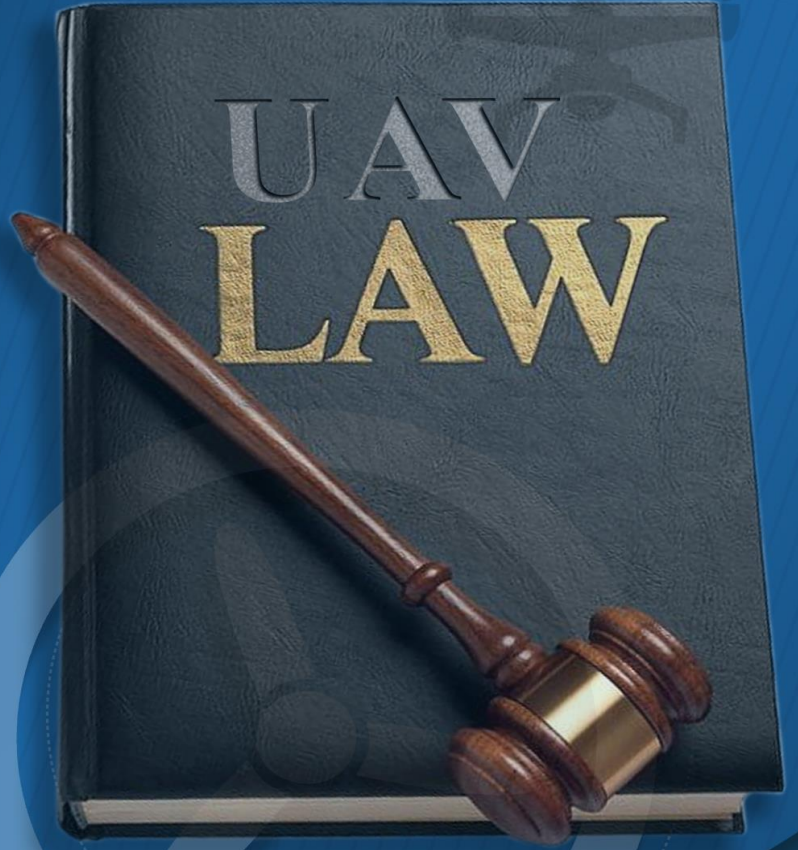


JAV

e-ISSN: 2587-1676



JOURNAL
OF AVIATION

Volume 3 - Issue 2

December 2019

dergipark.gov.tr/jav

www.javsci.com

Editör/Editor

Doç. Dr. Vedat Veli Çay (Dicle Üniversitesi)

Alan Editörleri / Section Editors

Prof. Dr. Mustafa Taşkın (Mersin Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Ömer Osman Dursun (Fırat Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi Bahri Baran Koçak (Dicle Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Er (Fırat Üniversitesi)

Yayın Kurulu / Editorial Board

Prof. Dr. Mohd Razif İdris (Kuala Lumpur University, Malaysian)
Prof. Dr. Simone Sarmento (Federal Do Rio Grab De Unv. Brazil)
Prof. Dr. Faruk Aras (Kocaeli University, Turkey)
Prof. Dr. Sermin Ozan (Fırat University, Turkey)
Prof. Dr. Mustafa Sabri Gök (Bartın University, Turkey)
Prof. Dr. Ahmet Topuz (Yıldız Technical University, Turkey)
Prof. Dr. Mustafa Boz (Karabük University, Turkey)
Prof. Dr. Nicolas Avdelidis, (Universite Laval, Canada)
Prof. Dr. Tarcisio Saurin (Federal do Rio Grande do Sul Unv. Brazil)
Doç. Dr. Matilde Scaramucci (Estadual Campinas Unv., SP, Brazil)
Doç. Dr. Ümit Deniz Göker (National Defense University, Turkey)
Doç. Dr. Özlem Atalık (Anadolu University, Turkey)

Doç. Dr. Önder Altuntaş (Anadolu University, Turkey)
Doç. Dr. Ferhan Kuyucak Şengür (Anadolu University, Turkey)
Doç. Dr. Uğur Soy (Sakarya University, Turkey)
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Tamer Hava (Milli Savunma University, Turkey)
Dr. Öğr. Üyesi Haşim Kafalı (Muğla University, Turkey)
Dr. Öğr. Üyesi Fatih Koçyiğit (Dicle University, Turkey)
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Yeniad (Yıldırım Beyazıt University, Turkey)
Dr. Öğr. Üyesi Tolga Tüzün İnan (Gelişim University, Turkey)
Dr. Öğr. Üyesi Bahri Baran Koçak (Dicle University, Turkey)
Dr. Öğr. Üyesi Kasım Kiracı (Iskenderun Technical University, Turkey)
Dr. Hikmat Asadov (Azerbaijan National Aerospace Agency)

Bu Sayının Hakemleri / Reviewers of This Issue

Doç. Dr. Bayram ÖZER (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)
Doç. Dr. Ümit Deniz Göker (Milli Savunma Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Kasım Kiracı (İskenderun Teknik Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Hülya GÖKTEPE (Anadolu Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Osman Sirkeci (Giresun Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Sezer Çoban (İskenderun Teknik Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Er (Fırat Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi M. Kadri Akyüz (Dicle Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Ömer Osman DURSUN (Fırat Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi Fırat ŞAL (Gümüşhane Üniversitesi)
Dr. Akansel Yalçınkaya (İstanbul Medeniyet Üniversitesi)
Dr. Eser GEMİCİ (Anadolu Üniversitesi)
Dr. Çağlar Karamaşa (Anadolu Üniversitesi)
Dr. Suat Toraman (Fırat Üniversitesi)
Öğr.Gör.Oğuz KÖSE (Gümüşhane Üniversitesi)
Arş.Gör. Cem Haydaroğlu (Dicle Üniversitesi)
Arş.Gör. Öztürk Özdemir Kanat (Kastamonu Üniversitesi)

Journal of Aviation (JAV) TÜBİTAK ULAKBİM DERGİPARK sistemi bünyesinde faaliyet gösteren Uluslararası Hakemli bir dergidir. Dergide yayımlanan yazıların sorumluluğu yazarlara aittir.

Dizinler ve Platformlar/Abstracting & Indexing

 Google Scholar	 Index Copernicus	 ASOS Index	 Scientific Indexing Services
 DRJI	 International Scientific Indexing	 COSMOS IF	 Bielefeld Academic Search Engine (BASE)
 Journal Factor	 JIFACTOR	 i2or	 Rootindexing
 Science Library Index	 Academic Keys	 Eurasian Scientific Journal Index	 CrossRef

İletişim / Contact

<http://dergipark.org.tr/jav> - www.javsci.com
journalofaviation@gmail.com - info@javsci.com
ISSN: 2587-1676

İçindekiler/Contents

Araştırma Makalesi / Research Article

Non Simultaneous Morphing System Design for Yaw Motion in Quadrotors Tuğrul OKTAY , Oğuz KÖSE	81-88
Oyuk Boşluk Yapısının Kanat Profili Üzerine Etkisi <i>The Effect of Cavity Structure on the Wing Profile</i> Hüsamettin Alperen ALABAŞ, Mohammed ALBATRAN , Tayfun ÇELİK , Mustafa LÜLECI, Ümit Deniz GÖKER	89-105
Dikey İniş Kalkış Yapabilen Bir İHA'nın Azami Menzili ve Asgari Güç Gereksinimi İçin En Uygun Uçuş Parametrelerinin Belirlenmesi <i>Determination of the Optimum Flight Parameters for Maximum Range and Minimum Power Requirement of a Vertical Take-Off and Landing UAV</i> Mustafa ÖNAL, Sezer ÇOBAN, Ahmet YAPICI, Hasan Hüseyin BİLGİÇ	106-112
Vardiyalı Çalışma Sistemi Çalışanlar İçin Ne Kadar İyi? <i>How Good Is The Shift Working System For Employees?</i> Mine DEĞİRMENCİOĞLU	113-121
Üniversitede Havacılık Bölümlerinde Okuyan Öğrencilerin Meslek Seçiminde Etkili Olan Faktörlerin Analizi <i>Analysis of Factors Affecting the Choice of Profession of Students Studying in Aviation Departments in University</i> Gülaçtı ŞEN	122-131

Derleme Makalesi / Review Article

İnsansız Hava Aracı Kullanımından Doğan Sorumluluk <i>Liability for Unmanned Aerial Vehicle Use</i> Gizem YARDIMCI	132-150
---	----------------



Received : 12.09.2019 & Accepted : 04.12.2019 & Published (online) : 25.12.2019

Non Simultaneous Morphing System Design for Yaw Motion in Quadrotors

Tugrul OKTAY¹ , Oğuz KÖSE^{2*} 

¹ Faculty of Aeronautics and Astronautics, Erciyes University, Kayseri, Turkey

² College of Aydin Dogan, Gumushane University, Gumushane, Turkey

Abstract

Quadrotors are unmanned aerial vehicles that are frequently used in military and civilian applications. In this study, the modeling, control and variable geometry of the quadrotor's yaw motion are discussed non simultaneous. Mathematical modeling and simulation of an unmanned air vehicle, specifically, quadrotor modeling is not an easy task because of its complex structure, non-lineardynamics and under-actuated nature. Quadrotor has a non-linner structure but the system has been converted to linear structure by using various methods. Linear expressions are expressed by state space model. Simulation was performed in Matlab / Simulink environment using state space model. PID algorithm was used as control system. In the simulations, both without morphing results and morphing results were obtained and compared. The main purpose of this study is to examine the effect of morphing on a quadrotor modeled as realistic as possible on yaw motion.

Keywords: Quadrotor, UAVs, morphing, state space model, PID, control, quadcopter, control system, motion control

1. Introduction

Quadrotor, vertical landing take-off, hanging in the air, high maneuverability, although complex as a control system, structurally simple, rotating wing unmanned aerial vehicle. In the last decade, interest in unmanned aerial vehicles(UAVs) and their design and control has exponentially increased[1], due to their capability to carry out several complex tasks, in addition to their low cost production and relatively simple operation[2]. Quadrotor is used in hobby, photography, agriculture, research in civil field. In the military field, it is used in many tasks such as reconnaissance, surveillance, port security and border security.

Morphing is generally referred to as changing the geometry of an aircraft before or during flight. In recent years, there have been many studies on quadrotor morphing. C. Hintz et al., in their work, made a design on the morphing of multirotors[3]. In this design, the multirotor had the capacity to pass through narrow spaces. Desbiez et al.[4] also made a study that changed the angle between the arms of a quadrotor. During the flight, a signal coming to the quadrotor and the arms would move at the intersection points and complete the morphing process. In tests with the so-called X-Morf aircraft, the quadrotor gave good stability and trajectory

* Corresponding Author: Lecturer Oguz Kose oguzkose24@gmail.com

Citation : Oktay T., Köse O. (2019). Non Simultaneous Morphing System Design for Yaw Motion in Quadrotors. Journal of Aviation, 3 (2), 81-88. DOI: 10.30518/jav.619131



tracking performance. T. Oktay et. al.[5] conducted active and passive morphing studies on tactical unmanned aerial vehicles (TUAVs) on both longitudinal and lateral flights. They used the PID algorithm to control TUAVs and used the optimization method called stochastic approximation to determine the wing opening ratio. As a result of the tests, TUAVs followed the desired trajectory in both longitudinal and lateral flights.

In this study, it is about how the quadrotor affects the yaw movement while performing the active morphing process. At the end of the study, quadrotor modeling was done and compared with yaw motion in both morphing and non-morphing situations.

The quadrotor consists of four motors and propellers, each rotor produces a thrust[6]. The yaw motion is obtained from the counter torque between each of the propellers. While each rotor rotates at equal angular velocities, the net yaw is zero, but the speeds difference between the two pairs creates a positive or negative yaw. Forward or backward movement which is related to the pitch angle can be obtained by increasing the back rotor thrust and decreasing the front rotor thrust. Finally, a sideways motion which is related to the roll, ϕ angle can be achieved by increasing the left rotor thrust and decreasing the right rotor thrust. Figure 1 shows the various motions of a quadrotor due to changes in rotor speeds.

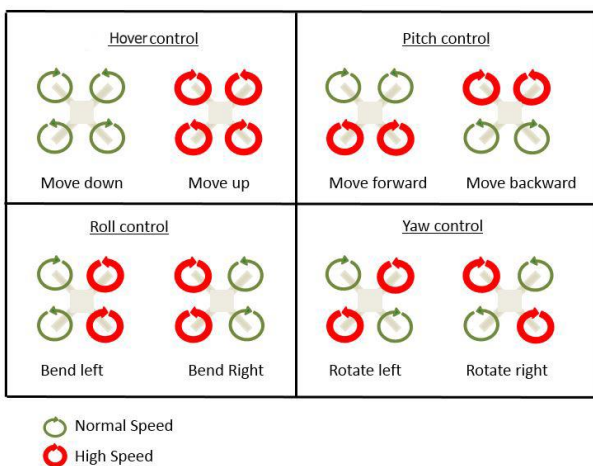


Figure 1. Quadrotor motion

In this article, yaw motion will be examined first by using PID control. Then, quadcopter morphing will be applied to discuss how this situation affects yaw movement.

2. Material and Methods

In this section, information about the quadrotor mathematical model and control system is given.

2.1 Quadrotor Dynamic Model

The dynamic model of quadrotor is obtained from Newton–Euler approach. Here, the Newton–Euler approach is used with the following assumptions[7, 8]:

- the structure is rigid and symmetric,
- the propellers are rigid,
- the thrust and the drag are proportional to the square of speed,
- ground effect is neglected.

Quadrotor used equations of lateral motion equations to make yaw motion. The nonlinear motion equations are as follows.

$$\begin{aligned} \dot{y} &= v[c(\phi) c(\psi) + s(\phi) s(\psi) s(\theta)] \\ &\quad - w[c(\psi) s(\phi) \\ &\quad - c(\phi) s(\psi) s(\theta) \\ &\quad + u[c(\theta) s(\psi)]] \\ \dot{v} &= (wp - ur) - g c(\theta) s(\phi) \\ \dot{p} &= \frac{I_y - I_z}{I_x} qr + \frac{U_2}{I_x} \\ \dot{r} &= \frac{I_x - I_y}{I_z} pq + \frac{U_4}{I_z} \\ \dot{\phi} &= p + r[c(\phi) t(\theta)] \\ &\quad + q[s(\phi) t(\theta)] \\ \dot{\psi} &= r \frac{s(\phi)}{c(\theta)} + q \frac{s(\phi)}{c(\theta)} \end{aligned} \tag{1}$$

Inputs must be applied to the system to control quadrotor movements. The torque difference between the propellers is used to realize each movement[9]. The input values and torques are proportional to the square of the rotors' speeds[10].

$$\begin{aligned} f_t &= U_1 = b(\Omega_1^2 + \Omega_2^2 + \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \\ \tau_x &= U_2 = bl(-\Omega_1^2 - \Omega_2^2 + \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \\ \tau_y &= U_3 = bl(\Omega_1^2 - \Omega_2^2 - \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \\ \tau_z &= U_4 = d(\Omega_1^2 - \Omega_2^2 + \Omega_3^2 - \Omega_4^2) \end{aligned} \tag{2}$$

Where l the distance between any rotor and the center of the quadrotor, b is the thrust factor and d is the drag factor. Here, lift and drag factors of the

propeller blade (b and d respectively) are calculated from the Blade Element Theory.

The inputs of motion equations are propeller speeds. U1, U2, U3 and U4 are related to throttle, roll, and pitch and yaw respectively [11]. U4 is used for yaw motion input.

2.2 State Space Model and Morphing

A state-space representation is a mathematical model of a physical system as a set of input, output and state variables related by first-order differential equations or difference equations[12]. State variables are variables whose values evolve through time in a way that depends on the values they have at any given time and also depends on the externally imposed values of input variables. Output variables' values depend on the values of the state variables.

The state space model is a mathematical model of a system as a set of input, output, and state variables associated with the equation from the first order. The state space model is expressed as follows:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax(t) + Bu(t) \\ y &= Cx(t) + Du(t) \end{aligned}$$

Where $x(t)$ state vector, $u(t)$ control or input vector, $y(t)$ output vector, A system vector, B input vector, C output vector and D feed forward vector.

In order to obtain the state space model, it is necessary to bring the nonlinear equations in equation 1 into a linear state. The set of linearized equations is as follows:

$$\begin{aligned} \dot{y} &= v \\ \dot{v} &= g\phi \\ \dot{p} &= \frac{\tau_x}{I_x} \\ \dot{r} &= \frac{\tau_z}{I_z} \\ \dot{\phi} &= p \\ \dot{\psi} &= r \end{aligned} \tag{3}$$

$[y \ \phi \ \psi]^T$ the vector containing the linear and angular position of the quadrotor in the earth frame and $[v \ p \ r]^T$ the vector containing the linear and angular velocities in the body frame[13].

According to equation 3, the state space model for the yaw movement is as follows:

$$\begin{bmatrix} \dot{y} \\ \dot{v} \\ \dot{p} \\ \dot{r} \\ \dot{\phi} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & g & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y \\ v \\ p \\ r \\ \phi \\ \psi \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \frac{1}{I_x} \frac{1}{I_z} \begin{bmatrix} \tau_x \\ \tau_z \end{bmatrix}$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y \\ v \\ p \\ r \\ \phi \\ \psi \end{bmatrix}$$

In the equations of motion I_x , I_y and I_z denotes the diagonal inertia matrix[14].

$$I = \begin{bmatrix} I_x & 0 & 0 \\ 0 & I_y & 0 \\ 0 & 0 & I_z \end{bmatrix} \tag{4}$$

Researchers have long realized that birds can change their body positions during the flight to perform certain maneuvers and adjust their aerodynamic structures for the appropriate flight situation. This body shape has been termed 'morphing' in specific literature[15].

In this article, morphing is performed by changing the arm lengths geometrically. Quadrotor generally has two types of geometric structure. These:

- X style
- Plus(+) style

In this article, x style quadrotor is discussed.

Morphing has two types:

- Active morphing
- Passive morphing

If the quadrotor performs morphing in the air, it is called active morphing. If the quadrotor performs morphing before taking off on the ground, it is called passive morphing.

This article uses active morphing because the quadrotor performs morphing during flight.

Changing the arm geometry is shown in Figure 2 and Figure 3.

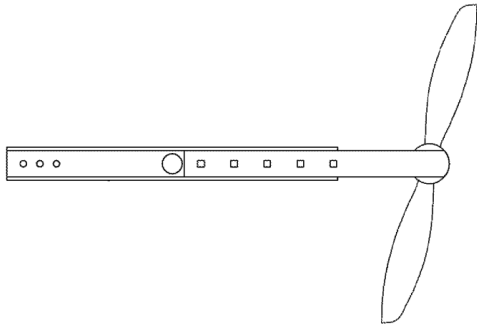


Figure 2. Normal arm length

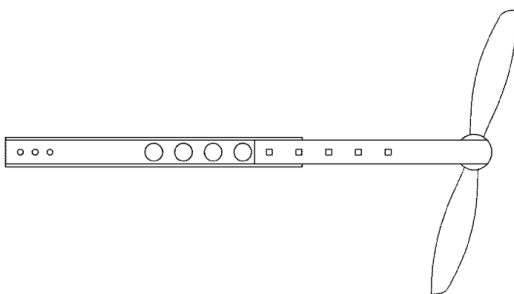


Figure 3. The extended arm (%10)

2.3 Quadrotor Control System

Proportional-Integral-Derivative (PID) control is the most common control algorithm used in industry and has been universally accepted in industrial control. The popularity of PID controllers can be attributed partly to their robust performance in a wide range of operating conditions and partly to their functional simplicity, which allows engineers

to operate them in a simple, straightforward manner. PID algorithm was used for quadrotor control. The overall structure of the PID controller is like Figure 4.

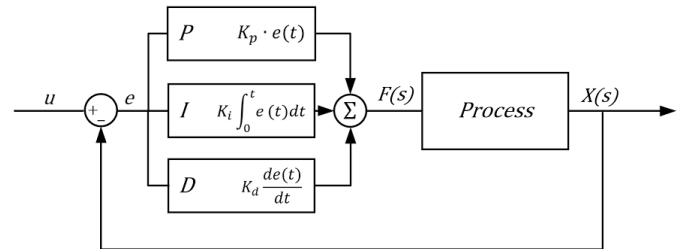


Figure 4. PID controller

PID controller output equation is as follows:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t)dt + K_d de(t)/d(t) \tag{4}$$

Where, K_p proportional gain, K_i integral gain and K_d is the derivative gain, $e(t)$ the error caused by the difference between the reference and response of the system. The proportional gain is used to control the rise time of system response. The integral gain is used to eliminate steady-state error. The derivative gain allows reducing the amount of overflow and developing a transient response. The success of PID controller depends on proper selection of gain parameters. Table 1 shows the effect of such increased parameters on a controlled system.

Table 1. Effects of independent P,I and D tuning

Closed loop response	Rise time	Overshoot	Settling time	Steady-state error	Stability
Increasing k_p	Decrease	Increase	Small increase	Decrease	Degrade
Increasing k_i	Small decrease	Increase	Increase	Large decrease	Degrade
Increasing k_d	Small decrease	Decrease	Decrease	Minor change	Improve

According to this, the PID expression required for the yaw motion:

$$u(t) = K_{p\psi} e(t) + K_{i\psi} \int_0^t e(v)dv + K_{d\psi} \frac{de(t)}{d(t)} \tag{5}$$

Accordingly, the quadrotor yaw motion PID block is as follows:

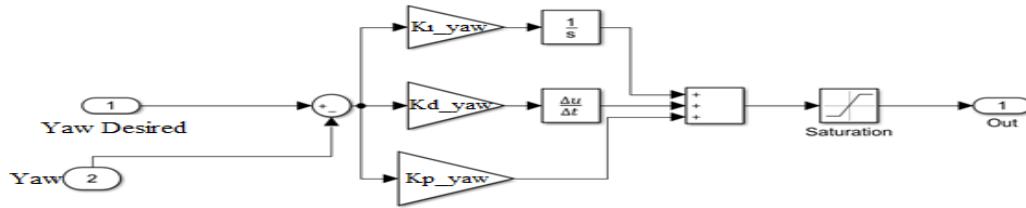


Figure 5. Yaw motion PID block

3. Results and Discussion

Figure 6 shows the case where quadrotor is not morphing. Figure 7 shows the case of morphing.

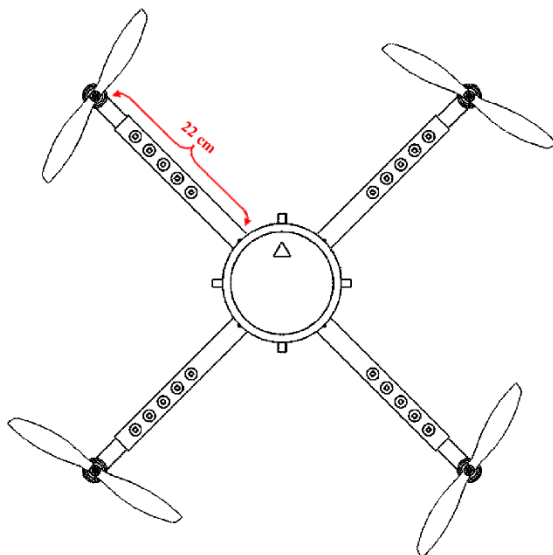


Figure 6. Without morphing

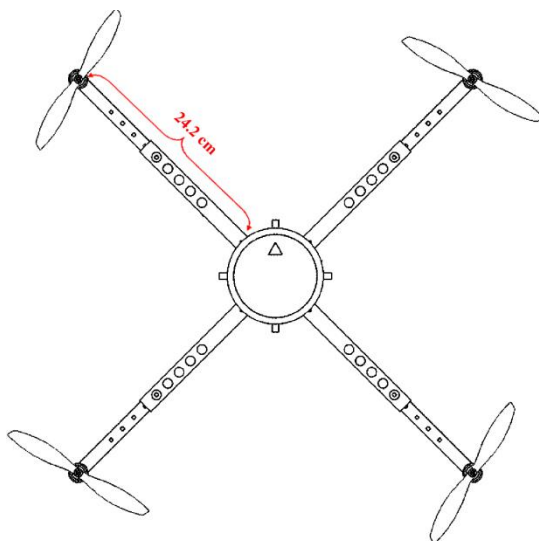


Figure 7. Quadrotor morphing

The inertia moment is affected when the quadrotor is morphing during flight[16]. Because morphing is the change of arm lengths.

When the arm length is $\Delta L = 22$ cm, inertia moment and other characteristics of the quadrotor are given in Table 2.

Table 2. Quadrotor data without morphing

QUADROTOR	
R_{plate}	6.20 cm
M_{plate}	20 gr
M_{arm}	40 gr
M_{motor}	20 gr
$M_{quadrotor}$	820 gr
L	22 cm
b	1.0741×10^{-7}
d	1.8099×10^{-9}
C_d	2.6
I_x	0.089
I_y	0.089
I_z	0.0177

Quadrotor morphing was performed when the arm length was $\Delta L = 24.2$ cm. In this case, inertia moment and other characteristics of the quadrotor are given in Table 3.

Table 3. Quadrotor data morphing state

QUADROTOR	
R_{plate}	6.20 cm
M_{plate}	20 gr
M_{arm}	40 gr
M_{motor}	20 gr
$M_{quadrotor}$	820 gr
L	24.2 cm
b	1.0741×10^{-7}
d	1.8099×10^{-9}
C_d	2.6
Ix	0.091
Iy	0.091
Iz	0.018

Yaw flight Simulink model is as follows:

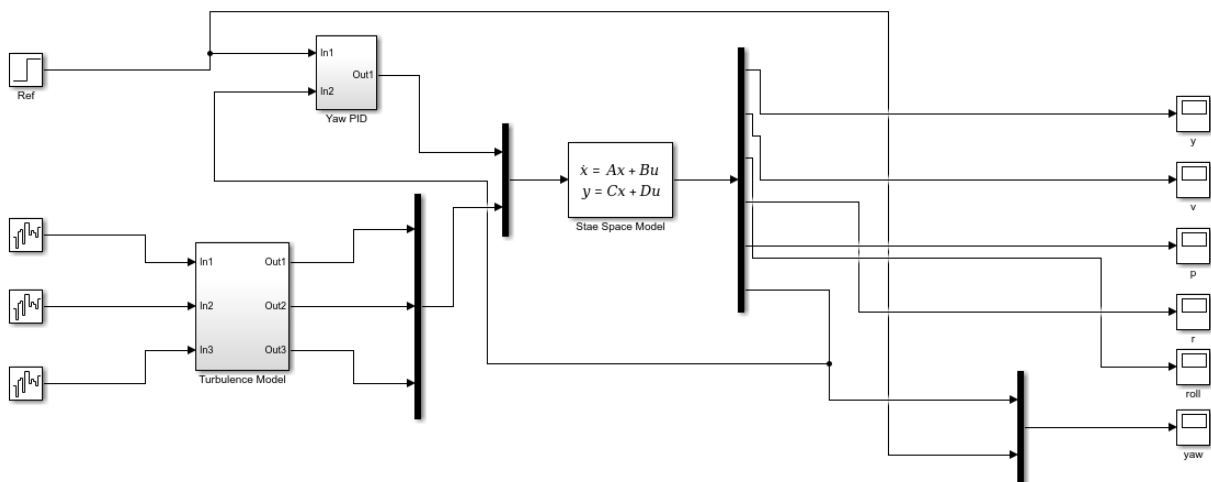


Figure 8. Yaw flight simulink model

In yaw flight, the PID coefficients remain the same in both the non-morphing and morphing states. The following table shows the PID coefficients.

Table 4. PID coefficients

P	I	D
0.5	0.5	0.5

The simulation result without morphing is shown below.

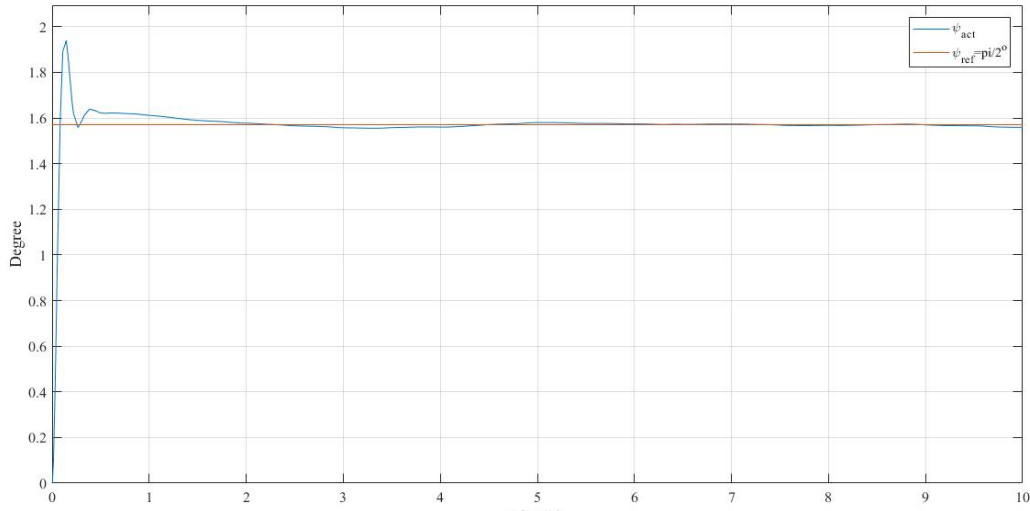


Figure 9. Simulation result without morphing

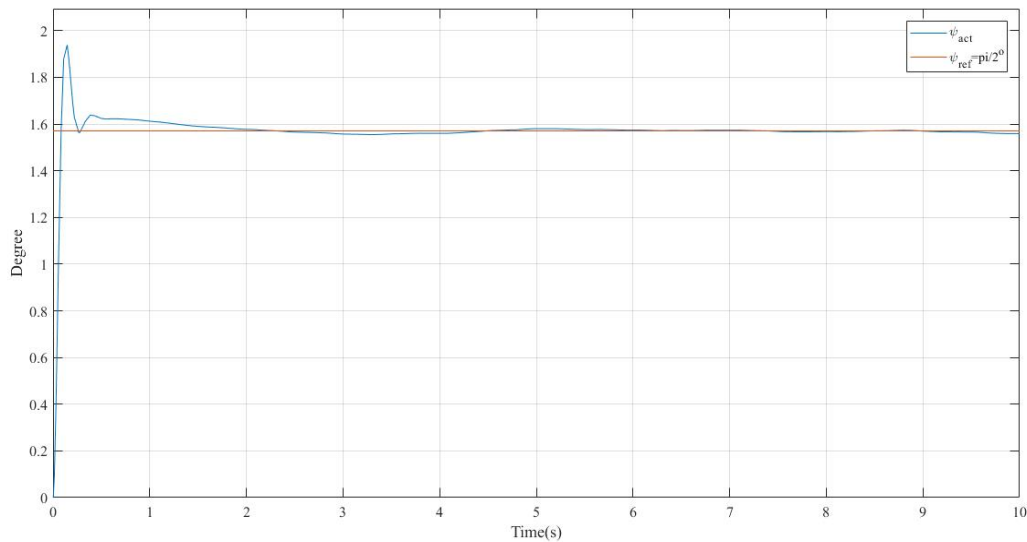


Figure 10. Morphing simulation result

4. Conclusions

In this study, non simultaneous morphing system desings for quadrotors was discussed. Also, the morphing situation during quadrotor yaw flight is discussed. The quadrotor dynamic model was obtained by using Newton Euler equations. The Von Karman Turbulence Model was used as an aerodynamic side effect on the quadrotor movement. The PID algorithm was used to control the quadrotor.

Morphing has affected the yaw flight. This situation can be seen both from the simulation result

and from the following rise time, settling time and overshoot values.

The following tables show the rise time, settling time and overshoot values without morphing and morphing.

Table 5. Yaw flight system characteristic

	L=22 cm(No morphing)	L=24.2 cm(%10 morphing)
Rise Time	0.0559 second	0.0566 second
Settling Time	1.16 second	1.18 second
Overshoot	24.7 %	24.4 %

In future studies, PID coefficients and morphing amount will be determined using optimization algorithms. This will improve the design performance criteria and allow the quadrotor to fly more stable and performance.

References

[1] F. Şal, "Effect of the Simultaneous Variation in Blade Root Chord Length and Blade Taper on Maneuvering Manned Helicopter Control Effort," *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, no. 15, pp. 475-482.

[2] S. Norouzi Ghazbi, Y. Aghli, M. Alimohammadi, and A. A. Akbari, "QUADROTORS UNMANNED AERIAL VEHICLES: A REVIEW," *International Journal on Smart Sensing & Intelligent Systems*, vol. 9, no. 1, 2016.

[3] C. Hintz, C. Torno, and L. R. G. Carrillo, "Design and dynamic modeling of a rotary wing aircraft with morphing capabilities," in *2014 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, 2014: IEEE, pp. 492-498.

[4] A. Desbiefz, F. Expert, M. Boyron, J. Diperi, S. Viollet, and F. Ruffier, "X-Morf: a crash-separable quadrotor that morfs its X-geometry in flight," in *2017 Workshop on Research, Education and Development of Unmanned Aerial Systems (RED-UAS)*, 2017: IEEE, pp. 222-227.

[5] T. Oktay and S. Coban, "Simultaneous longitudinal and lateral flight control systems design for both passive and active morphing TUAVs," *Elektronika ir Elektrotechnika*, vol. 23, no. 5, pp. 15-20, 2017.

[6] O. Köse and T. Oktay, "Non Simultaneous Morphing System Desing for Quadrotors,"

Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, no. 16, pp. 577-588.

[7] A. Marks, J. F. Whidborne, and I. Yamamoto, "Control allocation for fault tolerant control of a VTOL octorotor," in *Proceedings of 2012 UKACC International Conference on Control*, 2012: IEEE, pp. 357-362.

[8] S. Bouabdallah, "Design and control of quadrotors with application to autonomous flying," Epfl, 2007.

[9] S. ÇOBAN, H. H. BİLGİÇ, and T. OKTAY, "Designing, Dynamic Modeling and Simulation of ISTEICOPTER," *Journal of Aviation*, vol. 3, no. 1, pp. 38-44, 2019.

[10] T. Bresciani, "Modelling, identification and control of a quadrotor helicopter," *MSc Theses*, 2008.

[11] T. Oktay and O. Kose, "The Effect of Collective Morphing on the Vertical Flight in Quadcopter," in *MAS INTERNATIONAL EUROPEAN CONGRESSON MATHEMATICS, ENGINEERING, NATURAL ANDMEDICAL SCIENCES-III*, Şanlıurfa, 2019, pp. 1-10.

[12] T. Oktay and F. Sal, "Combined passive and active helicopter main rotor morphing for helicopter energy save," *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, vol. 38, no. 6, pp. 1511-1525, 2016.

[13] T. Oktay and O. Kose, "The Effect of Collective Morphing on the Lateral Flight in Quadcopter," presented at the Umteb 6. Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi, Iğdır, 2019.

[14] J. M. Domingue, "Quadrotor Prototype. Uneversidade Tecnica deLisboa," *Dissertacio*, 2009.






[15] T. Oktay and O. Kose, "The Effect of Collective Morphing on the Longitudinal Flight in Quadcopter," presented at the MAS INTERNATIONAL EUROPEAN CONGRESSON MATHEMATICS, ENGINEERING, NATURAL ANDMEDICAL SCIENCES-III, Şanlıurfa, 2019.

[16] O. Kose and T. Oktay, "Dynamic Modeling and Simulation of Quadrotor for Different Flight Conditions," *European Journal of Science and Technology*, no. 15, pp. 132-142, 2019.



Geliş/Received : 02.09.2019 & Kabul/Accepted : 04.12.2019 & Yayımlanma/Published (online) : 25.12.2019

Oyuk Boşluk Yapısının Kanat Profili Üzerine Etkisi

Hüsamettin Alperen ALABAŞ¹ , Mohammed ALBATRAN² , Tayfun ÇELİK² , Mustafa LÜLEÇİ² , Ümit Deniz GÖKER^{3*} 

¹ Millî Savunma Üniversitesi, Hezârfen Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, 34149, Yeşilyurt, İstanbul

² Millî Savunma Üniversitesi, Hava Harp Okulu, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Fakültesi, 34149, Yeşilyurt, İstanbul

³ Millî Savunma Üniversitesi, Hava Harp Okulu, Temel Bilimler Bölümü, 34149, Yeşilyurt, İstanbul

Özet

Bu çalışmada, NACA 0018 kanat profili üzerindeki oyuk boşluk yapısının akış yapısı üzerine etkileri hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) kullanılarak teorik olarak incelenmiştir. Bu etkiler, boşluklu yapıya sahip olan ve olmayan aynı kanat profili üzerinde farklı hücum açıları için uygulanmıştır. Analizlerimiz sonucunda, oyuklu ve oyuksuz NACA 0018 kanat profili için yörünge çizgileri, hız konturları, basınç konturları, hız akım çizgileri çizdirilmiş ve emme sistemi bulunan ve bulunmayan boşluk yapılarındaki akım çizgileri ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kanat profili, NACA 0018, oyuk boşluk, hesaplamalı akışkanlar dinamiği

The Effect of Cavity Structure on the Wing Profile

Abstract

In this study, the effects of cavity structures, which are located in different regions on NACA 0018 wing profile, on the flow structure are investigated theoretically by using computational fluid dynamics (CFD). These effects are applied for different angles of attack on the same wing profile with and without cavity. As a result of our analysis, pathlines, velocity contours, pressure contours, velocity streamlines are drawn for NACA 0018 wing profile with and without cavity, and compared with cavity structures with and without intake system.

Keywords: Wing profile, NACA 0018, cavity, computational fluid dynamics

1. Giriş

Aerodinamik ve hidrodinamik ile ilgili konuların önemli bir kısmı cisimlerin uçmasını, yüzmesini veya kararlı bir şekilde hareket etmesini sağlayan,

taşıyıcı kanatlar ile ilgilidir. Bu kanatlar üzerindeki akışın kontrolünün sağlanması, kanadın beklenen görevi yerine getirmesi açısından önemlidir.

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Doç. Dr. Ümit Deniz GÖKER, udgoker@hho.edu.tr

Alıntı/Citation :Alabaş, H.A., Albatran, M., Çelik, T., Lülecı, M., Göker, Ü.D. (2019). Oyuk boşluk yapısının kanat profili üzerine etkisi. Journal of Aviation, 3 (2), 89-105. DOI: 10.30518/jav.614043



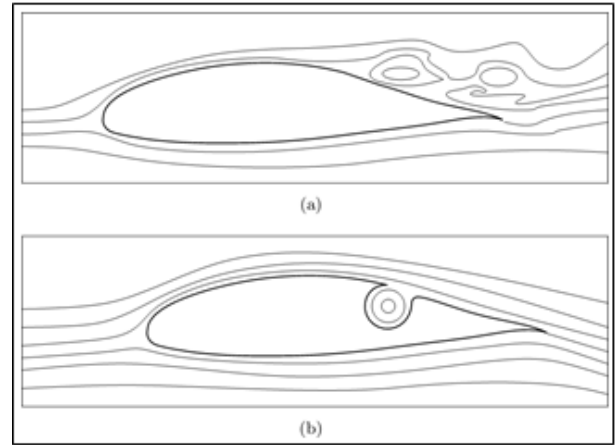
Taşıyıcı kanat profilleri veya yönlendiriciler, serbest akıma dik büyük bir kuvvet ve mümkün olduğu kadar küçük direnç sağlamak üzere tasarlanırlar. Kanat profillerinde taşıma ve direnç, hücum açısı ile değişir. Düşük hücum açısında, arka yüzeyler önemli derecede sınır tabaka ayrılmasına neden olmayacak ters bir basınç gradyentine sahiptir ve akışın şekli düzgün, direnç küçük, taşıma mükemmeldir. İyi huylu gradyentte dönüm noktası yoktur, ayrılma olmaz. Bir ters gradyentte, cidardan uzaklığı ters gradyent şiddeti ile artan bir dönüm noktası sınır tabakanın içinde oluşur. Çünkü daha kuvvetli herhangi bir gradyent cidarda geri akışa neden olacaktır. Sınır tabaka büyük bir şekilde kalınlaşır ve ana akım cidardan kopar ve ayrılır. Hücum açısı arttıkça, üst yüzey ters gradyeni daha kuvvetli hale gelir ve genellikle bir ayrılma kabarcığı üst yüzeyde ileriye doğru sürüklenmeye başlar. Bazen kabarcık yavaş hareket etmez, ani olarak sıçrar ve tam ayrılma hızlı ve tehlikeli bir şekilde oluşur. Belirli bir açıda akış üst yüzeyden tamamen ayrılır. Bunun sonucunda koparak cidardan ayrılır ve geniş çalkalanan art izi meydana gelir, taşıma belirgin bir şekilde düşer, direnç belirgin bir şekilde artar. Ana akım bu art izi tarafından saptırılır [1].

