impact forces continues. For force is the initiating force that makes a permanent damage.

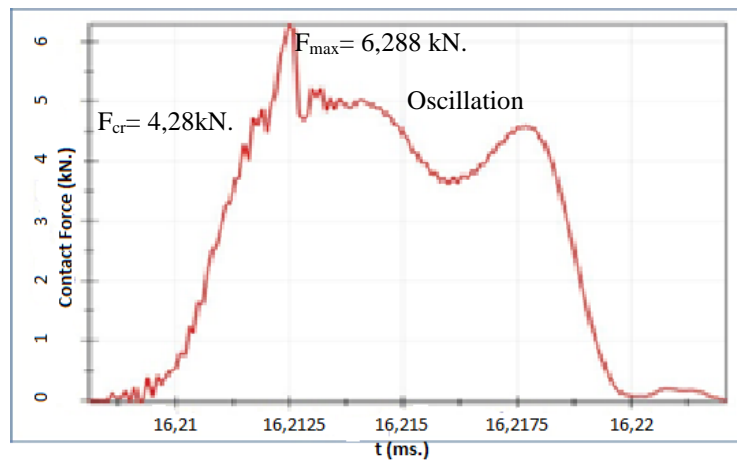


Figure 12. Force-time graph of [0/+45/-45/90] oriented sample subjected to low velocity impact test (strain-gauge mounted)

Table 5. Impact Parameters

Impactor (Striker) Diameter(mm.)	76,2 mm.
Impact Velocity (m/s.) (upon impact)	2,44 m/s.
Mass of Impactor (kg.)	9 kg.
Impact Energy (J.)	26,5 J
Impactor Height to Sample (mm.)	300 mm.

Table 6. The results obtained from $[0/+45/+45/90]$ oriented sample subjected to low velocity impact test (strain-gauge mounted)

F_{max} (kN)	F_{cr} (kN)	t_{Fmax} (ms.)	t_{total} (ms.)
6,288	4.28	0.0019	0.014

F_{max} : Maximum force obtained

F_{cr} : Critical force initiating damages at the samples.

t_{Fmax} : time for F_{max}

t_{total} : total impact time

Impact parameters are depicted at Table 5.

The first damage starts to occur in the sample at F_{cr} , (fig.10). This is called as F_{cr} (critical force starting to cause damages at the samples). Then the force reach to a maximum, after that an oscillation is observed until a second F_{max2} . Contact force decreases sharply to 0 (zero) as observed in $[0/+45/+45/90]$ oriented sample subjected to low velocity impact test (strain-gauge mounted) (Table 6 and Fig.12). For a non-reversible and visible damage, F_{cr} must be exceeded. If not, invisible damages could be observed.

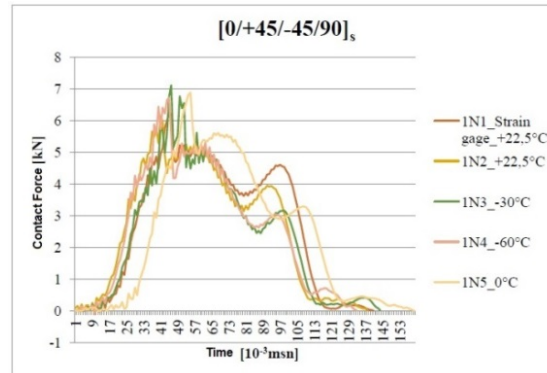


Figure 13. Contact force -time graph of $[0/+45/+45/90]_s$ (Sample code 1N) oriented samples subjected to low velocity impact test at different temperatures

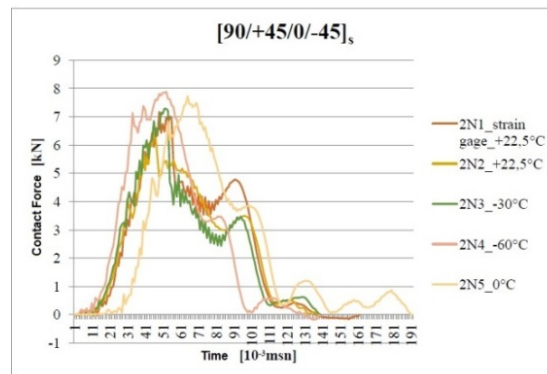


Figure 14. Contact force -time graph of $[90/+45/0/-45]_s$ (Sample code 2N) oriented samples subjected to low velocity impact test at different temperatures.

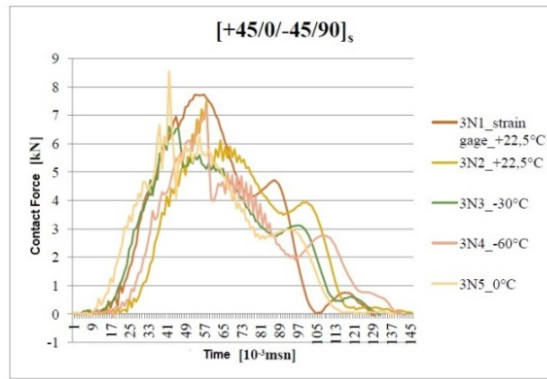


Figure 15. Contact force -time graph of [+45/0/-45/90]_s (Sample code 3N) oriented samples subjected to low velocity impact test at different temperatures

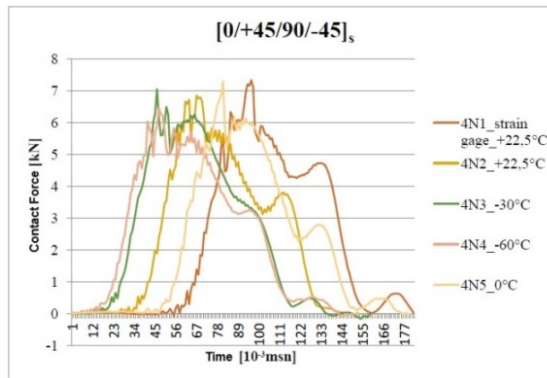


Figure 16. Contact force -time graph of [0/+45/90/-45]_s (Sample code 4N) oriented samples subjected to low velocity impact test at different temperatures

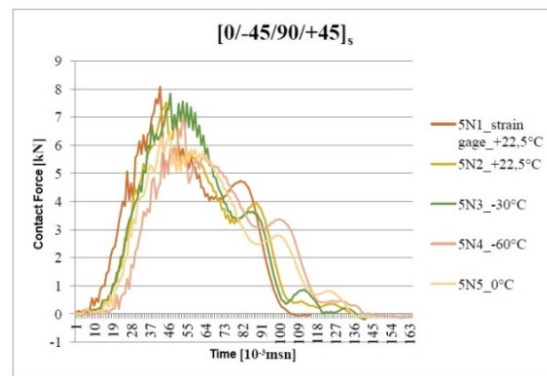


Figure 17. Contact force-time graph of [0/-45/90/+45]_s (Sample code 5N) oriented samples subjected to low velocity impact test at different temperatures

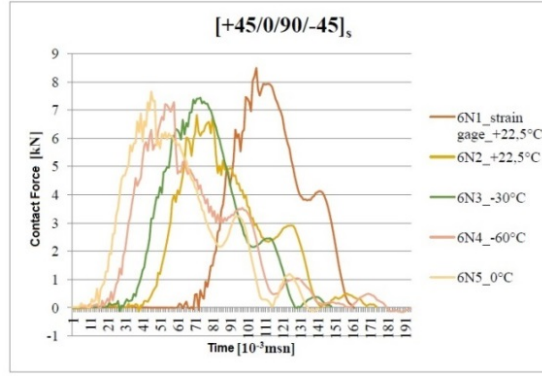


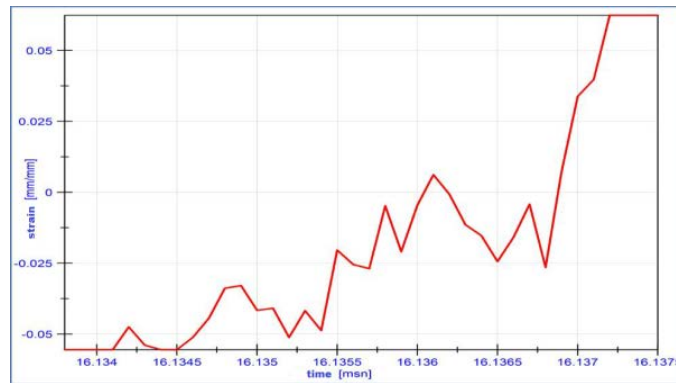
Figure 18. Contact force -time graph of [+45/0/90/-45]_s (Sample code 6N) oriented samples subjected to low velocity impact test at different temperatures

Table 7. Contact Force-Time Values According to Fig.11-16 (t_{start} is 0 (second) for all samples)

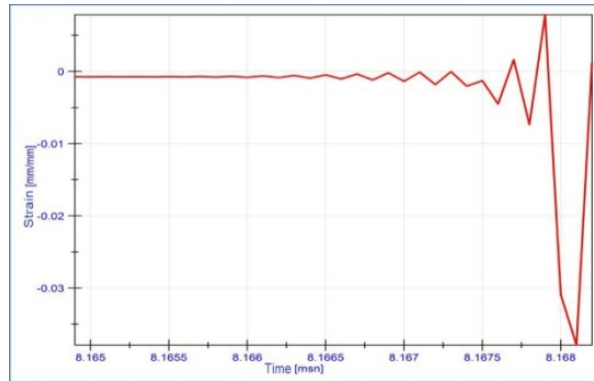
Sample Number	t_{Fmax} (ms.)	t_{total} (ms.)
1N1	4,4	14
1N2	4	13,7
1N3	4,5	14,3
1N4	4,4	13,2
1N5	5,4	15,9
2N1	5,4	16,1
2N2	4,5	13,8
2N3	4,5	13,9
2N4	5,2	13,9
2N5	6,9	19,1
3N1	5,6	12,9
3N2	5,7	14,5
3N3	4,1	13,1
3N4	5,7	14,2
3N5	4,1	13,8
4N1	9,5	18,1
4N2	6,6	14,5
4N3	4,5	15,8
4N4	4,6	15,2
4N5	8	17,9
5N1	4,1	11,4
5N2	4,4	13,4
5N3	4,6	14,2
5N4	5,2	16,3
5N5	4,6	14,3
6N1	10,5	16,1
6N2	7,1	17,4
6N3	7,3	14,8
6N4	5,8	19,3
6N5	4,5	14,1

F_{contact} is the reaction force to the impact force, F_{cr} force is the initiating force that makes a permanent damage and F_{max} is the ultimate force that sample reacts to the impact force as seen in fig.13 through fig.18.

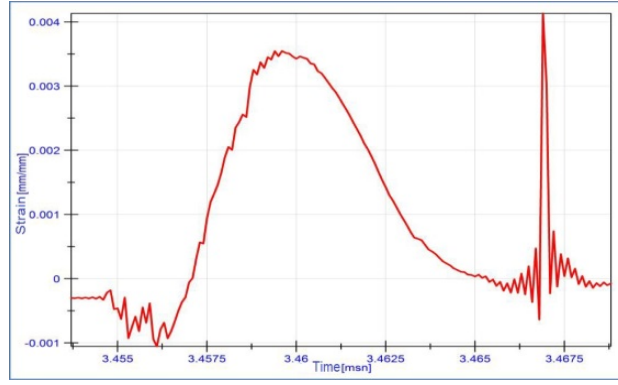
As temperature increases, delamination occurs at all layers. This result indicates the decreasing of stiffness. In other words impact strength decreases, as temperature decreases. In 1,2,4 and 5 numbered samples that starting in with 0° and 90° oriented angles, delamination occurs almost at all layers. In 3 and 6 numbered samples that starting in with $+45^\circ$ oriented angles, delamination mostly occurs at substrates, as a result it can be deduced that samples starting in with $+45^\circ$ oriented angles have more strength than the other ones. Resin time is utmost at 6N4 number sample (-60°C), it means the most resilient one is this sample among the other ones. As the temperature decreases, damage area increase. Low temperature significantly effects the damage areas (Table 7).



