



ISPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ

ULUBORLU MESLEKİ BİLİMLER DERGİSİ

(ULUBORLU JOURNAL OF VOCATIONAL SCIENCES)

<http://dergipark.gov.tr/umbd>

e-ISSN: 2651-5423



Yıl
2021

Cilt
4

Sayı
1

ULUBORLU MESLEKİ BİLİMLER DERGİSİ

(Uluborlu Journal of Vocational Sciences)

Yıl: 2021

Cilt: 4

Sayı: 1

Sahibi

Prof. Dr. İbrahim DİLER
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Sorumlu Müdür

Dr. Burhan DUMAN
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Baş Editör

Dr. Burhan DUMAN
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Editörler

Dr. Ahmet Ali SÜZEN
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Dr. Muhammed Hamdi Mücevher
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Dr. İnan GÜMÜŞ
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Editör Kurulu Sekreterleri

Osman CEYLAN
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Ahmet KÖSE
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Yazışma Adresi

Uluborlu Mesleki Bilimler Dergisi
Sekretarya Ofisi
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Uluborlu Selahattin Karasoy Meslek Yüksekokulu
Uluborlu / Isparta / Türkiye

İletişim

Tel: +90 0246 531 26 21 - 0246 531 26 22

E-mail: uluborlumesbilder@gmail.com

ULUBORLU MESLEKİ BİLİMLER DERGİSİ

(Uluborlu Journal of Vocational Sciences)

Yıl: 2021

Cilt: 4

Sayı: 1

Editör Kurulu (Editorial Board)

Dr. Ecir Uğur KÜÇÜKSİLLE, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Dr. Hilmi Cenk BAYRAKÇI, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Dr. Okan BİNGÖL, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Dr. Fatih TAYLAN, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Dr. Ramazan ŞENOL, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Dr. Kubilay TAŞDELEN, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Dr. Kıyas KAYAALP, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Dr. Burhan DUMAN, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Dr. Koray ÖZSOY, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Dr. Ahmet Ali SÜZEN, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Dr. Onur SEVLİ, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Dr. Muhammet Hamdi MÜCEVHER, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Danışma Kurulu (Advisory Board)

Dr. Fu Jianzhong Zhejiang University – China

Dr. Hans-Jörg Trnka Fusszentrum Wien – Austria

Dr. Fotis Kokkoras Technological Educational Inst. of Thessaly - Greece

Dr. Serdal TERZİ Süleyman Demirel Üniversitesi - Turkey

Dr. Kerim ÇETİNKAYA Karabük Üniversitesi - Turkey

Dr. Tuncay AYDOĞAN Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi - Turkey

Dr. Afşin GÜNGÖR Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi - Turkey

Dr. Şaban İNAM Selçuk Üniversitesi - Turkey

ULUBORLU MESLEKİ BİLİMLER DERGİSİ

(Uluborlu Journal of Vocational Sciences)

Yıl: 2021

Cilt: 4

Sayı: 1

İÇİNDEKİLER

SAYFA

Araştırma Makaleleri

ANALYSIS OF INTERACTIVE EFFECTS OF BULK MATERIAL ON EXCAVATOR BUCKET

Pınar DEMİRCIOĞLU, İsmail BOGREKCI, Salim HAMISU..... 1-12

ELEKTRONİK TİCARET VE ERGONOMİ

Hüseyin CEYLAN, Mert ERBAŞ..... 13-23

DESIGN, ANALYSIS AND TESTING OF THE TORQUE METER DEVICE

Pınar DEMİRCIOĞLU, İsmail BOGREKCI, Goktug OZER 24-31

GÜNEŞ ENERJİSİNİ TARIMSAL SULAMA VE ELEKTRİK ÜRETİMİNDE KULLANILABİLMESİ İÇİN TASARLANAN SERBEST YER DEĞİŞTİRME PİSTONLU STIRLING MOTORUNUN ISITICI ANALİZİ

Mehmet DEMİRALP..... 32-38

Derleme Makaleleri

GELENEKTEN GELECEĞE: 3B YAZICILAR İLE EHRAM KUMAŞA DESEN UYGUNMASININ İNCELENMESİ

Mehmet Asif ALAN..... 39-49



ULUBORLU MESLEKİ BİLİMLER DERGİSİ (UMBD)

Uluborlu Journal of Vocational Sciences

<http://dergipark.gov.tr/umbd>

ANALYSIS OF INTERACTIVE EFFECTS OF BULK MATERIAL ON EXCAVATOR BUCKET

Pinar DEMIRCIOGLU^{1*}, Ismail BOGREKCI¹, Salim HAMISU²

^{1*}Aydın Adnan Menderes University, Engineering Faculty, Department of Mechanical Engineering, Aydın, Turkey.

²Rhine Waal University of Applied Sciences, Kleve, Germany.

*Corresponding Author: pinar.demircioglu@adu.edu.tr

(Geliş/Received: 17.03.2021; Kabul/Accepted: 12.04.2021)

ABSTRACT: Hydraulic excavator is a heavy-duty machine that is generally employed in constructional and mining works for digging, carrying and sometimes leveling of bulk materials. It consists of several components such as the engine house, boom, arm, bucket, swing bearing, carriage, etc. Excavators are designed to handle bulk materials that can vary in shape and form, from large quarry rocks to cohesive soils, abrasive ores or free flowing granules. These materials and their interaction with the machine parts have a strong effect on the equipment performance. Understanding how bulk materials will behave with equipment is critical to ensure an optimal design that combines strength and durability, with performance efficiency. In this paper, research was conducted to understand the effect of bulk material interactions on the excavator bucket. The excavator was designed with Autodesk Inventor software and simulated in an EDEM bulk material simulation environment, the results of the total pressures and compressive forces acting on the bucket were investigated in Ansys Mechanical to check for deformations and available stresses. As a result of the analyses, the bucket suffered small deformation and stresses with maximum recordings of 0.55145mm and 138.75MPa respectively. It has been found that these stresses and deformations do not seriously damage the bucket.