Akışın kontrol edilmesi ve yüzey üzerinde akışın ayrılmasını engellemek ya da geciktirmek için çeşitli aktif ve pasif yöntemler kullanılmaktadır. Pasif yöntemler genellikle şeklin geometrisini optimum hale getirme veya sabit girdap üreticiler koyma şeklinde olmaktadır. Geometriyle ilgili çalışmaların bir kısmı da kanat üzerinde girdap tuzağı olarak adlandırılan bir boşluk oluşturarak, oluşan girdabı tuzağa düşürerek, kanat üzerindeki ayrılmayı geciktirmek veya engellemek suretiyle akışın yüzeye tutunmasını sağlayan çalışmalardır [1].

İlk girdap tuzağı kavramı için Kasper'in girdap kanat tasarımından esinlenilmiştir. Kasper, girdap tuzağının bir kanat üzerindeki aerodinamik verimi (direnç kuvveti ve taşıma kuvveti) üzerinde etkili olacağını iddia etmiştir. Ancak yapılan rüzgâr tüneli testleri bunun tersi sonuçlar ortaya koymuştur. Hatta bu kanat modelinin veriminin geleneksel kanatlardan bile daha düşük olduğunu göstermiştir [2]. Kasper'in önerisi ve Kruppa'nın deneyleri arasındaki uyumsuzluğun, düşük Reynolds sayısından kaynaklandığı öne sürülmüştür. Rüzgâr

tünelinde yapılan deneylerde yüksek bir aerodinamik verim yakalanmamasına rağmen, teorik olarak yapılan çalışmalar geleneksel bir kanat yüzeyinde açılan boşluğun, akış üzerinde önemli iyileştirmeler sağlayabileceğini ortaya koymuştur [3-5]. Bu teorik sonuçlar, girdap tuzaklı kanat modelleri için ilginin ve çalışmaların devam etmesini sağlamıştır.

Literatürde düzlem duvarlar üzerinde dikdörtgen benzeri şekilde açılmış boşluklar ile ilgili birçok çalışma bulunmasına rağmen, kanatlar üzerinde dairesel geometriye sahip girdap tuzaklı çalışma sınırlı sayıdadır. Konu üzerinde daha sonraları kayda değer birçok çalışma yapılmıştır [6-8]. Bouferrouk ve Chernyshenko [9] yapmış oldukları çalışmada "Discrete Vortex Method (DVM)" kullanarak bir Lighthill kanat profili üzerindeki girdap tuzağının aktif kararlılık kontrolüyle ilgili çalışmalar yapmışlardır. Girdap tuzağına sürekli olarak girdapların girdiğini, girdapların tuzakta tutularak ayrılmanın engellendiğini ve direnç kuvvetinin azaldığını, taşıma kuvvetinin ise arttığını gözlemlemişlerdir. Chernyshenko ve ark. [10] ise çalışmalarında yaklaşık 30 parametre kullanarak kanat üzerindeki boşluğun şeklini ve yerini optimize etmeye çalışmışlardır. De Gregorio ve Fraioli [11] çalışmalarında bir girdap tuzağında emme ve üfleme yaparak aktif olarak ve yapmadan pasif yöntem kullanarak kanat üzerinde ayrılmayı incelemişlerdir.



Şekil 1. Bir Kanada Ait Akım Çizgileri. (a) Klasik Boşluksuz; (b) Girdap Tuzaklı [12]

Kanat üzerinde oluşturulan boşluk literatürde girdap tuzağı olarak adlandırılmaktadır. Şekil 1'de aynı kanat profili üzerinde oluşturulan bir boşluğun etkisi gösterilmiştir. Yapılan teorik çalışmalarda

ayrılmayı engelleme anlamında oldukça iyi sonuçlar alınırken, deneyler boşluğun etkisini tam ortaya çıkaracak şekilde sonuçlar ortaya koyamamıştır. Yapılan çalışmaların sonuçlarında boşluğun yapısı, yeri, hücum açısı ve Reynolds sayısı önemli parametreler olmaktadır.

Bu çalışmada kanat profili üzerinde oluşturulan bu boşlukların akış yapısı üzerine etkileri farklı hücum açıları için araştırılmıştır. Yapılan bu araştırma, NACA 0018 kanat profili için uygulanmıştır. Bunun için giriş kısmından sonra, ikinci bölümde geçmiş dönemde bu konu ile ilgili yapılan çalışmalara değinilmiş, üçüncü bölümde matematiksel formülasyon ve metodoloji anlatılmış, dördüncü bölümde hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) yöntemiyle bir kanat profili üzerindeki oyuk boşluk yapısının etkisi hesaplanmış ve son bölümde de sonuçlar ve tartışmalar verilmiştir.

2. Matematiksel Formülasyon ve Metodoloji

2.1. Yönetici Denklemler

Navier–Stokes

Denklemleri kümesi, termodinamik dengedeki akışkan hareketinin en genel tanımlamasıdır. Temel olarak, bir Newton akışı için yazılan kütle, momentum ve enerjinin korunumu denklemlerinden oluşur. Denklem şu şekilde yazılabilir:

$$\frac{\partial \bar{Q}}{\partial t} + \frac{\partial (\bar{E} - \bar{E}_v)}{\partial x} + \frac{\partial (\bar{F} - \bar{F}_v)}{\partial y} + \frac{\partial (\bar{G} - \bar{G}_v)}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

Bütün sonlu hacim algoritmalarının temelinin oluşturduğu integral formu şu şekilde yazılabilir:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{\Omega} \bar{q} d\Omega + \oint_S \bar{F} \cdot d\bar{S} = 0 \quad (2)$$

$$\bar{q} = \begin{bmatrix} \rho \\ \rho u \\ \rho v \\ \rho w \\ E \end{bmatrix} \quad (3)$$

Burada \bar{q} , olağan değişkenleri içeren vektördür ve \bar{F} akış terimlerini içeren matristir. Sütunlar aşağıdaki gibidir:

$$\bar{F}_1 = \begin{bmatrix} \rho u \\ \rho u^2 + p - \sigma_{xx} \\ \rho uv - \tau_{xy} \\ \rho uw - \tau_{xz} \\ (E + p)u - u\sigma_{xx} - v\tau_{xy} - w\tau_{xz} - k \frac{\partial T}{\partial x} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\bar{F}_2 = \begin{bmatrix} \rho v \\ \rho uv - \tau_{xy} \\ \rho v^2 + p - \sigma_{yy} \\ \rho vw - \tau_{yz} \\ (E + p)v - u\tau_{xy} - v\sigma_{yy} - w\tau_{yz} - k \frac{\partial T}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\bar{F}_3 = \begin{bmatrix} \rho w \\ \rho uw - \tau_{xz} \\ \rho vw - \tau_{yz} \\ \rho w^2 + p - \sigma_{zz} \\ (E + p)w - u\tau_{xz} - v\tau_{yz} - w\sigma_{zz} - k \frac{\partial T}{\partial z} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Burada,

$$\sigma_{xx} = 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} \mu \nabla \cdot \vec{V} \quad (7)$$

$$\sigma_{yy} = 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3} \mu \nabla \cdot \vec{V} \quad (8)$$

$$\sigma_{zz} = 2\mu \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{2}{3} \mu \nabla \cdot \vec{V} \quad (9)$$

$$\tau_{xy} = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \quad (10)$$

$$\tau_{xz} = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \quad (11)$$

$$\tau_{yz} = \mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \quad (12)$$

Dikkate alınacak denklemler,

$$\bar{F}_1 = (\bar{E} - \bar{E}_v) \quad (13)$$

$$\bar{F}_2 = (\bar{F} - \bar{F}_v) \quad (14)$$

$$\bar{F}_3 = (\bar{G} - \bar{G}_v) \quad (15)$$

Burada beş denklem olmasına rağmen ρ, u, v, w, p, E ve T olmak üzere yedi bilinmeyen

vardır. Bu yüzden denklem sayısı sisteme yaklaşmak için yeterli değildir. Denklem sistemine yaklaşmak için, durum denklemi kullanılır:

$$p = (\gamma - 1) \left[E - \frac{\rho}{2} (u^2 + v^2 + w^2) \right] \quad (16)$$

$$T = \frac{\gamma - 1}{R} \left[\frac{E}{\rho} - \frac{1}{2} (u^2 + v^2 + w^2) \right] \quad (17)$$

Burada R gaz sabiti ve γ özgül ısılar oranıdır. $R = 287 \text{ m}^2/\text{s}^2 \text{ K}$ ve hava için $\gamma = 1.4$ dür. Sutherland formülü kullanılarak dinamik viskozite ve sıcaklık arasında bir ilişki kurulabilir:

$$\mu = 1.458 \times 10^{-6} \text{ kg} / \left(\text{msK}^{\frac{1}{2}} \right) \frac{T^{\frac{3}{2}}}{T + 110.4 \text{ K}} \quad (18)$$

Burada k ısı iletkenlik katsayısıdır ve momentum ve ısı yayılma oranını tanımlayan Prandtl sayısı (Pr) kullanılarak dinamik viskozite ile ilişkilendirilebilir:

$$Pr = \frac{\mu C_p}{k} \quad (19)$$

Burada C_p , sabit basınç altında özgül ısı katsayısıdır. Turbo makine problemleri veya pervaneler gibi döner bir hareketin bulunduğu uygulamalar için, korunum denklemlerine düzgün bir biçimde (sabit kanat) bir referans çerçevesi getirilmelidir.

Düzgün tanımlanmış döner bir çerçeve ve çerçevenin mutlak (ataletli) referansı ile birlikte, görel ve mutlak değişkenler arasındaki dönüşümler için doğru bir model oluşturulmasıyla, uygun çözümleri elde etmek için çözülecek döndürücü etkileri olan bir denklem sistemi elde edilebilir. Sürekli dönen bir sistemin açısal hızına ω diyelim. V_R sistem için bağıl hız ve V mutlak referans sistemi için bağıl hız olsun. Mutlak ve bağıl hız arasındaki ilişki şu şekilde olabilir:

$$\vec{V} = \vec{V}_R + \vec{\omega} \times \vec{r} \quad (20)$$

Burada \vec{r} , dönme merkezinden hücre merkezine olan uzaklık vektörüdür. $\vec{\omega} \times \vec{r}$ terimi basitçe ızgara hızı veya çekiş hızıdır. Momentum denklemi ile iki

ek şart söz konusu olur. Birincisi, birim hacim başına Coriolis kuvvetidir:

$$\vec{F}_{cor} = -2\rho(\vec{\omega} \times \vec{V}_r) \quad (21)$$

ve ikincisi, birim hacim başına merkezkaç kuvvetidir:

$$\vec{F}_{merkezkaç} = -\rho\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) \quad (22)$$

İlişkiler, mutlak ve bağıl hızlar arasında doğru bir şekilde tanımlandıktan sonra, referansın görel çerçevesindeki Navier-Stokes denklemleri sistemi şu şekilde yazılabilir:

$$\frac{d}{dt} \int_{\Omega} \vec{q}_r d\Omega + \oint_s (\vec{F}_r - F_v) \cdot d\vec{S} + \int_{\Omega} \vec{T}_r d\Omega = 0 \quad (23)$$

Yukarıda tanımlanan denklem sistemleri görel hızları içerir ve görel akış değişkenleri için çözülebilir. Eğer mutlak akış değişkenleri için denklem sistemini çözmeye karar verilirse, mutlak hızlar için denklemlerin yeniden yazılması gerekir. Mutlak referans çerçevesindeki Navier-Stokes denklemleri sistemi şu şekilde yazılabilir:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{\Omega} \vec{q} d\Omega + \oint_s (\vec{F} - \vec{F}_v) \cdot d\vec{S} + \int_{\Omega} \vec{T} d\Omega = 0 \quad (24)$$

Elde edilen denklemler kümesi, sistem içerisindeki uçak kanatlarının etrafındaki sabit durum, viskoz akış çözümlerini elde etmek için kullanılabilir.

2.2. Akış Çözücülere Genel Bakış

Tipik bir HAD çözücü, iki sayısal yöntemden birini seçmemizi sağlar:

- 1) Basınç Tabanlı Çözücü
- 2) Yoğunluk Tabanlı Çözücü

Tarihsel olarak, basınç tabanlı yaklaşım, ağırlıklı olarak yüksek hızlı sıkıştırılabilir akışlar için kullanılmıştır. Bununla birlikte, son zamanlarda her iki yöntem de geleneksel veya orijinal niteliklerinin ötesinde çok çeşitli akış koşullarını çözmek ve çalıştırmak için genişletilmiştir. Her iki yöntemde de hız verileri momentumun denklemlerinden elde edilir. Yoğunluğa dayalı yaklaşımda, basınç alanı durum denklemlerinden belirlenirken yoğunluk alanını elde etmek için süreklilik denklemi kullanılır. Diğer taraftan, basınç temelli yaklaşımda,

basınç alanı, süreklilik ve momentum denklemlerinin manipüle edilmesiyle elde edilen bir basınç denklemi veya basınç düzeltme denklemi çözülerek çıkarılmaktadır.

Her iki metodu kullanarak çözücü, kütle ve momentumun korunumu için yönetim integrali denklemlerine ve (uygun olduğunda) enerji, türbülans ve kimyasal türler gibi diğer skalerlere bir çözüm getirmelidir. Her iki durumda da, aşağıdaki görevlerden oluşan kontrol hacmi tabanlı bir teknik kullanılır:

- 1) Bölgenin, bir hesaplamalı sayısal çözüm ağı kullanılarak ayrık kontrol hacimlerine bölünmesi.
- 2) Yönetici denklemlerin ayrı kontrol hacimlerine entegrasyonu, hız bileşenleri, basınç, sıcaklık ve korunmuş skalerler gibi ayrı bağımlı değişkenler için cebirsel denklemler oluşturmak.
- 3) Bağımlı değişkenlerin güncellenmiş değerlerini elde etmek için kararlaştırılan denklemlerin doğrusallaştırılması ve sonuçta elde edilen doğrusal denklem sisteminin çözümü.

Her iki sayısal yöntemde de sonlu hacimsel ayrıklaştırma kullanır, ancak ayrıklaştırılmış denklemleri doğrusallaştırmak ve çözmek için kullanılan yaklaşım farklıdır.

2.2.1. Basınç Tabanlı Çözücü

Basınç tabanlı bir çözüm “Projeksiyon Yöntemi” olarak adlandırılan genel bir metoda ait bir algoritma kullanır. Projeksiyon yönteminde bir basınç (veya basınç düzeltmesi) denkleminin çözülmesiyle, hız alanının kütle korunumunun (sürekliliğin) kısıtlanması sağlanır. Basınç denklemi, süreklilik ve momentum denklemlerinden, basınç tarafından düzeltilen hız alanının sürekliliğini tahmin edecek şekilde türetilmiştir. Yönetici denklemler doğrusal olmadığından ve birbirine bağlı olduğu için, çözüm süreci, tüm denklemler dizisinin, çözüm bir araya gelene kadar tekrar tekrar çözüldüğü yinelemeleri içerir.

2.2.1.1. Basınç Tabanlı Algoritma

Basınç temelli çözücü, yönetici denklemlerinin ardışık olarak çözüldüğü (yani birbirinden ayrılan) bir çözüm algoritması kullanır. Yönetici denklemler

doğrusal olmayan ve bağlı denklemler olduklarından, birleşik sayısal bir çözüm elde etmek için çözüm döngüsü iteratif olarak yapılmalıdır. Ayrılmış algoritmada, çözüm değişkenleri (örneğin, $u, v, w, P, T, k, \varepsilon, vb.$) için bireysel yönetici denklemleri birbiri ardına çözülür. Her bir yönetici denklemi çözülürken diğer denklemlerden ayrıştırılmış veya ayrılmış olarak çözüldüğü için adı “ayrıştırılmış” veya “ayrışmış” çözüm şeklindedir. Ayrıştırılmış denklemler sadece bir anda bellekte saklanması gerektiğinden, ayrılmış algoritma bellek verimlidir. Bununla birlikte, denklemler ayrıştırılmış bir şekilde çözüldüğünden, çözüm yakınsama nispeten yavaştır. Ayrılmış algoritma ile her yinelemede:

- 1) Mevcut çözüme dayalı olarak türbülanslı viskozite (yayıma) dahil olmak üzere akışkan özellikleri (örneğin; yoğunluk, viskozite, spesifik ısı) güncellenir.
- 2) Son zamanlarda güncellenen basınç ve yüz kütle akı değerlerini kullanarak momentum denklemleri birbiri ardına çözülür.
- 3) Son zamanlarda elde edilen hız alanını ve kütle akısını kullanarak basınç düzeltmesi denkleştirilir.
- 4) Adım 3’ten elde edilen basınç düzeltmesini kullanarak yüz kütle akı, basınç ve hız alanı düzeltilir.
- 5) Çözüm değişkenlerinin mevcut değerlerini kullanarak türbülans miktarı, enerji, türler ve radyasyon şiddeti gibi ek skaler denklemleri çözülür.
- 6) Farklı fazlar arasındaki etkileşimlerden kaynaklanan kaynak terimleri güncellenir (Örn, Ayrık parçacıklara bağlı olarak taşıyıcı faz için kaynak terim).
- 7) Denklemlerin yakınsamasını kontrol edilir.

Bu adımlar, yakınsama kriterleri karşılanana kadar devam eder.

2.2.1.2. Basınç Tabanına Bağlı Algoritma

Yukarıdaki algoritmayı biraz daha genişlettiğimizde, basınç tabanına bağlı algoritmaya geçiş yaparız. Yukarıda açıklanmış ayrıştırılmış algoritmadan farklı olarak, basınç temelli eşleşmiş algoritma, momentum denklemlerini ve basınç temelli süreklilik denklemini içeren birleştirilmiş

denklem sistemini çözer. Böylece, birleştirilmiş algoritmada, ayrıştırılmış çözüm algoritmasındaki Adım 2 ve Adım 3 birleştirilmiş denklem sisteminin çözüldüğü tek bir adımla değiştirilir. Kalan denklemler ayrıştırılmış algoritmada olduğu gibi ayrıştırılmış bir şekilde çözülür.

Momentum ve süreklilik denklemleri yakından eşleştirilen bir şekilde çözüldüğünden, ayrılan algoritma ile karşılaştırıldığında çözüm yakınsama oranı önemli ölçüde artmaktadır. Bununla birlikte, bellek gereksinimi, hız ve basınç alanları için çözümlenirken tüm momentum ve basınç tabanlı süreklilik denklemlerinin ayrı bellek de saklanması gerektiğinden, ayrılmış algoritma 1,5 ila 2 katı artar.

2.2.2. Yoğunluğa Dayalı Çözücü

Yoğunluğa dayalı çözücü, devamlılık, momentum ve enerji (uygun olduğu hallerde) ve “Species Transport Yönetici” denklemlerini eşzamanlı olarak (yani biraraya getirilmiş) idare eder. Ek skalerler için yönetici denklemler daha sonra çözülür (yani birbirinden ve birleştirilmiş kümeden ayrılır). Çünkü yönetici denklemler doğrusal olmadıklarından (ve eşleştirildiklerinden), çözüm döngüsünün birkaç iterasyonu birleşik çözüm elde edilmeden önce gerçekleştirilmelidir.

- 1) Mevcut çözümlere göre sıvı özellikleri güncellenir (sıvı özellikleri başlatılan çözüme göre yenilenecektir).
- 2) Süreklilik, momentum ve (uygun yerlerde) enerji ve tür denklemleri aynı anda çözülür.
- 3) Uygun olduğu yerlerde, diğer değişkenlerin daha önceden yenilenen değerlerini kullanarak türbülans ve radyasyon gibi skaler denklemleri çözülür.
- 4) İnterfaz bağlantısının dâhil edilmesi gerektiğinde, kaynak terimleri uygun sürekli faz denklemlerinde ayrı bir faz yörünge hesaplaması ile güncellenir.
- 5) Denklem kümesinin istenilen özellikleri kontrol edilir.

Bu adımlar, istenilen kriterler karşılanana kadar devam eder. Yoğunluğa dayalı yöntemde, bağlanmış-açık formülasyonu ya da birleştirilmiş-kapalı formülasyonu kullanılarak birleştirilmiş denklem sistemi (eğer varsa, süreklilik, momentum, enerji ve tür denklemleri) çözülebilir. Yoğunluğa

dayalı çözüm yöntemlerinde, ayrık, doğrusal olmayan yönetici denklemleri, her hesaplama hücresindeki bağımlı değişkenler için bir denklem sistemi üretmek üzere doğrusallaştırılır. Elde edilen doğrusal sistem daha sonra yenilenmiş bir akış alanı çözümünü elde etmek için çözülür. Yönetici denklemlerin doğrusallaştırılma biçimi, ilgili bağımlı değişkene göre “kapalı” veya “açık” bir biçim alabilir.

- 1) **Kapalı**: Belirli bir değişken için her hücrede bilinmeyen değer, komşu hücrelerden hem mevcut hem de bilinmeyen değerleri içeren bir ilişki kullanılarak hesaplanır. Bu nedenle, her bir bilinmeyen, sistemde birden fazla denklemde görünecektir. Bu denklemler bilinmeyen miktarları vermek için eşzamanlı olarak çözülmelidir.
- 2) **Açık**: Belirli bir değişken için her hücrede bilinmeyen değer, yalnızca mevcut değerleri içeren bir ilişki kullanılarak hesaplanır. Bu nedenle, her bir bilinmeyen, sistemde sadece bir denklemde görünecektir ve bilinmeyen miktarları vermek için her hücrede bilinmeyen değer denklemleri birer birer çözülmelidir.

Eğer yoğunluğa dayalı çözücünün kapalı seçeneği seçilirse, birleşik yönetici denklemler kümesindeki her denklem, kümedeki tüm bağımlı değişkenlere göre dolaylı olarak doğrusallaştırılır. Bu, etki alanındaki her bir hücre için N denklemleri ile bir doğrusal denklemler sistemi oluşturacaktır. Burada N , kümedeki birleştirilmiş denklemlerin sayısıdır. Hücre başına N denklemi olduğu için buna bazen “**blok**” denklem sistemi de denir.

Bir noktada kapalı doğrusal denklem çözücü (Eksik Alt Üst Faktörizasyon Şeması veya Bir Simetrik Blok Gauss-Seidel), her bir N bağımlı değişken için denklemlerin blok sistem denklemini çözmek üzere, bir cebirsel çoklu-öteleme yöntemi ile birlikte kullanılır. Örneğin birleştirilmiş sürekliliğin, x , y , z momentumunun ve enerji denklem kümesinin doğrusallaştırılması, P , u , v , w ve T 'nin bilinmeyenler olduğu bir denklem sistemi üretecektir. Bu denklem sisteminin eş zamanlı çözümünü (blok çoklu öteleme çözücüyü kullanarak) bir kerede yenilenmiş P , u , v , w hızı ve sıcaklık alanlarını verir. Özetle, birleştirilmiş kapalı

yaklaşım tüm hücrelerdeki, tüm değişkenleri (P, u, w, T) aynı anda çözmektedir.

Eğer yoğunluğa dayalı çözücünün açık seçeneği seçilirse, birleşik yönetici denklemler kümesindeki her denklem açık bir şekilde doğrusallaştırılır. Kapalı seçenekte olduğu gibi, bu, etki alanındaki her bir hücre için N eşitlikli bir denklem sistemi ile sonuçlanacak ve aynı şekilde kümedeki tüm bağımlı değişkenler bir kerede yenilenecektir. Ancak, bu denklem sistemi bilinmeyen bağımlı değişkenlerde açıktır. Örneğin, x -momentum denklemi, güncellenmiş x -hızının, alan değişkenlerinin mevcut değerlerinin bir fonksiyonu olarak yazılır. Bu nedenle, bir lineer denklem çözücü gerekli değildir. Bunun yerine, çözüm çok aşamalı (Runge-Kutta) çözücü kullanılarak yenilenir. Burada, çok aşamalı çözücüyü hızlandırmak için “Full Approximation Storage (FAS)” multigrad şeması kullanma seçeneğine sahip oluruz. Özet olarak, yoğunluğa dayalı açık yaklaşım, bir seferde tüm değişkenleri (P, u, v, w, T) bir hücre için çözer.

2.3. Sonlu Hacim Yöntemi

Akışkan hareketini koruma kanunları, diferansiyel veya integral formda matematiksel olarak ifade edilebilir. Sonlu hacim yöntemleri, korunum denklemlerinin integral formunun doğrudan fiziksel uzayda ayrılmasına dayanmaktadır. Diferansiyel denklem formuna sayısal bir şema uygulandığında, çözüm alanı, sonlu fark denklemlerinin çözüldüğü ayrı noktalara bölünür. Öte yandan, denklemlerin integral formu kullanıldığında, çözüm alanı, köşeleri grid noktaları olan küçük hacimlere (veya iki boyutlu bir durum için alanlara) bölünür. Fiziksel alanların büyük çoğunluğu düzensiz olduğu için, hesaplama alanının dikdörtgen olduğu bir fiziksel alandan bir hesaplama uzayına koordinat dönüşümü gerçekleştirilir. Bununla birlikte, koordinat dönüşümü mümkün olsa bile, oldukça düzensiz olan alanlar, çözümün doğruluğu ve istenilen sonuçlarda ciddi zorluklar yaratacaktır. Nedeni, metrikler düzgün değilse, metrikler ve dönüşümün Jacobyanı ve yönetici denklemlerinde kullanılan gradyanlar sayısal süreksizlikler içerebilir. Genel olarak, sonlu fark yöntemleri son derece karmaşık alanlar için kalıtsal zayıflıklara sahipken, sınırlı hacim şemaları bu tür zayıflıkla karşılaşmamaktadırlar. Bunun

nedeni, bağımsız değişkenlerin doğrudan fiziksel etki alanına entegre edilmesi ve bu nedenle grid düzgünlüğünün artık önemli bir sorun olmamasıdır.

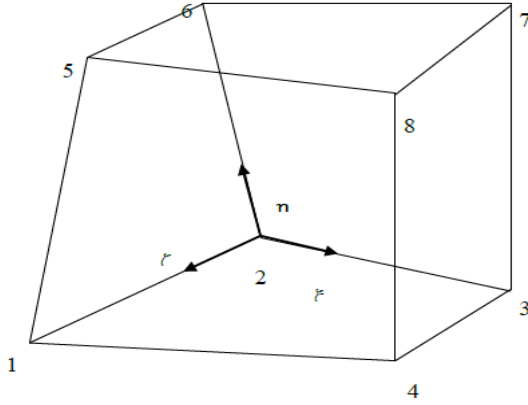
Hesaplamalı grid, akış alanını grid noktalarının hücre köşeleri olduğu hesaplama hücrelerine ayırır. Sonlu hacim yöntemi, genel entegrasyon kanununun yüzey integrali ile hesaplama hücresinin yüzleri üzerinde ayrıntı integrallerin toplamının değiştirilmesine dayanmaktadır. Ayrıntı formdaki denklem aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\frac{\partial}{\partial t} (q_{i,j,k} \Delta V_{i,j,k}) + \sum_{sides} (\vec{F} \cdot \vec{S}) = 0 \quad (25)$$

Burada, $q_{i,j,k}$ hücre merkezindeki q , $\Delta V_{i,j,k}$ hesaplama hücresinin hacmini ve toplam sembolü tüm dış yüzeyler aracılığıyla toplam akıyı ifade eder. (i, j, k) sıralı hücrelerde q 'nın ortalama değeri genel olarak $q_{i,j,k}$ kabul edilir. Ama yüzey akısının sıralı hesaplamasında, q 'nın $q_{i,j,k}$ değeri hücrenin ortalama bir noktasında düşünülebilir. Sonlu hacim yönteminin bir özelliği, bu ortalama noktanın kesin konumunun hesaplama sırasında gerekli olmamasıdır. Sadece çözümün sonucunda bu noktanın yeri istenir. Bazı araştırmacılar bu nokta için hücre sentezini önermişlerdir. Bu sadece q 'nın tüm bileşenleri, hücreyi doğrusal olarak değiştiriyorsa geçerlidir. q 'nın dağılımı bilinmediğinden, hücre tepe noktasının vektöriyel ortalaması olarak tanımlanan hücre merkezinin avantajı yoktur. Son noktayı hesaplamak daha kolaydır. Ayrıca hacmin ve hücre yüzeyinin nasıl tahmin edileceği ve yüzeylerdeki akıların nasıl hesaplanacağı tanımlanmak zorundadır. Ancak hücre hacimlerinin toplamı tüm alanın hacmine eşit olmalıdır. Diğer önemli bir sınırlama, aşağıdaki gibi tanımlanabilen kapalı hücre durumudur:

$$\sum_{sides} \vec{S} = 0 \quad (26)$$

Üç boyutlu bir problem için, hesaplama hücreleri Şekil 2' de gösterildiği gibi η ve ζ 'nin eğrisel koordinatları şekilde gösterilen hegzahedrondur.



Şekil 2. Tipik Hekzahedron Hücresi

Bir hekzahedron için, hücre yüzey alanları köşegen vektörlerinin kesişen ürünleri olarak tahmin edilebilir. Burada, yüzeyin yönünü uygun bir şekilde dikkate almak gerekir. Yüzey alanı vektörleri, sabit bir yüzün normal yüzeyi her zaman pozitif x -yönünü gösterecek şekilde hesaplanır. Ardından, yüzün 1562 yüzey alanı vektör olarak hesaplanabilir:

$$\vec{S}_{1562} = \frac{1}{2}(\vec{r}_{61} \times \vec{r}_{25}) \quad (27)$$

Hücre hacmi aşağıdaki denklemle hesaplanabilir:

$$\Delta \vec{V}_{12345678} = \frac{1}{6} [(\vec{S}_{1485} + \vec{S}_{1234} + \vec{S}_{1562})(\vec{r}_7 - \vec{r}_1)] \quad (28)$$

Burada i, j ve k sırasıyla x, y ve z yüzeylerindeki indisleri gösterir. Tamsayının alt indisleri hücre merkezlerini gösterir ve yapıdaki alt indisler hücre yüzlerini gösterir. Denklem şu şekilde yeniden yazılabilir:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (q_{i,j,k} \Delta V_{i,j,k}) + \vec{F}_{i+\frac{1}{2},j,k} \cdot \vec{S}_{i+\frac{1}{2},j,k} - \vec{F}_{i-\frac{1}{2},j,k} \cdot \vec{S}_{i-\frac{1}{2},j,k} \\ + \vec{F}_{i,j+\frac{1}{2},k} \cdot \vec{S}_{i,j+\frac{1}{2},k} - \vec{F}_{i,j-\frac{1}{2},k} \cdot \vec{S}_{i,j-\frac{1}{2},k} \\ + \vec{F}_{i,j,k+\frac{1}{2}} \cdot \vec{S}_{i,j,k+\frac{1}{2}} - \vec{F}_{i,j,k-\frac{1}{2}} \cdot \vec{S}_{i,j,k-\frac{1}{2}} = 0 \end{aligned} \quad (29)$$

3. Sınır Şartları

Yönetici denklemlerin sayısal çözümü, sınır koşullarının uygun şekilde uygulanmasını gerektirir. Bu çalışmada, duvar sınır koşulları, uzak alan sınır koşulları ve periyodik sınır koşulları gibi

farklı sınır koşulları uygulanmaktadır. Hava sınırı yüzeylerinde duvar sınır şartları uygulanır. Akıların hesaplanması mutlak hızlar kullanılarak gerçekleştirilir. Ancak sınır koşulları, duvar yüzeyinde nispi hızlar kullanılarak uygulanır. Bu nedenle, mutlak hızlar nispi hızlara dönüştürülür. Bu adım şu şekilde yapılır;

$$\vec{u}_{rel} = \vec{u}_{abs} + \omega \times z(i, j, k) \quad (30)$$

$$v_{rel} = v_{abs} \quad (31)$$

$$w_{rel} = w_{abs} - \omega \times x(i, j, k) \quad (32)$$

Viskoz akış hesaplamaları için hız olarak kaymaz sınır şartları uygulanır;

$$\vec{V}_{rel} \Big|_{yüzey} = 0 \quad (33)$$

Basınç, normal basınç gradyanını sıfıra ayarlayarak elde edilir. Yani;

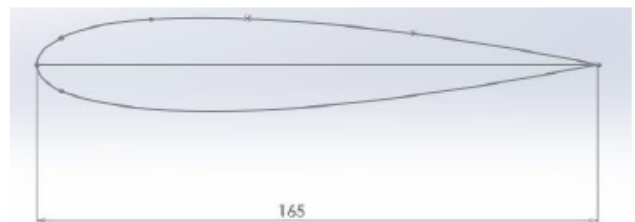
$$\frac{\partial P}{\partial n} \Big|_{yüzey} = 0 \quad (34)$$

Yoğunluk, yukarıdaki denklemden tahmin edilir. Toplam enerji, durum denklemlerinden elde edilir.

4. HAD Yöntemiyle Bir Kanat Profili Üzerindeki Oyuk Boşluk Yapısının Akış Yapısı Üzerine Etkisinin Hesaplanması

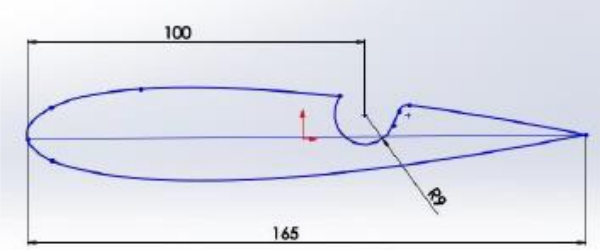
4.1. Kanat Geometresinin Çizilmesi

Bu aşamada NACA 0018 kanat profilinin oyuksuz ve oyuklu halleri SolidWorks programı ile çizdirilmiştir. Şekil 3’de oyuksuz NACA 0018 kanat profilinin çizimi ölçüleriyle birlikte gösterilmiştir. Ölçüler milimetre cinsinden alınmıştır.



Şekil 3: NACA 0018 Kanat Profili

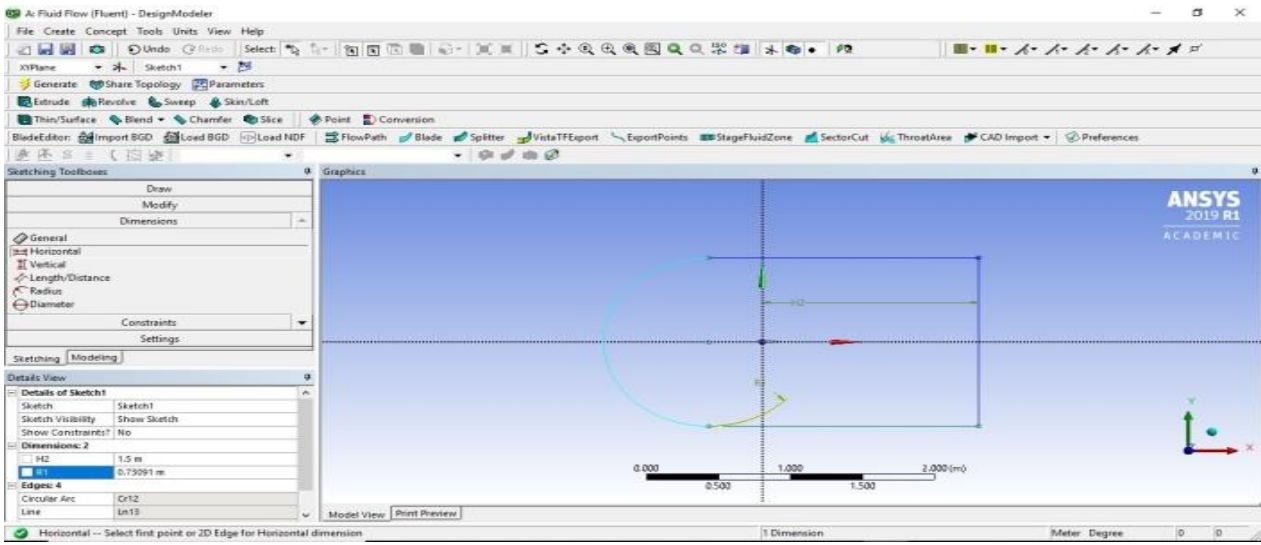
Oyuksuz NACA 0018 kanat profilinin çiziminin ardından merkezi hücum kenarından 100 *milimetre* uzaklıkta 9 *milimetre* yarıçapta oyuk açılmıştır. Şekil 4’de oyuklu NACA 0018 kanat profili gösterilmiştir.



Şekil 4. Oyuklu NACA 0018 Kanat Profili

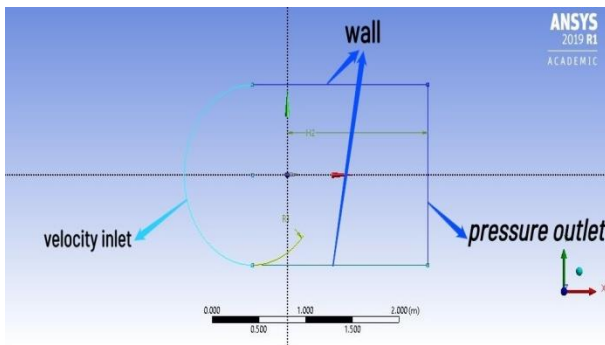
4.2. Çözüm Ağının Oluşturulması

Çözüm ağı oluşturulurken hesaplama yapılacak alanın yeterince geniş olmasına özen gösterilmiştir. Çözüm alanının oluşturulması için analizi de yapacak olduğumuz ANSYS Fluent programı kullanılmıştır. Çözüm alanı Şekil 5’de gösterilmiştir.



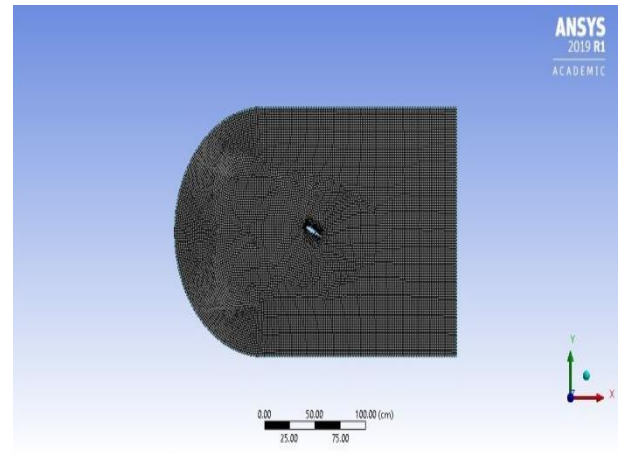
Şekil 5. Çözüm Alanı

Sınır şartları havanın akış yönüne göre “inlet”, “wall” ve “outlet” olarak ayarlanmıştır. Şekil 6’da sınır şartları gösterilmiştir.