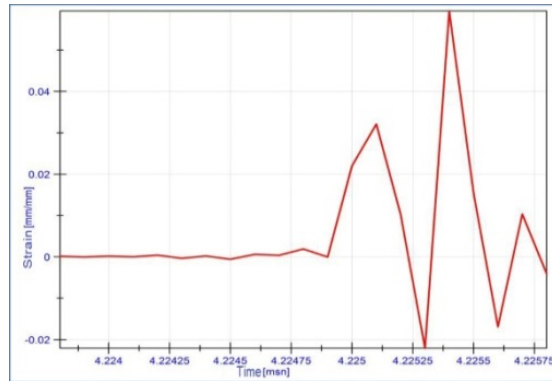
(a) $[0/+45/+45/90]_s$



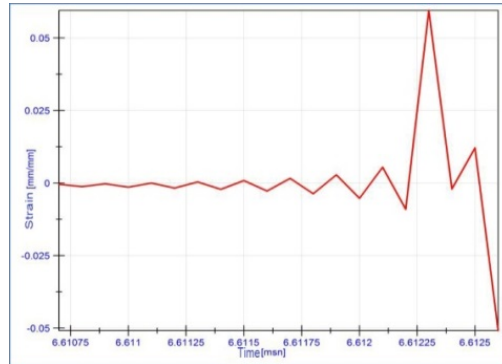
(b) $[90/+45/0/-45]_s$



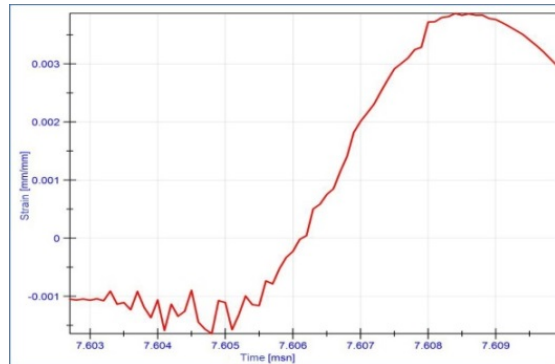
(c) [+45/0/-45/90]s



(d) [0/+45/90/-45]s



(e) [0/-45/90/+45]s



(f) [+45/0/90/-45]s

Figure 19. Strain-time graphs of samples subjected to low velocity impact test at different temperatures a) 1N1, b) 2N1, c) 3N1, d) 4N1, e) 5N1, f) 6N1 (strain gauge mounted samples at 22,5°C)

Strain amount is high at the $[0/+45/-45/90]_s$ oriented sample and damage area less. Strain amount is low at the $[+45/0/90/-45]_s$ oriented sample and damage area is more. $[0/+45/90/-45]_s$ and $[0/-45/90/+45]_s$ oriented samples area identical to each other so strain values is almost same (Fig. 17). It is observed that if the damage occurs earlier, material has lower toughness and more brittle; and vice versa. The reason why the strain values begin under zero is the compression force observed during impact force applied to the samples.

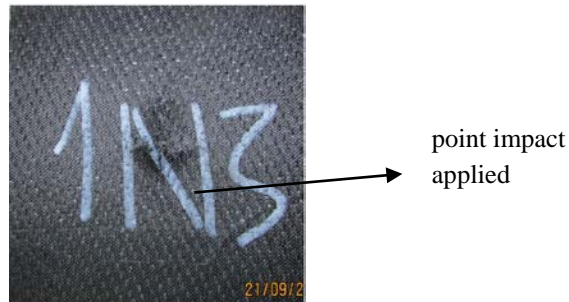


Figure 20. *Impact Applied Point*

Impact force is applied directly to the center of samples (fig.20).

Damage photos (fig. 21 through fig 26. for 1N1, 2N1, 3N1, 4N1, 5N1 and 6N1) observed under microscopy could be seen for all samples from Fig. 27 to Fig. 32.

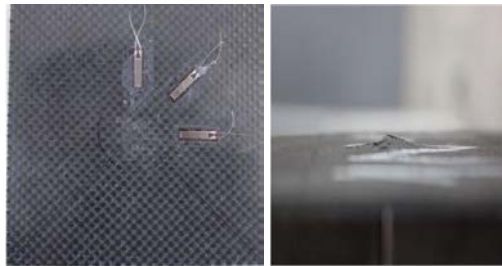


Figure 21. *Impact Applied Point (1N1 Sample)*



Figure 22. *Impact Applied Point (2N1 Sample)*



Figure 23. *Impact Applied Point (3N1 Sample)*



Figure 24. *Impact Applied Point (4N1 Sample)*

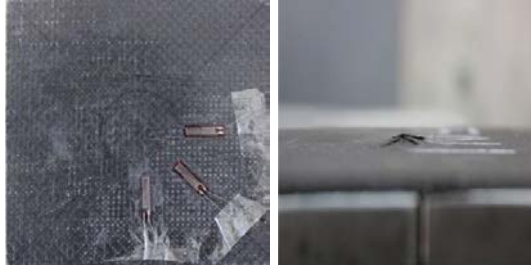


Figure 25. *Impact Applied Point (5N1 Sample)*



Figure 26. *Impact Applied Point (6N1 Sample)*

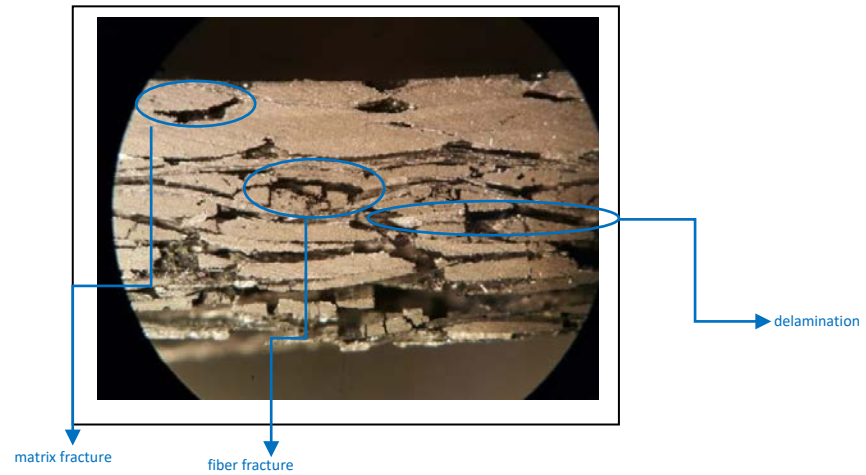


Figure 27. *Cross section view of 1N1 sample under microscopy (1N2, 1N3, 1N4 and 1N5 samples damages are same as 1N1 with very little differences, so they are not depicted in here.)*

As it is observed at the $[0/+45/-45/90]_s$ array;

(1N1); delamination is more at substrates, matrix fractures are more at top 3 layers. Fiber fracture is mostly observed at bottom 2 layers.

(1N2); matrix fractures and delamination are observed almost at all layers, fiber fracture is mostly observed at bottom 2 layers.

(1N3); delamination is observed at bottom 4 layers, fiber fractures are more at bottom 2 layers. Matrix fractures are mostly observed at interstages intensely.

(1N4); delamination is observed at bottom 4 layers, matrix fractures are observed after 2nd layer. Fiber fractures are mostly observed at bottom 2 layers.

(1N5); matrix fractures are observed at top 3 layers intensely, fiber fractures are observed at bottom 2 layers. Delamination occurs after 2nd layer.

Generally; fiber fractures are observed at -45° and 90° angle layers, matrix fractures and delaminations occur at 0° and 45° angle layers. Most delamination is observed at 1N4 sample (-60°C), the least at 1N3 sample (-30°C).

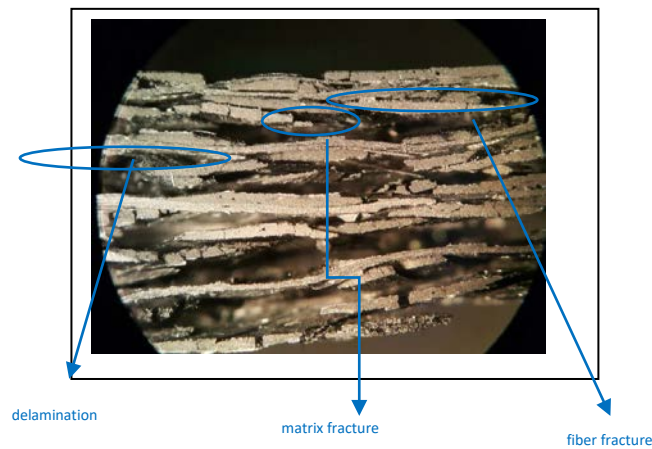


Figure 28. Cross section view of 2N1 sample under microscopy (2N2, 2N3, 2N4 and 2N5 samples damages are same as 2N1 with very little differences, so they are not depicted in here.)

As it is observed at the $[90/+45/0/-45]_s$ array;

(2N1); matrix fractures are observed almost at all layers with delamination, fiber fracture is mostly observed at bottom layers.

(2N2); matrix fractures and delamination are observed, fiber fracture is mostly observed at bottom layers.

(2N3); delamination and fiber fractures are mostly observed at bottom layers, matrix fractures at top layers and delamination are observed in patches at top layers.

(2N4); matrix fractures and delamination are observed at all layers, fiber fracture is observed at bottom layers.

(2N5); matrix fractures and delamination are observed, fiber fracture is observed at bottom 3 layers.

Generally; fiber fractures are observed at -45° angle orientation layers, matrix fractures at 90° angle and delaminations occurs at 0° and 45° angle orientation layers. Most delamination is observed at 2N4 sample (-60°C), the least at 2N1 sample ($22,5^\circ\text{C}$).

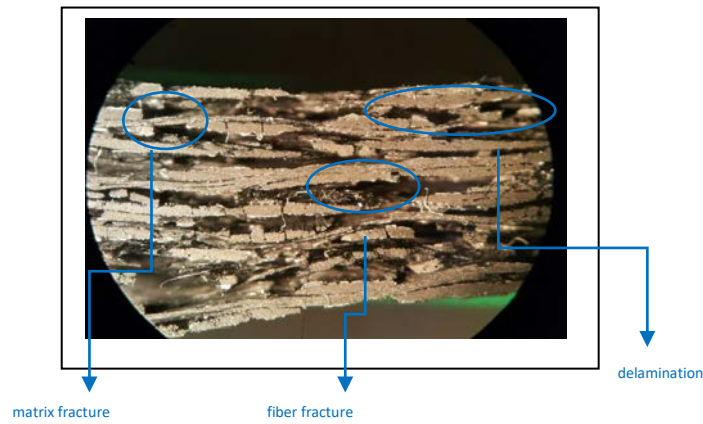


Figure 29. Cross section view of 3N1 sample under microscopy (3N2, 3N3, 3N4 and 3N5 samples damages are same as 3N1 with very little differences, so they are not depicted in here.)

As it is observed at the [+45/0/-45/90]s array; (3N1); matrix fractures are observed almost at all layers with delamination, fiber fracture is mostly observed at bottom 2 layers.

(3N2); matrix fractures and delamination are observed after 2nd layer, fiber fracture is mostly observed at 2 bottom layers.

(3N3); matrix fractures and delamination are observed after 3rd layer, fiber fracture is mostly observed at 2 bottom layers.

(3N4); matrix fractures are observed almost at all layers with delamination, fiber fracture is mostly observed at first layer and bottom 2 layers.

(3N5); matrix fractures and delaminations are observed, fiber fracture is mostly observed at bottom 2 layers.

Generally; fiber fractures are observed at -45° and 90° angle orientation layers, matrix fractures and delaminations occur at 0° and -45° angle orientation layers. Fiber fracture at the first layer of samples is only observed at 3N4 (-60°C), number sample. Most delamination is observed at 3N4 sample (-60°C), the least at 3N3 sample (-30°C).

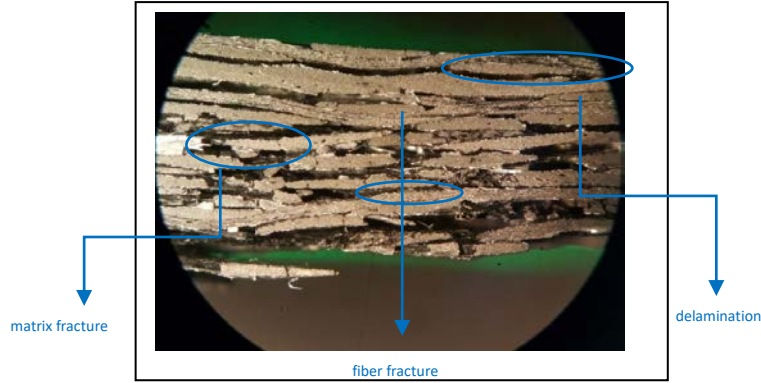


Figure 30. Cross section view of 4N1 sample under microscopy (4N2, 4N3, 4N4 and 4N5 samples damages are same as 4N1 with very little differences, so they are not depicted in here.)