Şekil 6. Sınır Şartları

geometri akış analizine hazır hale getirilmiştir. Çözüm ızgarası Şekil 7’de gösterilmiştir.



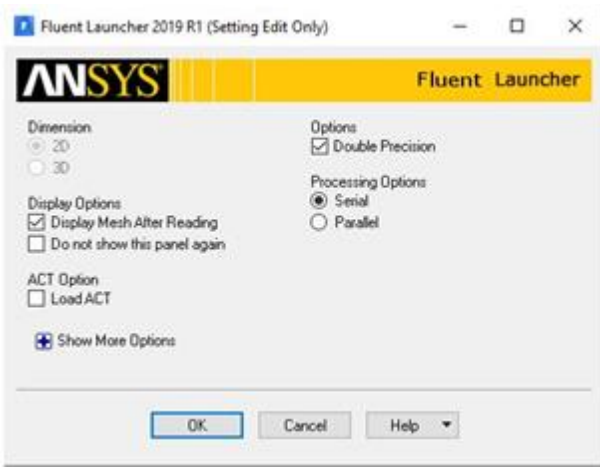
Şekil 7. Ağ Yapısı

Çözüm yapılacak olan alan ANSYS Fluent programında dörtgensel gridlere bölünerek

4.3. Oluşturulan Ağ Yapısının Çözülmesi

Mesh uygulanan geometrinin çözümlenmesine Şekil 8’de gösterildiği gibi ANSYS Fluent’de 2D çözümü ayarlanarak başlanmıştır. Burada dikkate alacağımız parametre Reynolds sayısıdır (Re). Reynolds sayısı atalet kuvvetlerin viskoz kuvvetlere oranıdır, eşitlik aşağıda gösterildiği gibidir.

$$Re = \frac{V \cdot c \cdot \rho}{\mu} \quad (35)$$



Şekil 8. ANSYS Fluent Launcher Açılış Seçeneklerinde Kullanılan Ayarlar

Bizim analizimizde kullanacağımız V , c , ρ ve μ değerleri ise aşağıdaki gibidir;

$V = 100 \text{ m/s}$: Hız

$c = 0,165 \text{ m}$: Veter Uzunluğu

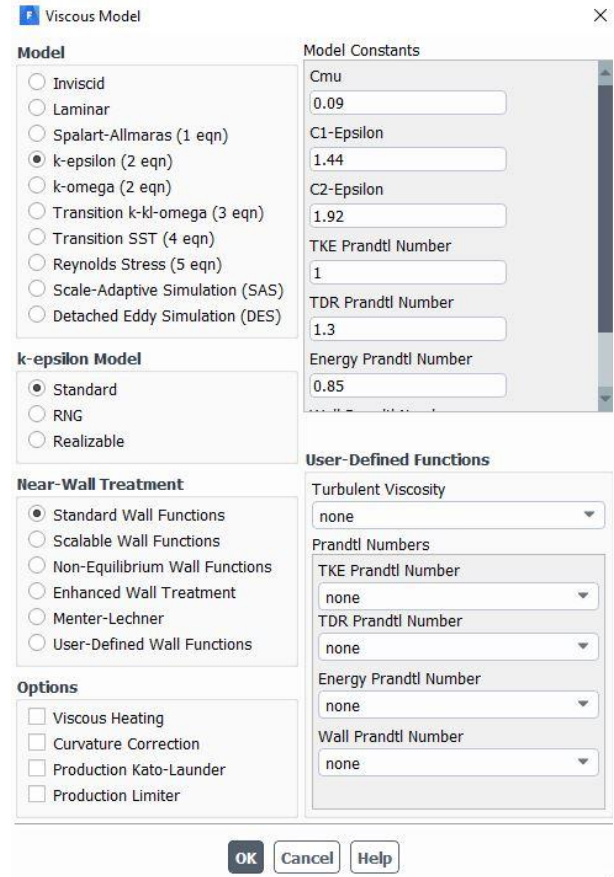
$\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$: Yoğunluk

$\mu = 1,7894 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$: Kinematik Viskozite

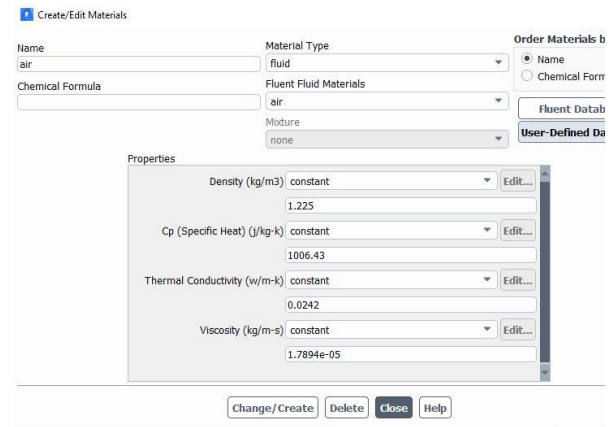
Değerler formülde yerine konulup hesaplandığında $Re=1.129.568$ olarak bulunmuştur. $Re>1.000.000$ olduğunda akış türbülanslı kabul edilerek türbülanslı modellerle çözümlenmesi yapılması gereği doğmuştur. Küçük Reynolds sayılarında Spalart-Allmaras modelinin etkili olduğu bilinse de, hesaplamalarda sayısal çözüm ağı çözünürlüğü yeterince iyi olmadığından Şekil 9’da gösterildiği gibi “*k-epsilon türbülans modeli*” kullanılmıştır. Türbülans modelinin belirlenmesinin ardından akışkan yoğunluğu ve kinematik viskozite

değerleri Şekil 10’da gösterildiği gibi standart şartlara ayarlanmıştır.

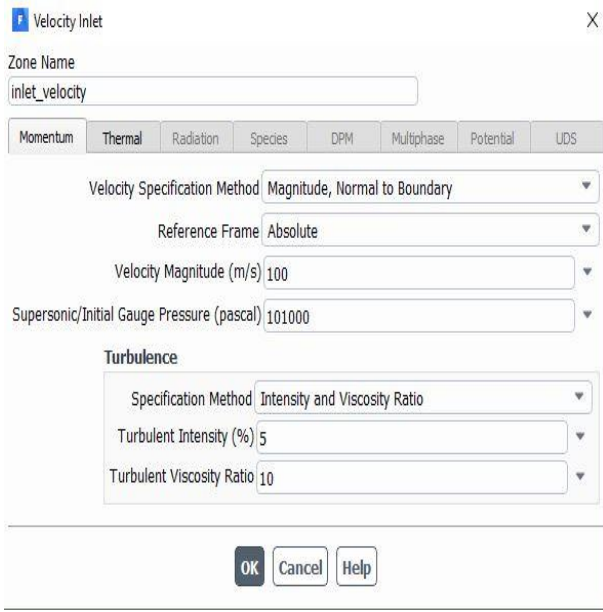
Ardından akış hızı, önceki sayfalarda belirtildiği gibi 100 m/s ve basınç, standart atmosfer basıncı 101000 Pa olarak belirlenmiştir. Hız ve basınç değerlerinin belirlenmesi Şekil 11’de gösterilmiştir.



Şekil 9. Türbülans Modelinin Seçilmesi

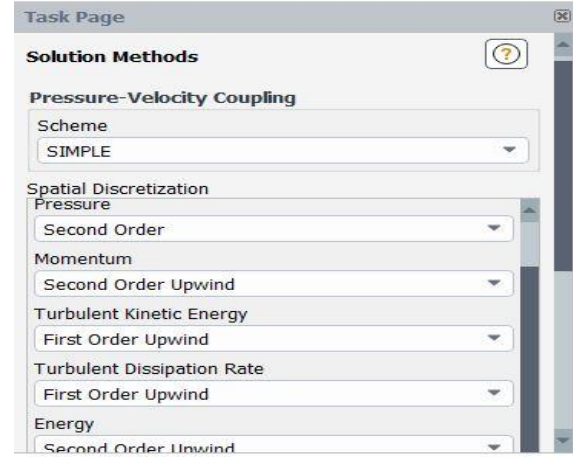


Şekil 10. Akışkan Yoğunluğu ve Kinematik Viskozite Değerlerinin Girilmesi



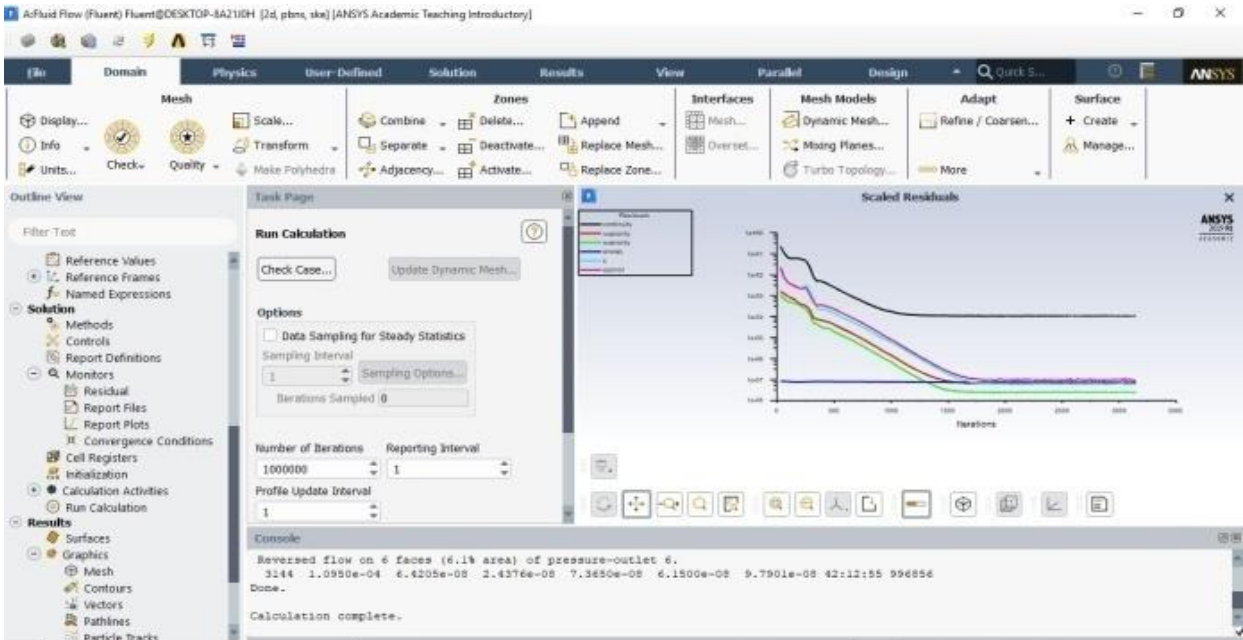
Şekil 11. Hız ve Basınç Değerlerinin Belirlenmesi

Metot olarak Şekil 12’de gösterildiği gibi SIMPLE metodu seçilmiştir. Bu metodu seçmemizdeki ana amaç Navier-Stokes denklemlerinin çözümlemesinde kolaylık sağladığı için ızgaranın çözümünde de kolaylık sağlamanın beklenmesidir.



Şekil 12. Çözüm İçin Kullanılacak Metodun Seçilmesi

Bu adımdan sonra ağ yapısının çözülmesi 1000000 iterasyon ile her iterasyon sonucunun raporu ekranda görüntülenecek şekilde gerçekleştirilmiştir, fakat belli bir iterasyon sayısından sonra yakınsama durup sonuçlar sabit bir değer almaya başladığında işlem durdurulmuş ve bir sonraki aşamalar için iterasyon sayısı 3000 olarak belirlenmiştir. Şekil 13’de iterasyon sayımız ve iterasyonun bitimi görülmektedir.



Şekil 13. İterasyon Sonu ve Seçilen İterasyon Sayısı

5. Ağdan Bağımsızlık

Belirlenen türbülans modeli ve çözüm metodlarıyla yapılan optimum ağ sayısının belirlenmesinde

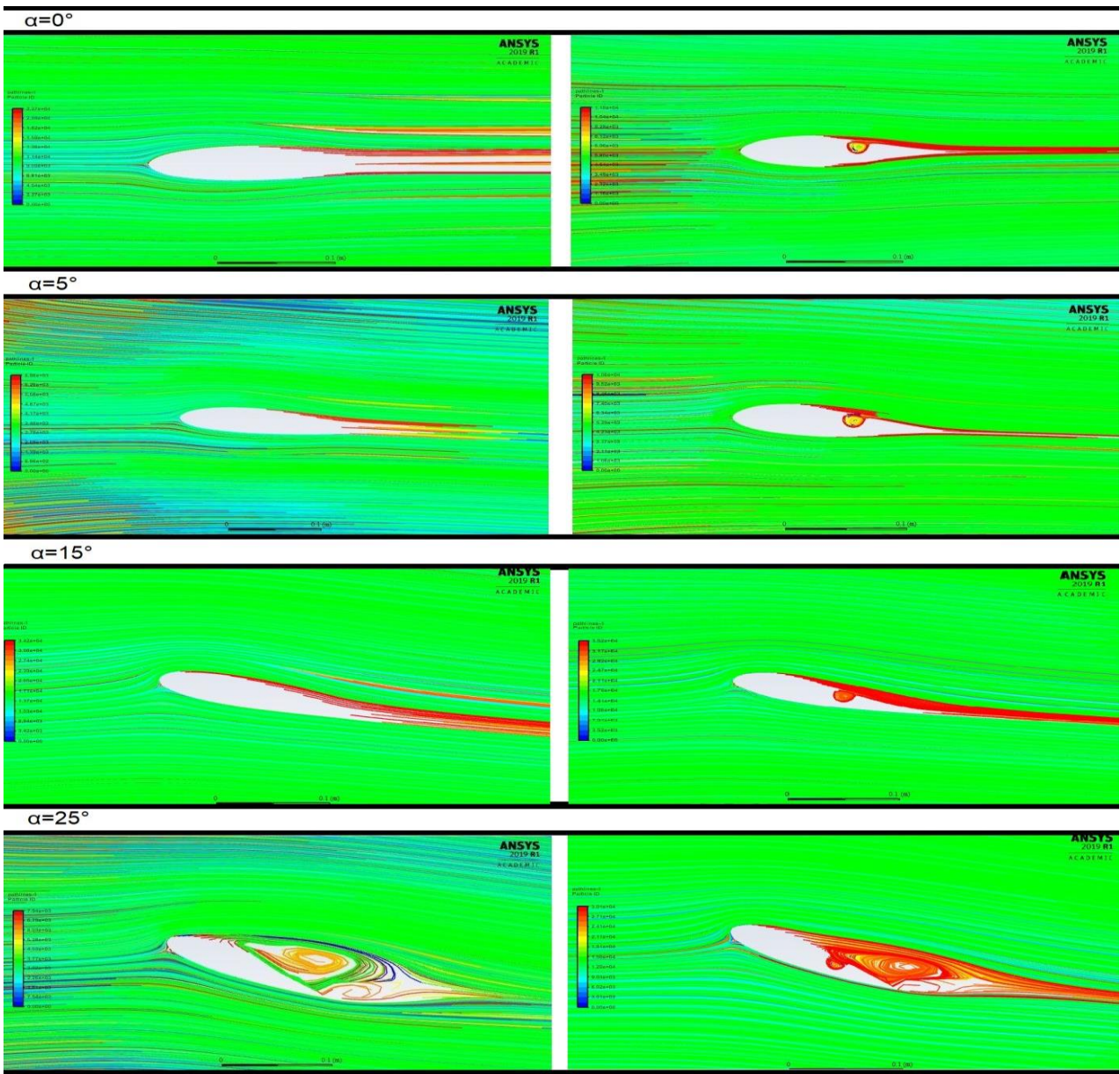
oyuksuz NACA 0018 kanat profilinin $\alpha = 0^\circ$ hücum açısındaki C_l değeri alınmıştır. Şekil 14’te sık, orta ve kaba olarak adlandırılan ağlara ait eleman sayıları içerisinde 37747 eleman sayılı ağ en optimum olanıdır.

	Eleman Sayısı	C_l
Kaba	30981	0.00807
Orta	37474	-0.00103
Sık	61719	0.00905

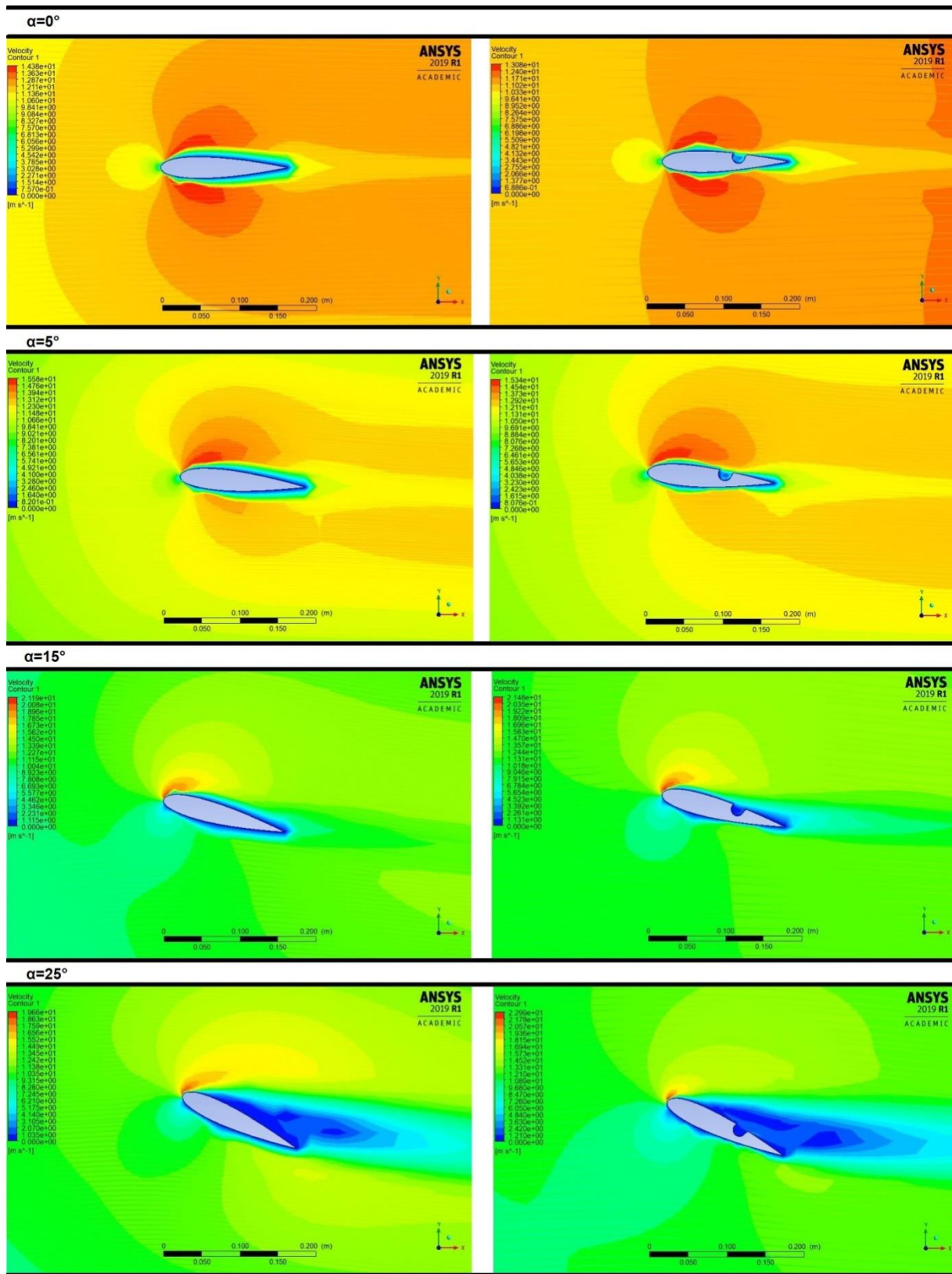
Şekil 14. Ağ Elemanı Sayılarına Göre Taşıma Katsayısı Sonuçları

6. Analiz Çıktıları

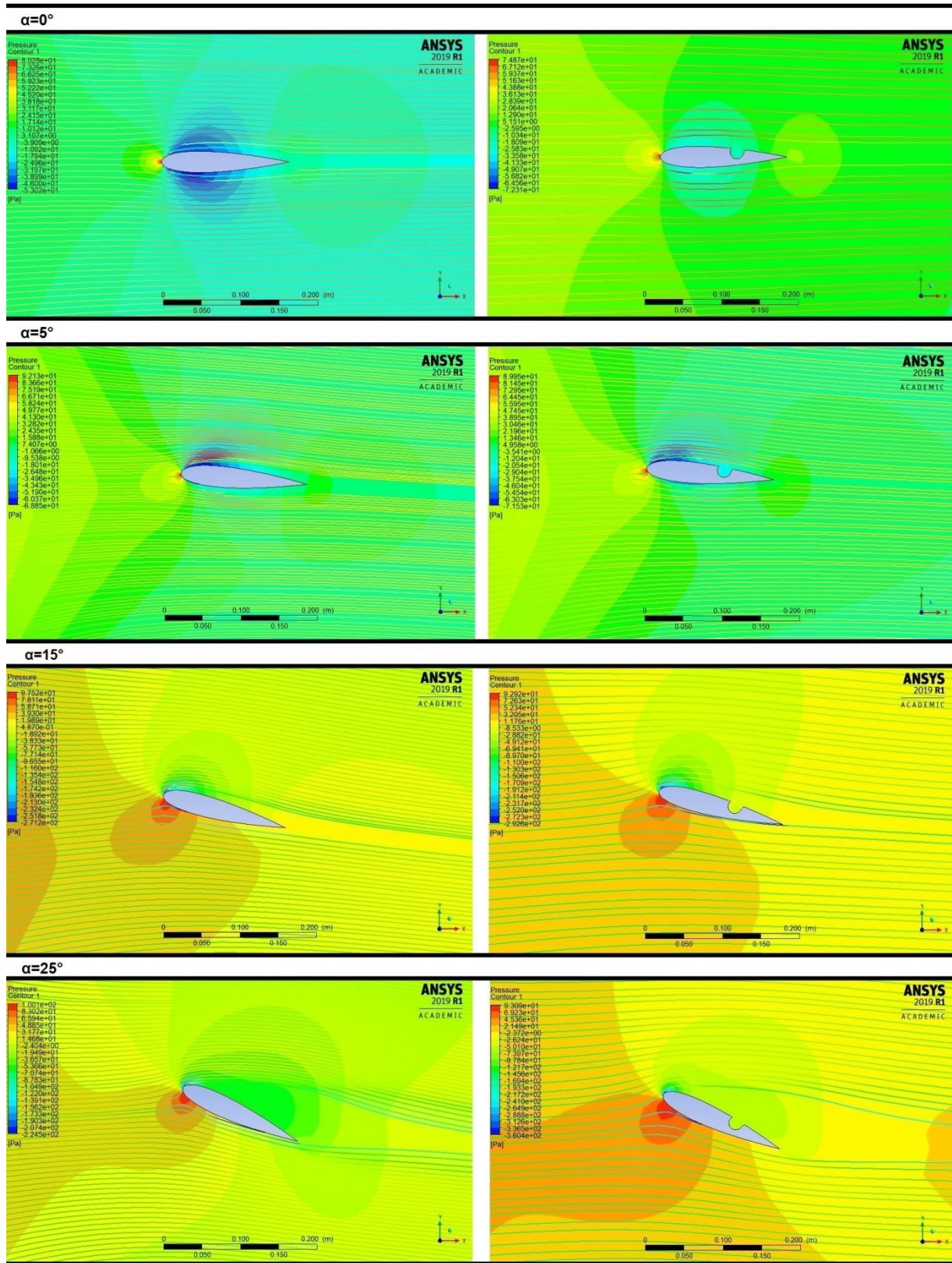
Yukarıdaki işlemlerin hepsi oyuklu ve oyuksuz NACA 0018 kanat profilleri için $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = 5^\circ$, $\alpha = 15^\circ$ ve $\alpha = 25^\circ$ hücum açılarının hepsinde tekrar edilmiş ve sonuçlar alınmıştır. Analizlerimiz sonucunda yörünge çizgileri, hız konturları, basınç konturları ve akım çizgilerini gösteren renklendirilmiş grafikler oluşturulmuştur. Elde edilen yörünge çizgileri Şekil 15’de, hız konturları Şekil 16’da, basınç konturları Şekil 17’de, hız akım çizgileri de Şekil 18’de gösterilmiştir.



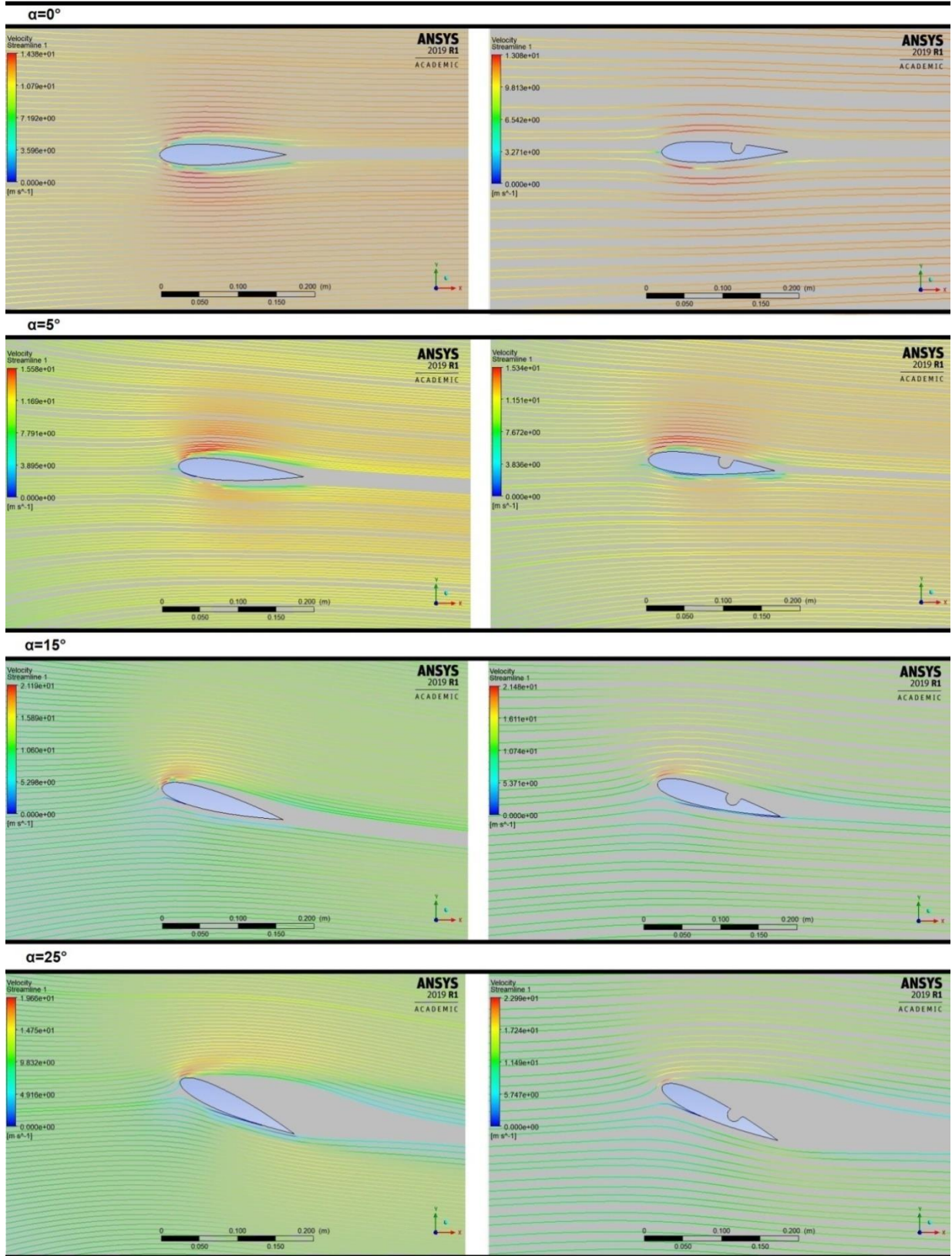
Şekil 15. Oyuklu ve Oyuksuz NACA 0018 Kanat Profili İçin Yörünge Çizgileri



Şekil 16. Oyuklu ve Oyuksuz NACA 0018 Kanat Profili İçin Hız Konturları



Şekil 17. Oyuklu ve Oyuksuz NACA 0018 Kanat Profili İçin Basınç Konturları



Şekil 18. Oyuklu ve Oyuksuz NACA 0018 Kanat Profili İçin Hız Akım Çizgileri

6. Sonuçlar ve Değerlendirmeler

Bu çalışmada kanat profili üzerinde oluşturulan oyuk boşluk yapılarının akış yapısı üzerine etkilerini farklı hücum açıları için araştırılmıştır. Bu araştırma, NACA 0018 kanat profili için uygulanmıştır.

Analiz sonuçlarından hız konturları (Şekil 16) incelendiğinde kanat üzerinde kanat yüzeyine yakın bölgedeki akış hızının 0° ve 5° hücum açılarında oyuklu modelde biraz daha yüksek olduğu görülmüştür; fakat çok belirgin bir fark söz konusu değildir. Hâlihazırda bu çalışmadaki esas amaç yüksek hücum açılarında akış hızına olan etkinin araştırılıp, akım ayrılmasının geciktirilmesidir.

Aynı hücum açıları için, oyuklu modelde akış hızı biraz daha yüksek olmasına rağmen, 0° ve 5° hücum açılarında yörünge çizgilerine (Şekil 15) bakıldığında oyuklu modelin oyuksuz modele göre belirgin herhangi bir avantajı görülmemektedir.

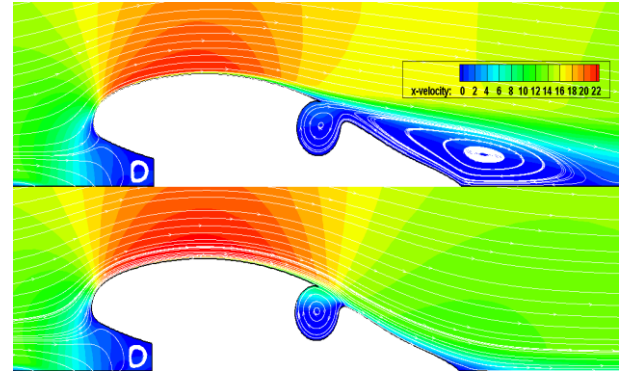
15° ve 25° hücum açılarında yörünge çizgilerine (Şekil 15) baktığımızda oyuklu modelde akım ayrılmasının gecikmediği ve kanat izinde kalan girdaplı bölgenin büyüdüğü görülmektedir. Bu karşılaşmak istemediğimiz bir sonuçtur, böylece bu konum ve bu geometrideki bir oyuk boşluk yapısının NACA 0018 kanat profiline aerodinamik açıdan herhangi bir faydası olmadığı sonucuna varılmıştır.

Basınç konturlarına baktığımızda, hızla doğru orantılı bir değişim olduğu hemen gözümüze çarpmaktadır (Şekil 17). Hız konturlarında gördüğümüz değişimin neredeyse bir benzeri basınç konturlarında da görülmektedir. Sonuçta hız konturlarında meydana gelen farklılıklar, basınç konturlarına da aynen yansımaktadır.

Oyuklu modeldeki hız akım çizgilerine baktığımızda aynen hız konturlarında olduğu gibi kanat yüzeyine yakın bölgedeki akım çizgileri 0° ve 5° hücum açılarında oyuksuz modelden biraz daha yüksek olacaktır; buna karşın 15° ve 25° hücum açılarında kanat izinde kalan girdaplı bölge büyüyecektir (Şekil 18). Böylece, hücum açılarını 15° ve 25° olarak verdiğimizde elde edeceğimiz hız akım çizgileri verdiğimiz sınır değerleri için iyi sonuçlar ortaya çıkarmayacaktır.

Oyuk boşluk yapısının istenen sonucu vermesi için oyuk içerisinde emme sisteminin var olması gerekmektedir, eğer emme sistemi oluşturulmazsa

akım ayrılması geciktirilemeyeceği gibi taşıma kuvveti azalacak ve sürüklenme artacaktır. Oyuk içerisine emme sistemi eklenir ve oyuk içerisindeki girdap oyuğa hapsedilirse akım ayrılmasının geciktiği, taşıma ve sürüklenme kuvvetlerinin olumlu yönde etkilendiği analizler sonucunda görülmüştür [13-15]. Bahsi geçen çalışmada emme etkisinin oyuk boşluk yapısını etkili hale getirdiği gösterilmektedir. Şekil 19'da emme sistemi bulunmayan ve emme sistemi mevcut iki boşluk yapısının akım ayrılması üzerine etkisi gösterilmiştir.



Şekil 19. Emme Sistemi Bulunan ve Bulunmayan Boşluk Yapılarında Akım Çizgileri [13]

Kaynaklar





- [1] A. Öztürk ve M. Çoban, Bir Kanat Profili Üzerindeki Girdap Tuzağının Akış Yapısı Üzerine Etkisinin Deneysel İncelenmesi, V. Ulusal Havacılık ve Uzay Konferansı, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2014.
- [2] E. W. Kruppa, "A Wind Tunnel Investigation of the Kasper Vortex Concept", The American Institute of Aeronautics and Astronautics, 77-310, 1977.
- [3] P. G. Saffman ve J. S. Sheffield, "Flow Over a Wing with an Attached Free Vortex", Studies in Applied Mathematics, 57, 107-117, 1977.
- [4] V. J. Rossow, "Lift Enhancement by an Externally Trapped Vortex", Journal of Aircraft, 15, 618-625, 1978.
- [5] M. K. Huang ve C. Y. Chow, "Trapping a Free Vortex by Jonkowski Airfoils", The Journal of American Institute of Aeronautics and Astronautics, 20, 292-298, 1982.

- [6] C. A. J. Fletcher ve G. D. H. Stewart, “Bus Drag Reduction by the Trapped Vortex Concept for a Single Bus and Two Buses in Tandem”, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 24, 143-168, 1986.
- [7] P. A. Baranov, S. V. Guvernuyuk, M. A. Zubin ve S. A. Isaev, “Numerical and Physical Modeling of the Circulation Flow in a Vortex Cell in the Wall of a Rectilinear Channel”, *Journal of Fluid Mechanics*, 35, 663-673, 2000.
- [8] S. A. Isaev, S. V. Guvernuyuk, M. A. Zubin ve Yu. S. Prigorodov, “Numerical and Physical Modeling of a Low-Velocity Air Flow in a Channel with a Circular Vortex Cell”, *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 73, 337-343, 2000.
- [9] A. Bouferrouk ve S. I. Chernyshenko, Stabilisation of a Trapped Vortex for Enhancing Aerodynamic Flows, 15th Australasian Fluids Mechanics Conference, 2004.
- [10] S. I. Chernyshenko, I. P. Castro, T. Hetsch, A. Iollo, E. Minisci ve R. Savelsberg, Vortex Cell Shape Optimization for Separation Control, 8th World Congress on Computational Mechanics (WCCM8), 2008.
- [11] F. De Gregorio ve G. Fraioli, Flow Control on a High Thickness Airfoil by a Trapped Vortex Cavity, 14th International Symposium on Applications of Lasers Techniques to Fluid Mechanics Lisbon, Portugal, 2008.
- [12] W. F. J. Olsman, Influence of a Cavity on the Dynamical an Airfoil, TU Eindhoven, DOI: 10.6100/IR673149, 2010.
- [13] R. Donelli, F. De Gregorio, P. Iannelli, Flow Separation Control by Trapped Vortex, 48th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition 4 - 7 January 2010, Orlando, Florida, 2010.
- [14] S. Körpe, H. Darak., Düz Uçuş için Kanat Profili Eniyilemesi. *Journal of Aviation*, 1 (2), 107-119, 2017.
- [15] Ö. Kanat, D. Körpe, A. Kurban, Yatay Kuyruklarda Kıvrık Kanat Ucu Kullanımının Aerodinamik Etkileri. *Journal of Aviation*, 1 (2) , 87-98, 2017.



Geliş/Received : 16.10.2019 & Kabul/Accepted : 04.12.2019 & Yayınlanma/Published (online) : 25.12.2019

Dikey İniş Kalkış Yapabilen Bir İHA'nın Azami Menzili ve Asgari Güç Gereksinimi İçin En Uygun Uçuş Parametrelerinin Belirlenmesi

Mustafa ÖNAL¹ , Sezer ÇOBAN^{2*} , Ahmet YAPICI³ , Hasan Hüseyin BİLGİÇ⁴ 

^{1,3,4} İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Hatay, Türkiye

² İskenderun Teknik Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Hatay, Türkiye

Özet

İnsansız hava araçları (İHA) tasarlanırken birtakım özelliklerin karşılanması göz önünde bulundurulur. Bazı İHA'larda ulaşılabilecek azami hızlara göre modeller tasarlanırken bazılarında ise azami taşıma kuvvetlerine göre tasarım yapılır. Bu çalışmada tasarımı yapılmış bir İHA'nın azami menzile ulaşabilmesi için uçuş parametreleri bir analiz programında yapılan aerodinamik analiz ile hesaplanmış ve ardından İHA'nın üretimi yapılmıştır. Aerodinamik analizler yapılırken öncelikle kanat profilinin daha sonra tüm gövdenin analizi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda asgari güç gereksinimi ve azami menzil için en uygun hücum açıları sırasıyla 12° ve 8° olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İHA, menzil, uçuş parametresi, enerji tüketimi, seyir uçuşu

Determination of the Optimum Flight Parameters for Maximum Range and Minimum Power Requirement of a Vertical Take-Off and Landing UAV

Abstract

When designing unmanned aerial vehicles (UAVs), it is taken into consideration that certain features are met. In some UAVs, models are designed according to the maximum speeds that can be reached, while in others, they are designed according to the maximum lifting forces. In this study, flight parameters were calculated by aerodynamic analysis performed in an analysis program in order to reach the maximum range of a designed UAV and then the UAV was produced. During the aerodynamic analysis, first the wing profile and then the whole body were analyzed. As a result of the analyzes, the most suitable angle of attack for minimum power requirement and maximum range was obtained as 12° and 8°, respectively.

Keywords: UAV, range, flight parameter, energy consumption, cruise flight

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Dr.Öğr. Üyesi. Sezer ÇOBAN
sezer.coban@iste.edu.tr

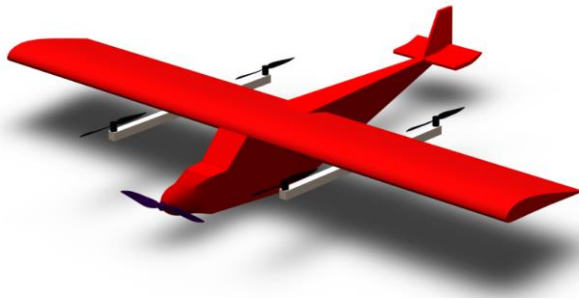


1. Giriş

İnsansız hava araçları (İHA) günümüzde farklı alanlarda birçok amaç için kullanılmaktadır. Bu alanlardan bazıları nakliye, tarımsal ilaçlama gibi sivil uygulamalardır [1]. Bu amaçlar doğrultusunda farklı kabiliyetlere sahip İHA'lar üretilmektedir. İHA'lar tasarlanırken birtakım özelliklerin karşılanması göz önünde bulundurulur. Bazı İHA'larda azami hızlara ulaşmak amacı ile sürüklenme kuvvetleri en aza indirilmeye çalışılırken, bazılarında ise yük kaldırma amacı ile taşıma kuvveti artırılmaya çalışılır. Birçok çalışma alanında İHA'nın görevini yapabilmesi için piste ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sorunu ortadan kaldırmak için dikey iniş kalkış yapabilen İHA'lar geliştirilmiştir. İHA'ların uçuş performansını arttırmak için birçok çalışma yapılmıştır [2-9]. Dikey iniş kalkış yapabilen (VTOL) İHA bir quadrotor helikopterin hassas vurgulu yeteneklerini ve sabit kanatlı bir uçağın yüksek menzili, dayanıklılığını ve yüksek seyir hızı özelliklerini birleştirir [10]. Bu çalışmada ise bir VTOL İHA'nın azami menzile ulaşması ve asgari güç gereksinimi için en uygun uçuş parametreleri hesaplanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışma kapsamında tasarımı yapılmış İHA'nın görünüşü Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Tasarlanan VTOL İHA'nın görünümü

Gövdesi ile kanadı arasında 4° açıya ve 25,4 mm pervane çapına sahip VTOL İHA'nın menzili ve güç gereksinimi aşağıdaki adımlar izlenerek hesaplanmıştır. Konuyla ilgili denklemler çalışmanın sonunda verilmiştir (Denklem 1-16).

Elektrik motorunda harcanan enerjiyi bulmak için motor gücüne ve uçuş süresine ihtiyaç duyulmaktadır (Denklem 16).

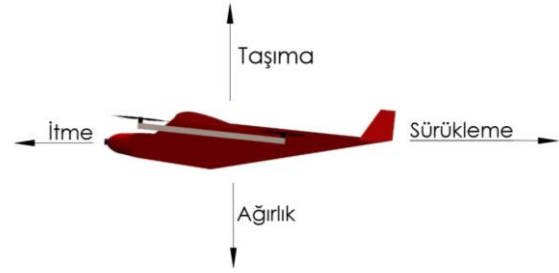
Uçuş süresi İHA'nın hızı ile ters orantılıdır (Denklem 15).

Motor gücü ise pervanenin hızına ve gerekli itme kuvvetine bağlıdır (Denklem 13).

İtme kuvveti pervanenin çapı ile ilişkilidir. Pervane büyüdükçe itme kuvveti artar (Denklem 5).

Gerekli pervane hızı ise İHA'nın hızı referans alınarak hesaplanmıştır (Denklem 6).

İHA'ya etki eden; itme, sürüklenme, taşıma ve ağırlık kuvvetleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. VTOL İHA üzerindeki kuvvetler

Gerekli itme gücü için sürüklenme kuvvetlerine gereksinim bulunmaktadır.

Sürüklenme kuvvetleri ve İHA hızının hesaplanabilmesi için uçak farklı hız ve farklı hücum açılarında analiz edilmiştir.

Hız ile sürüklenme kuvvetleri arasında farklı hücum açıları için incelenen hücum açısı sayısınca denklem oluşturulmuştur.

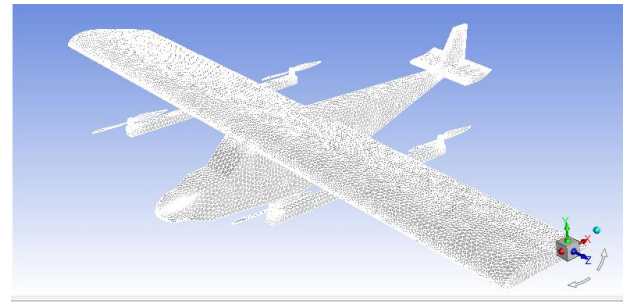
Benzer şekilde hız ile taşıma kuvvetleri arasında da aynı sayıda denklem oluşturulmuştur.

Bu denklemlerin her birinde taşıma kuvvetinin uçağın ağırlığına eşit olduğu hızlar tespit edilmiştir.

Belirlenen hızlara karşılık gelen sürüklenme kuvvetleri hesaplanmıştır.

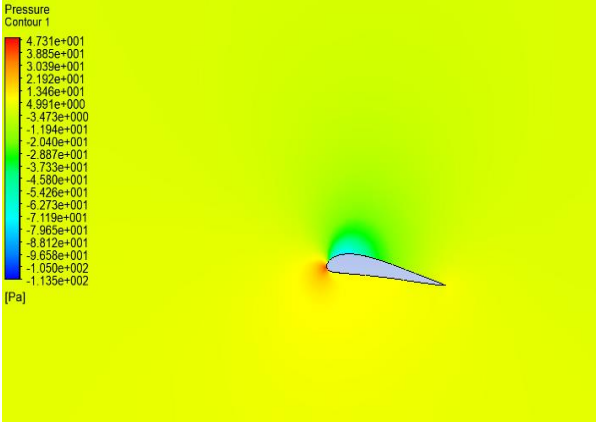
Sürüklenme kuvvetlerine eşit olan itme kuvvetleri için hesaplamalar yapılarak gerekli motor gücü bulunmuştur.

Daha sonra denklemlerdeki adımlar izlenerek belirli mesafedeki enerji sarfiyatı hesaplanmıştır.

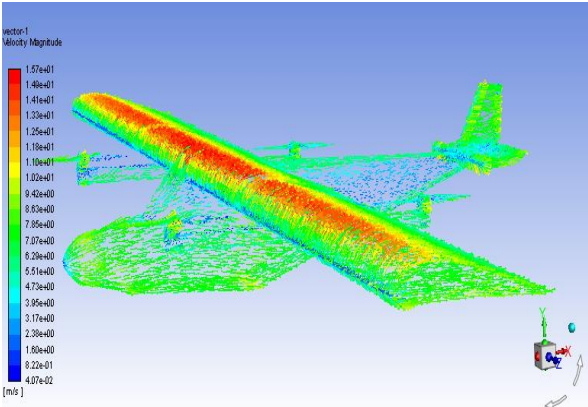


Şekil 3. İHA'nın mesh yapısı

Uçuş parametreleri, hücum açısı ve hız olmak üzere iki parametreden oluşmaktadır. Farklı hız ve hücum açıları için nümerik analizler yapılmıştır (Şekil 4-5).



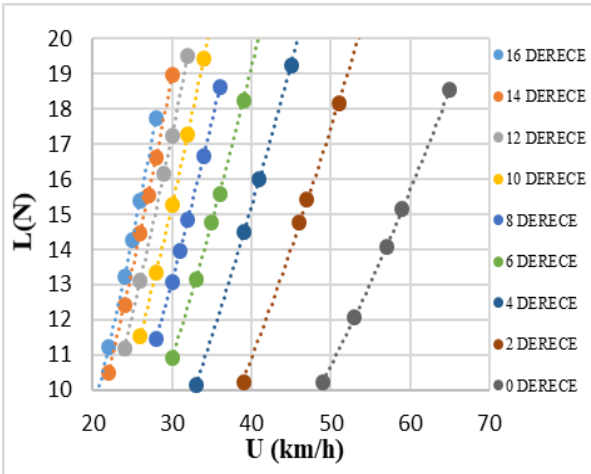
Şekil 4. İHA kanat profilinin akış analizi



Şekil 5. İHA üzerindeki hız vektörleri

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Farklı hücum açıları için yapılan analizler sonucunda elde edilen Taşıma-Hız ve Sürüklenme-Hız grafikleri Şekil 6 ve Şekil 7 ile sunulmuştur.

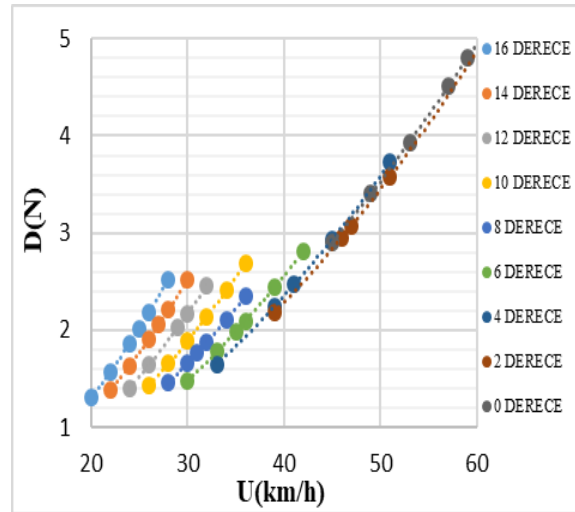


Şekil 6. Taşıma-Hız grafiği

Analiz sınırları içerisindeki bütün hız değerlerine karşılık gelen taşıma kuvvetlerini hesaplamak amacı ile denklemler oluşturulmuştur. Bu denklemler kullanılarak gerekli taşıma kuvvetini sağlayacak olan uçağın hız değerleri hesaplanmış ve Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Seyir uçuşu için incelenen hücum açısına karşılık gelen hızlar

$\alpha(^{\circ})$	U(m/s)
0	16,4
2	12,9
4	11,0
6	9,8
8	8,9
10	8,3
12	7,8
14	7,4
16	7,1



Şekil 7. Sürüklenme-Hız grafiği

Tablo 1'de gösterilen hızlara karşılık gelen sürüklenme kuvvetleri Şekil 7 üzerinden belirlenerek Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Seyir uçuşu için incelenen hücum açısına karşılık gelen sürüklenme kuvvetleri

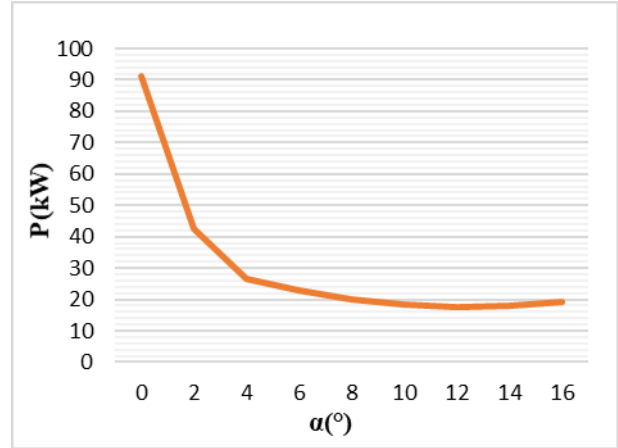
$\alpha(^{\circ})$	D(N)
0	4,90
2	2,92
4	2,14
6	2,04
8	1,92
10	1,89
12	1,88
14	1,99
16	2,12

VTOL İHA'nın seyir uçuşu esnasındaki taşıma kuvveti İHA'nın ağırlığına eşit olması gerekmektedir. Farklı hücum açılarında İHA'nın ağırlığına eşit değerdeki taşıma kuvvetini sağlayacak olan hız değerleri hesaplanmıştır. Her hücum açısı için hesaplanan hızlardaki sürüklenme kuvvetleri Tablo 3'te sunulmuştur.

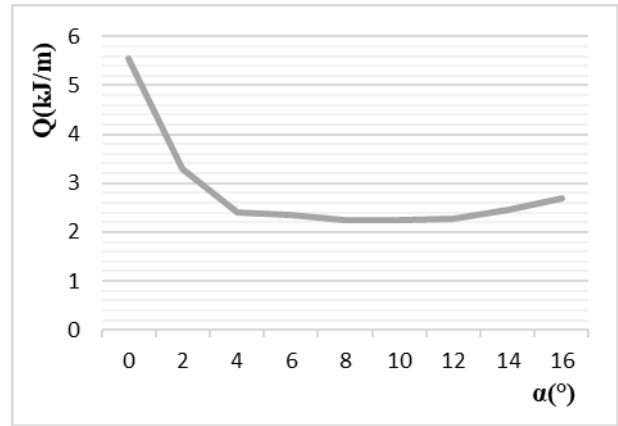
Tablo 3. Seyir uçuşundaki L/D değerleri

$\alpha(^{\circ})$	L/D
0	3,06
2	5,14
4	7,01
6	7,35
8	7,81
10	7,93
12	7,97
14	7,55
16	7,06

Tasarımı ve analizi yapılan VTOL İHA için farklı hücum açılarında seyir uçuşunu sağlamaya yetecek olan motor gücü Şekil 8 ile sunulmaktadır. Şekil 9'da ise sabit bir menzile için farklı hücum açılarında tüketilecek enerjilere ait sonuçlar sunulmaktadır.



Şekil 8. Seyir uçuşu için gerekli güç



Şekil 9. Seyir uçuşunda enerji tüketimi

Yapılan analizler sonucunda 9 farklı hücum açısında seyir uçuşunu sağlamaya yetecek hızlar, bu hızlara karşılık gelen kuvvetler, motor gücü gereksinimi ve belirli bir mesafedeki enerji sarfiyatı hesaplanmıştır ve Tablo 4'te gösterilmiştir.

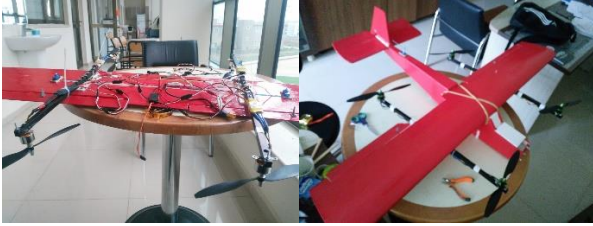
Tablo 4. Seyir uçuşu için belirlenen değerler

$\alpha(^{\circ})$	U(m/s)	D(N)	L/D	P(kW)	Q(kJ/m)
0	16,4	4,90	3,06	91,0	5,54
2	12,9	2,92	5,14	42,5	3,28
4	11,0	2,14	7,01	26,6	2,41
6	9,8	2,04	7,35	23,0	2,34
8	8,9	1,92	7,81	20,0	2,24
10	8,3	1,89	7,93	18,6	2,25
12	7,8	1,88	7,97	17,6	2,27
14	7,4	1,99	7,55	18,1	2,46
16	7,1	2,12	7,06	19,2	2,69

3.1 VTOL İHA İmalatı

Yukarıda elde edilen analiz sonuçlarına göre VTOL İHA'nın üretim aşamasında öncelikle kanat

profilleri sıcak tel CNC cihazı vasıtası ile XPS levhadan üretilmiştir. Kanatları güçlendirmek ve kanatların üzerine gelen yükleri absorbe edebilmek için yapısal destek elemanı olarak karbon çubuk kullanılmıştır. İnsansız hava aracının gövdesi deprendan üretilmiştir. Gövdede de kanatta olduğu gibi gerek balsa gerekse karbon çubuk yapısal destek elemanı olarak kullanılmıştır.



Şekil 10. VTOL İHA'nın imalatı

İskenderun Teknik Üniversitesi merkez kampüs alanında VTOL İHA'nın test uçuşları yapılmıştır.



Şekil 11. VTOL İHA'nın test uçuşu

Taşıma kuvvetlerinin sürükleme kuvvetlerine oranının en yüksek olduğu uçuş parametresinde en verimli sonucun alınması beklenir [11,12]. Seyir uçuşu için en az güç gereksinimi L/D oranının en yüksek olduğu uçuş parametrelerinde gerçekleşmiştir. Ancak belirli bir mesafedeki en düşük enerji sarfiyatı ise farklı bir uçuş parametresinde oluşmuştur.”

Seçilen pervane çapına göre en uygun uçuş parametreleri farklılık göstermektedir. Pervane çapı büyüdükçe en uygun uçuş parametresi taşıma kuvvetlerinin sürükleme kuvvetlerine oranının en yüksek olduğu uçuş parametrelerine yaklaşmaktadır. Ancak pervane çapı küçüldükçe hızın bir miktar daha yüksek, hücum açısının ise daha düşük olduğu uçuş parametrelerinin tercih edilmesinin daha avantajlı olduğu saptanmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda azami menzile ulaşmayı sağlayan yani belirli bir mesafedeki en az

enerji sarfiyatını sağlayan uçuş parametreleri ve seyir uçuşu için gereken güç ihtiyacının en az olduğu uçuş parametreleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. En uygun uçuş parametreleri için sonuçlar

$\alpha(^{\circ})$	U(m/s)	D(N)	L/D	P(kW)	Q(kJ/m)
8	8,9	1,92	7,81	20,0	2,24
12	7,8	1,88	7,97	17,6	2,27

Yapılan hesaplamalar ve izlenilen yollarda kullanılan denklemler aşağıda yer almaktadır [14].

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad (1)$$

$$\rho_{\infty} + \frac{1}{2}\rho U_{\infty}^2 = \rho_1 + \frac{1}{2}\rho U^2 \quad (2)$$

$$\rho_{\infty} + \frac{1}{2}\rho U_s^2 = \rho_2 + \frac{1}{2}\rho U^2 \quad (3)$$

$$\rho_2 - \rho_1 = \frac{1}{2}\rho(U_s^2 - U_{\infty}^2) \quad (4)$$

$$T = (\rho_2 - \rho_1)S \quad (5)$$

$$T = \frac{1}{2}\rho(U_s^2 - U_{\infty}^2)S \quad (6)$$

$$T = \rho S U (U_s - U_{\infty}) \quad (7)$$

$$U = \frac{U_s + U_{\infty}}{2} \quad (8)$$

$$\frac{dE}{dt} = \rho S U \frac{1}{2}(U_s^2 - U_{\infty}^2) \quad (9)$$

$$\eta_i = \frac{T \cdot U_{\infty}}{\rho S U (U_s^2 - U_{\infty}^2)/2} \quad (10)$$

$$\eta_i = \frac{\rho S U (U_s - U_{\infty}) U_{\infty}}{\rho S U (U_s + U_{\infty})(U_s - U_{\infty})/2} \quad (11)$$

$$\eta_i = \frac{2U_{\infty}}{U_s + U_{\infty}} = U_{\infty}/U \quad (12)$$

$$P = \frac{T \cdot U_{\infty}}{\eta_i} = \frac{T \cdot U_{\infty}}{U_{\infty}/U} = T \cdot U \quad (13)$$

$$\frac{dE}{dt} = P \quad (14)$$

$$x = U_{\infty} \cdot t \quad (15)$$

$$Q = \frac{dE}{dx} = P \frac{dt}{dx} = P \frac{1}{U_{\infty}} = \frac{T \cdot U}{U_{\infty}} \quad (16)$$

4. Sonuçlar

İHA'lar birçok alanda farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda farklı İHA tasarımları yapılmaktadır. Ancak İHA'ların tasarımı kadar kullanım şekilleri de önem arz etmektedir. Tasarımları birbirlerinden çok farklı dahi olsa her İHA'nın azami menzile ulaşmasını ve asgari güç gereksinimini sağlayacak olan birer uçuş parametreleri vardır. Bu parametreleri kullanarak İHA'yı uçurmak enerji sarfiyatını azaltan ekonomik bir tercihtir. Şekil 1'de gösterilen tasarıma sahip VTOL İHA'nın imalatı tamamlanmıştır. Nümerik analizler ve hesaplamalar sonucunda VTOL İHA'nın en az güce ihtiyaç duyduğu uçuş parametresi L/D oranının en yüksek olduğu 12° hücum açısı ve 7,8 m/s hız olarak belirlenmiş ve seyir uçuşu için gerekli güç 17,6 kW olarak hesaplanmıştır. Azami menzil için yani belirli bir mesafedeki en az enerji sarfiyatı için ise en uygun uçuş parametresi 8° hücum açısı ve 8,9 m/s hız olarak belirlenmiş ve seyir uçuşunda iken enerji sarfiyatı 2,24 kJ/m olarak hesaplanmıştır.

5. Simgeler

d : Pervane çapı

D : Sürüklenme kuvveti

E : Enerji

P : Güç

Q : Enerji tüketimi

S : Yüzey alanı

t : Zaman

T : İtme kuvveti

U : Hız

x : Yol

α : Hücum açısı

ρ : Yoğunluk

η : Verim

Alt indisler

∞ : hava

s : motor

i : ideal

Kaynaklar

- [1] F. Akkoyun, I. Bogrekci, P. Demircioglu, S. Vardin, "An experimental study to investigate the effect of the angle of attack on VTOL UAV propellers," IFAC-PapersOnLine, 51 (30), 441-445, 2018
- [2] Y. Zhou, H. Zhao, Y. Liu, "An evaluative review of the VTOL technologies for unmanned and manned aerial vehicles," Computer Communications, 149, 356-369, 2020
- [3] M. Tyan, N. V. Nguyen, S. Kim, J.W. Lee, "Comprehensive preliminary sizing/resizing method for a fixed wing – VTOL electric UAV," Aerospace Science and Technology, 71, 30-41, 2017
- [4] J. Mariens, Wing Shape Multidisciplinary Design Optimization, Delft, Hollanda: Master of Science Thesis, 2012
- [5] H. Yeo, W. Johnson, "Performance and design investigation of heavy lift tilt-rotor with aerodynamic interference effects," Journal of Aircraft, 46 (4), 1231–1239, 2009
- [6] S. Çoban, H. Bilgiç, T. Oktay, "Designing, dynamic modeling and simulation of ISTEICOPTER," Journal of Aviation, 3 (1), 38-44, 2019
- [7] S. Çoban, "Simultaneous tailplane of small UAV and autopilot system design," Aircraft Engineering and Aerospace Technology, 91 (10), 1308-1313, 2019
- [8] T. Oktay, F. Sal, "Combined passive and active helicopter main rotor morphing for helicopter energy save," Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 38 (6), 1511-1525, 2016
- [9] T. Oktay, S. Coban, "Lateral autonomous performance maximization of tactical unmanned aerial vehicles by integrated passive and active morphing," International Journal of Advanced Research in Engineering, 3 (1), 1-5, 2017

- [10] V. S. Chipade, M. Kothari, R. R. Chaudhari, "Systematic design methodology for development and flight testing of a variable pitch quadrotor biplane VTOL UAV for payload delivery," *Mechatronics*, 55, 94-114, 2018
- [11] T. Oktay And F. Şal, "Helicopter control energy reduction using moving horizontal tail," *The Scientific World Journal*, 2015, 1-10, 2015
- [12] B. Yuksek, A. Vuruskan, U. Ozdemir, M. A. Yukselen, G. Inalhan, "Transition flight modeling of a fixed-wing VTOL UAV," *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 84 (1-4), 83-105, 2016
- [13] T. Oktay, M. Konar, M. Soylak, F. Sal, M. Onay, O. Kizilkaya, "Increasing performance of autopilot guided small unmanned helicopter," *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 10 (1), 133-139, 2016
- [14] Z. S. Spakovszky, "Massachusetts Institute of Technology." <https://web.mit.edu/16.unified/www/FALL/thermodynamics/notes/node86.html>. [Erişim Tarihi: 20-Kasım-2019].



Geliş/Received : 12.07.2019 & Kabul/Accepted : 23.12.2019 & Yayınlanma/Published (online) : 25.12.2019

Vardiyalı Çalışma Sistemi Çalışanlar İçin Ne Kadar İyi?

Mine DEĞİRMENCİOĞLU * 

Anadolu Üniversitesi, Havacılık Yönetimi (PhD), Eskişehir, Türkiye

Özet

Havayolunu kullanan yolcuların artması ve havacılık sektöründe küresel rekabetin getirdiği teknolojik yenilikler havacılık sektöründe vardiya sistemini ortaya çıkarmıştır. Fenomenoloji deseninde yürütülen bu çalışmada; nitel veri toplama yöntemi kullanılmış, veriler yarı yapılandırılmış mülakat tekniğiyle toplanmıştır. Antalya Havalimanında yer alan bir yer hizmeti şirketindeki 10 çalışan üzerinde yürütülen bu araştırmanın amacı; çalışanların vardiyalı çalışma sistemine ilişkin algılarını incelemektir. Araştırmanın sonucunda; çalışanların vardiyalı çalışma sisteminden olumsuz yönde etkilendiği tespit edilmiştir. Ayrıca vardiyalı çalışma sisteminin, hem psikolojik hem de fizyolojik olarak insan sağlığına olumsuz etki ettiği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sivil havacılık, çalışma saatleri, vardiyalı sistem.

How Good Is The Shift Working System For Employees?

Abstract

Shift-working system is emerged from the increase in passengers on airways, and technological innovations resulted from global competition. In this study, which is carried out in Fenemenology pattern; qualitative data collection method was used and the data were collected by semi-structured interview technique. It was conducted on 10 employees in a ground handling company located at Antalya Airport. The aim of this study is to examine the perceptions of employees about shift work system. As a result of the research; It has been found that employees are adversely affected by shift work system. In addition, shift work system has been found to have negative effects on human health both psychologically and physiologically.

Keywords: Civil aviation, working hours, shift system.

1. Giriş

Vardiyalı çalışma sistemi, günümüz dünyasında artan rakabet ortamında fark yaratmak ve tüketicilerin ihtiyaçlarına anında cevap verebilmek

için örgütler açısından zorunlu bir hale gelmiştir. Vardiyalı çalışma sistemi örgütlerin çok daha fazla işi yapabilmek için 7 gün 24 saat kesintisiz

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mine DEĞİRMENCİOĞLU
minedegirmencioglu@hotmail.com

Alıntı/Citation : Değirmencioğlu, M. (2019), Vardiyalı Çalışma Sistemi Çalışanlar İçin Ne Kadar İyi?, Journal of Aviation, 3 (2), - 113-121. DOI: 10.30518/jav.591364



çalışmaları anlamına gelmektedir. Hemen hemen her sektörde uygulanan vardiyalı çalışma sistemi, örgütlerin daha fazla üretim hem ayakta kalabilmelerini hem de rekabet edebilmelerini sağlamaktadır. Rekabetin yoğun yaşandığı havacılık endüstrisi, son 50 yıldır gittikçe büyüyen hizmet kollanından biridir. Bu endüstri, 24 saat hiç durmadan aralıksız hizmet sunan, resmi veya özel izni olmayan, talebi oldukça yoğun bir yapıya sahiptir. Bu sebeple vardiyalı çalışma sistemi kullanımı kaçınılmaz bir hal almaktadır [11].

Havacılık endüstrisinde vardiyalı çalışma düzeninin getirdiği uzun çalışma saatleri, arka arkaya gelen gece ve gündüz karışık çalışma düzeni, sektörde çalışanların hem fizyolojik hem de psikolojik problemler yaşamasına neden olabilmektedir. Ayrıca vardiyalı çalışma düzeninde çalışırken çalışma saatleri sürekli olarak değişebilmektedir. Bu nedenle birey düzensiz bir hayat yaşamakta ve çalışma hayatı bireyin özel yaşamını olumsuz etkilemektedir. Birey günlük hayata uyum sağlama problemi, uykusuzluk gibi nedenlerden dolayı sağlık açısından birçok sorunlar yaşayabilmektedir.

Bu çalışmada, vardiyalı çalışma sisteminin çalışanların hayatlarını nasıl etkilediği sorgulanmıştır.

2. Vardiyalı Çalışma Sistemi Kavramı

Vardiyalı çalışma sistemi temeli aslında atlı kuryeler kullanan Romalılara kadar dayanan bir çalışma biçimi olsa da gerçek anlamda yaygın olarak sanayi devriminden sonra uygulanmaya başlanılmıştır. Sanayi Devrimiyle birlikte üretim yöntemleri gelişmiş, daha fazla insan gücüne ihtiyaç duyulmuştur. İşletmeler insan gücünden daha fazla yararlanmak ve aynı zamanda insan gücünü daha iyi planlamak için vardiyalı çalışma sistemine geçmek zorunda kalmıştır [8].

Uluslararası mevzuat ve uygulamalara göre vardiyalı çalışma sistemi; “Örgüt çalışanlarının vardiyalarının birbiri takip edecek şekilde çalışma saatlerini düzenleme yöntemidir.” [3].

Vardiyalı Çalışma Sistemi, işin ve işyerinin özelliklerinden dolayı sürekli aktif durumda olan örgütlerde, haftanın tüm günlerinde kesintisiz olarak ve aynı gün içerisinde birbirini izleyecek

şekildedir. Ayrıca, günün farklı zaman dilimlerinde farklı işçi gruplarının işyerinde çalıştığı düzendir [6].

Araştırmalardan hareketle vardiyalı çalışma sisteminde, çalışma süreleri 24 saate yayılır ve vardiyalar hafta içerisinde belli periyotlarda değişerek sürekli devam eder. Birden fazla ekip bulunmaktadır. İşletmenin kesintisiz hizmet sağlayabilmesi için birbirlerini devir alan ekipler tarafından oluşturulan örgüt yapıları gerekmektedir. Gün içerisinde vardiyaya gelen ekip bulunduğu vardiyada çalışmaktadır. Vardiyasının bitmesiyle birlikte ekip diğer vardiyaya gelen yeni ekibe işi devreder [4].

Vardiyalı çalışma düzeni örgütün içinde bulunduğu sektöre, işin niteliğine ve çalışan sayısına göre farklı şekillerde düzenlenip planlanmaktadır [5]. İşletmelerde vardiya düzenleri sabit vardiya sistemi veya dönüşümlü vardiya sistemi olarak ikiye ayrılmaktadır [6].

Sabit vardiya düzeni, belirli bir ekip olağandışı bir durum yaşanmadığı sürece herhangi bir değişiklik olmaksızın sürekli olarak gündüz ya da sürekli gece çalışmasını yani sabit bir çalışma saatinde çalışmasını ifade etmektedir. Bu çalışma sisteminde bir ekip sürekli aynı vardiya saatlerinde çalışır. Ancak iş hukuku içerisinde sosyal hukuk kavramının öneminin artmasıyla birlikte; sürekli olarak gece vardiyasında çalışmanın; çalışanları fiziksel ve ruhsal açıdan olumsuz etkilediği düşünülerek iş yeri bünyelerinde uygulanması azaltmıştır [4, 6, 8, 11].

Dönüşümlü Vardiya Sisteminde, ekipler belli bir periyotta dönüşümlü olarak çalışma saatlerinde çalışmaktadır [4]. Bu sistemde çalışanlar, vardiya planlamasına göre, kendileri için belirlenen yasal süreyi aşmamak şartıyla, gündüz, akşam ve gece vardiyası şeklinde günün herhangi bir saat diliminde iş yerinde yerini almaktadır [6]. Dönüşümlü vardiya düzeni işletmenin türüne göre süreksiz, yarı sürekli ve sürekli olarak uygulanmada değişiklik gösterebilmektedir [5].

1. Süreksiz sistem: Uygulanma açısından en kolay olan bu sistemde örgüt gün boyu aktif değildir. Çalışanlar 24 saatten daha az bir sürede çalışırlar. Ayrıca hafta sonunda ve bayramlarda da çalışmazlar [4].

2. Yarı sürekli sistem: Örgüt 24 saat aktiftir. Fakat çalışanlar hafta sonu ve bayramlarda çalışmaktadır. [4].

3. Sürekli sistem: Bu sistemde örgüt, hafta içi, hafta sonu veya bayramlar farketmeksizin kesintisiz bir şekilde aktif olarak çalışmaktadır [4].

Üretimde süreklilik gereksinimi olan bazı sanayi kollarında vardiyalı çalışma sistemi uygulanmaktadır. Ayrıca süreklilik arz eden kamu yararına olan hizmet kollarında da vardiyalı çalışma sistemi ile çalışılmaktadır. Böylece işletmeler 24 saat kesintisiz bir şekilde üretim devamlılığını sağlar veya hizmet verir [1]. İşletmeler gece ve gündüz sürekli çalışması gereken makineler gibi teknolojik gereklilikten veya da makinelerden daha fazla yararlanıp birim maliyeti düşürmek gibi nedenlerle de vardiyalı çalışma sistemine başvurabilir [2].

Vardiyalı çalışma sistemi hiç şüphesiz ki işletmelere çok fazla avantaj sağlamasına karşın çalışanlar üzerinde birçok olumsuz etkisi olmuştur [3]. İnsanoğlu genellikle gündüzleri çalışan bir varlıktır. Bu sebeple vardiyalı çalışma sistemi bireyi doğal yaşam biçiminden daha farklı bir şekilde yaşamaya zorlamaktadır. Bundan dolayı insanın biyolojik ve toplumsal işlevleri aksamaktadır. Bu durum, çalışmada fizyolojik rahatsızlıklar ve psikolojik sorunlar yaratmaktadır [9]. Vardiyalı çalışma sistemi; bireysel, sosyal ve örgütsel sorunlara yol açmaktadır [10]. Bireysel sorunlar bireyin biyolojik saatiyle olan uyumsuzluklarından kaynaklanmaktadır. Vardiyalı çalışma sisteminde çalışanlarda oluşan bireysel sorunlar kalp-damar rahatsızlıkları, sindirim sistemi bozuklukları, sinir sistemi rahatsızlıkları gibi sağlık problemlerdir. Ayrıca vardiyalı çalışma sistemi kişilerde erken yaşlanma, depresyon, uyku bozuklukları, yalnız hissetme gibi psikolojik sorunlarda yaratabilir. Sosyal sorunlar ise bireyin aktif olduğu saatler ile toplumsal saatin uyumsuzluklarından kaynaklanmaktadır. Vardiyalı çalışma düzeni; sosyal hayattan uzaklaşma, kendilerine ve aile bireylerine yeteri kadar zaman ayıramama, sosyal aktivitelere ve hobilere zaman ayıramama, rol çatışması, tükenmişlik, duyarsızlaşma ve yabancılaşma gibi sosyal problemlere yol açmaktadır. Son olarak vardiyalı çalışma sisteminin örgüt içerisinde

yaratmış olduğu sorunlar iş tatminsizliği, iş stresinde artış, işte verimsizlik, işe devamsızlıklar, iş performansında ve iş başarısında düşüşler, iş kazaları gibi sıralanabilmektedir [10].

3. Araştırmanın Amacı, Önemi, Kapsamı ve Yöntemi

Vardiyalı çalışma sistemi, küresel rekabet ortamı içerisinde işletmelerin üretimde sürekliliklerini sağlayabilmek ve rakiplerinin önüne geçebilmek amacıyla başvurdukları en önemli çalışma biçimlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde vardiyalı çalışma düzenini benimseyen çalışma kollarından birisi de havacılık sektörüdür. Havacılık sektörü, 7 gün 24 saat hiç durmadan çalışan, özel tatilleri ya da durmak için belli nedenleri olmayan, sürekli çalışan ender sektörlerden birisidir. Bu sektör, son 50 yıllık dönem içerisinde hem uçuş kapasitesi anlamında hem de yapısal anlamda katlanarak büyümeye devam etmektedir. Bu nedenle havacılık sektörü için vardiyalı çalışma vazgeçilmez bir çalışma düzeni haline gelmiştir.

Havacılık endüstrisi günümüzde sürekli gelişmekte ve büyümektedir. Aynı orantıda bu sektörde istihdam eden çalışan sayısı da giderek artmaktadır. Havacılık sektörünün en önemli unsuru ise insan faktörüdür. İnsan faktörü, havacılık sektörü gibi ileri teknoloji kullanımı gerektiren, değişken faaliyet ve sektörel bir çevre içerisinde bulunan ve yoğun rekabet koşullarıyla mücadele etme gerekliliği olan bir sektörde vazgeçilmez önemde ve gerekliliktir. Bu çalışmanın amacı havacılık sektörünün vazgeçilmez bir ögesi olan insan faktörünün vardiyalı çalışma sistemine ilişkin olumlu ve olumsuz algılarını ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Havacılık sektörünün vazgeçilmez bir çalışma şekli haline gelen vardiyalı sistem ile ilgili birçok sektörde araştırılma gerçekleştirilmiş ve literatürde yer almıştır. Ancak hizmet sektörünün önemli bir kısmını oluşturan havacılık sektöründe yeteri kadar çalışılmadığı gözükmektedir. Aynı zamanda literatürde vardiyalı çalışma sistemi ile ilgili

nicel araştırmalar bulunmaktadır. Ancak nitel araştırma olarak yürütülen bir araştırma bulunmamaktadır.

Araştırmada nitel araştırma deseni olarak ‘‘fenomenoloji’’ (olgu bilim) kullanılmıştır. Fenomenoloji, bir kişinin dış dünyaya ait durum ve olaylara ilişkin kendine özgü anlamları ortaya çıkarmada uygun bir nitel araştırma deseni olması nedeniyle bu araştırmada kullanılmıştır. Araştırmanın yapıldığı işletme Antalya Havalimanında faaliyet gösteren bir yer hizmeti şirketinin olup 517 çalışanı bulunmaktadır. Görüşmeciler yer hizmeti şirketinin farklı departmanları olan yolcu hizmetleri, harekt ve ramp çalışanlarından oluşmakta olup vardiyalı çalışma sisteminde çalışmaktadır. Toplamda 10 kişi olup kişilerle iş yerlerinde görüşülüp mülakat tekniği gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, veri toplama yöntemi olarak nitel araştırma türlerinden yarı yapılandırılmış mülakat tekniği kullanılmıştır. Yarı yapılandırılmış soruların kapsam geçerliliği, sivil havacılık programında görev yapan bir ğretim elemanı tarafından ve şirketin yöneticilerinden bir kişi ile değerlendirilmiştir. Uzmanların görüşü alındıktan sonra yapılan pilot uygulama ile soru formuna son şekli verilerek, temalar belirlenmiştir. Araştırmada uzman incelemesi, katılımcı teyidi ve yöneticilerle yapılan mülakatların süreleri uzun tutularak da uzun süreli etkileşim yoluyla geçerlilik (inandırıcılık) sağlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca,

verilerin inandırıcılığını artırmak için toplanan verilerden elde edilen bulguların tutarlılığı kontrol edilmiştir. Buna yönelik olarak bulguların, mülakat formunun geliştirilmesinde kullanılan kavramsal ereve ile uyumluluğu sürekli kontrol edilmiştir. Bunların yanı sıra mülakat yapılan çalışanlardan doğrudan alıntılar yapılarak da araştırmanın inandırıcılığı artırılmaya çalışılmıştır. Araştırmanın güvenirliğini (tutarlılığını) artırmak için bulguların tamamı yorum yapılmadan doğrudan verilmiştir. Çalışma sürecinde, öncelikli olarak vardiyalı çalışma sisteminin ne olduğu ve nasıl uygulandığı sorusuna cevap aranarak çalışanların vardiyalı çalışma sistemi ile ilgili olumlu ve olumsuz düşüncelerini ifade etmeleri istenmiştir.

3.1. Çalışanlara İlişkin Demografik zellikler

Araştırma kapsamında ilk olarak görüşmecilere ilişkin demografik bilgilere yer verilmiştir. Katılımcılar Antalya Havalimanında faaliyet gösteren bir yer hizmeti şirketinde çalışmaktadırlar. Toplamda 10 kişi olup ilk 5 kişi arasında yer alan görüşmeciler yolcu hizmetleri departmanında, diğer 3 kişi harekt departmanında ve diğer 2 kişi ramp departmanında çalışmaktadır. Görüşmeciler 25 - 40 yaş aralığında olup, 6 kişi evli, 4 kişi bekrdır. Görüşmecilerden 3’ lisans mezun, 4’ ön lisans mezunu ve 3’ lise mezunudur. Görüşmecilerin hepsi vardiyalı çalışma sisteminde 5 yıldan fazla çalışmaktadır.