As it is observed at the $[0/+45/90/-45]_s$ array;

(4N1); matrix fractures are observed almost at all layers with delamination, fiber fracture is mostly observed at bottom 2 layers.

(4N2); matrix fractures are observed heavily at all layers with delamination, fiber fracture is mostly observed at bottom 2 layers.

(4N3); matrix fractures are observed after 2nd layer with delamination, fiber fracture is mostly observed at bottom 2 layers.

(4N4); matrix fractures are observed almost at all layers with delamination, fiber fracture is mostly observed at bottom 2 layers.

(4N5); matrix fractures are observed heavily at all layers with delamination, fiber fracture is mostly observed at top 2 and bottom 4 layers.

Generally; fiber fractures are observed at 0° , -45° and 90° angle orientation layers, Matrix fractures and delaminations occur at 0° , $+45^\circ$ and 90° angle orientation layers. Most delamination is observed at 4N3 sample (-30°C), the least at 4N2 sample ($22,5^\circ\text{C}$).

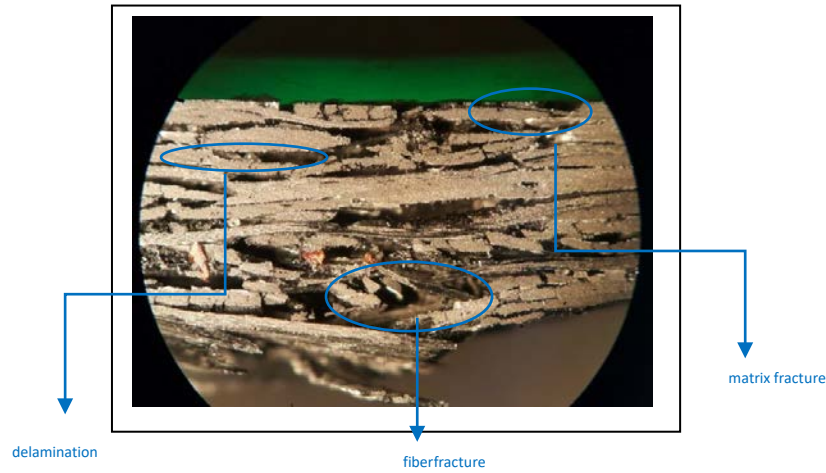


Figure 31. Cross section view of 5N1 sample under microscopy (5N2, 5N3, 5N4 and 5N5 samples damages are same as 5N1 with very little differences, so they are not depicted in here.)

As it is observed at the [0/-45/90/+45]s array;

(5N1); matrix fractures are observed heavily almost at all layers with delamination, fiber fracture is mostly observed at bottom 3 layers.

(5N2); matrix fractures are observed at all layers with delamination, fiber fracture is mostly observed at bottom 3 layers.

(5N3); matrix fractures are observed heavily almost at all layers with delamination, fiber fracture is mostly observed at bottom 3 layers.

(5N4); matrix fractures are observed after 2nd layer with delamination, fiber fracture is mostly observed at bottom 3 layers.

(5N5); matrix fractures are observed heavily almost at all layers with delamination, fiber fracture is mostly observed at bottom 3 layers.

Generally; fiber fractures are observed at $\pm 45^\circ$ and 90° angle orientation layers, matrix fractures and delaminations occurs at 0° , $\pm 45^\circ$ and 90° angle orientation layers. Most delamination is observed at 5N5 sample (0°C), the least at 5N2 sample ($22,5^\circ\text{C}$).

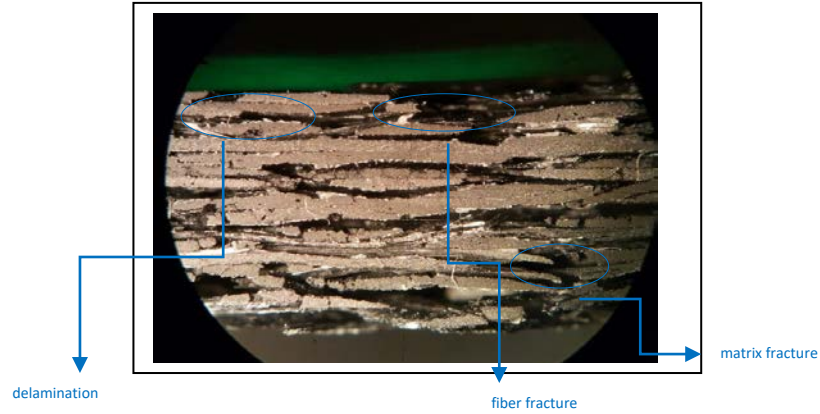


Figure 32. Cross section view of 6N1 sample under microscopy (6N2, 6N3, 6N4 and 6N5 samples damages are same as 6N1 with very little differences, so they are not depicted in here.)

As it is observed at the [+45/0/90/-45]_s array;

(6N1); matrix fractures are observed at all layers with delamination, fiber fracture is mostly observed at bottom 2 layers.

(6N2); matrix fractures are observed at all layers with delamination, fiber fracture is mostly observed at bottom 2 layers.

(6N3); matrix fractures are observed after 3rd layer with delamination, fiber fracture is mostly observed at bottom 2 layers.

(6N4); matrix fractures are observed at all layers with delamination, fiber fracture is mostly observed at bottom 2 layers.

(6N5); matrix fractures are observed at all layers with delamination, fiber fracture is mostly observed at bottom 2 layers.

Generally; fiber fractures are observed at -45 ° and 90° angle orientation layers, matrix fractures and delaminations occurs at 0 °, +45 ° and 90° angle orientation layers. Most delamination is observed at 6N3 sample (-30 °C), the least at 6N1 sample (22,5 °C).

Table 8. $F_{contact}$ - Strain and Deflection Amount in All Samples

Sample Code	Temperature (°C)	F (kN)	Strain (mm./ mm)	Deflection (mm.)
1N1 (Strain gage)	+22,5°C	6,288	0,0624	2,35
1N2	+22,5°C	6,1531		2,425
1N3	-30°C	7,117		2,29
1N4	-60°C	6,729		3,615
1N5	0°C	6,8878		3,53
2N1 (Strain gage)	+22,5°C	7,171	0,00784	2,23
2N2	+22,5°C	6,446		3,49
2N3	-30°C	7,2874		3,55
2N4	-60°C	7,885		4,925
2N5	0°C	7,732		3,525
3N1 (Strain gage)	+22,5°C	7,732	0,00413	3,50
3N2	+22,5°C	7,499		2,15
3N3	-30°C	6,6133		2,255
3N4	-60°C	7,289		3,95
3N5	0°C	8,563		3,485
4N1 (Strain gage)	+22,5°C	7,33116	0,0594	3,385
4N2	+22,5°C	6,853		2,15
4N3	-30°C	7,056		3,765
4N4	-60°C	6,467		3,70
4N5	0°C	7,293		3,73
5N1 (Strain gage)	+22,5°C	8,091	0,0594	3,79
5N2	+22,5°C	7,533		2,39
5N3	-30°C	7,845		3,50
5N4	-60°C	7,070		3,80
5N5	0°C	6,452		3,855
6N1 (Strain gage)	+22,5°C	8,4945	0,00386	2,025
6N2	+22,5°C	6,826		2,89
6N3	-30°C	7,4358		3,93
6N4	-60°C	7,281		3,91
6N5	0°C	7,652		3,58

As seen in table 8; the sequence stack and temperature degress has no certain effect on the impact performance of samples; but we can generally say that deflection at low temperatures is more. This is also a significant outcome of the study according to the test results.

4. DISCUSSION

As the temperature decreases, it could be obviously seen all kinds of damage failures (fiber-matrix fracture and delamination) from Fig. 18 through 23. Delamination is observed in all layers, as strength decreases. As the temperature decreases, impact resistance decreases, and damage quantity increases.

1,2,4 and 5 numbered samples beginning with 0 ° and 90 ° angles have delamination after impact almost at all layers. Samples beginning with +45° orientation angles (number 3 and 6 samples) ,delamination has been observed mostly at lower layers. Samples beginning with +45° angles have

better impact resistance than the other samples. This is an important result that can be obtained from our study.

As the temperature decreases, the strength of matrix (epoxy) also decreases. So matrix fracture could be observed. As matrix fracture occurs, fiber cleavages fractures and delaminations have been triggered (Fig. 18-23). And also fiber fractures triggers matrix fractures. This is the second important result observed; so the failure in the samples should be considered as a whole; this phenomenon is free from temperature or array of samples. This is the third important result that is concluded from the study.

The force-time graphs for all samples could be seen Fig. 11 through Fig. 16. First of all there is an abrupt increase in force versus time, then a small oscillation and then slowly decrease. As oscillation increases, damage decreases. Also as temperature increases, oscillation increases. This lead us to a conclusion that free from fiber and matrix array; as temperature decreases, damage quantity increases and as temperature increases, tougher structure could be observed. This means less damage area. Damage area has been observed through the microscope (optic microscope) in all the samples and evaluated as fiber, amtrix fracture or delamination [2].

This result also could be seen in strain-time graphs (fig.17). As temperature decreases, strain decreases and more damage area could be observed. More delamination, matrix and fiber fracture areas can be as temperature decreases. This is the most important observed and experimental result of this project; in other words as strain increases, damage amount decreases.

Fiber and layer orientation is an important factor at CFRP damage behaviors in temperature and force applied. At lower temperatures interlaminar residual stress affects matrix fracture as well as delamination.

As strain increases, damage quantity decreases. Strain amount has a retarding effect on matrix and fiber fracture. It is observed and experimentally seen that the strain is inversely proportional to damage quantity.

5. CONCLUSION

Low impact response at low temperatures of CFRP platesfabricated by hand layup method have been investigated. As well as temperature; failure behaviors of different arrayed plates and strain behavior at 22,5°C have been observed. Preparation of samples, implementation of test setup and connection of strain-gauges have been done. Following results can be concluded;

1. It has been observed experimentally that +45° and -45° arrays (3N and 6N) have better strength values than +90° and -90° arrays (1N,2N,4N and 5N).

2. As the temperature decreases, the strength decreases.
3. In all damaged CFRPs samples; delamination, fiber and matrix fracture have been observed.
4. Damages affected by compression forces are less than tensile forces.
5. Damages at rear side of samples are much more than the front side because of the tensile forces.
6. 1,2,4 and 5 numbered samples beginning with 0 ° and 90 ° angles have more strain values than 3 and 6 numbered samples beginning with +45 ° orientation angles, this means samples beginning with +45° angles have better impact resistance than the other samples (number 1,2,4 and 5 samples), because F_{cr} is higher as proved experimentally (fig.13-18).

CONFLICTS OF INTEREST

No conflict of interest was declared by the authors.

REFERENCES

- [1] T.J. Reinhart, L.L. Clements, Introduction to Composites, Engineered Materials Handbook Volume 1, ASM International, Ohio, 1987
- [2] B.D Agarwall, L. J. Broutman, Analysis and Performance of Fiber Composites, Wiley-Interscience, New York,1980.
- [3] W.J. Stuart, Composite Materials Lay Up Lab Lecture Notes, Edmonds Community College, Washington, 2010.
- [4] G. Belingardi, R. Vadori, Low velocity impact tests of laminate glass-fiber-epoxy matrix composite material plates, Internal Journal of Impact Engineering 27 (2002) 213-229.
- [5] T.Mirevski, I.H. Marshall, R. Thomson, The influence of impactor shape on the damage to composite laminates, Journal of Composite Structures 76 (2006) 116-122.
- [6] Z. Aslan, R. Karakuzu, B. Okutan, The response of laminated composite plates under low-velocity impact loading, Journal of Composite Structures 59 (2003) 119-127
- [7] F. Milli, B. Necib, Impact behavior of cross-ply laminated composite plates under low velocities, Journal of Composite Structures 51 (2001) 237-244.
- [8] M.V. Hoşur, M.R. Karim, S. Jeelani, Experimental investigations on the response of stitched/unstitched woven S2-glass/SC15 epoxy composites under single and repeated low-velocity impact loading, Journal of Composite Structures 61 (2003) 89-102.
- [9] M. Kara, Dynamic Response Of Low Velocity Impact Composite, Selçuk University, Institute Of Science and Technology, Konya, 2006 Ms.S. Thesis.
- [10] K. Cha, O. Kim, S. Yang, Affects of temperature on impact damages in CFRP composite laminates, Journal of Composite Structures 32 (2001) 669-682.
- [11] S.J. Ibekwe, P. Mensah, S. Pang, M. Stubblefield, Impact and post impact response of laminated beams at low temperatures, Journal of Composite Structures 79 (2007) 12-17
- [12] T. Gomez del Rro, R. Zaera, E. Barbero, C. Navarro, Damage in CFRP due to low velocity impact at low temperature, Composite Engineering 36 (2005) 41-50.
- [13] K.M. Lal, Prediction of residual tensile strength of transversely impacted composite laminates, Structure Solid Mechanics NASA CP-2245 (1982) 97-111.