Tablo 1. Demografik zellikler

Cinsiyet	Yaş	Medeni Durum	Eğitim	alıştığı Bölüm	alışma Yılı
Kadın	27	Bekr	n lisans	Yolcu Hizmetleri	7
Kadın	29	Bekr	Lise	Yolcu Hizmetleri	6
Kadın	30	Evli	n lisans	Yolcu Hizmetleri	8
Erkek	39	Evli	Lise	Yolcu Hizmetleri	15
Erkek	33	Evli	n lisans	Yolcu hizmetleri	10
Kadın	28	Evli	Lisans	Harekt	5
Erkek	33	Evli	Lisans	Harekt	9
Erkek	35	Bekr	Lisans	Harekt	11
Erkek	33	Evli	n lisans	Ramp	10
Erkek	30	Bekr	Lise	Ramp	7

3.2. Çalışanların Vardiyalı Çalışma Sistemine İlişkin Genel Algıları

Havacılık sektörünün yer hizmetlerinde vardiyalı çalışma sistemi uygulanmaktadır. Çalışanların vardiyaları haftalık olarak düzenlenmekte ve hafta içinde karışık vardiya düzeni takip edilmektedir. Bir hafta içerisinde, bir gün gündüz vardiyası çalışırken ertesi günkü çalışma zamanı akşam veya gece vardiyasına gelebilmektedir. İşletmede vardiyalar uçuş yoğunluğuna göre düzenlenmektedir. Antalya istasyonunda uçuşlar genellikle gece ve sabahın ilk saatlerinde yoğunluk göstermektedir. Bu yüzden işletme, hem gece vardiyasını hem de sabah vardiyasındaki uçuşları daha etkin düzenleyebilmek için genellikle gece 03:00 giriş - öğlen 11:30 çıkış veya gece 04:00 giriş - öğlen 13:00 çıkış vardiyası uygulamaktadır.

Çalışan kişilerden bazılarının vardiyalı çalışma sistemine ilişkin algıları şu şekildedir:

“24 saate varan çalışma sürelerinde çalışanların birbirlerinin yerine geçip işi devralması ile sürüp giden bir sistemdir. İşin 1 dakikalığına bile sekteye uğramaması ve vardiyasız çalışan diğer işlere göre çok insanla az iş yapmak amaçlanmaktadır. Bu da vardiyaların uzun ve yorucu olmasını sebep olmaktadır.”

“Vardiyalı çalışma sistemi, 24 saat dilimi arasında belirli saat aralıklarında çalışma sistemidir. Genellikle 8 ve 12 saat şeklinde bilinmektedir. Çalıştığınız kuruma göre çalışma saatlerinin başlangıcı ve bitişinde farklılık göstermektedir. Mesela 05.00-14.00, 08.00-16.00, 8.30-19.00 gibi uçuş yoğunluğuna göre vardiya saatlerimiz değişiklik göstermektedir.”

“Üretimin ve hizmetin devam etmesi için 24 saat sürmesi gereken, insanların birbirini devraldığı çalışma düzenidir. Gece-gündüz veya gündüz-gece olmak koşuluyla haftalık değişkenlik gösteren çalışma şekli kimi iş yerlerinde vardiya 8 saati aşmazken kimilerinde ise 12 saati bulmaktadır.”

“Gece gündüz ayırmaksızın insanların vardiyasının iş yoğunluğunun olduğu zaman dilimine göre dağılımıdır. Vardiyalarımız uçuşlara

göre düzenlenmekte olup bazen geceleri çalışırken bazen gündüz saatlerinde çalışmaktayız.”

Türk Hukukununun 4857 sayılı İş Kanunu'nun 69. Maddesi aşağıdaki gibidir [10, 12]

“4857 sayılı Kanun Madde 69 - Çalışma hayatında "gece" en geç saat 20.00'de başlayarak en erken saat 06.00'ya kadar geçen ve her halde en fazla on bir saat süren dönemdir.

İşçilerin gece çalışmaları yedi buçuk saati geçemez (Ek cümle: 4/4/2015-6645/37 md.)

Ancak, turizm, özel güvenlik ve sağlık hizmeti yürütülen işlerde işçinin yazılı onayının alınması şartıyla yedi buçuk saatin üzerinde gece çalışması yaptırılabilir (Mülga dördüncü fıkra: 20/6/2012-6331/37 md.), (Mülga beşinci fıkra: 20/6/2012-6331/37 md.,) (Mülga altıncı fıkra: 20/6/2012-6331/37 md.,)

Yukarıda belirtildiği gibi gece çalışma süreleri yedi buçuk saati geçemez. Ancak kanunlarımızda belirtildiği turizm sektörü gibi bazı özel hizmet kuruluşları bu saati aşabilir. Havacılık kolu da bu hizmet sektörlerinden biri olduğu için istisnai durumları bulunmaktadır. Görüşmecilerin söylediğine göre bu süreler sürekli aşılmakta ve vardiyaları uzayabilmektedir [13].

3.3. Çalışanların Vardiyalı Çalışma Sistemine İlişkin Olumlu Düşünceleri

Vardiyalı çalışma sistemi haftalık periyot içerisinde günün değişik saatleri işe gittikleri için çalışanlar devlet kurumlarında işlerini rahatlıkla halledebildiklerini söylemektedirler:

“Vardiyalı çalışma sisteminin tek olumlu yönü devlet kurumlarında işlerimiz olduğu zaman gece vardiyasından çıkıp işlerini halletmek kolay oluyor.”

“Vardiyalı sistemin hayatıma tek olumlu etkisi hafta içi mesai saatleri içinde halletmem gereken bir isimi izinli olduğum veya vardiyaya gitmeden vardiyadan çıktıktan sonra yapabileceğim kolaylığıdır. Devlet dairesi, hastane randevusu gibi.”

“Olumlu yönleri monoton bir çalışma saati olmadığı için haftanın her günü vardiyasına göre gündüz müsait olabilmekte sivil hayatında hafta içi yapabileceği işlerine vakit ayırabilmektedir.”

“Günlük hayatta gün içinde halletmemiz gereken işler olduğunda vardiya sayesinde bunları çalıştığımız yerden izin almadan halledebiliriz.”

Vardiyalı çalışma sisteminde düzenli bir çalışma saati bulunmaktadır. Her hafta her gün uçuş yoğunluğuna göre vardiya saatleri değişkenlik gösterebilmektedir. Monoton bir hayat sevmeyen çalışanlar için de vardiyalı sisteminin olumlu bir yönü bulunmaktadır

“Hayat sürekli monoton bir şekilde değil de biraz daha farklı şekilde ilerler. Ve sürekli erken kalkıp işe gitme gibi bir zorluk yaşamayız.”

“Vardiyalı çalışma sisteminde her gün aynı saatlerde işe gitmek zorunda kalmayız. Bu da insanı tek düze yaşamaktan bir nebze kurtarır.”

3.4. Çalışanların Vardiyalı Çalışma Sistemine İlişkin Olumsuz Düşünceleri

Sanayileşmeyle birlikte günümüzde küreselleşme olgusu, uluslararası rekabet, teknolojinin ilerlemesi üretim oranını oldukça artmıştır. İşletmeler bu artan talepleri karşılamak ve aynı zamanda maliyetleri de azaltmak için gece gündüz aralıksız çalışan bir kurum haline gelmiştir. Modern çalışma sisteminin bir gerekliliği olarak görülen vardiyalı çalışma sistemi çalışanlar açısından çeşitli sağlık sorunları yaratmıştır. Bunun yanında ayrıca psikolojik ve sosyolojik problemlerin de doğmasına neden olmuştur (Doğan, 2012; Kazancı, 2016: 18).

Wyatt ve Marriott klasik çalışmaları olan “Gece Çalışması ve Vardiya Değişimi” isimli araştırmalarında, vardiyalı sisteminin uzun dönemde insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sebep olduğunu ve uyku düzensizlikleri, yorgunluk kardiyovasküler sorunlar, gastrointestinal -mide ve bağırsak- sorunları ve kanser gibi olumsuz etkilere yol açtığını belirtmektedirler (Wyatt ve Marriott, 1953: 164-172).

Çalışanlar vardiyalı çalışma sistemi ile ilgili genellikle düzensizlikten ve uykusuzluktan şikâyetçi olmuşlardır. Gündüz ve gece kavramını yitirdiği vardiyalı çalışma düzeninde insanlar düzenli bir hayatları olmadığını uyku problemleri olduğunu ve ayrıca bunların sonucunda bir takım sağlık problemleri yaşadıklarını dile getirmişlerdir:

“Düzensiz bir çalışma şeklinin getirdiği vardiyalı çalışma sistemi uykusuzluk stres depresyon vb. rahatsızlıklara sebebiyet vermektedir. Ayrıca insan sağlığını da olumsuz etkilemektedir. İşe girdiğimden beri migren, mide rahatsızlığı gibi birçok hastalıkla boğuşmak zorunda kaldım.”

“Vardiyalı çalışma sisteminin olumsuz yönleri uyku düzeninin olmaması ve dolayısıyla zamanla hastalıklara yakalanma riskinin artmasıdır. Çalışma saatleri her gün değişebiliyor. Bir gün gece vardiyasında gidebiliyorken diğer gün gündüz vardiyasına gidebiliyorsunuz. Bu da sizin uyum probleminin neden oluyor. Uyku düzeniniz tamamen alt üst oluyor. Bende uykusuzluk yüzünden kaygı bozukluğu başladı ve bu yönde tedavi görüyorum.”

“Vardiyalı çalışma sisteminin olumsuz etkileri çok daha fazla. Gece çalışan insanlar hayata 1-0 zaten yenik başlıyor. Geceleyin metabolizma seni onarması gerekirken işe gitmek zaten vücudunu hasta ediyor. Hastayken iyileşme sürecin çok uzuyor..”

“Vardiyalı çalışma sisteminden dolayı uykusuzluk sorunu çekmekteyim Bu yüzden ilaç kullanıyorum daha rahat uyuyabilmek için. Uyuyamadığım zamanlar stresli, memnuniyetsiz, mutsuz oluyorum. Bu da işyerinde performansımı etkiliyor.”

Vardiyalı çalışma sistemi içerisinde en sık karşılaşılan sorunlardan biri uyku düzensizlikleridir. Vardiyalı olarak çalışan bireylerin büyük bir çoğunluğu uykularını yeterince alamamaktan ve dinlenememekten şikâyet etmektedirler. Söz konusu uyku düzensizlikleri ise sirkadiyen ritim ve vardiyanın dönüşüm yönü ile ilişkilendirilmektedir (İncir, 1998: 75). Bu konuda Wyatt ve Marriot’ un araştırmalarına göre, çalışanların %43’ü uykusuzluktan yakındıkları ve bu kişilerin uyku düzensizliğinden dolayı %37’sinin de gün içerisinde 6 saatten az uyuduğunu tespit etmişlerdir (Wyatt ve Marriott, 1953: 170).

Çalışanlar, vardiyalar arasındaki geçişlerin kısa olması ve dinlenme sürelerinin yetersiz olmasından dolayı iş-yaşam doyumu sağlamak bir yana uyku-

yeme-temizlenme gibi temel yaşamsal faaliyetleri bile yürütmede zorluk çektiklerini ifade etmişlerdir:

“İki vardiya arasında sadece uykuyu düşünüyorum. Eve gidiyorum, uyuyorum, uyanıyorum ve işe geri geliyorum. Yemek yemeyi bırakın bazen banyo yapmaya bile fırsat bulamıyorum. Üstümdeki kıyafetlerle uyuyup uyanıp işe geldiğimi çok hatırlıyorum.”

“Ben ailemle yaşadığım için annem yemek yapıyor. Kıyafetlerimi o temizliyor ve ütülüyor. Ancak evde yalnız bekâr hayatı gibi yaşayarak kendimi bu çalışma sisteminin içinde düşünemiyorum. Zira öyle olsaydı kesin aç kalırdım veya da diğer işlerimi halledemezdim.”

Vardiyalı çalışma sistemi sadece gece vardiyasında çalışanlar değil aynı zamanda vardiyalı çalışanların aileleri ve yakın çevreleri de olumsuz olarak etkilendiği görülmektedir:

“Ben bir anneyim. Çocuğuma isteyken anneanesi bakıyor. Gece vardiyalarında çalıştığım zamanlarda sabah eve gittiğimde çocuğumu bakmak yerine bazen uyumayı tercih ediyorum. Bu durum bizi bazen olumsuz etkiliyor. Çocuğum zaman zaman benden uzaklaşıyor. Anneanesinde kalmak istiyor ve ona anne diyor. Bu çok üzücü bir durum. Ayrıca bir ebeveyn olarak çocuğumun bir anını kaçırmak çok şeyi ifade ediyor.”

“Evli biri olarak bu sistemde çalışmak çok zor. Hele de karşıdaki kişi sizinle aynı sektörde çalışmıyor ve düzenli bir çalışma saati var ise sizi hiç anlamıyor. Bazen aynı evin içinde birbirimizi görmüyoruz. Zaman zaman eşimle bu konuda tartışıyoruz.”

“İşin vardiyalı olması düzenli bir hayata sahip olmamızı etkiliyor. En kötüsü de aileniz ve arkadaşlarınız hafta sonları ve bayramlarda tatil yaparken bizlerin tatil çalışmak zorunda kalması. O zamanlar işe gitmek istemiyorsunuz.”

Vardiyalı çalışma sistemi aile ilişkileri üzerinde ortaya çıkarmış olduğu olumsuz etkilere yönelik çeşitli araştırmalar yapılmıştır. White ve Keith'in 1668 evli kadın ve erkeği kapsayan ve 1980 yılında ilk kez gerçekleştirilen, 1983 yılında ise yeniden tekrarlanan araştırması; vardiyalı çalışmanın evlilik ilişkilerinin kalitesi ve istikrarına yönelik verdiği zararlarla ilişkilidir. Bunun yanı sıra, Staine ve

Pleck'in 1983 yılındaki araştırmasına göre ise; vardiyalı çalışmanın, aile faaliyetlerine ayrılan zamanı düzenlemeyi zorlaştırdığı bunun yanı sıra aile rollerine daha az zaman ayırma ve işaile çatışmasının artmasına neden olmaktadır (Presser, 2000: 95).

Çalışanlar vardiyalı çalışma sisteminin aile hayatlarının yanında sosyal yaşamlarını da olumsuz etkilediğini dile getirmişlerdir:

“Düzensiz çalışma saatleri yüzünden konser, sinema, tiyatro gibi aktivitelere katılamıyorsunuz. Bir dönem ekibinde olduğum havayolu sadece akşamları uçtuğu için sadece akşam vardiyasında çalışmak zorunda kalmıştım. Bu yüzden akşamları ne arkadaşlarımla dışarı çıkabiliyordum ne de bir aktiviteye katılabiliyordum.”

“Uçuşların yoğunluğu genellikle haftasonu olmaktadır. O yüzden haftasonları izin kullanamazsınız. Genellikle aktiviteler haftasonu olduğu için katılmak çok zordur. Aynı zamanda genellikle etrafımdakiler haftasonu izin kullandığı için onlarla görüşmem çok zor oluyor.”

“Antalya havalimanı özellikle yaz aylarında çok yoğun bir istasyondur. Bu nedenle de vardiyalarda ona göre yoğun yazılmaktadır. Vardiyalar arasındaki dinlenme süresi o kadar azdır ki dışarı çıkıp sosyalleşmek imkânsızdır. Antalya gibi bir yerde yaz aylarında en fazla bir ya da iki kere denize gidebiliriz. Onun yerine evde kalıp dinlenmek bizim için daha önemlidir.”

Sonuçlar

Günümüzde giderek yaygınlaşan vardiyalı çalışma sistemi teknolojik bir zorunluluktan dolayı kesintisiz üretim yapma gerekliliğinden işletmelerde uygulanabilmektedir. Benzer şekilde hizmet sektörlerinde de toplumsal fayda sağlamak için hizmetin kesintisiz sürekliliğinden dolayı örgütlerde uygulanabilmektedir.

Vardiyalı çalışma sistemi, günümüzde sürekli artış gösteren talepleri karşılayabilmek ve insanların ihtiyaçlarına cevap verebilmek için birçok sektörde kullanılmaktadır. Günümüzde birçok çalışan, vardiya sisteminden dolayı standart olmayan çalışma saatlerinde çalışmaktadır. Standart olmayan çalışma saatlerinde yapılan bu tip işlerin örgütlere sürekli faaliyette bulunmak ve üretimde bulunmak

yada hizmet vermek, daha az personel istihdam ederek, personeli vardiyalarla döndürerek daha fazla çalıştırmak gibi birçok faydası bulunmaktadır. Ancak vardiyalı çalışma sistemi; sağlık, güvenlik ve sosyal yönden birçok olumsuz etkileri de beraberinde getirmektedir.

Gündüz saatlerinde çalışmaya göre programlanmış olan insanın vardiyalı çalışma sisteminde biyolojik işlevleri yerine getirememeye ve toplumsal faaliyetleri aksatmasına neden olur. Bu durum, insana fizyolojik rahatsızlıklar ve psikolojik sorunlar yaşatmakta olup, işteki motivasyonu ve başarısını da önemli ölçüde olumsuz yönde etkilemektedir. Vardiyalı çalışma sistemi bunların yanında aynı zamanda bireyin sosyal hayatını ve özel hayatını da olumsuz etkilemektedir. Toplum düzeninde genellikle bireyler gece saat dilimlerinde uyumaları gerekirken vardiyalı çalışma sistemi bunu mümkün kılmamaktadır. Aynı zamanda birey günün geri kalan saat dilimlerinde aile ve toplum etkileşimleri içerisinde bulunmaları beklenmekte iken, birey genellikle gece saat dilimlerinde çalışmış olup gündüz saat dilimlerinde uyumakta olup faaliyetlere katılamamaktadır. Bu nedenle vardiyalı çalışma sisteminde bireyler hem kendileri hem de etrafındaki insanlar sorun yaşamaktadır. Demirbilek (2004) 117 kadın işçinin üzerinde uyguladığı bir çalışmada, vardiyalı çalışma düzeninden dolayı kadınların iş ve özel yaşamlarında denge kuramadıkları için problemler yaşadığını ve bundan dolayı iş yerindeki ve özel yaşamlarındaki ilişkilerinin bozulduğunu ortaya koymuştur.

Vardiyalı çalışma düzenine ilişkin çalışan algıları incelendiğinde olumsuz görüşlerin daha fazla olduğu görülmektedir. Çalışanların, vardiyalı çalışma sisteminden dolayı düzensiz bir hayat yaşadıkları ve sıklıkla uyku problemi yaşadığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra vardiyalı sisteminin yaratmış düzensiz hayattan kaynaklı sağlık problemleri ve ruhsal sorunlar olduğu da saptanmıştır. Vardiyalı çalışma sisteminden dolayı, çalışanların iş yaşamlarının özel hayatları üzerinde de olumsuz etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Kaynaklar

- [1] J. Barton, E. Spelten, P. Totterdell, L. Smith, S. Folkard, and G. Costa, "The Standart Shiftwork Index: A Battery of Questionnaires for Assessing Shiftwork - Related Problems", *Work and Stres*, 9 (1), 4-30, 1995.
- [2] J.M. Harrington, "Health Effects of Shiftwork and Extended Hours of Work", *Occupational & Environmental Medicine*, 58 (1), 68-72, 2001.
- [3] ILO (International Labour Organization), "What is ShiftWork", *Condition of Work and Employment Programme - Information Sheet*, 8, 2004.
- [4] G. İncir, *Çoklu Vardiya Çalışmasının Ergonomik Tasarımı*, Ankara, Türkiye: MPM Yayınları, 1998.
- [5] Y.E. Kazancı, "Gece Vardiyasının İşçiler Üzerinde Yarattığı Fizyolojik, Psikolojik, Sosyolojik ve İş Kazası Etkilerine İlişkin Bir Alan Araştırması", *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 2016.
- [6] R. Korkusuz, "Vardiyalı (Postalar Halinde) Çalışma ve Türk İş Hukuku'ndaki Düzenlemesi", *Gazi Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 9 (1-2), 68-85, 2005.
- [7] M. Odabaşı, and H. Eke, *Kapasite Kullanımı Açısından Vardiya Düzeni Sorunlar, Uygulamalar ve Öneriler*, Ankara, Türkiye: MPM Yayınları, 1981.
- [8] A.K. Pati, A. Chandrawanshi, and A. Reinberg (2001). "Shiftwork: Consequences and Management", *Current Science Association*, 81 (1), 32-52, 2001.
- [9] E.C. Pease, and K.-A. Raether, "Shift Working and Well-being: A Physiological and Psychological Analysis of Shift Workers", *UW-L Journal of Undergraduate Research IV*, 2003.
- [10] Ö. Pekşen, "Vardiyalı Çalışma Düzeninin İşgörenin İşten Ayrılma Niyetine Etkisi: Bursa'daki Beş Yıldızlı Şehir Otellerinde Bir Uygulama", *Afyon Kocatepe Üniversitesi*,

Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2013.

- [11] Ç. Yılmaz, “Havacılık Sektöründe Vardiyalı ve Normal Mesaili Çalışanların Bazı Demografik Değişkenlere Göre SCL 90 Açısından İncelenmesi”, Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2016.
- [12] Resmi Gazete, 4857 sayılı İş Kanunu, www.tbmm.gov.tr/kanunlar/k4857.html. [Erişim Tarihi: 25 Aralık 2018].
- [13] R. Çoban, “Uçak Bakım Sektöründe İş Yükü ve Zaman Baskısı Üzerine Bir Örnek Olay Araştırması”. *Journal of Aviation* , 3 (1) , 45-60 , 2019.



Geliş/Received : 24.11.2019 & Kabul/Accepted : 24.12.2019 & Yayınlanma/Published (online) : 25.12.2019

Üniversitede Havacılık Bölümlerinde Okuyan Öğrencilerin Meslek Seçiminde Etkili Olan Faktörlerin Analizi

Gülaçtı ŞEN* 

İstanbul Esenyurt Üniversitesi, Ulaştırma Bölümü, İstanbul, Türkiye

Özet

Meslek seçimi, öğrencilerin gelecek planlarını belirlemede, mutlu olmalarında ve topluma yararlı birey olarak yaşamlarını sürdürmelerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Günümüzde havacılık sektörünün hızlı gelişimiyle birlikte üniversitelerde havacılık bölümlerinin hızla açılmaya başlaması, konunun önemini ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda çalışmanın amacı, üniversitelerin havacılık bölümlerinde öğrenimlerini sürdüren öğrencilerin meslek seçiminde etkili olduğu düşünülen etmenleri incelemektir. Çalışmada araştırmanın örneklemini üniversitede havacılık bölümlerine yeni kayıt yaptıran ve rastgele örnekleme tekniği ile seçilen 253 öğrenci oluşturmuştur. Verilerin toplanmasında anket formu kullanılmıştır. Öğrencilerin %35,6'sı kadın (90), %64,4'ü (163) erkektir. Öğrencilerin % 76,7'sinin ilk tercihi havacılık bölümüdür. Havacılığı tercih nedenleri ile ilgili olarak öğrencilerin 7'li Likert skalasına göre puan vermeleri istenmiştir. Buna göre havacılık sektöründe kariyer yapma isteği (ortalama 6,53 puan), havacılığın saygın bir meslek olduğunu düşünme (6,52), havacılığa ilgi duyma (6,45), ekip çalışmasını sevmek (6,18), yeteneklerinin havacılığa uygun olduğunu düşünme (5,81) ilk beş sırada yer alan etmenlerdir.

Anahtar Kelimeler: Havacılık eğitimi, meslek seçimi, mesleki rehberlik

Analysis of Factors Affecting the Choice of Profession of Students Studying in Aviation Departments in University

Abstract

Choosing a profession has a very important role on students for determining the future plans, being happy and maintaining their lives as individuals who are beneficial to the society. Nowadays, with the rapid development of the aviation sector, the rapid opening of the aviation departments in universities reveals the importance of the subject. The aim of this study is to examine the factors that are thought to be effective in the choice of profession of students studying in aviation departments of universities. The sample of the study consists of 253 students who are newly enrolled in the aviation departments of the university and random sampling technique. Survey form is used for collecting informations. %35,6

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Öğr. Görv. Gülaçtı ŞEN
gulactisen@esenyurt.edu.tr

Alıntı/Citation : ŞEN, G. (2019). Üniversitede Havacılık Bölümlerinde Okuyan Öğrencilerin Meslek Seçiminde Etkili Olan Faktörlerin Analizi. Journal of Aviation, 3 (2), 122-131. DOI: 10.30518/jav.637794



(90) are female and %64,4 (163) are male students. Aviation Department is the first choice of %76,4 of the students. The students were asked to score on the 7-point Likert scale for the reason of aviation preference. First five factors are; to have a career in aviation sector (apx. 6,53 points), thinking that aviation is a respected profession (6,52), interested in aviation (6,45), loving teamwork (6,18), thinking that their abilities are appropriate to aviation (5,81) according to their selections.

Keywords: Aviation education, career choice, career counseling

1. Giriş

Meslek seçimi bireyin tüm yaşamını etkileyen en önemli kararlardan biridir. Bu sürecin bilinçli olarak yapılması hem birey hem de toplum açısından, ülkenin ve dünyanın geleceği açısından büyük önem taşımaktadır. Çünkü meslek seçimini yanlış yapan ve seçtiği meslekte huzursuz olan birey, verimli olamaz ve topluma yarar sağlayamaz. Birey, başarılı olacağını düşündüğü, kişiliğine, ilgi ve yeteneklerine uygun mesleği seçme ve bu seçimi yaparken bilişsel, akılcı, ileri görüşlü olmalıdır. Kendi yetenekleri ile seçeceği mesleğin niteliklerini iyi analiz etmelidir.

Meslek seçimi ile birey, belirli bir yaşam biçimini seçmektedir. Bu yaşamı değerli kılacak olan her şey, doğru meslek seçiminin yapılmasıyla mümkündür. Yeteneklerine uygun mesleği seçmiş ve seçmemiş olan bireyler arasında büyük farklar olduğu ortadadır. Yeteneklerine uygun mesleği seçmiş bireyler, işini severek yapan, mesleğinde ilerleyen ve topluma hizmet ederek yaşamlarını sürdürür. Yeteneklerine uygun mesleği seçmemiş bireyler ise seçtikleri meslekte mutlu olmayan, çalışmaya karşı isteksiz, yeniliğe kapalı, kendini geliştirmeyen bireylerdir [1]. En ideal meslek seçimi, bireyin başarılı ve iyi bir yaşam sürdürmesine, bu süreci başarılı bir şekilde devam ettirebilmesine ve toplumun belli ihtiyacını karşılamasına imkân vermelidir [2].

Meslek seçiminin bir gelişim süreci olduğunu savunan gelişim kuramcılarının göre birey, işe girme çağına gelene kadar olgunlaşan ve geri dönülmesi çok mümkün olmayan davranış biçimlerinin birikimi sonucunda, ilgi duyduğu bir mesleğe yönelmektedir [3]. Ancak bu süreçte bireyin yöneldiği mesleği seçmesi süreci, kişinin gerçek işini seçiminden çok önce başlamaktadır. Bireyin geçmişi, sosyo-demografik özellikleri, iş avantajları, yetenekleri, ilgi alanları ve kişilik

özellikleri meslek seçimini etkileyen en önemli etkenler olarak sıralanabilir [4].

Literatürde meslek seçimine etki eden faktörler farklı yazarlar tarafından araştırma konusu olmuştur. Bireyin meslek seçimini etkileyen etkili faktörlerin; kişinin kişisel özellikleri, geçmişi, bilgi birikimi, sahip olduğu değerleri, ilgileri, inançları ile aile yapısı, yaşam koşulları, ülkenin kültürel ve sosyo-ekonomik durumu olduğu görülmektedir [5]. Bunlara ek olarak cinsiyet [3], meslekten elde edilen gelir, kariyer imkânları, iş güvencesi de meslek seçimini etkileyen önemli etmenler arasındadır [6].

Vurucu'nun Super (1990)'den aktardığına göre meslek seçimini etkileyen etmenler aşağıdaki gibidir [3]:

- *Biyolojik Etmenler:* Bireyin fiziksel özellikleri, cinsiyet, beden yapısı, görme ve işitme durumu v.b.
- *Sosyolojik Etmenler:* Duyguları, değerleri, aile ile ilişkileri, bağlı olduğu arkadaş çevresinin beklentileri ve baskıları, ailenin sosyal düzeyi, yakın ilişki kurulan öteki kişiler.
- *Psikolojik ya da Kişisel Etmenler:* Bireyin ihtiyaçları, duyguları, tutumları, değerleri, ilgileri ve yetenekleri.
- *Ekonomik Etmenler:* Ailenin ekonomik düzeyi, çevrenin ya da ülkenin genel ekonomik durumu, otomasyon ve teknik gelişmeler, bunların toplumun insan ihtiyacı üzerindeki etkileri.
- *Politik Etmenler:* Mesleğe girme olanakları, iş bulma olanakları, değişik eğitim ve yetişme fırsatları, v.b.
- *Şans ile ilgili Etmenler:* Doğal afetler, işleri ve işyerlerini etkileyen beklenmedik olaylar, iç ve dış savaşlar, v.b.

Meslek seçiminde, kişinin üzerinde etkili olan faktörlerin biyolojik, sosyolojik, psikolojik ve kişisel, ekonomik, politik ve şans ile ilgili etmenler

gibi çeşitli olduğu görülmektedir. Başka bir çalışmada bir mesleğin bilge seçiminde üç geniş faktör ortaya konulmaktadır. Bunlar [7]:

1. Kendinizi net bir şekilde anlayabilme; yeteneklerinizi, ilgilerinizi, amaçlarınızı, sınırlarınızı ve sebeplerinizi açık bir şekilde ifade edilebilmelidir.

2. İhtiyaçlar, başarının koşulları, avantaj ve dezavantajları, farklı çalışma alanlarında fırsatlar, koşullar, maaş açık bir şekilde ifade edilebilmelidir.

3. Gerçeklerin bu iki grubun ilişkileriyle muhakeme edilmesi gerekmektedir.

Meslek seçiminde kişinin kendini anlayabilmesi çerçevesinde kendini tanıması ilk koşuldur. Yeteneklerin farkında olmak, ilgilerini amaçları doğrultusunda planlamak ve bunun sınırlarını çizmek ilk önemli koşuldur. Kendini bilen kişi amaçlarını belirledikten sonra başarı koşullarını belirlemeli, mesleğin avantajları ve dezavantajlarının bilincinde olarak hareket edebilmelidir. Farklı çalışma alanlarındaki fırsatları görebilmeli, değerlendirebilmeli ve maddi olarak tatmin olmalıdır. Tüm bu çalışmalardan hareketle meslek seçiminde yalnız bir kriterin olmadığı, çeşitli faktörlerin söz konusu olduğu görülmektedir. Bireyin bu kriterleri dikkate alarak doğru kararlar vermesi, tüm faktörleri iyi analiz etmesi, meslek seçiminde rasyonel davranması açısından oldukça önemlidir [6].

Günümüzde hızlı gelişen bir sektör olarak havacılığın, meslek seçimi yapan öğrenciler arasında tercih edildiği görülmektedir. Küresel anlamda işleri kapsayan ve dünya çapında ulaşım ağını sağlayan bir sektör olarak havacılık sektöründe yer almak isteyen öğrenciler meslek seçimini yaparken biyolojik, ekonomik, sosyolojik vb. birçok etmeden etkilenmektedir. Bu çalışmada, havacılık bölümlerinde okuyan öğrencilerin meslek seçiminde etkili olan faktörlerin analizi araştırılmaya çalışılmıştır.

2. Türkiye'deki Öğrencilerin Meslek Seçimi

Eğitim dünyadaki sosyo-ekonomik sorunların evrensel olarak en önemli çözümüdür. Yoksulluk, cehalet, zihinsel yetersizlik, işsizlik, kötü devlet yönetimi, zayıf iletişim sistemi, açlık ve barınak gibi birçok sıkıntıya çare bulmak için uluslar ve bireyler eğitime bakmaktadır. Dünyanın her ülkesi,

yaşam kalitesine ve toplumsal statüye önem vermektedir. Bu noktada öğrencilerin meslek seçiminin önemi ortaya çıkmaktadır. Meslek seçimi, öğrencilerin gelecek planlarını belirlemede yapacakları çok önemli seçeneklerden biri olmaktadır. Bu karar, hayatları boyunca onları etkilemektedir [8].

Öğrenciler için doğru meslek seçimi, öğrencilerin mesleki yaşamları ve gelecekteki başarılarını etkileyen kritik bir süreçtir [9]. Bu kritik sürecin nasıl olacağı, pek çok alternatif arasından nasıl karar verileceği önemlidir. Meslek seçiminin bir hayat biçimi seçmek olduğunu aktaran Vurucu, birçok insanın, seçmiş olduğu mesleği iyi analiz etmediği ve mesleğin hayat biçimini bilmediği için başarısız, verimsiz ve mutsuz olduğunu vurgulamaktadır [3].

Meslek seçimlerinde öğrencilerin, meslek ile ilgili her şeyi bilmeleri mümkün değildir. Öğrenciler bir mesleğin belli bir yönüne ilgi duyabilir, buna yoğunlaşabilir; ancak mesleğin diğer yönlerinin neler olduğunu anlayamayabilirler [10]. Örneğin, havacılık bölümünde okuyan bir öğrenci uçaklara ve uzaya ilgisi olduğunu söyleyebilir. Ancak bu işi yapabilmesi için okulda ne kadar çalışması gerektiğini anlamayabilir. Ayrıca öğrenciler, ilgi alanlarında tüm işlere açık olmayabilirler.

Öğrenciler meslek seçimlerinde şu davranışları uygulayabilmelidir: (1) seçim süreciyle ilgilenmeli, (2) çalışma dünyasına karşı olumlu tutum geliştirebilmeli, (3) çevresinden bağımsız biçimde karar verebilecek duruma gelmeyi amaçlamalı, (4) seçimdeki olası faktörler arasından bazılarını tercih edebilmeli ve (5) seçim sürecini kavrayabilmelidirler [11]. Bunun için okulların en temel amaçları arasında, öğrencilerin kişilik özelliklerinin ve ilgi alanlarının ortaya çıkarılması; öğrencilerin meslekleri tanıyarak, hatta seçeceği mesleğe uygun kurumlara yöneltilmesi gerekmektedir [12].

Yanlış meslek seçimleri nedeniyle yaptıkları işlerden memnun olmayan kişilerin sayıları gün geçtikçe artmaktadır. Herhangi bir işte ücretli çalışanlar daha çok para kazanacakları işleri ararlarken, kendi işlerini kuranlar başarılı olmama endişesi yaşamaktadırlar. Bu sebeple meslek seçimi oldukça önem arz etmektedir [13].

Öğrencilere meslek seçiminde profesyonel destek verilmesi, Türkiye açısından değerlendirildiğinde, henüz yeterli yetkinlikle ve amaca uygun çalışan birimlerin olduğu söylenemez. Mevcut birimler genel olarak üniversite sonrası iş bulma konusunda yardımcı olmaktadır. Oysa meslek seçimi sürecinin üniversite öncesi verilmesi gerekmektedir [5].

Gelişimsel kariyer teorisyenlerinden Super (1990); Ginzberg, (1984); Gottfredson (1981); and Vondracek, Lerner, and Schulenberg (1986); ergenlik yıllarının gelecekteki kariyer seçiminin temelini oluşturduğunu vurgulamıştır. Ancak lise yıllarında aktif ya da pasif olmalarına bakılmaksızın tüm öğrencilerin yaptıkları tercihlerin, lisans ve lisans sonrası planlarıyla doğrudan ilgili olduğu açıklanmıştır [14]. Türkiye’de ise meslek seçiminde ilgili kurumların üniversite öncesi değil, üniversite sonrasında hizmet verdiği görülmektedir.

Meslek seçimini etkileyen faktörlerin Türkiye açısından değerlendirilmesine bakıldığında, öğrencilerin karar verme sürecinde ailesel ve çevresel etmenlerden daha fazla etkilendiği görülmektedir. Bunlar arasında ailenin sosyo-ekonomik durumu, ebeveyn mesleği, ebeveynlerinin öğrenim durumu, eğitimin alındığı bölge ve il, tercih edilen mesleğin gelişimi, mesleğin geleceğe dönük görünümü vb. gibi ailesel ve çevresel faktörler, meslek seçimi konusunda etkili olmaktadır [15].

Günümüzde Türkiye gibi birçok ülkede de öğrencilere yönelik herhangi bir kariyer eğitimi programı uygulanmamaktadır [16]. Gençlerin de kendi kariyerlerini kendi imkânları ile belirlediği açıktır. Günümüzde gençlerin gelecekle ilgili kaygılarının olduğu ve bunun meslek seçimini etkilediği, seçtikleri dallardan memnun olmadığı ve memnuniyetsizliğin mezuniyet sonrasında da devam ettiği gözlenmektedir [1].

3. Türkiye’de Havacılık Eğitimi

Sivil havacılık okulları, havacılık sektörüne endüstriye yön verecek, endüstrinin gelişimini destekleyecek ve sektörde mesleki donanıma sahip, uluslararası standartlarda profesyonel personelleri yetiştirme misyonunu üstlenmiş ve havacılık kültürünün gelişmesini sağlayan eğitim kurumları olarak tanımlanabilir [17].

Son yıllarda Türkiye’de sivil havacılık sektörünün hızlı gelişimi ile sektörde yetişmiş eleman ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Buna paralel olarak havacılık bilgisi ve kültürüne sahip insan gücünün yetiştirilmesine ilişkin eğitimler de ayrı bir önem kazanmıştır [18]. Böylece sektördeki büyümeye paralel olarak sivil havacılık okulları ve yükseköğretimde havacılık alanında eğitim veren üniversite sayısında da önemli artışlar olmuştur [19]. Ayrıca havacılık ve eğitim arasındaki nedensel ilişki ve hava alanlarının ve hava hizmetlerinin ilişkisi de önem kazanmıştır [20].

Sivil havacılık sektöründe hızlı büyümeye paralel olarak sektörde faaliyet gösteren işletmeler, insan kaynağı ihtiyacını karşılamak için alanda eğitim veren üniversite mezunlarından ve açılan kurslar aracılığıyla eğitim alan adaylardan karşılama yoluna gidebilmektedir [21].

Türkiye’de havacılık sektöründe kalifiyeli personel ihtiyacının sağlanması amacıyla, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) ile Yükseköğretim Kurulu (YÖK) arasında iş birliği yapılmıştır [22]. SHGM ve YÖK arasında imzalanan işbirliği protokolüne göre, üniversitelerde sivil havacılığın tüm alanlarını kapsayacak şekilde ilgili bölümlerin açılması uygun görülmüştür. Bölümlere uygun müfredatların oluşturulması ve eğitim içeriklerinin düzenlenmesi kararlaştırılmıştır. Bu doğrultuda kalitenin artırılarak belirli bir standardın sağlanabilmesi hedeflenmiştir. Yapılan işbirliği protokolü ile Türkiye’de havacılık sektöründe kalifiye personel ihtiyacının karşılanması, sivil havacılığın sürdürülebilir bir şekilde büyümesi ve üniversitelerde sivil havacılık eğitimlerinin yaygınlaştırılması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda yürütülen tüm çalışmalar sonucunda Pilotluk, Uçak Bakım Teknisyenliği, Kabin Hizmetleri, Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği, Havacılık Yönetimi gibi branşlarda eğitim veren üniversitelerin ve meslek yüksekokullarının sayısında önemli bir artış sağlanmıştır [23].