- [14] B. Whittingham, I.H. Marshall, T. Mitrevski, R. Jones, The response of composite structures with pre-stress subject to low velocity impact damage, *Composite Structures* 66 (2004) 685-698.
- [15] R. Husseinzadeh, M.M. Shokrieh, L. Lessard, Damage behaviour of fiber reinforced composite plates subjected to drop weight impact, *Composite Science and Technology* 66 (2006) 61-68.
- [16] S.K. Amin, B. Reza, M. Mohammad, N.J. Reza, The Role of Temperature on Impact Properties of Kevlar/fiberglass, *Composites Part B. Elsevier* 37 (2006) 593-602.
- [17] G. Jeremy, J. Aaran, M. Mohammod, S. James, Low Velocity Impact Combination Kevlar/Carbon Fiber Sandwich Composites, *Composite Structures. Elsevier Composites* 69 (2005) 396-406.
- [18] Product Technical Information, Dowaksa. 2019. (Date to Access: 01.09.2019) <http://www.dowaksa.com/wp-content/uploads/2016/08/TDS-CFU10T-Carbon-Fabric.pdf>
- [19] Product Technical Information, Compositeshop.de, 2019. (Date to Access: 01.09.2019) <https://www.compositeshop.de/xoshop/files/Biresin-CR80.pdf>
- [20] ASTM D7136, Standard Test Method for Measuring The Damage Resistance Of A Fiber-Reinforced Polymer Matrix Composite To A Drop Weight Impact Event, American Society For Testing and Materials, New York, 2005.
- [21] Technical Information, Omega Engineering-Czech, 2019, <https://www.omegaeng.cz/prodinfo/straingages.html> (Date to Access: 01.09.2019)



Araştırma Makalesi / Research Article

Derik İlçesinde (Mardin) Soya Fasulyesi Alanlarında Bulunan Zararlı Böcek Türleri

Harmful Species in Soybean Areas of Derik (Mardin) District

Cihan YARDIM¹ ve Selime ÖLMEZ BAYHAN^{2,*}

¹Tarım ve Orman Bakanlığı, Diyarbakır, Türkiye

²Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış 02.12.2019

Revize 13.12.2019

Kabul 27.12.2019

Online Yayınlama 31.12.2019

Anahtar Kelimeler

Mardin, Derik, Soya, Böcek,
Zararlı

ARTICLE INFO

Article History

Received 02.12.2019

Revised 13.12.2019

Accepted 27.12.2019

Available Online 31.12.2019

Keywords

Mardin, Derik, Soybean,
Insect, Harmful

ÖZ

Bu çalışma, 2018 yılında Mardin iline bağlı Derik İlçesinde yapılmıştır. Derik İlçesini kuzeyden güneye temsil 3 tane 2'şer da'lık deneme parsellerinde ve 2. Ürün olarak çiftçi tarafından ekilen arazilere haftada 1 kez çıkışlarla çalışmalar yapılmıştır. Böceklerin toplanmasında atrap, feromon tuzakları ve yapışkan renk tuzakları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda İnsecta sınıfından belirlenen türlerden 1.ürün soya fasulyesinde *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae), *Heteracris littoralis* (Orthoptera: Acrididae)en önemli zararlı türler olarak tespit edilmiş olup, Cicadellidae, Aphididae ve Pentatomidae familyalarına ait türler de tali zararlı olarak tespit edilmiştir. 2.ürün soya fasulyesinde ise *Spodoptera littoralis*, *Heteracris littoralis* ve *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) 1. derecede zararlı olarak, tali zararlı olarak da yaprakpireleri ve yaprakbitleri görülmüştür.

ABSTRACT

This study was conducted in 2018 in Derik District of Mardin Province. Derik District, representing the North to south, 3 pieces of 2 each of the parcels and 2 crops planted by the farmer as the output of the farm once a week. Atrap, pheromon etrap and sticky color traps were used for species collection. At the end of the study, *Spodoptera littoralis* and *Heteracris littoralis* were identified as the most important pest species in soybeans. Species belonging to Cicadellidae, Aphididae and Pentatomidae families were also identified as secondary pests. *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae), *Heteracris littoralis* (Orthoptera: Acrididae) and *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) were found to be grade 1 pests and aphids as secondary pests in soybeans. The second product is soybean, *Spodoptera littoralis*, *Heteracris littoralis* and *Bemisia tabaci* 1st degree harmful, leaf hopper and aphids were found as secondary pests.

*Sorumlu Yazar

E-posta Adresleri: cihanyardim2121@gmail.com (Cihan YARDIM),

solmez@dicle.edu.tr (Selime ÖLMEZ BAYHAN)

Bu makale ilk yazarın Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir.

1. GİRİŞ

Latincesi *Glycine max* olan soya fasulyesi bünyesinde bulunan besin maddelerinin ve ürünlerinin piyasa değeri bakımından yeryüzünde “harika bitki” olarak da isimlendirilmiştir. Tohumlarındaki yağ oranı yaklaşık % 21 ile 24 arasında iken protein miktarı yaklaşık % 40’tır. Arıoğlu [1]. Dünyadaki yemeklik yağların ortalama % 33’ü ve protein kaynağının ise % 66’sı soya fasulyesinden elde edilmektedir. Golbitz [2]. Soya fasulyesi yağının çıkartılmasının ardından arta kalan küspesi kıymetli bir hayvan yemidir. Yem rasyonlarına katılmasıyla birlikte ürün ve kalitede artışlar meydana gelmektedir. Arıoğlu ve ark. [3].

Amerika Birleşik Devletlerinde özellikle 1950’li yıllarda soya fasulyesi üretiminde bir artış gözlenmiş olup bugün soya fasulyesi üretiminde zirvededir. Yine Amerika kıtasındaki Brezilya’da 1970’li yıllarda soya fasulyesi üretiminde gözle görülür bir artış olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri’nden sonra sırasıyla Brezilya ve Arjantin hem dünyanın en büyük soya fasulyesi üreticileri hem de ihracatçıları durumundadırlar. Güler [4].

Mardin gerek tarih gerekse tarım açısından önemli bir ilimizdir. Mardin ovası bereketli topraklarından yılda iki ürün alabilme imkânına sahiptirler. Özellikle son yirmi yıldır çiftçilerin kendi inkamlarıyla açtığı özel sulama kuyuları ile tarımsal faaliyetlerde artış olmuştur. Böylece bölgede 1.ürün buğday 2.ürün mısırı her yıl üst üste tercih edilmektedir. Diğer taraftan mono kültür tarımla yorulan topraklarda hastalık ve zararlı etmenler de her yıl aynı konukçularını bularak etkili olmaktadır. Bir baklagil ürünü olan Soya fasulyesi hem 1. Ürün hem de 2. ürün olarak yetiştirilebilmesinden dolayı bölgede artık tercih edilmeye başlanmıştır.

Bu çalışma Mardin Derik’te soya fasulyesi alanlarında zararlı olan böcek türlerinin varlığını ortaya koymak için yapılmıştır. Aynı zamanda Bölge çiftçilerinin soya fasulyesini daha fazla tercih etmeye başlamasıyla soya fasulyesi alanlarında sorun olan böcekleri tanıma fırsatı olacaktır. .Ve bu çalışma bölgede ileriki yıllarda bu konuda yapılacak olan araştırmalar için de bir temel teşkil edeceği düşünülmektedir.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmanın ana materyali Mardin İli Derik İlçesinin 3 Mahallesinde (Alagöz, Tepebağ, Başaran) kurulan 1. ürün soya fasulyesi deneme alanlarındaki ve çiftçi tarafından ekilen (Beşbudakmah. Direkli mezrası) 2. ürün soya fasulyesindeki zararlı böcekler oluşturmaktadır.

Çalışma kapsamında Atrap, Öldürme şişesi, Eppendorf tüpleri, Feromon tuzaklar kullanılmıştır. Bu çalışma 2018 yılında Mardin İlinin Derik İlçesinde yapılmıştır. Derik İlçesini temsil edecek şekilde kuzeyden güneye 3 kırsal mahallede (Alagöz Mah., Tepebağ Mah. ve Başaran Mah.) Mayıs ayında 2 şer dekarlık alanlarda Pamuk mibzeriyle sıraya ekim yapılarak 1. ürün soya fasulyesi ekimi yapılmıştır. Ayrıca Beşbudak Mahallesi Direkli mezrasında 2. ürün olarak ekilen soya fasulyesinde de çalışmalar yürütülmüştür.

Spodoptera littoralis (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae) tespit için eşeyssel feromon tuzakları kurulmuştur. Geriye kalan çekici böcek atrap yardımı ile yakalanmıştır. Ergin öncesi dönemler ise bulaşık bitkilerle beraber laboratuara getirilmiştir. Daha sonra kültüre alınarak ergin çıkışları sağlanmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Mardin'in Derik ilçesi soya alanlarında 2018 yılında sörvey çalışmalarında 13 zararlı tür tespit edilmiş olup bunların tanınması ve Türkiye'deki dağılımları ile ilçedeki yoğunlukları ile ilgili ilgili verilmiştir.

Tür: *Aphis gossypii* Glover

Tanınması: Vücularının uzunluğu 1.2 - 2 mm arasındadır. Kanatsız olan vivipar dişiler çok farklı renklere sahip olabilirler. Bu renkler bazen yeşilken bazen de siyah olabilir. Backlar ise sarıdan yeşile kadar değişen renklere olabilir. Antenlerin rengi soluk sarıdan koyu renklere kadar bir değişiklik gösterip antenlerinin uzunluğu vücut uzunluğunun yarısı kadar veya yarısından daha uzundur. Ölmez Bayhan ve ark. [5].

Kanatlı vivipar dişilerinde thorax, baş ve pronotum koyu renktedir. Abdomenleri soluk sarımsı yeşil ya da koyu yeşildir. Vücut uzunlukları 1.2 ile 1.9 mm arasındadır. Corniculuslar siyah renkte olup silindirikdir. Cauda'nın rengi yeşilin değişik tonlarındadır ve corniculus'un üçte biri kadardır. Avidov ve Harpaz, [6].

Yayılışı: Türkiyede; Diyarbakır, Erzincan, Malatya Ölmez Bayhan ve ark. [5]; Ölmez Bayhan ve ark. [7]; Alaserhat [8]; Bayram ve Bayhan [9].

Araştırma Alanındaki Yoğunluğu: Orta derecede yaygın oldukları görülmüştür.

Tür: *Spodoptera littoralis* (Boisd.)

Tanınması: Ön kanatları Kahverengi-gridir ve kanatlarının üzerinde karışık şekillerde açık sarı renkli çizgiler bulunur. Arka kanatlar beyazdır olup vücutla birleştiği yere yakın kısımları hafiften gridir. Kanatlar arası açıklık 22 ile 45 mm arasındadır. Arka kanatlarının yan bölümlerinde koyu renkli ince

bir çizgi bulunmaktadır. Kanatlarının uç kısımları beyaz tüylüdür. Abdomenleri grimsi kahverengi ya da gridir. Anonim, [10].

Yayılışı: Türkiye’de Akdeniz, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu bölgelerinde bulunmaktadır Anonim [10].

Araştırma Alanındaki Yoğunluğu: Çok yaygın olarak görülmüşlerdir.

Tür: *Bemisia tabaci* Gennadius

Tanınması: Erginlerinin boyu 1 mm’dir. Görünüşleri beyaz olmasına rağmen yakından bakıldıklarında vücutlarının açık sarı renkli olduğu görünür. Vücut ve kanatlarının üzeri beyaz tozlu görünüşte bir mum tabakası ile kaplıdır. Antenleri 7 segmentlidir gözler kırmızı renklidir. Kanatlar dinlenme zamanında vücudun üzerinde çatı görünümündedir. Anonim [10].