Tablo 1’de Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK) bünyesinde bulunan sivil havacılık bölümlerinin sayısı en fazla olan iki bölüm gösterilmektedir. 2019 yılında Meslek Yüksekokulu bünyesinde Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği ve Kabin Hizmetleri Bölümü hem devlet hem de vakıf üniversitelerinde en fazla olan bölümlerdir.

Tablo 1: 2019 yılı Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK) bünyesinde Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği ve Kabin Hizmetleri Bölümü bulunan üniversitelerin sayıları

	Devlet	Vakıf
Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği	15	18
Kabin Hizmetleri	12	23

4. Araştırmanın Yöntemi

Araştırmanın evreni, 2018–2019 öğretim yılında üniversitelerin havacılık bölümlerinde devam etmekte olan 253 öğrenciden oluşturmaktadır. Evrenin çalışma yapmaya olanak verecek büyüklükte ve yeterlikte olması nedeniyle, bütün evrene ulaşılması hedeflenmiştir. Anketlerin doldurulması sonucunda 253 öğrenci araştırmaya katılmıştır. Şubat 2019’de uygulanan ankete katılma oranı % 81.2 olmuştur. Araştırmaya katılan toplam 253 öğrencinin 163’ü (%64.4) erkek, 90’ı (35.6) kadındır.

Araştırmada veri toplama aracı olarak anket kullanılmıştır. Anketin geliştirilmesi sürecinde, alan yazında ayrıntılı ve teorik bir araştırma yapılmıştır. Öğrencilerin kariyer seçiminde etkili olan tüm faktörler tespit edilmiş ve bunlardan araştırmada yararlanılmıştır. İki bölümden oluşmakta olan ankette; birinci bölümde sosyodemografik değişkenlere ilişkin sorular yer alırken, ikinci bölümde ise öğrencilerin havacılığı meslek olarak seçmesinde etkili olan faktörleri saptamaya yönelik sorular yer almaktadır.

4.1. Verilerin Analizi

Veriler, Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 17.0 paket programı ile analiz edildi. Tanımlayıcı verilerde ortalama±standart sapma (minimum-maksimum değerler), yüzde (sayı); gruplar arası karşılaştırmalarda Anova veya Kruskal Wallis testi kullanılmıştır.

4.2. Araştırmanın Bulguları

Bu bölümde öncelikle öğrencilerin kariyer seçiminde etkili olan etmenleri belirlemeye yönelik sorulara verdikleri yanıtların yüzdelik dağılımlarına bakılmıştır. Sonrasında ise meslek seçimi etmenlerine göre havacılığı ilk tercih olarak seçip seçmeme durumlarına ve çeşitli sosyodemografik değişkenlerin bu seçimdeki etkilerine bakılmıştır. Araştırmaya dahil olan 253 öğrencinin 194’ü (% 76.7) ilk tercihinin havacılık bölümü olduğunu belirtmiştir. Öğrencilerin sosyo-demografik özelliklerine göre dağılımları tablo 2’de gösterilmiştir. Araştırmaya katılan 253 öğrencinin %49,4’ü 17-19 yaş grubundadır. Katılımcıların %35,6’sı kadın, %64,4’ü erkektir. Katılımcıların ailelerinin %93,7’si kentte yaşamaktadır ve ailenin %66,4’ünün gelir aralığı 2000-4000 arasındadır. Ailenin eğitim durumunun okuryazar ve üzeri değeri %85,8 iken, babanın eğitim değeri lise ve altı olarak %81,4’dür. Öğrencilerin %40,3’ü meslek lisesi mezunu iken, %28,1’i Anadolu lisesi, %31,2’si diğer lise seçeneğiyle, düz lise mezunudur.

Araştırmaya katılan 253 öğrencinin meslek seçimini etkileyen faktörlere verdikleri yanıtların yüzdelik dağılımı Tablo 2’de sunulmuştur. Tablo 2’de öğrencilerin ilk sırada yer alan tercihlerinin yüzdelik dağılımları görülmektedir. Meslek yüksek okulunda havacılık bölümünü tercih etme nedenlerine ilişkin olarak öğrencilerin kendilerine sunulan çeşitli faktörlere, 7’li Likert skalasına göre puan vermeleri istenmiştir. Bu likert sisteminde (1) Tamamen katılmıyorum, (2) çoğunlukla katılmıyorum, (3) Kısmen katılmıyorum, (4) Ne katılıyorum, ne katılmıyorum, (5) Kısmen katılıyorum, (6) Çoğunlukla katılıyorum ve (7) Tamamen katılıyorum şeklindedir. Buna göre havacılığı tercih etmede öğrencilerin çoğunu etkileyen faktörün “havacılık sektöründe kariyer yapma isteği” (6,53) olduğu görülmektedir. Listenin ilk beş sırasında yer alan ve en çok etkilenen faktörlere sırasıyla bakıldığında şu faktörler dikkat çekmektedir. “havacılığın saygın bir meslek olduğunu düşünme” (6,52), “havacılığa ilgi duyma” (6,45), “ekip çalışmasını sevme” (6,18), “yeteneklerinin havacılığa uygun olduğunu düşünme” (6,12) ve “havacılık sektöründe her zaman iş bulabilme düşüncesi” (4,72). En düşük puanı alan sorular ise sırasıyla şu şekildedir. “Annenin ve babanın havacılık sektöründe kariyer yapmış, çalışmış/çalışan kişiler olması” (1,28), “Bu mesleği seçmemi öğretmenlerim önerdi” (1,91), “Ailenin İstanbul’da oturuyor olması” (2,04), “Bu mesleği seçmemde bu mesleğin getirdiği gelirin etkili olması” (2,19), “Bu mesleği seçmede arkadaşları önerisinin olması” (2,25)’dir.

Tablo 2: Öğrencilerin Sosyo-Demografik Özelliklerine Göre Dağılım

Özellikler	Grup	Sayı	Yüzde
Cinsiyet	Erkek	163	35,6
	Kadın	90	64,4
Okuduğu Bölüm	Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği	98	38,7
	Kabin Hizmetleri	103	40,7
	Diğer	52	20,6
Ailenin Yaşadığı Yer	Kent	237	93,7
	Kırsal	16	6,3
Aile Gelir	2000 - 4000	168	66,4
	4000 - 5000	45	17,8
	5000 ve üzeri	38	15
Aile Eğitim	Okuryazar değil	35	13,8
	Okuryazar ve üzeri	217	85,8
Baba Eğitim	Lise ve altı	206	81,4
	Yüksek	47	18,6
Bitirilen Lise Türü	Meslek Lisesi	102	40,3
	Anadolu Lisesi	71	28,1
	Diğer	79	31,2
Hak Kazanılan Sınav	İlk Tercih	194	76,7
	İkinci Tercih	56	22,1

Tablo 3’de görüldüğü gibi birinci sırada önemli faktör olan “havacılık sektöründe kariyer” ikinci faktör olan “havacılığın saygın bir meslek olduğunu düşünme” ülkemizde üniversitelerde havacılık bölümlerinin açılmasıyla birlikte önem kazanmıştır. Havacılık mesleğinin seçiminde etkili olan üçüncü ve dördüncü faktör, “havacılığa ilgi duyma” ve “ekip çalışmasını sevme” olduğu görülmektedir. Öğrencilerin yaptıkları seçimlerde kendi istekleri doğrultusunda ve kendi yeteneklerini düşünerek yaptıklarını göstermektedir. Öğrencilerin meslek seçimini yaparken etkili olan diğer faktör “havacılık sektöründe her zaman iş bulabilme düşüncesi” de Türkiye’de havacılığın gelişimi ile ilgilidir. Türkiye’de artan havaalanı sayısı ve Türkiye’nin bayrak taşıyıcı havayolu şirketi olan Türk Hava Yolları’nın hızlı gelişimi ve dünyanın en büyük havaalanları arasına giren İstanbul Yeni Havalimanı’nın açılmasının etkisi oldukça önemlidir.

Tabloda önemli dikkat çeken diğer faktörler öğrencilerin meslek seçiminde en düşük puanı alan faktörlerdir. “Annenin ve babanın havacılık sektöründe kariyer yapmış, çalışmış/çalışan kişiler

olması” havacılığın ülkemizde özellikle üniversitelerde okutulması son on yılda önem kazanmıştır. “Bu mesleği seçmede ailenin etkisi olması” ve “Ailenin İstanbul’da oturuyor olması”, “Bu mesleği seçmemde bu mesleğin getirdiği gelirin etkili olması”, “Bu mesleği seçmede arkadaşları önerisinin olması” bulguları genel olarak öğrencilerin seçimlerini kendi istekleri doğrultusunda yaptıklarını göstermektedir. Buna ilaveten dışarıdan gelen baskı veya öneri gibi geleneksel faktörlerden fazla etkilenmedikleri görülmektedir.

Tablo 3: Havacılık Bölümü Öğrencilerinin Meslek Seçimlerini Etkileyen Faktörlere Yönelik yanıtların ortalamaları

Etmen	Yüzde
1. Havacılığa ilgi duyuyorum.	6,45
2. Havacılık sektöründe kariyer yapmak istiyorum.	6,53
3. Mesleğimin yeteneklerime uygun olduğunu düşünüyorum.	6,12
4. Ekip çalışmasını seviyorum.	6,18
5. Okulda başarılı bir öğrenciydim.	5,53
6. Mesleğimi seçerken aldığım notlar etkili oldu.	4,98
7. Havacılık saygın bir meslektir.	6,52
8. Bu mesleği seçmemde bu mesleğin toplumdaki yeri etkili oldu.	5,18
9. Havacılık meslek olarak geliri yüksektir.	5,81
10. Bu mesleği seçmemde bu mesleğin getirdiği gelir etkili oldu.	4,42
11. Benim için saygın bir iş yapmak önemli değildir.	2,19
12. Havacılıkta iş garantisi vardır.	4,62
13. Havacılık sektöründe her zaman iş bulabilirim.	4,72
14. Bu mesleği seçmemde, havacılık sektörünün hızlı gelişimi etkili oldu.	5,63
15. Bu mesleği seçmemde İstanbul’da açılacak üçüncü havalimanı etkili oldu.	4,69
16. Bu mesleği seçmemde, Türk Hava Yolları’nın gelişimi etkili oldu.	5,13
17. Yaptığım işin gelirinin yüksek olması benim için önemli değildir.	3,76
18. Bu mesleği tercih etmemi ailem istedi.	2,57
19. Ailemin beklentisi ve benim hakkımdaki düşünceleri bu bölümü seçmemde etkili oldu.	3,21
20. Ailem İstanbul’da oturduğu için bu bölümü seçtim.	2,04
21. Annem ve babam havacılık sektöründe kariyer yapmış, çalışmış/çalışan kişilerdir.	1,28
22. Bu mesleği seçmemi öğretmenlerim önerdi.	1,91

23. Bu mesleği tercih etmemi havacılık sektöründe çalışan tanıdıklarım önerdi.	2,40
24. Bu mesleği seçmemi arkadaşlarım önerdi.	2,25

Tablo 4’te havacılık bölümü öğrencilerinin meslek seçimlerini etkileyen etmenlere verdikleri yanıtların yüzde dağılımı ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Öğrencilerin tamamen katılıyorum ve tamamen katılmıyorum şeklinde 7’li likert sisteminde verdikleri yanıtlarda havacılık sektörünün Türkiye’deki gelişimiyle ilgili dikkat çeken sonuçlara ulaşılmıştır. Öğrencilerin %74,7’si ‘tamamen katılıyorum’ ile “Havacılık sektöründe kariyer yapmak istiyorum” yanıtını verdiği görülmektedir. Türkiye’de havacılığın gelişimi, üniversitelerde havacılık bölümlerinin artması ile öğrencilerin havacılık sektörüne yöneldikleri söylenebilir. Öğrencilerin “Bu mesleği seçmemde, havacılık sektörünün hızlı gelişimi etkili oldu” (%83,3), “Bu mesleği seçmemde, Türk Hava Yolları’nın gelişimi etkili oldu” (%69,5) ve “Bu mesleği seçmemde İstanbul’da açılacak üçüncü havalimanı etkili oldu” (%61,2) yanıtları da öğrencilerin havacılık mesleğini seçmelerine yönlendiren faktörlerden en önemlileridir. Tablo’da öğrencilerin %76,1’i ‘tamamen katılıyorum’ yanıtını vererek “Havacılığın saygın bir meslektir” olduğunu düşündükleri görülmektedir. Aynı zamanda öğrencilerin % 56’sı ‘tamamen katılmıyorum’ yanıtını vererek “Benim için saygın bir iş yapmak önemli değildir” ile bunu destekledikleri ortadadır.

Normallik ve eş varyanslılık şartları sağlanamadığından Anova yerine parametrik olmayan yöntemlerden Kruskal Wallis testinin yapılması uygun bulunmuştur.

Tablo 4: Havacılık Bölümü Öğrencilerinin Meslek Seçimlerini Etkileyen Etmenlere Verdikleri Yanıtların Yüzde Dağılımı

Etmen	1	2	3	4	5	6	7
1. Havacılığa ilgi duyuyorum.	2	0,4	1,2	2	4,7	20,6	69,2
2. Havacılık sektöründe kariyer yapmak istiyorum.	2	0,8	4	1,2	4,3	16,6	74,7
3. Mesleğimin yeteneklerime uygun	1,6	1,2	2	2	12,6	33,2	47,4

olduğunu düşünüyorum.													
4. Ekip çalışmasını seviyorum.	2,4	4	2,8	1,6	9,1	31,2	52,6						
5. Okulda başarılı bir öğrenciydim.	1,6	8	2,4	9,9	28,5	36,8	20,2						
6. Mesleğimi seçerken aldığım notlar etkili oldu.	9,1	2,8	6	13,5	24,2	20,2	24,2						
7. Havacılık saygın bir meslektir.	2,4	4	8	1,6	4,4	14,3	76,1						
8. Bu mesleği seçmemde bu mesleğin toplumdaki yeri etkili oldu.	8,7	1,2	5,5	13,8	19,4	20,9	30,4						
9. Havacılık meslek olarak geliri yüksektir.	2	0,8	2,4	8,3	18,2	31,6	63,2						
10. Bu mesleği seçmemde bu mesleğin getirdiği gelir etkili oldu.	12,4	6,4	6,8	19,3	24,9	15,7	14,5						
11. Benim için saygın bir iş yapmak önemli değildir.	56	13,5	9,1	10,3	3,6	2,8	4,8						
12. Havacılıkta iş garantisi vardır.	6,3	7,5	9,5	26,1	26,1	17,8	14,6						
13. Havacılık sektöründe her zaman iş bulabilirim.	4,8	6,4	8,8	18,3	27,9	20,7	13,1						
14. Bu mesleği seçmemde, havacılık sektörünün hızlı gelişimi etkili oldu.	4,8	1,6	1,6	8,7	19,4	28,6	35,3						
15. Bu mesleği seçmemde İstanbul’da açılacak üçüncü havalimanı etkili oldu.	13,8	6,3	5,9	12,6	16,2	21,7	23,3						
16. Bu mesleği seçmemde, Türk Hava Yolları’nın gelişimi etkili oldu.	8,7	4,3	4	13,4	17,4	21,7	30,4						
17. Yaptığım işin gelirinin yüksek olması benim için önemli değildir.	15,5	13,5	16,3	18,7	17,1	8,3	10,7						
18. Bu mesleği tercih etmemi ailem istedi.	49,6	12,7	6,3	10,3	10,3	4,8	6						

19. Ailemin beklentisi ve benim hakkımdaki düşünceleri bu bölümü seçmemde etkili oldu.	36,5	11,1	9,9	8,7	14,3	9,9	9,5
20. Ailem İstanbul'da oturduğu için bu bölümü seçtim.	69,3	5,6	5,2	5,2	6	3,6	5,2
21. Annem ve babam havacılık sektöründe kariyer yapmış, çalışmış/çalışan kişilerdir.	91,7	2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,6
22. Bu mesleği seçmemi öğretmenlerim önerdi.	71,1	5,9	3,6	4,7	12,3	5,5	6,3
23. Bu mesleği tercih etmemi havacılık sektöründe çalışan tanıdıklarım önerdi.	62,8	4,7	3,6	4,7	12,3	5,5	6,3
24. Bu mesleği seçmemi arkadaşlarım önerdi.	65,6	5,9	2,4	9,5	5,1	3,2	8,3

Yapılan analizlerde nomallik şartını sağlamayan değişken ölçeğinin parametrik olmayan yöntemler ile ölçülmesine karar verilmiştir. Bu sebeple Kruskal Wallis testi yapılmıştır. Tablo 5'de görüldüğü gibi, öğrencilerin okuduğu bölümün sıralamalar ortalamalarının bitirilen lise türüne göre anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla yapılan Kruskal Wallis sonucunda öğrencilerin bitirilen lise türü gruplarının sıralamalar ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Tablo 5: Okunulan Bölüm ölçeği puanlarının bitirilen lise türü değişkenine göre farklılaşım farklılaşmadığını belirlemek üzere yapılan Kruskal Wallis Testi Sonuçları

Bitirilen Lise Türü	n	Sıra Ortalaması	X ²	s d	p
Okunulan Bölüm	Meslek Lisesi	102	127,16		
	Anadolu Lisesi	71	133,12	1,481	2 0,477
	Diğer	79	119,70		
	Total	252			

Tablo 6'da görüldüğü gibi, öğrencilerin okuduğu bölümün sıralamalar ortalamalarının hak kazanılan sınav türüne göre anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla yapılan Kruskal Wallis sonucunda hak kazanılan sınav türü gruplarının sıralamalar ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Tablo 6: Okunulan Bölüm ölçeği puanlarının hak kazanılan sınav türü değişkenine göre farklılaşım farklılaşmadığını belirlemek üzere yapılan Kruskal Wallis Testi Sonuçları

Hak Kazanılan Sınav	n	Sıra Ortalaması	X ²	sd	p
Okunulan Bölüm	İlk tercih	194	128,17		
	İkinci tercih	56	116,24	1,367	1 0,242
	Total	250			

Tablo 7'de görüldüğü gibi, öğrencilerin okuduğu bölümün sıralamalar ortalamalarının cinsiyete göre anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla yapılan Kruskal Wallis sonucunda cinsiyete göre grupların sıralamalar ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Havacılık bölümlerinde okuyan öğrencilerin erkeklerin ve kadınların arasındaki karşılaştırma yapılırken, erkek ortalamasının kadın ortalamasından daha yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 7: Okunulan Bölüm ölçeği puanlarının öğrencilerin cinsiyet değişkenine göre farklılaşım farklılaşmadığını belirlemek üzere yapılan Kruskal Wallis Testi Sonuçları

Cinsiyet	n	Sıra Ortalaması	X ²	sd	p
Okunulan Bölüm	Kadın	90	114,71		
	Erkek	163	133,79	4,55	1 0,033
	Total	253			
	Total	252			

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, üniversitelerin meslek yüksekokullarında havacılık bölümlerini tercih eden öğrencilerin bu mesleği tercih etme nedenlerini ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu

amaçla, 2018 – 2019 eğitim-öğretim yılında eğitimine başlamış havacılık bölümü öğrencilerinin katılımıyla anket yöntemi kullanılmış ve anket verileri analiz edilmiştir. Araştırmada elde edilen önemli bulgular şunlardır:

- Meslek yüksekokulunda havacılık bölümlerinde en çok tercih edilen bölümler Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği ve Sivil Havacılık Kabin Hizmetleri bölümleridir.

- Mesleği tercih eden erkek oranı kadınlara oranla daha yüksektir.

- Öğrencilerin mezun olduğu lise türünde meslek lisesi ilk sırada yer alırken; düz lise ikinci sıradadır. Meslek lisesinde çeşitli bölümlerden mezun olan öğrenciler havacılık bölümlerine yönelebilmektedir.

- Üniversitede havacılık bölümlerine yerleşen öğrencilerin çoğunun ilk tercihidir.

- Öğrencilerin önemli bir kısmı, havacılığa ilgi duymakta ve bu mesleği seçmelerinde havacılık sektöründe kariyer yapmak istemektedirler.

- Öğrenciler mesleğin taşıdığı iş avantajlarının bilincindedir. Kariyer, ücret ve kişisel gelişim gibi avantajlar öğrencileri cezbetmektedir.

- Öğrenciler mesleğin gerektirdiği bazı yeteneklere de sahip olduklarını düşünmektedir.

- Literatürde daha önce yapılan çalışmalarda görüldüğü gibi meslek seçiminde aile etmeni önemli bir aktördür. Ancak, bu araştırmada ailenin etkisi oldukça düşük çıkmıştır. Ayrıca başkalarının tavsiyelerini alma oranları da düşüktür.

- Türkiye’de havacılığın gelişimi, havacılık çalışmalarının artması, havaalanlarının açılması ile üniversitede havacılık bölümlerinin artması, öğrencilerin mesleği tercih etmelerinde ilk sırada yer almamaktadır.

Sonuç olarak öğrenciler, meslek seçiminde havacılığı tercih ederken bilinçli hareket etmişlerdir. Ülkemizde havacılık bölümlerinde üniversiteye başlamalarıyla ilgili meslek seçimini etkileyen faktörlere ilişkin bir çalışma bulunmamaktadır. Bu araştırma üniversitede havacılık bölümlerinde okumakta olan öğrencilerin meslek seçimini etkileyen faktörleri belirlemek amacı ile tanımlayıcı ve kesitsel bir çalışma olarak yapılmıştır. Araştırma sonuçlarının meslek seçimini ve üniversite tercihlerini yapacak gençler için verimli olduğu düşünülmektedir. Özellikle de

kararsız olan gençlerin meslek seçimine yönelik çalışmalara temel oluşturacağı düşünülmektedir. Havacılık mesleği bugünün popüler mesleklerinden biri olarak görülmektedir. Diğerlerine göre daha yeni olan sektörde bu çalışma, havacılığa ilişkin böyle bir araştırma literatürde bulunmamaktadır. Bu çalışmanın literatürde ilk olma özelliği önem arz etmektedir. Buna ilaveten araştırma sonuçlarının sektör paydaşları açısından da önemli bir bilgi kaynağı olacağı tahmin edilmektedir. Türkiye’de bu alanda ön lisans programı ve fakültesi olan tüm üniversitelerin öğrencilerini kapsayacak şekilde araştırmanın genişletilmesi ileri bir araştırma konusu olarak önerilebilir.

Kaynaklar

- [1] T. Sarıkaya ve L. Khorshid “Üniversite Öğrencilerinin Meslek Seçimini Etkileyen Etmenlerin İncelenmesi: Üniversite Öğrencilerinin Meslek Seçimi” Türk Eğitim Bilimleri Dergisi Bahar 2009
- [2] V. Çurğatay “Üniversite Sınavına Girecek Öğrencilerin Meslek Seçimini Etkileyen Sosyo-Kültürel Faktörler (Malatya’daki Lise Son Sınıf Öğrencileri Uygulaması)” İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2010
- [3] F. Vurucu “Meslek Lisesi Öğrencilerinin Meslek Seçimi Yeterliliği Ve Meslek Seçimini Etkileyen Faktörler” Yeditepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul 2010
- [4] N. Çelik ve U. Üzmez “Üniversite Öğrencilerinin Meslek Seçimini Etkileyen Faktörlerin Değerlendirilmesi: Çağrı Merkezleri Örneği” Elektronik Mesleki Gelişim ve Araştırma Dergisi (EJOİR) Cilt:2 Sayı:1 Mayıs 2014
- [5] H. Can, U.G. Balcı ve K. Öngel “İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Tıp Fakültesi Birinci Sınıf Öğrencilerinin Meslek Seçiminde Etkili Faktörler” Euras J Fam Med 2013
- [6] M. Pekkaya ve N. Çolak “Üniversite Öğrencilerinin Meslek Seçimini Etkileyen Faktörlerin Seçimini Etkileyen Faktörlerin Önem Derecelerinin AHP İle Belirlenmesi”

- International Journal of Social Science, Volume 6 Issue 2, p. 797-818, February 2013
- [7] Brown Duane and associates "Career Choice and Development" Jossey Bass, A Wiley Company, 989 Market Street, San Francisco, CA 94103-1741, 2002
- [8] O.O. Salami ve O.O. Salami "The Factors Determining the Choice of Career Among Secondary School Students" The International Journal Of Engineering And Science (IJES) Volume 2 ||Issue 6, 2013
- [9] A.K. Ahmed, N. Sharif ve N. Ahmad "Factors Influencing Students' Career Choices: Empirical Evidence from Business Students" IBIMA Publishing Journal of Southeast Asian Research, 2017
- [10] D. Fizer "Factors Affecting Career Choices of College Students Enrolled in Agriculture" A Research Paper Presented for the Master of Science in Agriculture and Natural Resources Degree The University of Tennessee, Martin, 2013
- [11] R. Özyürek ve M.A. Kılıç "Üniversite Öğrencilerinin Meslek Seçimi Kararlarında Kendilerine Yardım Eden Kaynakların Belirlenmesi" Türk Psikolojik Danışma ve Rehberlik Dergisi, Cilt 2, Sayı 17, 2016
- [12] H. Bozgeyikli "Meslek Kararı Verme Yetkinlik Ölçeğinin Geliştirilmesi" Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2009
- [13] S. Deniz "Bireyin Meslek Seçimini Etkileyen Kaynaklar: Yeni Teknolojilerden İnternet" Muğla Üniversitesi SBE Dergisi, Güz, Sayı 6, 2001
- [14] H.K. Paa ve E.H. McWhirter "Perceived Influences on High School Students' Current Career Expectations" The Career Development Quarterly, 49 (1), 2000
- [15] E. Sertel, H. Yıldırım ve S.Ö. Akyol "Meslek Yüksek Okulu Öğrencilerinin Okul Tercih Sebepleri ve Uyum Durumları: Sivrihisar Örneği" Ulusal Meslek Yüksekokulları Sosyal Ve Teknik Bilimler Kongresi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, 2017
- [16] G. Genç, A. Kaya ve M. Genç "İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Öğrencilerinin Meslek Seçimini Etkileyen Faktörler" İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, Güz 2007, 8(14)
- [17] K. Kiracı Kasım ve Ü. Bayrak Ümran "Sivil Havacılık Lisans Mezunlarının İstihdam ve Kariyer Durumları Üzerine Bir Araştırma" e-International Journal of Educational Research Volume: 5 Issue: 2 pp 67-88, 2014
- [18] M.H. Uncular "Havacılık Alanında İnsan Kaynağı Yetiştirme ve THY Akademisinin Uluslararası Eğitim Akreditasyonları" T.C. Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2014
- [19] K. Kiracı, Ü. Bayrak ve Y. Kurt "Türkiye'deki Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği Bölümü Öğretim Eleman ve Yardımcılarının Akademik Özgeçmişlerinin Nicel Görünümü" UHAT 2013 / II. Ulusal Havacılık Teknolojisi ve Uygulamaları Kongresi / İzmir, 2013
- [20] G. Solvoll, T. Hanssen, E.Sandberg "Importance of Aviation in Higher Education" Business School, NO-8049, Bodo, Norway
- [21] N. Karaağaçoğlu "Sivil Havacılık Alanındaki Sektör Beklentileri ve İstihdam Taleplerinin Akademik Programların Oluşturulmasında Etkisi: YÖK-SHGM Sivil Havacılık Eğitim Komisyonu Çalışmaları" T.C. Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Halkla İlişkiler ve Tanıtım Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2015
- [22] Gülten Genç, Kaya Alim ve Genç Metin "İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Öğrencilerinin Meslek Seçimini Etkileyen Faktörler" İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 8(14), 49-63, 2007
- [23] SHGM, "SHGM" <http://web.shgm.gov.tr/tr/haberler/1822-shgm-ile-yok-arasinda-isbirligi-protokolu-imzalandi> [Erişim Tarihi: 15-Temmuz-2019]



Geliş/Received : 09.10.2019 & Kabul/Accepted : 25.11.2019 & Yayınlanma/Published (online) : 25.12.2019

İnsansız Hava Aracı Kullanımından Doğan Sorumluluk

Gizem YARDIMCI 

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

Özet

İnsansız hava araçları kullanım amaçları çeşitli olan ancak kullanıcılarının ve kullanım güzergâhlarının kayıt veya kontrol altına alınması gereken hava araçlarıdır. Birçok ülkede insansız hava araçları sorumluluğu konusunda hukuki düzenlemelere gidildiği bilinmektedir. Çalışmada insansız hava aracı kullanıcılarının üçüncü kişilere yönelik doğabilecek zararlardan dolayı sorumluluğu ulusal mevzuat yönünden ele alınacak ve Amerika Birleşik Devletleri uygulamalarında özel hayatın gizliliğinin ihlali yönünden bir değerlendirme yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Araçları, İHA, sivil havacılık, sorumluluk hukuku, hava hukuku.

Liability for Unmanned Aerial Vehicle Use

Abstract

The intended use of unmanned aerial vehicles is diverse and it is necessary to register or control the users and routes of use. In many countries it is known that legal regulations have been made on the responsibility of unmanned aerial vehicles. In this study, the responsibility of unmanned aircraft users for third parties will be taken into consideration in terms of national legislation and an assessment of privacy violations will be made in terms of practices in the United States.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, UAVs, civil aviation, legal liability, air law.

1. Giriş

İnsansız Hava Araçları (İHA) kullanım amaçları çeşitli olan ancak kullanıcılarının ve kullanım güzergâhlarının kayıt veya kontrol altına alınması gereken hava araçlarıdır.

İHA'ların kişilerin mal ve can güvenliğini tehlikeye düşürecek şekilde kullanılması mümkündür. Bu amaçla birçok ülkede İHA sorumluluğu konusunda hukuki düzenlemeler

yapılmıştır. Öyle ki sorumluluğu gerektiren konular yalnızca kişilerin can ve mal güvenliği değil aynı zamanda mahremiyetlerinin, yani özel hayatın gizliliğinin korunması noktasında da ortaya çıkmıştır.

Sivil havacılık mevzuatında İHA kullanımından doğan üçüncü şahıs zararlarında sorumluluk tayinine yönelik bir düzenleme vardır. Bu

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Havacılık Uzmanı, Avukat, Gizem YARDIMCI, av.gizemyardimci@gmail.com

Alıntı/Citation : Yardımcı, G. (2019). İnsansız Hava Aracı Kullanımından Doğan Sorumluluk. Journal of Aviation, 3(2).. DOI: 10.30518/jav.631306



düzenleme 30136 sayılı Sivil Hava Araçları Üçüncü Şahıs Mali Sorumluluk Sigortası Hakkında Yönetmelik'tir. Düzenlemede mali sorumluluk konusu belirlenmiştir. Oysa üçüncü şahsın özel hayatının ihlal edilmesi, bedeni zarara uğraması ya da mülkiyet yönünden maddi veya manevi zararının doğması durumuna ilişkin bir düzenleme de yapılmalıdır.

Üçüncü kişilerin mali zararlarının doğması durumunda sivil havacılık mevzuatından faydalanılacağı açıktır. İlaveten Borçlar Kanunu hükümleri, Türk Ticaret Kanunu'nun sigortaya ilişkin hükümlerinin dikkate alınması gerekecektir. Ayrıca kişinin İHA kullanımından dolayı temel hak ve özgürlüklerinin ihlal edilmesi, bedeni bir zarara uğraması ya da kişilik haklarının ihlal edilmesi veya mülkiyet hakkının zarar görmesi durumunda Anayasa'nın ve Türk Ceza Kanunu(TCK)'nin ilgili hükümleri de dikkate alınabilir.

Çalışmanın konusu; İHA kullanıcılarının üçüncü kişilere yönelik doğabilecek zararlardan dolayı sorumluluğudur. Böyle bir değerlendirmeye ihtiyaç duyulmasının nedeni; İHA konusunun küresel olarak yeni bir alan olmasıdır. İlaveten İHA'lara ilişkin sorumluluk hukukunun gelişmekte olan bir hukuk dalı olması da çalışmamızda sorumluluk konusunun ele alınmasının bir başka nedenidir.

Çalışmada, askeri amaçla kullanılan İHA'lar ve devlet hava araçları kapsam dışında bırakılmıştır. Yalnızca barışçıl amaçlarla kullanılan ve devlet hava aracı sayılmayan İHA'lar yönünden bir değerlendirme yapılmıştır.

Askeri amaçla kullanılan İHA'lar ve devlet hava aracı sayılabilecek İHA'ların kapsam dışında bırakılmasının sebebi, söz konusu hava araçlarına ilişkin belirli ve kesin bir ayırımın olmadığı konusundaki literatür tartışmaları bir kenara bırakılırsa, böyle bir değerlendirmenin oldukça kapsamlı bir çalıştırma gerektirmesidir.

Bu amaçlarla çalışmada İHA kullanımından doğan sorumluluk kapsamında, özel hayatın gizliliğinin ihlali, İHA kullanımından doğan haksız fiil sorumluluğu ve Amerika Birleşik Devletleri

uygulamalarında bu konunun nasıl ele alındığı incelenmiştir.

2. İHA Kullanımından Doğan Sorumluluk

2.1. Özel Hayatın Gizliliğinin İhlali

Özel hayata ilişkin düzenleme Anayasamızın Temel Haklar ve Ödevler kısmının Genel Hükümler Bölümünde yer almaktadır. Kişinin özel hayatının gizliliğinin ihlal edilmemesi, bu hükümde koruma altına alınmıştır.

Anayasamızın 20. Maddesinde herkesin özel hayatına ve aile hayatına saygı gösterilmesini isteme hakkına sahip olduğu, özel hayatın ve aile hayatının gizliliğine dokunulamayacağı belirtilmektedir. Ancak söz konusu düzenlemede millî güvenlik, kamu düzeni, suç işlenmesinin önlenmesi, genel sağlık ve genel ahlâkın korunması veya başkalarının hak ve özgürlüklerinin korunması sebepleri sayılarak, bu hallerde özel hayatın gizliliğinin ancak hâkim kararı varsa sınırlandırılabilirliği belirtilmektedir. Sayılan bu hususlar, özel hayatın gizliliğine ilişkin sınırlandırmalardır.

Öte yandan TCK'nin Özel Hayata ve Hayatın Gizli Alanına Karşı Suçlar Bölümünde özel hayatın gizliliğinin ihlali bir suç olarak düzenlenmiştir. Buna göre TCK'nin 134. maddesinde kişilerin özel hayatının gizliliğini ihlal eden kimsenin bir yıldan üç yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılacağı belirtilmiştir. Ayrıca, gizliliğin görüntü veya seslerin kayda alınması suretiyle ihlal edilmesi hali, ağırlaştırıcı sebep olarak yasada belirtilmiştir.

Dolayısıyla İHA kullanımı ile kişilerin ses ve görüntü kayıtlarının alınması oldukça kolay bir faaliyet olmakla beraber, aynı zamanda TCK kapsamında bir suçtur. Öyle ki eylemin, ses ve görüntü kaydı almak suretiyle gerçekleşmesi ağırlaştırıcı bir sebep olarak belirtilmiştir. Bu halde İHA aracılığıyla bir kimsenin ses ve görüntü kaydını alan kişi cezai olarak sorumlu tutulacaktır. Böyle bir durumda İHA veya İHA sistemlerinin sahibi gerçek veya tüzel kişi, yani İHA işleticisi değil, ses ve görüntü kaydını gerçekleştiren kişi sorumlu olacaktır. Eğer kayıt işlemini gerçekleştiren kişi aynı zamanda İHA işleticisiyse,

bu kişi de cezai olarak sorumluluktan kurtulamayacaktır.

TCK'nin Özel Hayata ve Hayatın Gizli Alanına Karşı Suçlar Bölümünde kişisel verilerin kaydedilmesi de ayrıca bir suç olarak düzenlenmektedir. Buna göre, hukuka aykırı olarak kişisel verileri kaydedilmesi durumunda hapis cezası öngörülmüştür.

Ayrıca Anayasamızın 20. maddesi kapsamında, herkesin kendisiyle ilgili kişisel verilerin korunmasını isteme hakkına sahip olduğu belirtilmiştir. Kişisel Verilerin Korunması Kanunu'nda "kişisel veri" tanımlanmaktadır. Buna göre; kimliği belirli veya belirlenebilir gerçek kişiye ilişkin her türlü bilgi kişisel veri sayılmaktadır. Dolayısıyla İHA aracılığıyla ses ve görüntü alınması kişisel verilerin kaydedilmesi sayılabilecektir.

2.2. İHA kullanımından doğan haksız fiil sorumluluğu

2.2.1. Haksız Fiil Sorumluluğu

Haksız fiil sorumluluğu genel davranış kurallarına aykırılık durumunda söz konusu olmaktadır [1]. Sivil hava araçları ile üçüncü şahıslara zarar verilmesi, şüphesiz ki haksız fiil olarak tanımlanabilecek bir eylemdir.

Borçlar Kanununun 49. maddesinde belirtildiği üzere, hukuka aykırı kusurlu bir fiille başkasına zarar veren kişi bu zararı tazmine mecburdur [2]. Bu durumda haksız fiil sorumluluğu, tazminat borcunun da kaynağını oluşturan bir kavramdır [3].

Haksız fiil sorumluluğunun düzenlenmesinde dikkate alınan bazı yaklaşımlar vardır. Sorumluluğun dayandığı esas açısından; kusur esas, sebebiyet verme esas, tehlike esas, hâkimiyet ve yararlanma alanı esas, hakkaniyet esas ve fedakârlığın denkleştirilmesi esas dikkate alınmaktadır [1].

Kusur esas; kişinin kınanmayı gerektiren bir davranışta bulunması sonucunda ortaya çıkan zararın tazmininde dikkate alınmaktadır[1]. Eğer kişinin bir kusuru varsa, kusurlu davranışıyla

vermiş olduğu zarardan dolayı sorumlu tutulmaktadır. Bu yaklaşıma göre, sorumluluk için kusurun aranması hem adil hem de ahlaki bir ihtiyaçtır.

Bir şahsın kusuru olmaksızın bir başkasına zarar vermesi halinde, mağdurun bu zarara katlanmasını beklemek adalete aykırıdır[1]. Bu nedenle, sebebiyet verme esasına dayanan yaklaşıma göre, bir kişi kusurlu olsun veya olmasın bir başkasına kendi davranışlarıyla zarar vermişse bu zararı tazmin etmekle yükümlüdür.

Tehlike esası yaklaşımı, özellikle günümüzde bazı faaliyetlerin gereği olarak büyük ve önemli tehlike altında bulunan kişilerin, zarara uğramaları halinde bu zararın tazminine dayanmaktadır. Tehlike sorumluluğunda bir kişinin sorumlu tutulabilmesi için kusurlu olması yahut özen yükümüne aykırı davranmaksızın özel bir tehlike oluşturması yeterlidir [4]. Bu kapsamda, örneğin motorlu taşıtların işletilmesi tehlike esasına dayanan bir sorumluluğu gerektirmektedir. Zira araç işleticisi aracını trafiğe çıkardığında kusuru olsun veya olmasın doğacak sorumlulukları kabul etmektedir. Öte yandan bir uçağın kullanılması da tehlike sorumluluğu esasına dayandırılmaktadır [1].

Türk Hukuku'nda özel kanunlar ile düzenlenmiş tehlike esasına dayanan sorumlulukların tipik örnekleri:

- Motorlu (kara) araçları işletenlerin hukuki sorumluluğu (2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu)
- Sivil hava araçlarını işletenlerin hukuki sorumluluğu (2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu)
- Petrol hakkı sahiplerinin sorumluluğu (6326 sayılı Petrol Kanunu)
- Devletin manevra ve atışlar dolayısıyla ortaya çıkan zararlardan sorumluluğu oluşturmaktadır [5].

Hâkimiyet ve yararlanma alanı esas gereğince, bir kimse hâkimiyeti alanındaki şahıslardan veya mallardan yararlanırken, bunların yol açtığı hasarları da yüklenmesi gerekmektedir. Yani, bir kişinin hâkimiyet alanındaki kişi veya şey, bir

başkasına zarar vermişse sorumluluk hâkimiyet sahibindedir [4].

Hakkaniyet esası, kusursuz sorumlulukların hepsinde şüphesiz kabul edilmiş olan bir yaklaşımdır. Hakkaniyet esasında, kişinin kusursuz sorumluluğunu gerektiren bir neden olmasa dahi, takdir yetkisine dayanılarak hâkim tarafından hakkaniyet gerekiyorsa sorumluluk kabul edilmektedir [1].

Fedakârlığın denkleştirilmesi esası ise, bazı durumlarda zarar veren davranışın herhangi bir hukuka aykırılıktan kaynaklanmasa da mağdurun zararının tazmin edilmesi amacını taşımaktadır. Böyle bir durumda aslında, haksız bir fiil değil hukuka aykırı bir durum vardır. Zira haksız fiilin unsurları bu yaklaşımda tamamen sağlanmamaktadır. Dolayısıyla bu durumda fedakârlıkta bulunan kişinin zararı karşılanmakta, onun katlandığı ekonomik kayıp, para ödenmek suretiyle denkleştirilmektedir [6].

İHA kazaları işleticilerin sorumluluklarını doğuran fiillerdir. Bunlardan bazıları önemli derecede zarara neden olurken, bazıları yalnızca emniyetin tehlikeye atılmasına sebep olmaktadır. Bir İHA ile üçüncü kişilere fiziksel zarar verilmesi mümkün olduğu gibi, İHA'ların başka hava araçlarına çarparak ya da diğer hava araçlarının emniyet ve güvenliğini tehlikeye atabilecek faaliyetlerde bulunması söz konusu olabilir.

Birçok ülkeden İHA kazalarına ilişkin çeşitli olaylar havacılık otoritelerine raporlanmakta, hatta bu olaylardan bazıları yargıya taşınmaktadır [7]. Örneğin; havalimanlarına yakın bölgelerde İHA'ların faaliyet göstermesi durumları veya İHA müdahalesi ya da teması nedeniyle inişe geçen bir uçakta başlayan yangın gibi önemli emniyet sorunları söz konusu olabilmektedir.

Öte yandan İHA'ların kamu kuruluşu binalarına çarpması ya da düşmesi gibi olaylar nedeniyle doğabilecek zararlar ve festival, müsabaka, miting gibi kalabalık alanlarda faaliyet gösteren İHA'ların katılımcıların üstüne düşmesi veya onların can güvenliklerini tehlikeye atabilecek faaliyetlerde bulunması da sorumluluk gerektiren olaylardır.

Örneğin, Kaliforniya'da sokaktaki bir bebek arabası içerisindeki 11 aylık bebeğin üzerine düşen İHA, bebeğin yaralanmasına neden olmuştur. Böyle bir olayda kamusal alanda İHA kullanımı hususunda yeni önlemlerin alınması ve kamu emniyetini sağlamaya yönelik düzenlemelerin getirilmesi gerektiği önerilmektedir [8].

Öte yandan güvenlik önlemlerinin yüksek olduğu kamu kurum ve kuruluşlarının civarından İHA uçurulması önemli güvenlik sorunlara neden olabilir. Söz konusu araçların ilgili kurumların uzağında uçurulsa dahi hava koşulları ve rüzgârın etkisiyle kontrolden çıkması da olası bir senaryodur.

Elçilik binalarına yakın yerlerde uçurulan İHA'ların uluslararası devletler genel hukukunun kurallarını gerektirecek durumlara neden olabileceği de vurgulanmalıdır. Ayrıca denizde, bahçede veya bir kamu kurumunun çatısına düşürülen sahipsiz bir İHA'nın bulunması ve sahibinin aracı kayıt ettirmemesi nedeniyle araçla ilgili herhangi bir işlem yapılamaması bir başka senaryo olarak görünmektedir.

Mevzuatımıza göre İHA'ların uçuş yapımları için havaalanı, heliport ya da hava parkı gerekliliği bulunmamaktadır [9]. Ayrıca bir İHA uçuşunun havaalanında gerçekleşmesi durumunda, uçuş operasyonunu yöneten kişinin, söz konusu hava alanında uygulanan ilgili prosedürlere uygun olarak uçuş operasyonunu gerçekleştirmesi gerekmektedir [9]. Eğer bir İHA-3, yani azami kalkış ağırlığı 150 kg (dâhil) ve daha fazla olan İHA'lar, tarafından böyle bir uçuş operasyonu gerçekleşecekse, aracın işleticisi, hava alanında gerçekleştirilen İHA operasyonunun tüm aşamalarında oluşabilecek risklerin değerlendirilmesi ve azaltılmasını sağlamak amacıyla bir prosedür hazırlamalıdır [9]. Ayrıca risk analizi yapılmadan ve Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nden izin alınmadan havaalanında herhangi bir sınıftaki İHA ile uçuş yapılması yasaktır. Bu kapsamda irtifaya bağlı olmaksızın havalimanlarında, en yakında bulunan pistin kenarından 9 km mesafeden daha yakın sahada İHA operasyonu yürütülmesi yasaklanmaktadır [9]. İHA'ların diğer hava araçlarıyla (Örneğin; uçak, helikopter vs.)

çarpışmasından doğacak zarar ve hukuki sorumluluk, kaza inceleme araştırmalarına yönelecek bir çalışmada ele alınmasının daha uygun olduğu düşünülerek, çalışmamız kapsamında değerlendirilmemiştir.

Sonuç olarak, İHA'lar önemli bir yükseklikten düşerek hem insanlara hem de binalara veya diğer mülklere zarar verebilecek nitelikteki araçlardır. Bu kapsamda Türk Sivil Havacılık Kanunu(TSHK) ve Borçlar Kanunu kapsamında haksız fiil sorumluluğuna ilişkin incelemeler bu bölümde ele alınmıştır.

2.2.2. TSHK ve BK Kapsamında Haksız Fiil Sorumluluğu

2.2.2.1. İşleten Sorumluluğu

27/07/2017 tarihli ve 30136 sayılı Sivil Hava Araçları Üçüncü Şahıs Mali Sorumluluk Sigortası Hakkında Yönetmelik'in 5. maddesinin 1. fıkrasında bir hava aracının işletilmesinden ne anlaşılacağını belirtmiştir. Buna göre, hava aracının havada veya yerde, hareket halinde veya hareketsiz olması fark etmeksizin, bir uçuşun doğrudan amaçlarına yönelik olarak faaliyete geçirilmesi, hava aracının işletilmesi olarak kabul edilmektedir.

2920 sayılı TSHK'de ise, hava aracı işletenin sorumluluğu düzenlenmiştir. Bir hava aracı işletenin aracı, üçüncü kişilere zarar verdiği zaman söz konusu zararlardan kusursuz olarak işleten sorumlu tutulacaktır [1].

İşletenin sorumluluğu ilk olarak 1933 tarihinde Roma'da kabul edilen bir Konvansiyonda (Roma Birinci Mesuliyet Konvansiyonu) düzenlenmiştir. Ancak Konvansiyon çok az sayıda devletin onaylaması sebebiyle önemini kaybetmiştir. Bunun üzerine mesele, Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (International Civil Aviation Organization-ICAO) tarafından tekrar ele alınmış ve 1952 de Roma'da toplanan 5. Hava Hukuku Konferansı'nda Roma 2. Mesuliyet Konvansiyonu olarak anılan sözleşme kabul edilmiştir [10].

Söz konusu sözleşme "Yabancı Uçaklar Tarafından Yeryüzündeki Üçüncü Kişilere Verilen Zararlar Hakkında Sözleşme" olarak da ifade

edilmekte ve uluslararası sivil havacılık hukuku yönünden üçüncü kişilere verilen zararlarda sorumluluğun belirlenmesi bakımından önemli kabul edilmektedir. Ancak Türkiye bu Sözleşme'ye taraf ülkelerden biri değildir. Dolayısıyla çalışmamızda bu Sözleşme'nin hükümlerine yer verilmeyerek, yalnızca iç hukukumuzda üçüncü kişilere İHA aracılığıyla verilebilecek zararlardan doğacak sorumluluğun tespitine yönelik bir değerlendirme yapılması amaçlanmıştır.

TSHK'nin sorumluluğa ilişkin düzenlemeleri değerlendirilirken öncelikle İHA'yı kullanan kişilerin kimler olduğu belirlenmiş ve daha sonra sorumluluğun kapsamı ifade edilmiştir.

TSHK'nin 133. maddesine göre işleten, sivil hava aracını kendi adına bizzat kullanan veya yardımcıları marifetiyle kullanılmasını sağlayan gerçek veya tüzel kişilerdir. Bir sivil hava aracının kullanma hakkını doğrudan veya dolaylı olarak elde etmiş gerçek veya tüzel kişi seferlerin kontrolünü elinde tutmaktaysa, işleten sayılacaktır. Yani, sivil hava aracını bizzat kullanan veya yardımcıları marifetiyle kullanılmasını sağlayan gerçek veya tüzel kişiler işletendir [1]. Hava aracı maliki olarak sicile tescil edilmiş bulunan gerçek veya tüzel kişi, aksi ispat edilinceye kadar işleten sayılmaktadır.

Kanunda yer alan bu tanım, genel hatları ve özü itibarı ile Roma Sözleşmesi'nin tanımına yakın görülmele [11] birlikte, doktrinde bu düzenlemenin bazı temel hukuk kavramlarına gereken itina gösterilmeden kaleme alındığı da ifade edilmektedir [12].

Bazı yazarlara göre, işleten tanımının "Bir uçağı kendi adına bizzat veya adamları marifeti ile kullanan kişi işletendir." şeklinde yapılması önerilmektedir [12]. Bu tanıma göre, bir gerçek ya da tüzel kişinin işleten olabilmesi için, öncelikle bir sivil hava aracı söz konusu olmalıdır.

Devlet hava araçları için işleten ifadesi söz konusu değildir. Gerçek ya da tüzel kişi hava araçlarını bizzat veya yardımcıları vasıtasıyla kendi adına kullanılmalıdır. "Kullanma" ile ifade edilen şey, hava aracının yalnızca havada uçurulması değildir. Sivil hava aracını kullanma hakkı

(doğrudan veya dolaylı olarak), araç başkasına devredilmiş ya da aracın başkası tarafından kullanılmasına müsaade edilmişse seferlerin kontrolünün ilgili olan (kullanma haklarını devreden) gerçek ya da tüzel kişide olması demektir.

Hava aracı maliki olarak sicile tescil edilmiş kimse de aksi ispat edilmedikçe işleyen sayılmaktadır. İşleten, hava aracının maliki olmasa da işletenin tayininde kendi adına kullanma, yani teşebbüs unsurundan veya seferlerin kontrolünün elde bulundurulması esasından hareket edilmiştir [10].

Sivil hava aracının mülkiyeti muhafaza kaydıyla satımında, alıcı hava aracını fiilen teslim aldığı andan itibaren işleten sıfatını kazanmaktadır [13]. Burada önemli olan işletme faaliyetinin ekonomik sonuçlarının işletene ait olduğudur. TSHK'nin 133. maddesinde Roma Sözleşmesi'ne uygun olarak işleten sıfatının tayininde mülkiyet ögesine yer verilmemiş, yalnızca teşebbüs ögesine yer verilmiştir [11]. Uçağı ticari amaçla, kar ve zararı kendisine ait olmak üzere kullanan kişi, söz konusu girişimin karşılığı olarak bir sorumluluğa tabi tutulmuş sayılmaktadır [12].

Dolayısıyla, TSHK'de işleteni belirleme kriterleri; TSHK ile getirilen “kendi adına kullanma” ve “seferlerin kontrolünü elinde tutma”dır.

TSHK 138. maddesi ile Türk Hava Sahasında uçuş yapacak Türk ve yabancı sivil hava araçlarının üçüncü kişilere verecekleri zararların tazminini güvence altına almak için işleten tarafından mali mesuliyet sigortası yapma zorunluluğu getirilmiştir. Sigorta şartları ise yine TSHK'nin 140. maddesi kapsamında ilgili Bakanlıklarca tespit edilecektir. Bu düzenlemeye ilave olarak 30136 sayılı Sivil Hava Araçları Üçüncü Şahıs Mali Sorumluluk Sigortası Hakkında Yönetmelik kapsamında düzenlenen “Sorumluluk ve Sigorta” başlığında tüm İHA ve sistemlerinin işleticilerinin/sahiplerinin üçüncü şahıslara verecekleri zararlardan sorumlu tutulduğu görülmektedir. Dolayısıyla işleten yardımcılara ilişkin sorumluluk detayı bu hükümde belirtilmemiştir. Ancak işleten

yardımcılarının sorumlu tutulamayacağı hususunda bir düzenleme de Yönetmelik'te yer alamamıştır.

27/07/2017 tarihli ve 30136 sayılı Sivil Hava Araçları Üçüncü Şahıs Mali Sorumluluk Sigortası Hakkında Yönetmelik'in 5. maddesinin 1. fıkrasında hava aracının işletilmesinden ne anlaşılacağı belirtilmiştir. Buna göre, hava aracının havada veya yerde, hareket halinde veya hareketsiz olması fark etmeksizin, bir uçuşun doğrudan amaçlarına yönelik olarak faaliyete geçirilmesi, hava aracının işletilmesi olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla sivil hava araçlarının havada veya yerde olmaları fark etmeden uçuşun doğrudan amaçlarına yönelik faaliyete geçirilmeleri hava aracının işletilmesi sayılmakta ve işleten sorumluluğunu doğurmaktadır.

TSHK'de zarar kavramı tanımlanmamış ve sınırlandırılmamış olsa da işleten yönünden zarar unsurunun bir özelliği yoktur [11]. Herhangi bir haksız fiilde şahsa verilen zarar, mala verilen zarar veya diğer zararlar türünden değerlendirmeler yapılmaktadır. Ancak işleten sorumluluğunda zararın çeşidi ve verilmiş şekli önemli değildir. Bu kapsamda, zararın çeşidi, zararın hesaplanması Borçlar Hukuku Genel Hükümler kapsamında tanımlanabilecektir [13].

TSHK işletenin sorumluluğunda herhangi bir sınır öngörmeyerek, sınırsız sorumluluk esasını kabul etmiştir. İşleten davacının ispat ettiği zararın tamamından sorumlu olacak ve haczi kabil olmayan malları hariç- aleyhine, tüm malvarlığı üzerinden cebri icra takibi yapılabilecektir [12].

TSHK'nin 135. maddesi hükmüne göre sivil hava aracının işleten rızası dışında kullanılması halinde işleten, hava aracının bu tür kullanımında bir kusuru bulunmadığını ispat edemezse, uçağı kullanan ile birlikte müteselsil olarak sorumlu tutulacaktır. Dolayısıyla işletenin rızası olmaksızın kullanım iki şekilde gerçekleşebilmektedir, ya uçağın seferlerini kontrol etme hakkına sahip olan kişinin rızası olmaksızın sivil hava aracının kullanılması ya da sivil hava aracının onu kullanma hakkı olan kişinin elinden hukuka aykırı bir şekilde alınarak kullanılmasıdır. Bu durumda işletenin rızası olmaksızın kullanım ortaya çıkacaktır.

TSHK’de işleten sorumluluğu yasanın İkinci Bölüm’ünde “Üçüncü Kişilere Karşı Sorumluluk” başlığı ile düzenlenmiştir. Buradaki düzenlemeye göre, olayın TSHK kapsamında sayılması için zarara uğrayanın muhakkak üçüncü kişi olması gerekmektedir. Aksi takdirde konu TSHK'nin kapsamı dışında kalmaktadır. Zarar gören kişinin işletenlerden biriyle dahi arasında bir sözleşme ilişkisi varsa (özellikle hizmet sözleşmesi gibi), bu hükümlerine dayandırılması durumunda

uyuşmazlık yine TSHK 136. maddede düzenlenen “Müteselsil sorumluluk” kapsamında değerlendirmelidir. Zarar gören ile hava aracını işletenlerin her biri arasında bir sözleşme ilişkisi varsa, sözleşme ilişkisine dayandırılarak zarar talep edilmesi TSHK kapsamı dışında bir konudur. Ancak işletenlere haksız fiil kapsamında bir dava açılırsa, uyuşmazlık TSHK’de düzenlenen sorumluluk kapsamında değerlendirilmelidir.

Zarar görenin işletenlerden birine karşı haksız fiil nedeniyle, diğerlerine karşı sözleşme hükümlerine dayanarak dava açması durumunda, birinci durum TSHK kapsamında değerlendirilirken, ikinci durum sözleşme ilişkisi çerçevesinde çözümlenmelidir.

Öte yandan üçüncü şahsın kusuru zararlı sonucun asıl sebebi olsa bile, işletenin sorumluluktan kurtulamayacağı ifade edilmektedir [11]. Sivil hava aracının izinsiz kullanılmasında işletenin sorumluluğu değerlendirilirken üçüncü kişinin kendi davranışları ile zarara neden olabilme durumu sınırlı bir şekilde dikkate alınmaktadır. Yani, işleten sivil hava aracının izinsiz kullanılmasında bir kusuru bulunmadığını ispat ettiği takdirde sorumluluktan kurtulmaktadır. Ancak işletenin kusuru olmaksızın sivil hava aracının izinsiz kullanılması halinde doğacak zarardan sorumlu tutulmayacağına ilişkin düzenlemeden başka, üçüncü şahsın davranışları nedeniyle işleten sorumluluğunun etkilendiği bir başka durum söz konusu değildir.

Ayrıca zararın sivil hava aracının işletilmesi sırasında verilmiş bir zarar olması gerekmektedir. Yoksa TSHK hükümleri uygulanamayacaktır. Sorumlu kişinin belirlenmesi bakımından ise,

işletene karşı artık üçüncü kişi sıfatına sahip olamayacaktır. Dolayısıyla da “üçüncü kişilere karşı sorumluluk” hükümleri işletilemeyecektir.

Bu durumda yolcu ile hava aracını işleten arasındaki ilişki neticesinde doğacak zarar konusunda, “Üçüncü Kişilere Karşı Sorumluluk” hükümleri söz konusu olamayacaktır. Ancak davanın haksız fiil

TSHK 133. madde hükümleri kapsamında önce işletenlik sıfatının belirlenmesi gerekecektir.

Sonuç olarak; sivil hava aracı işletenin sorumluluğu, hukukumuzda mevcut olan en ağır tehlike sorumluluğu olduğunu kabul etmek yerinde olacaktır [11].

İşleten aleyhine açılacak davalarda davacı sıfatı zarar gören veya onun yakınlarına ait olacaktır. Husumetin yöneltmesinde, TSHK'nin koyduğu karinelere dayanarak yararlanmak mümkündür. Davalı ise, işletendir. İşleten ise TSHK’nin 133. maddesinde belirtilmiştir. Dolayısıyla davalı; sivil hava aracını kendi adına bizzat kullanan kişi, bu kişinin yardımcıları veya aksi ispat edilmediği sürece hava aracının sahibi olan kişidir. Yani, davanın işletenin yardımcılarını aleyhine açılması veya bu kişilerin işleten ile birlikte davalı olarak gösterilmeleri mümkündür. Ancak bu kişilerin TSHK’de öngörülen karineleri çürütmek şartıyla davanın husumet bakımından reddini sağlayabilmesi de mümkündür [12].

Dolayısıyla kusursuz sorumluluk kuralı uyarınca, ispat külfeti davalıdadır. Davacı ise, zararını ve zararına neden olan olay arasındaki illiyet bağına ispatlamalıdır. İşleten ise, sorumluluktan kurtulmak için yukarıda belirttiğimiz esaslar kapsamında ispat yükünü yerine getirmek ile yükümlüdür [12].

İşleten aleyhine açılacak tazminat davasının tâbi olacağı zamanaşımı hakkında TSK’de herhangi bir özel hüküm yoktur. Bu bakımdan Borçlar Kanununun genel hükümleri geçerli olacaktır.

2.2.2.2. Diğer Kişilerin Sorumluluğu

Bir hava aracının işletenin rızası dışında başka bir şahıs tarafından kullanılması işleten sıfatını ortadan kaldırmamaktadır. Nitekim bu konudaki düzenleme TSHK'nin 135. maddesinden anlaşılmaktadır. TSHK'nin 133. maddesinde yer alan "işleten yardımcıları" ifadesinden anlaşılması gerekirse, işletenin kendi adına olmak üzere, aracın kullanılmasını tevdi ettiği bütün kişilerdir [10].

Bu bahisle, pilot, kabin memuru, ilgili mühendis gibi hava aracının kullanılmasına katkıda bulunan personel, işleten yardımcısı olarak sayılmaktadır [11]. Aracın hava trafiğine çıkıp çıkmamasını, trafikte kalıp kalmamasını, nasıl ve ne amaçla kullanılacağını belirleyen, yardımcı şahısları seçen, onları gözetip, denetleyen ve talimat veren kişilerin ise işleten sıfatıyla sorumlu olabilecekleri belirtilmektedir [11].

Dolayısıyla TSHK'nin 134. maddesinde üçüncü şahıslara verilecek zarardan işletenin sorumlu olduğu ifade edilmekte ve yukarıda da belirtildiği üzere, haksız fiil sorumluluğunun doğal bir sonucu olarak işleten yardımcılarının da sorumluluklarının bulunduğu Borçlar Kanunu'ndaki genel kural gereğince kabul edilmektedir [11].

Böyle bir durumda işleten, kendisinin veya istihdam ettiği kişilerin kusursuzluğunu ispat etmek suretiyle sorumluluktan kurtulamayacaktır [1]. Ancak TSHK'nin 137. maddesi dikkate alındığında, zararın doğmasına veya artmasına zarara uğrayanın veya adamlarının kusurlu davranışlarının yol açtığı ispat edilirse sorumluluktan kurtulmak mümkün olacaktır. Ancak yine de işleten sorumluluktan tamamen kurtulamamaktadır. Böyle bir durumda işleten, zararın doğmasına veya artmasına, zarara uğrayanın veya adamlarının kusurlu davranışlarının yol açtığını ispat edebilirse tazminat borcundan tamamen veya kısmen kurtulacaktır.

İşletenin aracını bakım, onarım gibi amaçlarla bir başkasına devretmesi durumunda ortaya çıkabilecek zararlardan dolayı sorumluluğu, aracın maliki olması nedeniyle vardır. Aracı devrettiği kişi ise diğer sivil hava araçlarından farklı olarak

İHA'lar ile "sefere çıkma" ihtimali olan, yani uçuş faaliyeti gerçekleştirebilen kişiler olacaktır. Tamir ve bakım amacıyla hava aracını elinde bulunduran kişi işleten sayılmayacaktır, ancak bu kişi İHA kullanımından doğacak üçüncü kişilerin zararından sorumlu olabilecektir [13].

Bu kapsamda, işleten ve işleten yardımcıları arasında hizmet sözleşmesine dayanan bir ilişki vardır. Ancak işleten, yardımcı şahıs ile arasında geçerli bir sözleşme olmasa dahi yardımcı şahsın hizmetlerinden faydalanırken üçüncü şahıslara zarar verilmesi halinde sorumlu tutulmaktadır. Yardımcı şahsın hizmetinin devamlı olması ya da geçici olması, çalışmasının karşılığında bir ücret alması ya da almaması işletenin sorumluluğunu etkilememektedir. Zira işletenin sorumluluğu, yardımcı şahıs çalıştırmanın sorumluluğuna göre daha geniş bir sorumluluktur. Çünkü işverenin yardımcı şahsın fiilinden sorumlu tutulabilmesi için işin görülmesi sırasında ve hizmet nedeniyle bir haksız fiilin ortaya çıkması gerekmektedir.

Oysa işleten yardımcıları sivil hava aracını hizmetle ilgisi olmayan bir iş için kullansa veya işletenin haberi olmaksızın faaliyette bulursa ya da işleten tarafından verilen talimatın sınırlarını aşarak uçuş faaliyeti gösterse bile üçüncü şahıslara zarar verilmesi halinde işleten sorumlu olacaktır. Yani, yardımcı şahısların hava aracını hizmetle ilgisi olmayan bir işte kullanmaları işletenin sorumluluğunu ortadan kaldırmayacaktır. Çünkü işleten hava aracının kullanılmasından ve yardımcılarının fiillerinden dolayı üçüncü şahıslara karşı TSHK kapsamında sorumludur. Ayrıca Borçlar Kanunu'nda yer alan yardımcı şahıs çalıştırma sorumluluğuna ilişkin hükümler de genel norm olarak kabul edilmelidir. Yani, TSHK'de yer alan işleten sorumluluğu düzenlemesi bu konudaki temel normdur. Borçlar Kanunu'nda belirtilen yardımcı şahıs çalıştırma sorumluluğu hükmü de tamamlayıcı bir hüküm olarak değerlendirilmelidir [13].

Yardımcı şahıs olarak çalışanlara karşı Borçlar Hukukunun genel hükümleri gereğince dava açılarak, tazminat talep edilmesi mümkündür. TSHK'nin 134. maddesinde ise, zarardan işletenin

sorumlu olduğu ifade etmekte, haksız fiil sorumluluğunun gereği olarak, işletenin zarara neden olan adamlarının da sorumlu olduklarını kabul etmemiz gerekmektedir. Kanunda işleten yardımcılarının sorumluluğuna dair özel bir hüküm yoktur. Bu durumda işleten yardımcılarını aleyhine gene hükümlere dayanılarak dava açılabilmesi mümkündür [12].

TSHK'nın 134. maddesi, doktrinde yetersiz bir düzenleme olarak görülerek eleştirilmiştir [13]. İlgili hüküm kapsamında hava araçları ve uçakların yerdeyken neden olabilecek zararlar ile uçaklardan düşecek cisimlerin yol açacağı zararlar bakımından bir çözüm getirilmediği ileri sürülmüştür.

Birden fazla İHA'nın birlikte zarara karışması durumu TSHK'nın 136. Maddesinde yer alan "müteselsil sorumluluk" dikkate alınmalıdır. 136. Maddenin Roma Sözleşmesi'nin 7. maddesi hükmünden alındığı da belirtilmektedir [12]. Roma Sözleşmesi'nde yer alan hükme göre, iki veya daha fazla sivil hava aracının birlikte sebebiyet verdikleri zararlarda, her hava aracının işleteni, müteselsilen sorumlu tutulmaktadır. Aynı hükme göre, zarar, birden fazla hava aracı arasındaki bir çarpışma veya hareketleriyle diğerini zorlamaları sonucunda meydana gelirse, her bir hava aracı başlı başına zarar vermiş gibi kabul edilerek bunlardan her birinin anlaşma şartları ve sınırları içerisinde sorumluluğu söz konusu olacaktır. Burada sözü edilen, birden çok işletenin birbirlerine verdikleri zarardan değil, üçüncü kişilere verdikleri zarardan sorumlu olmalarıdır [13].

TSHK'nın 136. maddesinde ise, iki veya daha fazla sivil hava aracının birlikte sebebiyet verdikleri zararlarda, her hava aracının işletenin, müteselsilen sorumlu olacağı belirtilmektedir. 136. Madde hükmü, sorumluluk konusunda ve teselsül kuralı açısından değer taşımaktadır. Ancak yine de sorumluluğun tayini ve hak sahibinin tespiti yönünden 134. maddeye başvurmak gerekecektir.

Kazanın ya da emniyetsiz bir durumun meydana gelmesinde üründen kaynaklanan zararlar söz konusu ise, bu da işletenin sorumluluğunu kaldıran ya da azaltan nedenler arasında sayılabilecektir.

2.2.2.3. Üreticinin Sorumluluğu

İHA üretimden kaynaklanan bir hata nedeniyle üçüncü şahsın zararının doğması durumunda sorumluluğun tayin edilmesi bir diğer önemli konudur. Üretimden kaynaklanan bir hata ya da ihmalde hava aracının kullanımı konusunda önemli riskler olduğu açıktır. Böyle bir durumda ürün hatası bulunan hava aracını satın alan fakat henüz bir zarara uğramamış kişiler yönünden de maddi sonuçlar doğurabilecek davalar gündeme gelir. Bu durum üretici şirketler için de önemli derecede ekonomik risk olarak değerlendirilmektedir [14]. Yani kaza veya emniyetsiz durum üreticinin sorumluluğundan kaynaklanıyorsa, söz konusu aracı satın alan diğer kişilerin ekonomik zarara uğramaları söz konusu olabilir. Aracın üretiminde bir hata veya ihmal varsa, bu durumun Mahkeme tarafından tespit edilmesi halinde aracı satın alan diğer tüketicilerin mallarının değer kaybına uğrayacağı açıktır. Tüketiciler, üretim hatası bulunan bir aracı satın aldıkları fiyat üzerinden artık satamayacak ya da devredemeyeceklerdir. Dolayısıyla bu kişilerin mallarında değer kaybı söz konusu olacaktır. Bu noktada, kazaya karışan araçla aynı özellikte olan aracı satın alan diğer tüketiciler olayın mağduru değildirler, fakat bu kişiler de zarara uğraması muhtemel olan kişilerdir. Örneğin, İHA kullanımından kaynaklanan kaza nedeniyle bir kişinin hayatını kaybetmesi durumunda, İHA endüstrisinin önemli derecede ekonomik kayba uğrayacağı açıktır. Çünkü zarara uğrayan kişi veya bu kişilerin yakınları dava açmak yoluyla söz konusu üretici firma ya da işletenler tarafından zararın tazmin edilmesini talep edeceklerdir. Böyle bir durumda üretici firmadan kaynaklanan bir ürün sorumluluğunun da söz konusu olduğu saptanırsa, üretici firmanın çalışmalarını yürüttüğü sektörün dışına itilmesine varacak derecede ciddi ekonomik sorunların doğabileceği kabul edilmelidir.

İHA kazalarının yaygın nedenleri değerlendirilirken de üretimden kaynaklanan kaza ve zarar konusu "ürün sorumluluğu" kapsamında incelenmektedir [14]. Ürün sorumluluğu, kişilerin haklı güvenlik beklentisini sağlamayan ürünü piyasaya süren üreticinin, ürünün kişi varlığında veya diğer mallarda meydana getirdiği zararlardan ötürü sorumlu olmasıdır [15]. Ürün sorumluluğu da

hukuki sorumluluğun üretici yönünden doğmasına neden olacak bir durumdur. Ürün sorumluluğu Borçlar Hukuku ve özelinde Tüketici Hukukunun hüküm ve ilkelerine uygun olarak incelenmelidir.

Bir İHA kazası meydana geldiğinde, kazanın ürün sorumluluğu kapsamında, ihmal, sorumluluğu, üreticinin açıkça ayıpsız mal satma yükümlülüğünü ihlal etmesi ve zımnî olarak satış yükümlülüklerini yerine getirmemesi görüşleriyle karşımıza çıkması muhtemeldir.

Dolayısıyla İHA üreticileri, ürünlerini tasarlarken büyük bir ürün sorumluluğunu da üzerlerine almaktadır. Ürün tasarımından dolayı kaza meydana gelmesi durumunda İHA şirketlerinin yöneticileri bakımından ürün sorumluluğu kaçınılmazdır. İHA endüstrisinin ürün sorumluluğu kapsamında dikkate alınması gereken riskler, insanlara verilebilecek zarar ve önemli derecede ekonomik kayıptır [14].

Sigorta hukuku, sorumluluk hukuku ve tüketici hukukunun gelişmiş olduğu Amerikan Hukuk Sistemi'nde İHA'ların bir şekilde üçüncü kişilere zarar vermesi durumunda öncelikle ürün sorumluluğu yönünden bir değerlendirme yapılması gereği ortaya konulmuştur [14]. Zira özellikle işletenin İHA'dan kaynaklanan teknik bir arıza nedeniyle zararın ortaya çıktığını iddia etmesi yaygın bir tutumdur. Böyle bir durumda ürün sorumluluğu kapsamında bir değerlendirme yapılmaktadır. Bu kazaların ürün sorumluluğu nedeniyle olabileceği ve bu sorumluluğun kapsamında ihmal ve açık ya da zımnî olarak üreticinin yükümlülüklerini ihmal edip etmediği değerlendirilmektedir.

Üçüncü kişiye zarar veren bir İHA kazası meydana geldiğinde, mağdurlar tarafından açılacak davada ürün sahibi ve diğer ilgili kişilerin de davaya taraf olması muhtemeldir. Bu durumda, kazanın meydana gelmesinde üründen kaynaklanan zararların taşıdığı risk değerlendirilmektedir.

Bir İHA kazasında ürün sorumluluğu nedeniyle üreticinin, sorumluluk çerçevesine çekilmesini talep eden üç taraf olabilmektedir. Bunlardan bir tanesi, işletendir. Yani araç sahibi

olan kişidir veya aracın üçüncü kişiye zarar vermesi esnasında aracı işleten kişidir. Öte yandan zarar gören üçüncü kişiler ve bunların yakınları da sorumluluğun belirlenmesini talep edecek kişilerdir. İHA üreticilerinin, İHA'nın teknik olarak tam ve uygun üretimini sağlamak konusunda önemli sorumlulukları vardır.

Ürün sorumluluğunun ortaya çıkması demek, bir insanın hayatını kaybetmesi, önemli derecede yaralanması veya maddi zarara uğramasına, aynı zamanda üretici şirketin önemli derecede ekonomik kayıplara uğramasına neden olabilecektir. Kazaya karışan aracın üretimindeki bir hatadan dolayı zarar meydana gelmişse, Amerikan Hukukuna göre ürün sorumluluğu davası kaçınılmazdır. Dolayısıyla İHA'nın teknik arızası, üçüncü kişiler yönünden bir risk oluşturmakla beraber, İHA endüstrisi yönünden de riskler getirmektedir. Ürün sorumluluğu davasında davacıların yükümlülükleri, üreticiye göre daha hafiftir. Yani, davacılar, kusursuz ürün sorumluluğu konusunda iddiada bulunuyorlarsa ispat yükü bu kişiler için oldukça hafiftir. Zira üretici üretmiş olduğu aracın teknik bir arızasının olmadığını ileri sürmek zorundadır. Kusursuz ürün sorumluluğu davası söz konusu olduğunda, davacılar malın üretiminden kendilerine ulaşmasına kadar sorumlu olan her bileşen için sorumluluk iddiasına bulunabilecektir.

Davacı, ürün sorumluluğuna dayanan bir dava açtığında, davalının söz konusu malı sattığını, davalının bu tarz malların satımını kendine meslek edinmiş olduğunu veya davalının işinin bir parçası olduğunu, ürünün davalı tarafından verilmesinden sonra ayıplı ve tehlikeli olduğunu ispatlamak zorundadır. İlâveten, ürünün kullanıcıya/tüketiciye önemli bir değişiklik olmadan ulaştığını, yani malı teslim alırken ayıplı olmadığını ve üçüncü kişinin zararının meydana gelmesi yönünden en yakın sebebin maldaki ayıp olduğunu da ispatlamak zorundadır. Ancak davacı, ihmal iddiasında bulunuyorsa, özen yükümlülüğünün gereği olarak emniyetli bir aracı sağlama borcu olan davalının bunu sağlamadığını, davacıyı tehlikeli bir ayıp konusunda uyarmadığını, davalının özen yükümüne açıkça aykırı davrandığını, davacının zararının en yakın nedeninin davalının idaresinden kaynaklandığını ispatlaması gerekmektedir.

Araç garantisinin bozulması durumunda ise, davalının garanti işlemini gerçekleştirdiği, satış anında ürünün garantiye uygun olmadan teslim edildiği, yani ayıplı ürünün tesliminin söz konusu olduğu, kazanın en yakın nedeninin ürünün doğasındaki ayıptan kaynaklandığı ve davacının zarara uğradığının ispatlanması gerekmektedir.

İHA'nın üretim hatasından dolayı elverişsiz olmasının neden olduğu ayıp, mekanik veya fiziksel ayıp, elektriksel sistem ayıpları veya elektriksel bileşen ayıpları ile yazılımda meydana gelen hatalardan dolayı ayıp şeklinde sınıflandırılmaktadır [14].

Ürün sorumluluğu davasında, kazanın davacının kendi ihmaliinden kaynaklandığı ileri sürülebilmektedir. Örneğin, İHA'nın manevra kabiliyetinin zorlanarak kontrolünün kaybedilmesi veya İHA'nın çarpışması nedeniyle bir kaza meydana gelmesi durumunda davacının sorumluluğu söz konusu olmaktadır. Böyle bir durum, İHA'nın donanımından kaynaklanmamaktadır.

Öte yandan, davacı İHA'nın ayıplı olduğunu biliyorsa ve aracı kullanması gereken bölgeleri ve şartları biliyor olmasına rağmen kendi isteğiyle aracı tehlikeli bir bölgede kullanıyorsa, "tahmin edilebilir risk" unsuru, davalının yapabileceği bir diğer savunma olabilmektedir. Benzer şekilde, bir İHA işleteni aracı modifiye ederse veya aracın özelliklerini kötüye kullanırsa böyle bir durumda tahmin edilebilir risk durumunun meydana geldiği davalı tarafından ileri sürülebilecektir.

Üretici firmaların en yaygın savunmalarından bir diğeri ise, üretimin son teknoloji kullanılarak yapıldığıdır. Oysa son teknoloji bir aracın üretilmesi, yaygın kullanımın olmaması nedeniyle riskli olarak değerlendirilecek ve hatta risk faktörünü önemli oranda artıracaktır.

Üreticinin sorumluluğu, zarar gören için ispat yükünün ortadan kaldırılmasını, kişilerin haklı güvenlik beklentisini sağlamayan ürünlerin alıcılara veya üçüncü kişilere verdiği zararların üreticinin

kusurundan bağımsız olarak karşılanmasını amaçlamaktadır [15].

Borçlar Kanunu'nun 71. maddesinde "Tehlike Sorumluluğu ve Denkleştirme" konusunda önemli ölçüde tehlike arz eden bir işletmenin faaliyetinden zarar doğması halinde bu zarardan işletme sahibi ve varsa işletenin müteselsilen sorumlu olacağı belirtilmektedir. Burada kastedilen "işleten", elbette hava aracı işleteni değil, hava aracının üretilmesini sağlayan işletme olarak değerlendirilmelidir. Bu durumda "önemli ölçüde tehlike arz eden işletme" ifadesinden ne anlaşılması gerektiği önemlidir. Doktrinde tartışılmakla beraber tehlikeli faaliyet konusunda belirli bir tanım mevzuatta yer almamaktadır. Ancak mevcut hukuki düzenlemelere göre üretici, tehlikeli faaliyet sürdürmese ve piyasaya sürdüğü ürün, istisnai olarak zarara sebebiyet verse de sorumlu olacaktır [15]. Bu da İHA üreticilerinin, tehlikeli üretim faaliyeti sürdürmeseler dahi, piyasaya sürdükleri ürünlerin üretimden kaynaklanan nedenlerle zarara sebebiyet vermeleri durumunda sorumluluklarının doğacağını ortaya koymaktadır.