Araştırma Alanındaki Yoğunluğu: Çok yaygın olarak görülmüşlerdir.

Tür: *Dolycoris baccarum* L.

Tanınması: Erginlerde vücudun uzunluğu 10 ile 12 mm arasındadır. Renkleri kahverengiye yakın gri, Soluk gri, kahverengimsi sarı. Antenlerinin 1. segmentinin kaidesi siyah benekli beyazımsı sarı ve antenlerinin 2. segmenti beyazımsı sarı, 3. , 4. ve 5. anten segmentleri ise kaideye beyaza yakın sarı ve siyahtır. Scutellum’daki uç nokta beyaza yakın sarı renklidir. Corium genellikle mor iken membran kahverengindedir. Bacak renkleri sarı iken tibiazun ve dik kıllıdır. 3. Tarsus segmenti siyahtır. Awad [11].

Yayılışı: Türkiyedeki yayılışı; Antalya, Kahramanmaraş, Adana, Afyon, Ağrı, Isparta, Manisa, Edirne, Sakarya, Ankara, Artvin, Balıkesir Aydın, Bilecik, Zonguldak, Çorum, Bolu, Çanakkale, Bursa, Burdur, Denizli, Erzincan, Erzurum, Diyarbakır, Eskişehir, Kastamonu, Gaziantep, Kars, Kayseri, Muş, Konya, Uşak, Mardin, İzmir, Niğde, Nevşehir, Muğla, Kocaeli, Tekirdağ ve Kırklareli .Fent ve Aktaş [12]. Mardin, Adıyaman, Şırnak, Şanlıurfa ve Diyarbakır. Özgen ve ark. [13]. Giresun, Sivas Tokat. Dursun ve Fent [14]. Iğdır, İstanbul, Kırıkkale, Isparta, Samsun, Zonguldak, Kırıkkale, Karaman, Trabzon, Mersin ve Tunceli. Yazıcı ve ark. [15]. Elazığ. Kaplan ve Yücel [16].

Dünyadaki yayılışı; Belçika, Grönland, Sardunya, İspanya, Finlandiya, Avusturya, Çin, Balear adaları, Japonya, Korsika, Rusya, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Suriye, Portekiz, Hindistan, Sicilya, Hollanda, İrlanda, İran, İsveç, Bulgaristan, Fransa, İtalya, İsviçre, Kıbrıs, Kanarya Adaları, Sırbistan,

Macaristan, Arnavutluk, Girit, Norveç, Güney İngiltere, Romanya, Sibirya ve Almanya. Awad [11]. Suriye, Irak, İsrail ve Kafkasya. Morari ve Moglan [17].

Araştırma Alanındaki Yoğunluğu: Orta derecede yaygın oldukları görülmüştür.

Tür: *Helcostethus strictus* F.

Tanınması: Erginlerde vücudun uzunluğu 8.5 ile 10.5 mm arasındadır. Hakim olan renk yeşile çalan gridir. Mevsimlere göre değişiklik göstermekle beraber üzeri siyah noktalıdır. Yaz ve bahar aylarında çoğunlukla açık renklidir ve sonbaharda ise koyu renklidir. (sarı-kırmızı). Antenlerinin rengi açık bir şekilde son iki segmentleri koyu ve siyah bantlıdır. Anonim [18].

Yayılışı: Dünyadaki yayılışı; Orta Asya, Akdeniz ve çevresindeki yerler, Pakistan, Yakın Doğu Asya, İran ve Sibirya-Avrupa. Ghahari ve ark. [19]. Romanya. Morariu ve Moglan [17]. Kıbrıs, İsrail ve Suriye. Önder ve ark. [20]. Yurdumuzda Çorum, Gaziantep, Mardin, Antalya, Adana, Zonguldak, Hatay ve Edirne. Önder ve ark. [20].

Araştırma Alanındaki Yoğunluğu: Orta derecede yaygın oldukları görülmüştür.

Tür: *Piezodorus litturatus* F.

Tanınması: İklim'e göre renk değişikliği gösterebilirler ve yazın yeşil iken kışın esmer renge dönerler. Antenleri kırmızımsı veya sarımsı renktedir. Hortumları açık sarımsı renkte olup orta coxalara kadar uzanır. Vücudun alt kısmı ve bacaklar açık sarımsı ya da yeşilimsi renkte olabilir. Çakmak [21].

Yayılışı: Dünyada Avrupa Akdeniz ülkeleri Kafkasya İran ve Türkistandır. Çakmak [21].

Araştırma Alanındaki Yoğunluğu: Orta derecede yaygın oldukları görülmüştür.

Tür: *Agallia harrarensis* Melichar

Yayılışı: Irak, Mısır, Ermenistan, Fas, İran, İtalya, Fas ve Kanarya Adaları gibi ülkelerde yaygındır. Lodos ve Kalkandelen [22]

Araştırma Alanındaki Yoğunluğu: Orta derecede yaygın oldukları görülmüştür.

4. SONUÇLAR

Çalışmada *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) soya fasulyesi alanlarında 1. ve 2. ürün soya fasulyesinin ilk ve orta evrelerinde ana ve en önemli zararlısı olarak saptanmıştır. Ayrıca yaprakbiti olarak *Aphis gossypii*'ye de bazı yerlerde yoğun olarak rastlanılmıştır.

Heteracris littoralis (Orthoptera: Acrididae) soya fasulyesi alanlarında 1. ve 2. ürünlerde ana zararlı durumunda olup soya fasulyesinin ilk evrelerinden başlayarak orta ve olgunlaşma evrelerine kadar zarar yaptıkları belirlenmiştir.

Bemisia tabaci (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) 2. ürün soya fasulyesinde orantılı nemin ve sıcaklığın uygun olduğu eylül ayında çok yüksek popülasyonda oldukları tespit edilmiş ve ana zararlı olarak gözlemlenmişlerdir.

Aphis gossypii 1. ve 2. ürün soyalarda tali zararlı olarak rastlanmıştır. *Agallia harrensis*, *Phlepsius intricatus*, *Psammotettix striatus*, *Jassargus obtusivalvis* (Hemiptera: Cicadellidae) ve *Dolycoris baccarum*, *Helcostethus strictus*, *Carpocaris coreanus*, *Piezodorus lituratus*, *Acrosternum* spp. (Hemiptera: Pentatomidae) türler 1. ve 2. ürün soya fasulyesi alanlarında tali zararlı durumdadır.

Bu çalışmayla tespit edilen bu türler Mardin ili Derik ilçesinde soya fasulyesi alanlarında bulunan zararlıların türleri ve yoğunluklarının derecesi belirlenmiştir. Aynı zamanda bölge üreticilerinin soya fasulyesini daha fazla tercih etmeye başlamasıyla hangi zararlılarla karşılaşacağını dair bilgiler ortaya konulmuştur.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

KAYNAKLAR

- [1] H. H. Arıoğlu, Yağ bitkileri (Soya ve Yer fıstığı) Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Ders kitabı(1994) No:34, s.1, Adana.
- [2] P.Golbitz, Soya and Oil seed Blue book . Soya tech Inc., Bar Harbor, ME. USA (2004)
- [3] H.H. Arıoğlu, H. A. Yılmaz ve N. Çulluoğlu, Bazı soya çeşitlerinin Kahramanmaraş Bölgesi'nde ana ürün olarak yetişebilme olanaklarının belirlenmesi üzerinde araştırmalar. Türkiye I. Tarla Bitkileri Kongresi, İzmir(25-29 Nisan1994) Cilt I:189-196 İzmir.
- [4] D.Güler, Türkiyede soya tüketimi ve pazarlaması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı. Adana. (2013)
- [5] S. Ölmez Bayhan, M.R. Ulusoy ve S. Toros, D etermination of Aphididae (Homoptera) fauna of Diyarbakir Province of Turkey. Turk. Entomol. Der, (2003) ,27(4) : 253-268.

- [6] Z. Avidov, ve I. Harpaz, . Plants Pests of Israel. Israel Univ. Press, Jarussalem, (1969) p.549
- [7] S. Ölmez Bayhan, M. R. Ulusoy, E. Bayhan, Aphids and their predators in Malatya region and around, Turkey. J. Biol Sci. (2006) 6(5): 954-957
- [8] İ. Alaserhat, Erzincan ve Gümşhane İllerinde Yetiştirilen Ilıman İklim Meyve Türlerinde Bulunan Aphididae (Hemiptera) Türleri, Yoğunlukları Doğal Düşmanları ve Sekonder Konukçularının Belirlenmesi Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dalı Doktora Tezi (2015) p.87.
- [9] Y. Bayram ve E. Bayhan. 2016. The effect of some watermelon varieties on the biology of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). Bitki Koruma Bülteni, 56 (3): 295–307.
- [10] Anonim, Zirai Mücadele Teknik Talimatları, 2008 cilt 2 sayfa (2008) 90-91, 109 ve 135-136.
- [11] T.I Awad, Türkiye Carporini (Heteroptera: Pentatomidae: Pentatominae) Türleri Üzerinde Sistemastik ve Faunistik Araştırmalar (Doktora Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova-İzmir(2000), 172 s.
- [12] M. Fent ve N. Aktaç, Edirne yöresi Pentatomidae (Heteroptera) faunası üzerine taksonomik ve faunistik araştırmalar. Turkish Journal of Zoology, (1999) 23(2): 377-395
- [13] İ. Özgen, C. Gözüaçık, Y. Karsavuran ve M. Fent, Güneydoğu Anadolu Bölgesi buğday alanlarında bulunan Pentatomidae (Heteroptera) familyasına ait türler üzerinde araştırmalar. Türkiye Entomoloji Dergisi(2005), 29(1): 61- 68
- [14] A. Dursun ve M. Fent Kelkit Vadisi Sciocorini Amyot ve Serville, 1843 ve Strachiini Mulsant ve Rey, 1866 (Hemiptera: Pentatomidae: Pentatominae) faunası üzerine çalışmalar. Türkiye Entomoloji Bülteni (2011) 1(3): 181-189
- [15] G. Yazıcı, E. Yıldırım ve P. Moulet, Contribution to the knowledge of the Pentatomidae and Plataspidae (Hemiptera, Heteroptera, Pentatomomorpha) fauna of Turkey. Linzer Biologische Beiträge, (2014) 46(2): 1819-1842
- [16] M. Kaplan, A. Yücel, Elazığ İli Çilek Alanlarında Belirlenen Zararlı Böcek ve Akar Türleri. Meyve Bilimi, (2014) 1(2):7-14
- [17] E. M. Morariu, I. Moglan,. Contributions to the study of Pentatomidae (Hemiptera: Heteroptera) fauna from nature reserves of Iași County, Romanian a turere serves of Iași County, Romania (2014)
- [18] Anonim British bugs bugs. An online identification guideto UK Hemiptera. Peribalus strictus.Vernalshildbug.Family:Pentatomidae.http://www.britishbugs.org.uk/heteroptera/Pentatomidae/Peribalus_strictus.html (Erişim tarihi 11.05.2019).
- [19] H. Ghahari , P.Moulet ve D. A. Rider, An Annotated Catalog of the Iranian Pentatomidae (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomomorpha) Zootaxa, (2014) 383(1) : 001-095
- [20] F. Önder, Y. Karsavuran, S. Tezcan ve M. Fent, Türkiye Heteroptera (Insecta) Kataloğu.

Meta Basım, Bornova İzmir,(2006) 164 s

- [21] Ö.Çakmak, *Dolycorus baccarum* ve *Piezodorus lituratus* (Heteroptera: Pentatomidae)'un fosfolipit ve Triaçil gliserol Fraksiyonlarındaki Yağ asidi içeriği. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi (2002) p. 9
- [22] N. Lodos ve A. Kalkandelen. Preliminary List of Auchenorrhyncha With Notes on Distribution and Importance of Species in Turkey, VII. Family Cicadellidae: Ulopinae, Megopthalminae, Ledrinae, Macropsinae and Agallinae. Türk Bit. Kor. Derg.,(1981) 5 (4) : 215–230.