2.2.2.4. Sorumluluğu Kaldıran veya Azaltan Nedenler

İşletenin sorumluluğunu azaltan ya da kaldıran sebepler sorumluluğun tespit edilmesinde önem taşıyan hususlardır. Yukarıda da belirtildiği üzere İHA kullanımından dolayı herhangi bir kaza veya zarar ortaya çıkması durumunda zarar gören kişilerin dava yoluna gitmesi mümkündür. Ancak bu durumda TSHK kapsamındaki hükümler ile borçlar hukuku ve tüketici hukuku kapsamında yargılamaların söz konusu olabileceği belirtilmiştir. İşletenin sorumluluğunu azaltan ya da kaldıran sebepler yukarıda belirtilen senaryolardan ayrı olarak, zarar görenin kusuru, İHA'nın işleten rızası dışında kullanımı, malikin özel durumu, mücbir sebep, illiyet bağının olmaması gibi nedenlerdir. Zarar görenin kusur durumu ve işleten ile üretici firmanın sorumlulukları değerlendirilirken dikkate alınan hususlar yukarıda belirtilmiştir.

Malikin özel durumu ile kastedilen ise, TSHK'da belirtildiği üzere hava aracı sicilinde malik olarak gözüken kişinin işleten olmadığını

ispat edememesi durumunda karine nedeniyle sorumlu tutulması ile ilişkilidir. Buna göre, araç sicilinde malik olarak görülen kişi işleten sıfatının kendisinde olmadığını ispat ederse, sorumluluktan kurtulabilecektir. Buradaki ispat külfeti, zarara neden olan İHA ile sınırlıdır. Yani yalnızca zarara sebep veren İHA yönünden malik olunmadığı ispat edilmek suretiyle sorumluluktan kurtulma imkânı doğmaktadır. Bu durumda kişinin sicilde başka araçların maliki olması, zarara neden olan olaya karışmamış olmaları kaydıyla herhangi bir sonuç doğurmayacaktır.

Mücbir sebep ise, bir başka zararı azaltan ya da kaldıran sebep olarak görülmektedir. Türk, İsviçre ve Alman Hukuk sistemlerinde mücbir sebep, sivil hava aracı işletenini sorumluluktan tamamen kurtaran bir neden olarak görülmüştür [13]. Yani işleten, İHA kullanımından doğan zararın beklenmeyen bir nedenden kaynaklandığını ileri sürerek sorumluluktan tamamen kurtulamayacaktır.

Mücbir sebep, sorumlu veya borçlunun faaliyet ve işletmesi dışında meydana gelen, genel bir davranış normunun veya borcun ihlaline, mutlak kaçınılmaz bir şekilde yol açan, öngörülmesi ve karşı konulması mümkün olmayan olağanüstü bir olaydır [16]. Mücbir sebebin işleteni sorumluluktan kurtaran bir sebep olarak kabul edilmemesi hava aracının yarattığı tehlikenin niteliği ve taraflar arasındaki menfaatler durumunun özelliği nedeniyle haklı bir gerekçeye dayanmaktadır [13].

Kural olarak mücbir sebep, sorumlu kişinin kusurunu ortadan kaldırmaktadır. Ancak doktrinde, TSHK'nin bu konuyu açıkça düzenlemediği ifade edilerek, haksız fiillerde sorumluluğun tâbi olduğu ilkelere göre yorum yapılırsa mücbir sebebin ispatı halinde işletenin sorumluluktan kurtulması gerektiğini savunulmuştur [12]. Ancak böyle bir görüşe katılmak, TSHK'nin lafzı, taraflar arasındaki menfaat dengesinin sağlanması ve tehlike sorumluluğu yaklaşımının bir gereği olarak mümkün görünmemektedir.

İlliyet bağı yönünden bir değerlendirme yapılırsa, kusursuz sorumluluk ilkesinin egemen olduğu hallerde dahi, sorumluluğa karar verebilmek

için öncelikle zarar ile zarara yol açan olay arasında uygun illiyet bağının varlığı aranmaktadır. Uygun illiyet bağı, zarar gören tarafından ispat edilmesi gereken bir durumdur. Ancak, işleten de uygun illiyet bağının bulunmadığı iddiası ile karşı delil getirmek suretiyle sorumluluktan kurtulabilecektir [12]. Tehlike sorumluluğunda sorumluluk bir işletme veya eşyaya sahip olmaya yahut bunların işletilmesine ya da kullanılmasına veya faaliyetlerine bağlanmaktadır [4].

Bir görüşe göre; tehlike sorumluluğunu düzenleyen kanunların çoğu, sorumlu kişiye, illiyet bağı kesen, zarar görenin kendi kusuru, üçüncü kişinin kusuru, mücbir sebep gibi olayların varlığını ispatlayarak sorumluluktan kurtulma imkânı tanımaktadır [11]. Bir diğer görüşe göre ise, tehlike sorumluluklarını düzenleyen özel kanunların büyük bir kısmında, illiyet bağı kesen sebeplerin varlığının ispatlanması yoluyla sorumluluktan kurtulma imkânı tanınmamaktadır [17]. Ancak TSHK sorumluluktan kurtulma imkânını sınırlı tutmuştur. TSHK'ye göre, işletenin sorumluluğunu düzenleyen 134. maddede mücbir sebep ya da üçüncü kişinin kusurunun ileri sürülmesi yoluyla işleticinin sorumluluktan kurtulabileceğine ilişkin herhangi bir düzenlemeye yer verilmemiştir. Ancak TSHK'nin 135. maddesi kapsamında, işletenin rızası olmaksızın hava aracının kullanılması durumunda, işleticinin sorumluluktan kurtulabilmesi için illiyet bağının kesildiğini ispat etmesi gerekecektir. Yani, rıza dışı kullanım konusunda işleticinin herhangi bir kusuru olmadığı ispat edildiğinde işleten ile meydana gelen zarar arasındaki illiyet bağı kesilmiş olacaktır. Yine TSHK'nin 137. maddesi kapsamında işleten, zararın doğması ya da artmasının, zarara uğrayanın veya işleten yardımcılarının kusurlu davranışları ile meydana geldiğini ispat etmesi durumunda borcundan tamamen ya da kısmen kurtulabilecektir.

2.2.2.5. Milletlerarası Özel Hukuk ve Usul Hukuku Hakkında Kanun Kapsamında Sorumluluğun Değerlendirilmesi

İşleten sorumluluğu nedeniyle açılacak davanın ulusal ya da uluslararası nitelik taşıması davanın görüleceği yetkili mahkemenin tayin edilmesi hususunda önem arz etmektedir. Bu kapsamda,

sorumluluk davasına konu edilecek haksız fiilin yabancılik unsuru taşınması halinde dikkate alınması gereken düzenleme 5718 sayılı Milletlerarası Özel Hukuk ve Usul Hukuku Hakkında Kanun(MÖHUK)'dur. Uluslararası nitelik taşımayan davalar yönünden işleyen aleyhine açılacak davalarda hangi mahkemenin yetkili olduğu konusunda TSHK'de bir düzenleme yer almamaktadır. Bu durumda 6100 sayılı Hukuk Muhakemeleri Kanunu(HMK)'nun ilgili hükümleri dikkate alınmalıdır.

Zarara neden olan haksız fiil, yabancılik unsuru taşıyorsa sorumluluğun tespiti amacıyla açılacak davada yetkili mahkemenin belirlenebilmesi için MÖHUK 34. maddesi dikkate alınmalıdır. Bu durumda haksız fiilden doğan borçlar haksız fiilin işlendiği ülke hukukuna tâbi olmalıdır. Ancak haksız fiilin işlendiği yer ile zararın meydana geldiği yerin farklı ülkelerde olması hâlinde, zararın meydana geldiği ülke hukuku uygulanmalıdır.

Haksız fiilden doğan borç ilişkisinin başka bir ülke ile daha sıkı ilişkili olması hâlinde ise bu ülkenin hukuku uygulanacaktır. Haksız fiile veya sigorta sözleşmesine uygulanan hukuk imkân veriyorsa, zarar gören, talebini doğrudan doğruya sorumlunun sigortacısına karşı ileri sürebilecektir. Ayrıca Taraflar, isterlerse haksız fiilin meydana gelmesinden sonra uygulanacak hukuku açık olarak seçebilecektir.

Öte yandan kişisel verilerin işlenmesi veya kişisel veriler hakkında bilgi alma hakkının sınırlandırılması yolu ile kişiliğin ihlâl edilmesinden doğan talepler söz konusu olduğunda zarar görenin seçimine göre zarar görenin mutad meskeni hukukunun, zarar verenin işyeri veya mutad meskeninin bulunduğu ülke hukukunun ya da zarar veren, zararın bu ülkede meydana geleceğini bilecek durumda ise zararın meydana geldiği ülke hukukunun uygulanması mümkün olabilecektir [18].

Ayrıca MÖHUK'nin 36. maddesinde imalâtçının sözleşme dışı sorumluluğu düzenlenmektedir. Yukarıda belirtilen üreticinin sorumluluğu kapsamındaki bir olayda "yabancılik" unsurunun söz konusu olması durumunda, imal

edilen şeylerin sebep olduğu zarardan doğan sorumluluğa, zarar görenin seçimine göre, zarar verenin mutad meskeni veya işyeri hukuku ya da imal edilen şeyin iktisap edildiği ülke hukuku uygulanacaktır. İktisap yeri hukukunun uygulanabilmesi için ise zarar verenin, mamulün o ülkeye rızası dışında sokulduğunu ispat edememiş olması gerekmektedir.

Haksız fiilde yabancılik unsuru bulunmuyorsa HMK'nin 16. maddesi dikkate alınarak, haksız fiilin işlendiği veya zararın meydana geldiği yahut gelme ihtimalinin bulunduğu yer ya da zarar görenin yerleşim yeri mahkemelerinden birinde davanın görülmesi amacıyla başvuruda bulunulması mümkündür.

2.3. Haksız Fiil Sorumluluğu Yönünden Uluslararası Bir Değerlendirme: Amerika Birleşik Devletleri Örneği

İHA konusunda önemli aşamalar kaydetmiş olan Amerika Birleşik Devletleri'nde İHA Hukuku oldukça gelişmiştir. Buna rağmen, hukuki düzenlemelerin sorumluluk alanında yetersiz kaldığı ifade edilmektedir. Özellikle merkezi yönetimlerin havacılık ve mahremiyet ilişkisini düzenleyen genel kurallarının olmadığı ifade edilmektedir [19].

Federal Havacılık Kurulu (*Federal Aviation Administration-FAA*)'nun İHA operasyonları konusunda rehber dokümanlar yayınlaması eleştirilmektedir. Zira FAA'in aynı zamanda özel hayatın gizliliğine saygı gösterilmesinin gereği olarak da gerekli ve yeterli dokümanları yayınlaması gerektiği ifade edilmektedir [19].

Birçok ülkeden İHA kazalarına ilişkin çeşitli olaylar havacılık otoritelerine raporlanmakta, hatta bu olaylardan bazıları yargıya taşınmaktadır [7]. Örneğin; havalimanlarına yakın bölgelerde İHA'ların faaliyet göstermesi durumları veya İHA müdahalesi/teması nedeniyle inişe geçen bir uçakta başlayan yangın gibi önemli emniyet sorunları söz konusu olabilmektedir.

Öte yandan İHA'ların kamu kuruluşu binalarına çarpması ya da düşmesi gibi olaylar nedeniyle

doğabilecek zararlar ve festival, müsabaka, miting gibi kalabalık alanlarda faaliyet gösteren İHA'ların katılımcıların üstüne düşmesi veya onların can güvenliklerini tehlikeye atabilecek faaliyetlerde bulunabilmesi de sorumluluk gerektiren olaylardır. FAA kamu işletenleri ve özel işletenleri ayırarak bunları tanımlamaktadır [20]. Oysa iç hukukumuzda kamu kurumlarına ait olan İHA'lar yetkili sayılacak bir kişinin işleten olarak kayıt sistemine kaydedilmesiyle uçuş faaliyetini gerçekleştirebilmektedir.

2.3.1. İHA Konusunda Özelleşmiş Mahkemelerin Kurulması

Modern anlamda bugünkü teknik özellikleriyle bildiğimiz İHA'ların Amerika Birleşik Devletleri tarafından Yemen Savaşı'nda ilk defa kullanıldığı ve bazı kişilerin etkisiz hale getirildiği bilinmektedir. 20 Nisan 2014 tarihinde Amerika Birleşik Devletleri Yemen'e saldırmış ve terörist bir organizasyonu hedef aldığını belirtmiştir. Bu operasyonda Amerika Birleşik Devletleri'ne karşı saldırı amaçlayan kişiler oldukları belirtilen 30 kişi öldürülmüş ve bu bilgi basınla paylaşılmıştır [21]. Saldırıda kullanılan öncelikli silahların İHA olduğu bilinmektedir. Öyle ki, bu saldırıların akabinde, Amerika Birleşik Devletleri'nde bir İHA mahkemesi kurulması yönündeki ilk tartışmalar da başlamıştır[21].

Kaliforniya'da sokaktaki bir bebek arabası içerisindeki 11 aylık bebeğin üzerine düşen İHA'nın bebeğin yaralanmasına sebep olması da bu tartışmaları daha da alevlendirmiştir. Böyle bir olayda kamusal alanda İHA kullanımı hususunda yeni önlemlerin alınması ve kamu emniyetini sağlamaya yönelik yeni düzenlemelerin getirilmesi gerektiği önerilmiştir [8]. Ancak bu önerilerin yanında caydırıcı yaptırımların getirilmesi ve hukuki süreçlerin hukuk tekniği yönünden donanımlı kişiler tarafından tamamlanması da savunulmaktadır.

Özellikle ihtisas mahkemeleri önerisi bunlardan biridir. Son yıllarda Amerika'da da tartışılan İHA İhtisas Mahkemeleri ile söz konusu sivil hava araçlarının kullanımından doğan uyuşmazlıkların çözümünde hukuk tekniğine uygun

ve çağın gereklerini gözeterek yargılama süreçlerinin takip edilmesi hedeflenmektedir [21].

İHA konusunda özelleşmiş mahkemelerin teşkili yönünde bir öneri yapılmasının nedeni, bireysel hakların ulusal güvenlik karşısında istismara uğraması endişesidir. Belirli kişiler arasında ortaya çıkan uyuşmazlıklara veya belirli türdeki uyuşmazlıklara bakmak üzere oluşturulmuş bulunan bir uzmanlık yargı yeri olan [22] ihtisas mahkemelerine İHA konusunda gelecek yıllarda ihtiyaç duyulacağı düşünülmektedir.

Amerika'da önerilen ve tartışılmaya başlanan İHA İhtisas Mahkemesi'nin bireysel haklar ve güvenlik arasındaki dengeyi sağlayabilmesi için bazı yetkilere sahip olması beklenmektedir. İhtisas mahkemeleri iç hukukumuzda var olan bir sistemdir. Ülkemizde de Hâkimler ve Savcılar Kurulu tarafından özellikle ağır cezayı gerektiren bazı suçlar ve terör suçları bakımından ihtisas mahkemeleri belirlenmektedir [23].

Kurulması önerilen İHA İhtisas Mahkemeleri yapısal olarak yeterli güce sahip olarak, idari kararların iyi niyetli gereklere uygun olarak garantiye alınmasını teşvik eden, idari yönden İHA'larla ilgili kurum ya da kuruluşlar tarafından verilmekte olan kararları gözden geçirebilme yetkisi olan bir yapı olarak ortaya konulmalıdır [21]. Ayrıca söz konusu ihtisas mahkemeleri ile vatandaş ya da yabancıların yetkilendirme işlemlerinin gözden geçirebilme yetkisine de sahip olmaları önerilmektedir.

Birçok ülkede, izin olmaksızın bilgi ya da delil toplamak üzere İHA'ların kullanılmasının yasaklanması da tartışılmaktadır [24,25]. Örneğin; Amerika'daki birçok eyalette İHA'ların kişiler hakkında delil toplamak amacıyla kullanılması yasaklanmaktadır. Ancak yalnızca istisnai hallerde İHA kullanılarak bilgi ve delil kullanılmasına imkân verilmektedir[24]. Gizlilikle ilgili risklerin yönetilmesi durumunda İHA'lar gerçek hayatta daha fazla yer alabilecektir [24]. Dolayısıyla kullanım amacı yönünden hukuka aykırı faaliyetlerde bulunması mümkün olan İHA'ların teknik özellikleri ve kullanım alanlarının iyi bilinmesi, bu alanda çalışan bilirkişilerin yetkinliği

ve tarafsızlığından şüphe edilmeyecek bir yargı sürecinin İHA kullanımı konusunda ortaya konulması önem arz etmektedir.

Bireysel haklar ve kamu güvenliği arasında dengenin kurulması amacıyla önerilen İHA İhtisas Mahkemeleri, anayasal demokrasinin sürdürülebilirliğini[21] sağlamak için idari gücün kullanılmasındaki keyfiliği tamamen ortadan kaldırma yetkisine haiz, bireysel haklar ve demokrasiyi koruyan anayasal kuruluşları desteklemelidir. Mahremiyetin bedeli karşısında teknolojinin yararlarının çoğalması ve bunların arasındaki makul dengeyi gözetmesi gereken devletin [24] de İHA konusunda uzmanlaşmış hâkimler tarafından gerçekleştirilecek yargılama süreçlerinin tesisini teşvik etmesi önem arz etmektedir. Özellikle İHA kullanımından doğacak zarar ve hak ihlallere ilişkin adil yargı süreçlerinin temin edilmesi temel hak ve özgürlüklerin korunması amacıyla elzemdir.

İHA konusunda özelleşmiş bir mahkeme ile izinsiz veya hukuka aykırı İHA kullanımı neticesinde uygulanacak yaptırımların detaylıca ortaya konulması çağın bir gereğidir. Zira daha önce de vurgulandığı üzere İHA kullanım alanı oldukça çeşitlidir ve kullanıcılar arasında olası bir hukuki çatışmanın önüne geçme üzere ilgili yetkilendirme ve düzenlemelerin yapılması önemlidir. Özellikle son yıllarda yine Amerika'da insanlar İHA'ları vurarak onları etkisiz hale getirmektedir. Öyle ki Amerika'nın Colorado eyaletinde, İHA'ların avlanabilmesinin önünün açılması dahi gündeme gelmiş ve tartışılmıştır [26]. Utah'da ise, polise başıboş/izinsiz uçurulan İHA'ların vurularak indirilmesi yetkisi verilmiştir[27].

Yakın gelecekte İHA'ların halen keşif maksadıyla kullanılmakta olan helikopterlerin yerini alacağı görüşü yaygındır [28]. İHA'lar ile gözlem, kolluk kuvvetlerinin gerçek zamanlı görüntüleri kullanarak muhtemel şüpheli durumları, kişileri veya araçları fark etmesine olanak tanıyacağı, çıplak gözle görülemeyen şeylerin görülmesini sağlayabilecek bu teknolojiler bir suç işlenmeden önce kolluk kuvvetlerini harekete geçirebileceği belirtilse de bu çalışmaların suç soruşturmasında dikkate alınan ceza hukuku

ilkelerine uygun bir şekilde yapılması gerektiği vurgulanmalıdır [29].

2.3.2. Mülkiyet Hakkının ve Mahremiyetin İhlali

İHA'ların vurularak düşürülmesi(*shot-gun*) Amerika'da hem mülkiyet hakkının korunması hem de özel hayatın gizliliği kapsamında bir yöntem olarak kendini göstermiştir. Böyle bir değerlendirme yapılırken, kişilerin ev, yapı ya da arazilerinin ne kadar yukarıdaki mesafenin mülkiyetin ihlali kapsamında değerlendirilebileceği de tartışılmıştır.

Amerika'nın Kaliforniya eyaletinde görülen bir davada İHA'ların mülkiyete izinsiz girmeleri, mülkiyet hakkını ihlal edecek faaliyetlerde kullanılmaları yasaklanırken, mülk sahibinin mülkün fiziksel olarak sona erdiği yerden itibaren havada ne kadar yükseklikte bir alana sahip olduğunun tanımlanması üzerinde durulmuştur. Bilindiği üzere tabi olduğumuz Kıta Avrupası Hukuk sisteminden farklı olarak, Amerikan Hukuk Sistemi içtihatlarla geliştirilen bir sistemdir. Bu kapsamda konuya ilişkin 1946 yılında Temyiz Mahkemesince verilmiş olan bir karar gündeme gelmiş ve söz konusu kararda mülk sahibinin mülkünün bittiği yerden ya da yer ile bağlantı kurulan yerin üzerindeki hava sahasına da sahip olduğu belirtilmiştir [30]. Örneğin; bir kadın ikamet ettiği apartmanın yirmi altıncı katındaki evinin penceresinin dışında bir İHA görerek bu olayı polise raporlamıştır [31]. Dolayısıyla özel mülkler için mülkün üzerindeki hava sahası konusunda bir karara varılırken, metropollerdeki apartmanlar açısından böyle bir karar geçerli olamayacaktır.

İHA kullanımı aracılığıyla üçüncü kişilerin özel hayatlarının gizliliğinin ihlal edilmesi de İHA kullanımının beraberinde getirdiği önemli bir hukuki çatışma olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu konuda Amerika'da görülen "*United States vs. Knotts*" davası önemli noktalara değinmiş bir karardır.

Havacılık ve mahremiyet konusunda Amerika'da genel bir düzenleme olmadığı bilinmektedir [19]. FAA tarafından, İHA'ların

operasyonel uçuşları konusunda detaylı düzenlemeler yapılmasına karşılık kişilerin özel hayatlarının gizliliğini korumaya yönelik herhangi bir düzenleme yapılmaması da eleştirilmektedir [19]. “United States vs. Knotts” davasında Mahkeme, arabayla kamuya açık bir yolda dolaşırken kimsenin özel hayatının gizliliğine saygı gösterilmesi beklentisi olmadığını belirtmekte; fakat kişilerin mülkiyet alanına giren bir aracın artık özel hayatın gizliliğini ihlal edebilecek durumda olduğunu ifade etmektedir [19]. Mahkeme ayrıca İHA’ların hareket eden hedefleri denetleyebildiği ve kamusal alanda hedeflerin izlerini sürebileceğini belirtmektedir. Özellikle İHA’lar aracılığıyla hedeflerin izi sürülebilmekte ve vücut sıcaklıkları tespit edilerek yerleri bulunabilmektedir. Federal Soruşturma Bürosu (*Federal Bureau of Investigation –FBI*)’nun da İHA konusunda bir gizlilik politikası olmaması ayrıca eleştirilere konu edilmektedir [32]. Dolayısıyla gizlilik konusunda bireysel hakları koruyacak bir politika ya da düzenlemenin olmaması İHA araçlarına karşı korunmak için bazı yeni teknolojilerin üretilmesine neden olmuştur. Örneğin, İHA karşıtı kıyafetler satın alınmaktadır. Bu kıyafetler, yüz tanımayı engelleyebilecek nitelikte olabildiği gibi, vücut ısısının dışarıdan fark edilmesini de engelleyebilen giysilerdir [33].

Sonuç olarak “United States vs. Knotts” davasında Mahkeme, İHA’ların hareket eden hedefleri denetleyebildiğini kabul ederek, kamusal alanda hedeflerin izlerini sürebileceğini belirtmiştir. Fakat bu durumun cezai soruşturma ve kovuşturma süreçlerinde ne şekilde dikkate alınacağı anlaşılamamaktadır. Zira basit bir örnek olarak; avukat ve müvekkil arasındaki mesleki ilişkinin gereği olarak; avukat ile müvekkilleri arasındaki ilişkilerin tam bir gizlilik içerisinde yürütülmesi, savunma hakkını sağlam tutulması ve avukatın meslekî sırlarının korunması temel bir ilkedir (Türk Hukuk Sitesi, t.y.). Ancak kamusal alanda bir hedefin İHA aracılığıyla takip edilmesi durumunda, bu kişinin avukatı ile görülmesi sırasında İHA aracılığıyla ses ve görüntü kaydı alınabilecektir. Elde edilen kayıtların Mahkeme nezdinde bir kanaat oluşturacağı açıktır. Ancak böyle bir uygulamanın savunma hakkının gereklerini ihlal edeceği de açıktır.

İHA-savar sistemler yakın zamanda gelişecek bir başka sektör olarak görünmektedir. Zira Amerika Birleşik Devletleri’nde son zamanlarda İHA’lara karşı kendini savunma sistemleri teknik ve yasal yönleriyle tartışılmaya başlanmıştır [34]. Kamusal alanda bir kişinin bahçesinin görüntülerinin kaydedilmesi ya da bu bölgenin fotoğrafının çekilmesi özel hayatın gizliliği olarak kabul edilirken, yukardaki örnekte olduğu gibi apartmanın 26. katında karşılaşılan bir İHA’nın kişiye verebileceği zarar, özel hayattan beklenebilecek makul bir beklenti olarak çok yakın kişisel alanın ihlalini oluşturmaktadır [35].

2.3.3. Amerika Birleşik Devletleri’ndeki İHA Düzenlemelerine Getirilen Eleştiriler

İHA konusunda yapılacak çok fazla ve çok detaylı düzenlemelerin her birinin etkililiği test edilmeden, tam olarak anlaşılmadan uygulamaya konulması eleştirilmektedir. En iyi eğitilmiş yasa yapıcılardan oluşsa da, İHA kullanımından kaynaklanan sorunların özel olarak konuşulmadığı belirtilmektedir [36].

Amerika’da İHA sektörü yaklaşımların ana sınırlandırmaları konusunda ve Amerika Birleşik Devletleri’nde İHA kullanımı konusunda federal düzenlemelerin olmadığını belirtmişlerdir [37].

Yasa yapma ve İHA’lardan teknolojik avantaj sağlamak bakımından ülkeler arasında başlayan yarışta Amerika Birleşik Devletleri’nin başı çektiği söylenebilir, yasa yapımı konusunda oldukça FAA’ye eleştiriler yöneltilmektedir. Öncelikle ticari İHA’lara ilişkin yasal düzenlemelerin ortaya konulması ve ticari faaliyetlerde bulunmalarına imkân sağlanması yönündeki desteklerin İHA’lar ile ilgili yaşanan kargaşaları desteklemek anlamına gelmeyecektir [38].

Ticari İHA’lar uçuş serbestisine sahip olmalı ama kalabalık hava sahasında insanlı hava araçlarına göre İHA operatörlerine daha fazla serbestlik tanınması mümkün olamayacaktır [38].

İHA’lar aracılığıyla soruşturma işlemleri yapılırken, suç delillerinin toplanması gibi aşamalarda özellikle olası suiistimallerin önüne

geçmek amacıyla bir kayıt sistemi geliştirilmesi gerekmektedir. Yetki verilen kişilerin ya da kurumların yasal olarak belirlenmesi, elde edilen bilgi, belge ya da dokümanlara ilişkin sistematik bir kayıt platformu ortay konması, elde edilen bilgilerin sınırlı olacağına ilişkin bir gizlilik politikası ortaya konulması önerilmektedir [39].

Öte yandan İHA'ların insansız hareket eden bir robot olarak sayılmasından hareketle, Amerika Birleşik Devletleri'nde robot hakları tartışılırken İHA'lar konusunda da öneriler ve uygulamalar değerlendirilmektedir. Bu kapsamda İnsanların mülkiyet haklarını, özel yaşamlarının gizliliğini ve diğer bireysel hak ve özgürlükleri kapsamında, robotlarla karşılaştıklarında tehdit hissettikleri öncelikli olarak bu araçlara zarar verme hakkını kendilerinde buldukları vurgulanmaktadır [40].

Dolayısıyla günümüzde robot hakları ile kastedilen şeyin, robot sahibi olan kişilerin hakları olarak anlaşıldığı ve gelecekte bu durumun değişeceği düşünülmektedir. İHA'lar yönünden de benzer durum söz konusudur. Özellikle İHA'ların vurularak düşürülmesi, her ne kadar kişi hak ve özgürlüklerin öz savunma yoluyla korunması olarak kabul edilse de, aslında İHA işletenlerine yönelik ihlal olarak da kabul edilebilecektir.

3. Sonuç

Gelişmekte olan bütün teknolojilerin hukuka uygun ve iyiniyetli kullanımı yanında, hukuka aykırı olarak kullanımı da söz konusu olmaktadır. Dolayısıyla bütün teknolojilerin karanlık bir tarafı olduğu gibi İHA'lar da bundan farklı değildir. Ancak asıl tehlike teknolojinin kendisi değil, teknolojinin nasıl kullanıldığıdır. Yeni bir teknolojinin gelişmesi aynı zamanda kamusal alanda düzenleme gerekliliklerinin tamamlanmasını da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, İHA'ların hukuka uygun ve iyi niyet kurallarına riayet edilerek kullanılmaması durumunda uygulanacak yaptırımların caydırıcı olma gereği ortaya çıkmaktadır. Özellikle kişilik haklarına yönelen hukuka aykırı fiillere karşı daha hassas olunarak, bu konudaki ceza ve yaptırımların uygulanabilir, belirli ve açık bir şekilde düzenlenmesi kanaatine varılmaktadır.

İHA'ların kullanımından doğan üçüncü şahıs zararlarının ise kaynağının doğru tespit edilmesi önem arz etmektedir. Bu kapsamda özellikle "işleten" sıfatına ilişkin doktrinde belirtilen belirsiz durumların giderilmesi gerekmektedir. İlaveten hava aracının uçuş faaliyetine katkı sunan diğer kişilerin de sorumlu olup olmayacakları açıkça belirlenmelidir.

30136 sayılı Sivil Hava Araçları Üçüncü Şahıs Mali Sorumluluk Sigortası Hakkında Yönetmelik'in gelişen İHA teknolojisi karşısında savunmasız kalan temel hak ve özgürlükler ile sorumluluk hukukunun gereklerini karşılayamadığı düşünülmektedir. Çünkü ve 30136 sayılı Sivil Hava Araçları Üçüncü Şahıs Mali Sorumluluk Sigortası Hakkında Yönetmelik'te daha önce de belirtilen bazı belirsiz düzenlemeler yer almaktadır. Böylesi belirsizliklerin sorumluluğun tespiti noktasında üçüncü şahıs koruyamayacağı, bu durumda ise zarar görenin yalnızca Borçlar Kanunu kapsamında korunabileceği açıktır. Bu nedenlerle üçüncü şahsın zararının giderilmesi ve temel hak ve özgürlüklerinin korunması yönünde yasal düzenlemelerin yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

İHA kazaları konusunda raporlama sisteminin kurularak, İHA'lara ilişkin istatistiki verilerin düzenli olarak tutulması ve bunların kamu ile paylaşılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Zira bu tür paylaşımların emniyet kültürünün gelişmesine katkı sunacağı ve konuyla ilgili bilimsel çalışma yapan kişilerin temin edebileceği resmi kaynaklar olacağına şüphe yoktur.

Sonuç olarak; İHA'lar oldukça detaylı düzenlemeler gerektiren ve gelecekte ise daha da yaygınlaşacağı düşünülen araçlardır. İHA teknolojisinin yakalanmasında ve bu teknolojiye ilişkin kayıt, takip, emniyet ve güvenlik sistemlerinin teşkil edilmesinde ülkemizin oldukça başarılı adımlar attığı bir gerçektir. Özellikle SHT-İHA, kayıt sistemi, araçların tescili ve bu işlemlerin yapıldığı birimlerin birbirleriyle koordineli çalışmaları İHA konusunda resmi altyapımızın çağa uygun ve sağlam bir şekilde kurulduğunu göstermektedir. Ancak bu çalışmaların daha da ileriye götürülebilmesi amacıyla dünyadaki İHA

çalışmalarının yakından takip edilmesi, hatta bu konuda bir araştırma ekibi kurularak kaynakların ve son gelişmelerin taranması, İHA Hukukunun ülkemizde gelişmesi amacıyla akademik yayın, İHA dergisi veya dokümanlar teşvik edilmesi önerilmektedir.

Kaynaklar

- [1] K. OĞUZMAN, T. ÖZ, Borçlar Hukuku Genel Hükümler Cilt II (12. Basım), İstanbul: Vedat Kitapçılık, 2016.
- [2] T.C. Cumhurbaşkanlığı Hukuk ve Mevzuat Genel Müdürlüğü, 6098 sayılı Borçlar Kanunu, <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/> [Erişim Tarihi: 17-Nisan-2019].
- [3] A. TUHR, “Borçlar Hukukunun Umumi Kısmı”, Yargıtay Yayınları, 1–2 (15), s. 361–377, 1983.
- [4] G. ANTALYA, “Sorumluluk Hukukunda Yeni Gelişmeler”, Marmara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Hukuk Araştırmaları Dergisi, 14(4), s. 63-83, 2004.
- [5] A. AKKAYAN-YILDIRIM, “6098 Sayılı Türk Borçlar Kanunu Düzenlemeleri Çerçevesinde Kusursuz Sorumluluğun Özel Bir Türü Olarak Tehlike Sorumluluğu”, İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Mecmuası, 70 (1), s.203-220,2012.
- [6] C. YAVUZ, Türk Borçlar Kanunu Tasarısı'na Göre "Kusursuz Sorumluluk" Halleri ve İlkeleri, Marmara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Hukuk Araştırmaları Dergisi, 14(4), s.29-61, 2008.
- [7] United States v. Knotss Davası, (t.y.). <https://www.oyez.org/cases/1982/81-1802> [Erişim Tarihi: 17-Nisan-2019].
- [8] D. VICTOR, F.A.A. Opens Inquiry After Baby Hurt in Drone Crash, NewYork Times, <https://www.nytimes.com/2015/09/23/business/drone-crash-injures-baby-highlighting-faa-concerns.html> [Erişim Tarihi: 15-Nisan-2019].
- [9] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, SHT-İHA Talimatı, <http://mevzuat.shgm.gov.tr/> [Erişim Tarihi: 17-Nisan-2019].
- [10] İ. KANER, Hava Hukuku (Gözden Geçirilmiş 2. Basım), İstanbul: Filiz Kitabevi, 2004.
- [11] A. KUTLU, “Sivil Hava Araçlarının Verdiği Zararlardan Doğan Sorumluluk (Taşıyanın ve İşletenin Sorumluluğu)” Çankaya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2008.
- [12] B. SÖZER, “Türk Sivil Havacılık Kanununun Hükümlerine Göre Taşıyan ve İşletenin Sorumluluğu”, Banka ve Ticaret Hukuku Dergisi (BATİDER), 12(4), .s. 71, 1984.
- [13] H. İŞGÜZAR, “Türk Sorumluluk Hukukuna Göre Sivil Hava Aracı İşletenin Akit Dışı Sorumluluğu”, Ankara: Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Yayınevi. 2003.
- [14] D.DULO, “Unmanned Aircraft in the National Airspace”, ABD: American Bar Association Publishing, 2015.
- [15] M. PAKSOY, G. DEMİR, “Üreticinin TBK 71 Kapsamında Sorumlu Tutulması”, İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Mecmuası, 71(2), s. 299-316, 2013.
- [16] F. EREN, Borçlar Hukuku Genel Hükümler (9. Basım) , İstanbul: Beta Yayınları, 2006.
- [17] H. TANDOĞAN, Kusura Dayanmayan Sözleşme Dışı Sorumluluk Hukuku, Ankara: Turhan Kitabevi, 1981.
- [18] T.C. Cumhurbaşkanlığı Hukuk ve Mevzuat Genel Müdürlüğü, 5718 sayılı Milletlerarası Özel Hukuk Ve Usul Hukuku Hakkında Kanun, <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr> [Erişim Tarihi: 17-Nisan-2019].
- [19] S. FISCHER, J. CARTMELL, L. FRANK, “Drones: A new Front in the Fight Between Government Interests and Privacy Concerns”, Defense Counsel Journal, 84(4), 2017.
- [20] R. THOMPSON, Domestic Drones and Privacy: A Primer, Congressional Research Service, <https://fas.org/sgp/crs/misc/R43965.pdf> [Erişim Tarihi: 09-Nisan-2019].

- [21] S.BARELA,(ED.), Legitimacy and Drones, Investigating the Legality, Morality and Efficacy of UCAVs. ABD: Ashgate Publishing Company, 2015.
- [22] S. TANRIVER, “Madencilik Alanında Bir İhtisas Mahkemesinin Oluşturulmasına Gerek Olup Olmadığı Üzerine Bazı Düşünceler”, Ankara Barosu Dergisi, 68(4), s. 199-207, 2010.
- [23] HÂKİMLER VE SAVCILAR KURULU, <http://www.hsk.gov.tr/Eklentiler/files/DUYURU.pdf> [Erişim Tarihi: 25-Nisan-2019].
- [24] D. ZOLDI, “Drones at Home: Domestic Drone Legislation-A Survey, Analysis and Framework”, University of Miami Security & Armed Conflict Review, 14, s. 48-81, 2014.
- [25] G. YARDIMCI, “İnsansız Hava Araçlarına Türk Mevzuatından Bir Bakış”, Journal of Aviation, 3 (1) , s.61-80, 2019.
- [26] E. LIMER, “How to Shoot Down a Drone”, <https://www.popularmechanics.com/flight/drones/how-to/a16756/how-to-shoot-down-a-drone/> [Erişim Tarihi: 12-Nisan-2019].
- [27] K. ATHERTON, “Utah Bill Would Let Police Shoot Down Drones”, Popular Science, <https://www.popsoci.com/utah-lawmakers-pave-way-for-legal-drone-shootdowns> [Erişim Tarihi: 12-Nisan-2019].
- [28] H. FARBER, “Eyes In The Sky: Constitutional And Regulatory Approaches To Domestic Drone Deployment”, Syracuse Law Review, 64 (1), s. 1-48, 2014.
- [29] R.BAŞTÜRK, “Kolluk Kuvvetlerinin İstihbarat Temininde Başvurabileceği İnsansız Hava Araçları (İHA) ve Bu Açıdan Uygun İHA Özelliklerinin Araştırılması”, Harp Akademileri, Stratejik Araştırmalar Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2015.
- [30] T. JONES, “International Commercial Drone Regulation and Drone Delivery Services”, ABD: Rand Corporation, 2017.
- [31] D. BEYER, D. DULO, “Risk, Product Liability Trends, Triggers and Insurance in Commercial Aerial Robots”, We Robot Conference on Legal & Policy Issues Relating to Robotics University of Miami School of Law, April 4 & 5, s.1-21, 2014.
- [32] B. BENNETT, FBI Has Been Using Drones Since 2006, Watchdog Agency Says, L.A. Times, <http://www.latimes.com/nation/nationnow/la-na-nn-fbi-using-drones-2006-20130926-story.html> [Erişim Tarihi: 02-Nisan-2019].
- [33] Stealth Wear <https://ahprojects.com/projects/stealth-wear/> [Erişim Tarihi: 22-Nisan-2019].
- [34] A. PAX, “It’s up in the air! Potential Criminal Liabilities for Drone-Associated Issues in the Great of Texas, Texas A&M Journal of Property Law, 3, s. 173-193, 2016.
- [35] B. MATTHEWS, “Potential Tort Liability for Personal Use of Drone Aircraft”, St.Mary’s Law Journal, 46(4), s. 573- 603, 2015.
- [36] J. CASH, “Droning on and on: A tort approach to Regulating Hobbyist Drones”, The University of Memphis Law Review, 46, s.696- 732, 2016.
- [37] P. HUBBARD, “Sophisticated Robots”: Balancing Liability, Regulation and Innovation, Florida Law Review, 66(5), s. 1803-1872, 2014.
- [38] N. TURZA, “Dr. Dronelove: How We Should All Learn Stop Worrying And Love Commercial Drones”, North Carolina Journal of Law & Technology, 15, s.319- 361, 2014.
- [39] B. HOFHENKE, “The Fourth Amendment In The Coming Drone Age”, Dartmouth Law Journal, 15(2), s.1-27, 2017.
- [40] A. FROOMKIN, Z. COLANGELO, “Self-Defense Against Robots and Drones” Connecticut Law Review, 48(1); University of Miami Legal Studies Research Paper No. 15-13, 2015.