Araştırma Makalesi / Research Article

***Uvarovistia satunini* Uvarov, 1934 (Tettigoniidae:Orthoptera) Türünün Sürü Oluşturma ve Zarar Durumunun Tespit Edilmesi Bingöl, Türkiye**

Uvarovistia satunini Uvarov, 1934 (Tettigoniidae:Orthoptera) Creating Herd of Species and Detection Harm of Status Bingöl, Turkey

Mustafa İLÇİN* ¹, Ali SATAR², Sadreddin TUSUN³

¹Bingöl University, Agriculture Faculty, 12000, Bingöl, TURKEY

²Dicle University, Science Faculty, Department of Biology, 21280, Diyarbakır, TURKEY

³Dicle University, Education Faculty, 21200, Diyarbakır, TURKEY

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış 04.12.2019
Revize 23.12.2019
Kabul 27.12.2019
Online Yayınlama
31.12.2019

Anahtar Kelimeler

Uvarovistia satunini,
İklimsel değişimler,
Biyolojik mücadele,
İnsektisit

ARTICLE INFO

Article History

Received 04.12.2019
Revised 23.12.2019
Accepted 27.12.2019
Available Online
31.12.2019

Keywords

Uvarovistia satunini,
Climatic changes,
Biological control,
Insecticide

ÖZ

Bu çalışmada, son yıllarda Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinin çeşitli illerinde; Bingöl, Tunceli, Erzincan, Muş, Bitlis, Diyarbakır, Batman, ve Şanlıurfa'da sürü şeklinde belirgin popülasyon artışı gösteren *Uvarovistia satunini* Uvarov, 1934 (Orthoptera) türünün tespit ve tanılaması yapılmıştır. Çalışma alanımızı; Bingöl, merkeze bağlı olan köyler ve ilçelerdeki kırsal alanlarda bulunan ekili alanlar, bahçe ve bostanlardan oluşan 28 lokasyon oluşturmuştur. Türün gregar özellikte olduğu, sürü şeklinde hareket ettiği ve istila ettikleri tarım arazileri, bahçeler, kültür bitkileri, meyve ağaçları ile diğer bitkilerde zararlı olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu türün popülasyon artışında; iklimsel değişimler, oluşan yoğun yağışlar, kuraklık gibi fiziksel koşulların oluşması ve predatör yararlı canlı türlerinin (kuş, böcek vb.) avlanması, kimyasal ilaç uygulamalarının artış göstermesi gibi gerekçeler etken olmuştur.

Araştırma gözlem ve bulguları çerçevesinde, sahada kullanılan insektisitlerin de zararlı olan tür sayısının artmasında etkili olduğu düşünülmektedir. İlave olarak, zararlı olan bu türe karşı yapılacak zirai mücadele yöntemleri dönemsel olarak değişmekle birlikte, ilgili türün yumurta, nimf döneminde kültürel ve biyolojik mücadelede yararlı türlerin kullanılması önerilmektedir.

ABSTRACT

In this study, *Uvarovistia satunini* (Orthoptera), a species with significant population growth in Bingöl, Tunceli, Erzincan, Muş, Bitlis, Diyarbakır, Batman, and Şanlıurfa is identified and examined. Our field of study is carried out in 28 regions in Bingöl, villages and districts, gardens and the rural of cultivated areas. It has been found that this kind of greedy causes great damage to agricultural lands, gardens, cultivated plants, fruit trees and other plants that are driven and maintained. Climatic changes in the populations of these species, the occurrence of heavy rainfall, drought and the number of useful bird hunters (birds, insects, etc.) emergence of conditions such as the emergence of hunting, can be shown as the cause of chemical pesticides. The insecticides used in the framework of the observations and the data obtained are thought to be effective in increasing the number of pest species. Also, although pest control methods change periodically against these species, it is recommended to use species useful in cultural and biological control during the egg and nymph period of the related species..

*Sorumlu Yazar

E-posta Adresleri: *milcin@bingol.edu.tr (Mustafa İLÇİN), alisatar@dicle.edu.tr (Ali SATAR), sadreddint@gmail.com (Sadreddin TUSUN)

1. GİRİŞ

Böcekler, tüm hayvan türlerinin yaklaşık olarak %75'ini oluşturarak, hayvan grupları arasında en fazla sayıda türe sahip olmalarıyla dikkat çekmektedirler. Bilinen böcek tür sayısının bir milyondan fazla olduğu doğrulansa da olup bazı araştırmacılar bu rakamın 30 milyona ulaşabileceğini ön görmektedir. Öte yandan böceklerin dünya üzerinde 350 milyon yıldan beri yaşadıklarına ilişkin kayıtlar mevcuttur [1].

Pek çok böcek türünün yararlı olduğu bilinmektedir. Gerek tarım arazilerinde bitki türlerinin tozlaşmasını sağlamada gerekse de çeşitli ilaçların yapımında kullanılmasında bu yararlarından bahsedilmektedir. Yapılan bazı bilimsel çalışmalar ve çeşitli gözlemler de kimi böcek türlerinin ekili alanlarda zararlı olduğu gerçeğini ortaya koymuştur. Toplam tür sayısı ile karşılaştırıldıklarında %1 'e karşılık gelen sınırlı sayıda türün zararlı olduğu netlik kazanmıştır. Her ne kadar zararlı tür yüzdesi düşük olsa dahi bu oran, % 12'lik ürün kaybı dikkate alındığında, hiç de azımsanmayacak bir paydayı karşımıza çıkarmaktadır. Böylesi sayısal bir veri, bitkisel ve diğer tarımsal üretimde böcek faunasının varlığının dikkate alınması açısından son derece önemli ve bir o kadar gereklidir [2].

Canlılar âleminin en kalabalık gruplarının başında yer alan böcekler pek çok takıma ayrılmıştır. Bu sınıf içerisinde birçok takım vardır. Araştırmamıza konu olan spesifik grup Orthoptera (Düz kanatlı Böcekler) takımı böcek türleridir. Özellikle Orthoptera takımının bir üyesi olan Locusts (Çekirgeler), çalışma alanımızın başlıca tür örneklerini oluşturmaktadır [2].

Türkiye direyi (Latince: Fauna), hayvanlar âleminin Türkiye sınırları içerisinde yaşayan üyelerinin tümüdür. Birçok farklı hayvan türünü barındırması ile dikkat çeker. Anadolu'nun Asya ile Avrupa arasındaki konumu bunda başlıca etkindir. Farklı iklim özelliklerinde coğrafi bölgelere sahip olduğu için, bitki örtüsünün diğer Ortadoğu ülkelerine göre daha zengin (850 cins altında toplanan 9.000 tür bitki) olması ise diğer önemli etkindir. Bu yüzden, farklı iklim ve besin ihtiyacı olan birçok hayvan türü kendisine uygun yaşam alanı bulabilmektedir. Böylece Türkiye'de yalnızca Akdeniz direyinin değil, Orta-Doğu Avrupa, Orta Doğu, Kafkaslar ve Arap Yarımadası direyelerinin de tipik türleri bulunmaktadır. Ayrıca Avrupa ülkeleri ile karşılaştırıldığında, çok daha fazla memeli tür barındırır. Bu da Türkiye direyinin ne tipik Avrupa direyine ne de tipik Orta Doğu direyine sınıflandırılabilirdiğini gösterir [3].

Yapılan taksonomik çalışma Ensifera alt takımına bağlı olan familyalar içinde en çok tür barındıran grup özelliği göstermektedir. Bu grubun tipik özelliği uzunca görünümlü antenlerin varlığıyla bilinmektedir. Özellikle anten boyu vücudun tamamını aşmaktadır. Birçok canlıyı konakçı olarak kullanmakta ve hatta onlarla beslenerek ciddi ekonomik zararlar meydana getirmektedir. Tettigoniidlerin vücut uzunluğu değişkenlik göstermekle birlikte 5 mm'den 100 mm'yi aşan uzunluklarda türlere rastlamak mümkündür. Uzunluk ve renksel farklılıkların türe özgü habitat ve

beslenmeyle ilintili olduğu tahmin edilmektedir. Tettigoniidlerin teşhis ve tanımlanmasında anten ve ovopositor şekli, pronotumun morfolojisi, titilatör organının yapısı, kanatların renklenmesi gibi öğeler sıklıkla kullanılmaktadır [3].

2. MATERYAL VE METOD

Türler, 2019 Yılı Mayıs-Eylül ayları arasında toplanmıştır. Tür örneklerinin toplandığı sahalara; Ağaçeli, Aşağı Akpınar, Çavuşlar, Çiçekdere, Çiçekyayla, Çukurca, Direkli, Düzyayla, Ekinyolu, Erentepe, Gökçeli, Şenlik, Göltepesi, Gözer, Gürpınar, Ilıcalar, Köklü, Kuşburnu, Olukpınar Sancak, Suveren, Yamaç ve Yenibaşlar ile toplamda 24 lokaliteden oluşan bahçe ve ekili alanlar şeklinde sıralanmaktadır. Örnek türlerin toplanmasında atrapdan yararlanılmıştır. Böcek türlerinin etkisiz hale getirilip muhafazası içerisinde %90 etil alkol bulunan şişelerde gerçekleştirilmiştir. Böcek türünün teşhisi Bei-Bienko and Mistshenko (1951), Ramme (1951), Harz (1975), Demirsoy (1977, 1996), Salman (1978), Soltani (1978), Güneş (1984), Willemse (1984, 1985), Naskrecki and Ünal (1995) tarafından yapılan tür-teşhisleri ve tür-tayin anahtarları gözönünde bulundurularak tarafınca yapılmıştır. [4, 5, 8, 9].

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Uvarovistia satunini, Uvarov, 1934

Vücut rengi koyu siyah renkte, pronotum yanlardan baskılanmış, baş kısmı kavisli oldukça güçlü bir yapıdadır. Eltyra oldukça küçüktür. Vücut uzunluğu 15-20 mm arasında değişen büyüklüktedir. Türün özellikle nimf halinde olduğu 4. ve 5. dönemlerde sürü oluşturma ve tarımsal arazilere, ürünlere ve bitkilere ciddi zarar verme durumu tespit edilmiştir. Kolaylıkla teşhis edilen bir tür olan *Uvarovistia satunini*, Uvarov 1934 zararlı olan ve hatta büyük zararlar meydana getiren bir tür niteliğindedir. Sürü oluşturacak popülasyonları meydana getiren gerek nimf döneminde gerekse de ergin dönemde tarım arazilerinde zararlı olabilmektedir. Daha çok kurak ve sıcak iklimlerde yaşayan bir tür olup hemen her sene bölgedeki kırsal alanlarda sürüler halinde tarım arazilerine saldırmış ve ciddi ekonomik zararlar meydana getirmiştir [3].



Resim 1. *Uvarovistia satunini* Uvarov 1934 (Gökçeli-Şenlik, Haziran, 2019)



Resim 2. *Uvarovistia satunini* Uvarov 1934 (Ilıcalar, Ağustos, 2019)



Resim 3. *Uvarovistia satunini* Uvarov 1934 (Göltepesi, Haziran, 2019)



Resim 4. *Uvarovistia satunini* Uvarov 1934 Göltepesi, Haziran, 2019



Resim 5. *Uvarovistia satunini* Uvarov 1934 (Göltepesi, Haziran, 2019)



Resim 6. *Uvarovistia satunini* Uvarov 1934 (Laboratuar, Eylül, 2019)

4. SONUÇLAR

Araştırmamız sürecinde Orthoptera takımına ait Uvarovistia satunini Uvarov 1934 türünün zararlı olduğu belirlenmiş olup Tettigonidae familyasına ait türlerin de ayrıca zararlı türler içerdikleri tespit edilmiştir. Uvarovistia satunini, Uvarov, 1934 (Orthoptera:Tettigoniidae) türü polifag beslenme biçimine sahip, son derece güçlü bir baş ve ağız yapısı olan, pek çok bitkiye zarar verebilmektedir. Kimyasal pestisitlere de belli oranda direnç gösterdiği bilinmektedir. Sürü oluşturma ve istila etme özellikleri sebebiyle diğer türlerden kolaylıkla ayrılmaktadırlar [6,7].

Özellikle iklimsel değişimler kuraklık ve yağış rejiminin farklılaşmasıyla birlikte insektisitlerin kullanımının yaygınlaşması zararlı olan bu türler üzerinde ciddi popülasyon artışlarına neden olmuştur. İklimsel değişimler içinde sıcaklık ve nem oranının giderek artıp azalması, buna bağlı olarak belli yıllarda kuraklığın meydana gelmesi bu durumun oluşmasında en belirleyici unsurlar arasındadır. Zararlı olan bu türle zirai mücadelede kültürel, fiziksel-mekanik ve özellikle biyolojik mücadelenin etkin kullanımı ile etkin sonuçların elde edilebileceği öngörülmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

KAYNAKLAR

- [1] D. J. Borror, Charles A. Triplehorn, Norman F. Johnson, An Introduction to the Study of Insects, Philadelphia. 1992.
- [2] M. İlçin, Batman İli Ekili alanlarda bulunan Orthoptera: Insecta Faunasının Araştırılması ve Tarım alanlarında Zarar oluşturabilecek Türlerin Belirlenmesi. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 2015, Doktora Tezi, S. 185
- [3] A. Doğan, Derik ve Kızıltepe (Mardin) Orthoptera (Insecta) Faunasının Belirlenmesi. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 2014, Yüksek Lisans Tezi, S. 81.
- [4] A. Demirsoy, Some New Tettigoniidae (Orthoptera) From Turkey Ibid., 4 (88), (1974) 523-529.
- [5] A. R. Akıncı, Çekirge Nimf Yoğunluğunun Tespitinde Uygulanan m²'deki Sayım Yöntemi Yerine Atrapla Sayım Yönteminin Kullanılma Olasılığı Üzerinde Çalışmalar, Bitki Kor. Bült. Cilt:24, (1984) 1-8.
- [6] B. Alkan, Türkiye'de Ziraat Bitkilerinin Genel Zararlıları Üzerinde İncelemeler. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları 197, Çalışmalar 125, Ankara Üniv. Basımevi (1962) 32 s., Ankara.
- [7] El Shafie, H.A.F. 2012. Rewiew: List Of Arthropod Pests And Their Natural Enemies

Identified Worldwide On Date Palm, *Phoenix Dactylifera* L. *Agriculture and Biology Journal of Nort America*, SSN Print: 2151-7517, ISSN Online: 2151-7525, doi:10.5251/abjna.2012.3.12.516.524.

- [8] H. Ghahari, M. Havaskary, M. Tabari, H. Ostovan, H. Sakenin, A. Satar, An Annotated Catalogue Of Orthoptera(Insecta) And Their Natural Enemies From Iranian Rice Fields And Surrounding Grassland, *Linzer biol. Beitr.* 30 (2009) 639-672.
- [9] M. Havaskary, R. F. Pour Abad, M. H. Kazemi, A. Satar, A. Rafei, A Contribution To The Short-Horned Grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) From Arasbaran and Vicinity, NW Iran, *Mun. Ent. Zool.* 6 (2012) 970-977.



Derleme Makalesi / Review Article

Yeraltı sularından biyolojik nitrat giderimde kullanılan reaktör tipleri

Reactor types used in biological nitrate removal from groundwater

Amine YÜCEL¹ , Deniz UÇAR^{1,2*} , Özlem DEMİR¹ 

¹Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 63100, Şanlıurfa, Türkiye

²Harran Üniversitesi, GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Araştırma Merkezi, 63100, Şanlıurfa, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış: 5.12.2019

Revize: 27.12.2019

Kabul: 29.12.2019

Online Yayınlama: 31.12.2019

Anahtar Kelimeler

Nitrat giderimi, Biyolojik Yöntemler, Heterotrofik denitrifikasyon, Ototrofik denitrifikasyon

ARTICLE INFO

Article History

Received: 5.12.2019

Revised: 27.12.2019

Accepted: 29.12.2019

Available Online: 31.12.2019

Keywords

Nitrate removal, Biological Methods, Heterotrophic denitrification, Autotrophic denitrification

ÖZ

Yüzeysel ve yeraltı sularında, en yaygın görülen kirletici nitrat olup başlıca kaynakları azotlu gübreler ve ileri arıtım yapılmamış atıksulardır. Sebep olduğu sağlık sorunları nedeniyle etkili giderim yöntemlerinin araştırılması gerekmektedir. Nitrat giderim yöntemleri genel olarak giderim ve ayırım olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Biyolojik yöntemler, konsantrasyonun oluşturulmaması, pahalı katalizörlere ihtiyaç duymaması ve hızlı reaksiyon kinetikleri gibi nedenlerden dolayı tercih edilmektedir. Biyolojik yöntemlerde bir elektron verici varlığında nitratın indirgenmesi gerçekleşir ve elektron kaynağının organik ya da inorganik olmasına göre süreç ototrofik ya da heterotrofik olarak isimlendirilir. Her iki prosesin tek başlarına kullanılmaları durumunda dezavantajları vardır. Ancak birlikte kullanıldıkları durumlarda bu dezavantajlar elimine edilebilir ve daha etkin nitrat giderimi sağlanabilir. Bu çalışmada, bu kapsamda, biyolojik yöntemlerin kullanıldığı tekli ve çoklu reaktör sistemleri araştırılmış ve avantaj - dezavantajları ile değerlendirilmiştir.

ABSTRACT

Nitrate is the most common pollutant in surface and groundwater and its main sources are nitrogenous fertilizers and wastewater discharges without advance treatment. Because of the health problems caused, effective removal methods should be investigated. Nitrate remediation methods are generally divided into two main groups as destruction and separation. Biological methods are preferred for reasons such as there is no concentrate, no need for expensive catalysts and fast reaction kinetics. In biological methods, nitrate reduction occurs in the presence of an electron donor, and the process is called autotrophic or heterotrophic, depending on the used electron source. Both processes have disadvantages when used alone. However, when used together, these disadvantages can be eliminated and more effective nitrate removal can be achieved. In this study, single and multiple reactor systems using biological methods were investigated and advantages and disadvantages were evaluated.

*Sorumlu Yazar

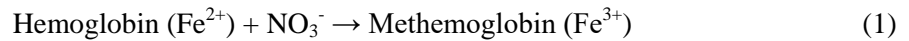
E-posta Adresleri: amineyucel@gmail.com (Amine YÜCEL), deniz@denizucar.com (Deniz UÇAR), odemir@harran.edu.tr (Özlem DEMİR)

1. GİRİŞ

Nitrat, kimyada üç oksijen atomundan oluşan bir nitrik asit tuzu iyonudur. Nitrat kirliliği ülkemizde her bölgede yüzeysel ve yeraltı sularında gözlenmekte olup en önemli kaynakları (1) tarım arazilerinin kontrolsüz gübrenmesi, (2) bitkisel ve hayvansal atıkların içerdiği protein ayrışması sonucunda oluşan amonyağın oksitlenmesi, (3) evsel ve endüstriyel atık suların arıtılmadan deşarj edilmesi, olarak sayılabilir [1]. Uçar ve arkadaşları tarafından yapılan güncel bir çalışmada nitrat konsantrasyonunun Harran Ovası'nda bulunan bazı kuyularda 83,2 mg NO₃⁻-N/L değerine kadar çıktığı tespit edilmiştir [2]. Tüm Harran Ovası'nda ise ortalama nitrat konsantrasyonu 20 mg NO₃⁻-N/L'dir. Ülkemizin diğer bölgelerinde de yeraltı sularında nitrat varlığı güncel çalışmalarda gösterilmiştir [3,4]. Birçok şehirde ileri atıksu arıtımı yapılmadığından yeraltı sularında amonyum ve nitrat azotu oluşumu kirliliğe neden olmaktadır. Son yıllarda nitrat giderimi için biyolojik yöntemler ve membran biyoreaktör uygulamaları popülerlik kazanmaktadır. Bu çalışmada ise biyolojik yöntemlerde kullanılan reaktörler ve bu reaktörlerden oluşturulan çeşitli konfigürasyonlar derlenmiştir.

2. NİTRATIN SAĞLIĞA ETKİLERİ

Yüzeysel ve yeraltı sularında nitrat en çok karşılaşılan kirleticilerden biri olup, en önemli nitrat kaynakları tarımsal gübre kullanımı ve nütrient giderimi yapılmadan deşarj edilen evsel ve endüstriyel atıksulardır. İçme sularının nitrat ile kirlenmesi, halk sağlığı açısından önemli bir unsurdur. Nitrat kandaki methemoglobin (hemoglobin [Fe²⁺] yerine nitrat nedeni ile yükseltgenmiş methemoglobin [Fe³⁺]) seviyesinin normalin üstünde olmasıyla karakterize edilen ve methemoglobinemi olarak bilinen bir hastalığa sebep olur [5]. Methemoglobin nitrat varlığında oluşur ve hemoglobinin +3 değerlikli demir içeren versiyonudur (Reaksiyon 1). Bu nedenle oksijen taşıma kapasitesi daha azdır.



Bu süreç dokulara daha az oksijen taşınımı ile sonuçlanır. Bebekler bu durumdan daha fazla etkilenir ve oksijensizlikten morarmış bir cilt rengine bürünürler. Bu durum mavi bebek hastalığı olarak bilinir. Yeni doğan döneminde meydana gelen methemoglobinemilerde ölüm oranının %8-10 olduğu tahmin edilmektedir. Yetişkinlerde ise sürekli olarak yüksek oranda nitrat içeren suları içmek ölüme yol açabilir. Ayrıca, nitrosaminler ve nitratın metabolitleri kanserojen olabilmektedir [6].

3. YASAL DÜZENLEMELER

Nitrat ve nitrit sebep olduğu bu sağlık sorunları nedeni ile içme suyu kaynaklarında bir standarda bağlanmıştır. Dünya'da ve ülkemizde içme sularında bulunabilecek nitrat ve nitrit limit değerleri aşağıda Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo I. Nitrit ve nitrat limit değerleri [1]

	Nitrit (mg/L)	Nitrat (mg/L)
USA	3.28	44.43
EEC(1998)	0.5	50
WHO(2003)	3	50
Pakistan	-	45
Avustralya	0.01	45
Fas	0.1	50
Arjantin	0.1	45
Kore	-	44.43
Malezya	0.005	45
Kanada	3.2	45
Kongo	-	-
Etiyopya	3	50
IBWA	1	10

Türkiye’de referans olarak alınan TS266 İçme-Kullanma suları yönetmeliğine göre Nitrit ve Nitrat için limit değerleri sırasıyla 0.50 ve 50 mg/L olarak belirlenmiştir [8].

4. NİTRAT GİDERİM YÖNTEMLERİ

Nitrat giderim teknolojileri genel olarak nitratın sudan ayrıldığı sistemler ve nitratın nihai olarak giderildiği sistemler olarak iki grupta incelenebilir. Ayrım sistemleri adsorpsiyon, iyon değişimi ya da membran uygulamaları olarak sıralanabilirken, giderim sistemleri kimyasal, elektrokimyasal ve biyolojik indirgeme olarak sıralanmaktadır. Ayrım sistemleri ilgilenilmesi gereken ikincil bir kirlilik oluştururken giderim yöntemlerinde nitrat nihai olarak azot gazına (N₂) dönüştürülür.

Ters ozmos, iyon değiştirme, distilasyon ve elektrodializ içme suyunda nitrat arıtımı için kullanılan fizikokimyasal yöntemler arasında yer almaktadır [9]. Bu yöntemlerin en önemli dezavantajları yüksek işletme ve bakım maliyetleri, düşük seçicilik özellikleri ve tuzlu atıksu üretimidir. Ayrıca, bu teknolojiler hem pahalı hem de yerinde (in-situ) arıtım için uygun yöntemler değildir. Bu nedenle, son yıllarda biyolojik giderim yöntemleri tercih edilmeye başlanılmıştır.

4.1. Biyolojik Yöntemler

Biyolojik giderim için aktif karbon, iyon değişimi, membran değişimi, kimyasal indirgeme, elektrokimyasal indirgeme ve biyolojik indirgeme yöntemleri kullanılabilir. Biyolojik indirgeme en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Biyolojik indirgeme süreçlerinde kullanılan karbon kaynağına göre sistem ototrofik ya da heterotrofik olarak ikiye ayrılır [2].

Heterotrofik denitrifikasyonda etanol, asetat, laktat, propiyonat, sitrat, süksinat ve metanol gibi organik maddeler karbon ve elektron kaynağı olarak kullanılabilir. Fakat nitrat ve organik maddenin tamamen giderilebilmesi için gerekli organik madde miktarını belirlemek son derece zordur. Organik madde stokiometrik olarak gerekli değerden daha az eklenirse, çıkış suyunda nitrit birikimi

gözlenebilir. Organik maddenin fazla eklenmesi durumunda ise, çıkış suyunda organik madde gözlenebilir. Bu durum su dağıtım şebekesinde mikroorganik büyümeye ve klor ile dezenfeksiyon yapılıyor ise dezenfeksiyon yan ürünleri oluşumuna sebep olabilir.

Heterotrofik denitrifikasyon, yeterli miktarda organik karbon sağlanabilirse oldukça etkili bir yöntemdir. Bununla birlikte yeraltı sularında organik karbon miktarı yetersizdir. Bu da dışarıdan karbon kaynağı eklenmediği sürece heterotrofik denitrifikasyonun kullanımını sınırlar. Ototrofikte oluşacak asit bir dezavantaj iken heterotrofik süreçte oluşan alkalinite ile dengelenebilir. Heterotrofik denitrifikasyonda harici organik madde ilavesine (metanol gibi pahalı kimyasallar) ihtiyaç duyulması, ototrofik denitrifikasyonun hedeflendiği çalışmaların artmasına neden olmuştur.

Ototrofik denitrifikasyon, heterotrofik denitrifikasyona kıyasla klorlu organiklerin oluşma ihtimalinin azalması, düşük maliyetleri ve düşük mikroorganik büyüme gibi avantajlara sahiptir. Bu amaçla hidrojen, demir, kükürt ve elementel sülfür en yaygın kullanılan elektron vericilerdir [3].

Her iki kirleticinin biyolojik indirgeme yoluyla eş zamanlı giderimi; yüksek reaksiyon hızı, pahalı katalizörlere ya da kimyasallara ihtiyaç duymaması ve teknolojisinin iyi bilinmesi gibi nedenlerle oldukça avantajlıdır.

Son yıllarda miksotrofik sistemler (nitratın bir kısmının organik bir diğer kısmının ise inorganik elektron kaynakları ile indirgendiği) giderek popülerlik kazanmıştır. Bu sistemlerde ototrofik ve heterotrofik indirgeme süreçlerinin dezavantajları azaltılırken, avantajlı yönleri ortaya çıkarılmaktadır. Bu amaçla tek reaktörlü sistemler (her iki prosesin de aynı reaktörde gerçekleştiği sistemler) ve çoklu reaktör sistemleri (heterotrofik–ototrofik sıralı sistemleri) geliştirilmiştir. Bu sistemler kolon reaktörler ve membran biyoreaktörler başta olmak üzere çeşitli konfigürasyonlarda çalışılmaktadır. Bu çalışmada ise bu konfigürasyonlar derlenerek performans ve giderim verimleri açısından kıyaslanmışlardır.

4.1.1. Denitrifikasyonda Sıralı İşlemler

Sıralı denitrifikasyon sistemlerinde heterotrofik ve ototrofik prosesler sıralı olarak işlenir. Bir prosesten çıkan arıtılmış su diğer bir proseste tekrar işlenir. Genel olarak denitrifikasyon süreçlerinde heterotrofik – ototrofik olarak sıralı bağlanırlar ve heterotrofik süreçten çıkan su ototrofik süreçte tekrar işlenir. Bu sayede heterotrofik reaktörde giderilemeyen nitrat ototrofik reaktörde giderilir. Sistemin bir dizi avantajı vardır. Öncelikle sistemde üretilcek alkalinite ihtiyacı heterotrofik reaktörde üretilir ve takip eden ototrofik reaktörde kullanılır. Bu sayede sistemin alkalinite ihtiyacı elimine edilir. İkincil bir avantaj olarak heterotrofik reaktörde kullanılmayan organik maddeler ototrofik reaktörde kullanılır ve bir filtre görevi görülür. Sistemin çamur yönetimi de sıralı sistemde daha kolay olup heterotrofik reaktör bu sayede daha düşük çamur yaşlarında işlenir.

Yukarı akışlı kolon reaktörler sıralı sistem çalışmaları kullanılmaktadır. Uçar ve arkadaşları yaptıkları çalışmada heterotrofik ve ototrofik reaktörleri sıralı olarak bağlayarak eş zamanlı denitrifikasyon ve perklorat giderimi çalışmışlardır. Çalışmada sistem için 0.6-1.2 g NO₃⁻-N/(L.d)'lik yükleme oranlarında HRT 2 saatte denitrifikasyon gerçekleştirilmiş olup heterotrofik reaktöre ait maksimum denitrifikasyon oranı 2.4 g NO₃⁻-N/(L.d) olarak bulunmuştur. Ototrofik reaktörde ise maksimum denitrifikasyon oranı 0.86 g NO₃⁻-N/(L.d) olarak bulunmuş olup sistem 100 günlük süre boyunca başarılı bir şekilde işletilmiştir [4].

Aynı sistemle yapılan gerçek yeraltı suyundan nitrat giderimi yapılan bir diğer çalışmada ise 83 mg NO₃⁻-N/L yeraltı suyu nitrat seviyesi sıralı sistem ile giderilmiştir. Çalışmada C/N oranı 2.44 olarak belirlenmiş ve 83 mg NO₃⁻-N/L konsantrasyonunda nitrat heterotrofik ve ototrofik sistemde sırası ile 19 ± 3.7 mg NO₃⁻-N/L (yaklaşık %75'i) ve <0.5 mg NO₃⁻-N/L seviyesine indirgenmiştir [5].

4.1.2. Membran Biyoreaktörler

Denitrifikasyon için membran proses uygulamaları son yıllarda giderek popülerlik kazanmaktadır[6-9]. Gerek atıksuların gerekse içme sularının arıtımında doğrudan ve biyoreaktör uygulamaları ile membran kullanımları yaygınlaşmaktadır. İçme sularından nitrat gideriminde membran biyoreaktör uygulamaları üzerine literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda nitrat ototrofik ve heterotrofik olarak indirgenmektedir.

Membran biyoreaktör uygulamalarının bir avantajı ise daha temiz çıkış suyu eldesidir. Mikroorganizmalardan kaynaklanan çeşitli mikrobiyal ürünler membran tarafından filtre edilir ve çıkış KOİ konsantrasyonu bu sayede kolon reaktörlere göre daha düşük bulunabilir.

Yapılan bir çalışmada membran biyoreaktörde kükürt bazlı denitrifikasyon çalışılmıştır. Kükürt bazlı denitrifikasyonda membran uygulanması granüller kükürt yerine toz kükürt kullanımına olanak tanımaktadır. Bu sayede daha yüksek yüzey alanına sahip kükürt sistemde kullanılabilir. Şahinkaya ve arkadaşları yaptıkları çalışmada toz kükürt ile membran biyoreaktörde ototrofik denitrifikasyon çalışmışlar ve 5 saatlik bekletme sürelerinde 25-50 mg NO₃⁻-N/L başarılı bir şekilde giderilmiştir (giderim oranı 0.24 g mg NO₃⁻-N/(L.d) olarak bulunmuştur). Membran işletimim AKI'nın ≤20 L/(m².h) olduğu dönemde sorunsuz gerçekleşmiştir [7].

Benzer bir reaktöre metanol verilmesi ile C/N oranı 1.33 olacak şekilde sistem mikсотrofikleştirilmiş ve bu sayede Cr (VI) ile 50 mg NO₃⁻-N giderimi çalışılmıştır. Sistemde yaklaşık %54'lük bir oranda nitrat heterotrofik olarak ve geri kalan %56'luk kısım ise ototrofik olarak giderilmiştir. Heterotrofik olarak giderilen kısım sayesinde çıkış ortalama sülfat konsantrasyonları 200 mg/L seviyesinin altında tutulmuştur. Membran biyoreaktör ise 200 gün boyunca işletilmiş ve haftalık fiziksel temizlik ile 15 L/(m².h)'da sorunsuz bir işletim süreci gerçekleştirilmiştir [6].

4.1.3. Kolon Reaktörler

Kolon reaktörler bir dolgu malzeme ile doldurulmuş ve silindirik kolon şeklinde reaktörlerdir. Su akışı yukarı akışlı ya da aşağı akışlı olarak sağlanmaktadır. Denitrifikasyon süreçlerinde kolon reaktörler dolgu malzemesi olarak kükürtün kullanılması gibi avantaja sahiptir. Kükürt ile doldurulmuş reaktörlerde su akışı boyunca yükseltgenme ve indirgenme reaksiyonu sağlanmaktadır[10,11]. Kolon reaktörler ile HRT 2 saate kadar başarılı denitrifikasyon çalışmaları yapılmıştır. Yukarı akışlı ototrofik kolon reaktörlerde 300 mg/(L.gün) oranında denitrifikasyon 500 ml'lik yatak hacmine sahip kolon reaktörde bildirilmiştir[10]. Kükürt bazlı denitrifikasyonda ortaya çıkan alkalinite ihtiyacının ortadan kaldırılması için kolon reaktörlerde kükürt ile kireç taşı da sistem dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar en iyi kireç taşı/kükürt oranını 1/3 olarak vermektedir [14].

5. SONUÇLAR

Yeraltı sularında karşılaşılan en yaygın kirletici olması, nitrat giderim yöntemleri üzerine çalışmaların yoğun olarak çalışılmasına sebep olmuştur. Günümüzde biyolojik denitrifikasyon pahalı kimyasallara ihtiyaç duymaması, kimyasal ve elektrokimyasal indirgemeye göre daha hızlı olması ve ilgilenilmesi gereken ikincil bir kirlilik yaratmaması nedenleri ile tercih edilmektedir. Biyolojik olarak nitrat indirgemede kullanılan karbon kaynağına göre süreçlerin avantaj ve dezavantajları ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan dezavantajlar ise doğru reaktör konfigürasyonları ile çözülmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması durumu belirtmemektedirler.

KAYNAKLAR

- [1] C. Della Rocca, V. Belgiorno, S. Meriç, Overview of in-situ applicable nitrate removal processes, *Desalination*. 204 (2007) 46–62.
- [2] R. Sierra-Alvarez, R. Beristain-Cardoso, M. Salazar, J. Gomez, E. Razo-Flores, J.A. Field, Chemolithotrophic denitrification with elemental sulfur for groundwater treatment, *Water Res.* 41 (2007) 1253–1262.
- [3] V. Matějů, S. Čížinská, J. Krejčí, T. Janoch, Biological water denitrification—A review, *Enzyme Microb. Technol.* 14 (1992) 170–183.
- [4] D. Ucar, E.U. Cokgor, E. Sahinkaya, Heterotrophic–autotrophic sequential system for reductive nitrate and perchlorate removal, *Environ. Technol.* 37 (2016) 183–191.
- [5] D. Ucar, E.U. Cokgor, E. Sahinkaya, U. Cetin, C. Bereketoğlu, B. Calimlioglu, B. Goncu, A. Yurtsever, Simultaneous nitrate and perchlorate removal from groundwater by heterotrophic-autotrophic sequential system, *Int. Biodeterior. Biodegradation*. 116 (2017) 83–90.
- [6] E. Sahinkaya, A. Yurtsever, D. Ucar, A novel elemental sulfur-based mixotrophic denitrifying membrane bioreactor for simultaneous Cr(VI) and nitrate reduction., *J. Hazard. Mater.* 324 (2016) 15–21.

- [7] E. Sahinkaya, A. Yurtsever, Ö. Aktaş, D. Ucar, Z. Wang, Sulfur-based autotrophic denitrification of drinking water using a membrane bioreactor, *Chem. Eng. J.* 268 (2015) 180–186.
- [8] D. Ucar, T. Yilmaz, F. Di, G. Esposito, E. Sahinkaya, Comparison of biogenic and chemical sulfur as electron donors for autotrophic denitrification in sulfur-fed membrane bioreactor (SMBR), *Bioresour. Technol.* 299 (2020) 122574.
- [9] D. Ucar, E. Sahinkaya, T. Yilmaz, Y. Cakmak, Simultaneous nitrate and perchlorate reduction in an elemental sulfur-based denitrifying membrane bioreactor, *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 144 (2019) 104741.
- [10] D. Ucar, E.U. Cokgor, E. Şahinkaya, Evaluation of nitrate and perchlorate reduction using sulfur-based autotrophic and mixotrophic denitrifying processes, *Water Sci. Technol. Water Supply.* (2015) 1–11.
- [11] D. Ucar, E.U. Cokgor, E. Şahinkaya, Simultaneous nitrate and perchlorate reduction using sulfur-based autotrophic and heterotrophic denitrifying processes, *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 91 (2016) 1471–1477.