Keywords: Autodesk Inventor, Ansys Mechanical, Bucket - Bulk Material Interactions, Bulk Materials, EDEM Simulation Software, Excavator.

DÖKME MALZEMENİN EKSKAVATÖR KEPÇESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLEŞİMLİ ETKİLERİNİN ANALİZİ

ÖZ: Hidrolik ekskavatör, genellikle inşaat ve madencilik işlerinde, dökme malzemelerin kazılması, taşınması ve bazen tesviye edilmesi için kullanılan ağır hizmet tipi bir makinedir. Motor bölmesi, bom, kol, kepçe, döner yatak, araba vb. birkaç bileşenden oluşur. Ekskavatörler, büyük taş ocağı kayalarından yapışkan topraklara, aşındırıcı cevherlere veya akan granüller serbest malzemelere kadar şekil ve biçimde değişebilen dökme malzemeleri işlemek için tasarlanmıştır. Bu malzemeler ve bunların makine parçalarıyla etkileşimi, ekipman performansı üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Dökme malzemelerin ekipmanla nasıl etkileşeceğini anlamak, güç ve dayanıklılığı performans verimliliği ile birleştiren optimum bir tasarım sağlamak için kritik öneme sahiptir. Bu makalede, dökme malzeme etkileşimlerinin ekskavatör kepçesi üzerindeki etkisini anlamak için bir araştırma yapılmıştır. Ekskavatör, Autodesk Inventor yazılımı ile tasarlanmış ve EDEM simülasyon ortamında dökme malzeme simüle edilmiş, kepçe üzerine etkiyen toplam basınçların ve sıkıştırma kuvvetleri, deformasyonları ve mevcut gerilmeleri kontrol etmek için Ansys Mekanik ile değerlendirilmiştir. Analizlerin bir sonucu olarak, kepçe sırasıyla 0,55145 mm ve 138,75 MPa maksimum kayıtlarla küçük deformasyon ve gerilmelere maruz kaldı. Bu gerilme ve deformasyonların kepçeye ciddi zarar vermediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Autodesk Inventor, Ansys Mechanical, Kepçe - Dökme Malzeme Etkileşimleri, Dökme Malzemeler, EDEM Simülasyon Yazılımı, Ekskavatör.

1. INTRODUCTION

Eugeniusz Rusiński ‘Material Handling and Mining Equipment - International Standards Recommendations for Design and Testing’ presented and matched theoretical assumptions proposed in various international design standards (DIM 22261, AS 4324 and ISO 5049). He also made assessment of real life applications and then compared the obtained results with that of the pre-stated theoretical standards. Design rules and guidelines with respect to static and dynamic loads which lead to strength and fatigue resistance were discussed in detail. He noticed that the AS 4324 standard had the highest requirements due to the failures that occurred in an Australian industry. The requirements however, improved safety and reliability of the equipment and also had substantial impact (of approximately up to 20% heavier than machines designed under the ISO or DIN standards) on the dead weights of machines. He also made it worth knowing that there has been a change in the fatigue calculation approach proposed long time ago by scientist, and that the cumulative damage criteria are up to date in the standardized calculations. He concluded however, that there is still adjustment in the standards that need to be taken care of to improve safety and quality of the designs [1].

In 2015, Manisha P. Tupkar and Prof. S. R. Zaveri in their work, designed an excavator bucket employing CREO-parametric 2.0 software. By exporting the model in an IGES file format into Ansys mechanical and applying the necessary boundary conditions and forces at the tip of the bucket teeth, they carried out a static analysis. The results revealed the stresses that developed at the tip of the bucket teeth. They also performed analytical stress calculations and then went further to calculate the errors that existed between the analytical and simulated results. The analytical results showed a calculated stress of 96.39 MPa and 157.67 MPa at the tip of the excavator bucket teeth and due to shearing of the rivet respectively. However, the results from Ansys revealed slightly different results of 112.98 MPa at the tip of the teeth and 167.42 due to shearing of the rivet. The calculated errors were 14.69% for the teeth tip stress and 5.82% for the difference due to the shearing of the rivet. In accordance with the analysis made, they proposed that the bucket used for the excavation should be carefully examined for its application on the terrain. Moreover, considering the failure of the rivet and teeth due to the subjected load, changing the rivet would be more economical than changing the complete teeth assemblage [2].

Khedkar Y, Dey T and Padasalagi Y in their research work studied various forces that acted on an excavator bucket during digging operations. They analyzed the factors that contributed to the generation of the resistive force due to the bucket geometry and the resistive force offered by stiff soil to the bucket. Aside the resistive forces, they also calculated the digging forces in accordance with the SAE standard. Further discussions of the effects of different parameters on the resistive force were also made for horizontal and unbalanced digging conditions [3].

Young Bum Kim et al. wrote a paper in which they presented various procedures to determine the most optimal working path based on minimum torque or time to simulate digging works tracking on the designed working path. Aiming at minimizing the torques at the joints of the machine elements, they derived the optimal working path for the minimum torque situation. However, for the minimum time case, the most optimal path was determined to reduce required time duration for a single-cycle considering the hydraulic limitations such as pressure and oil flow rate and others. To verify the inverse dynamic code and optimized path used in the optimization, field measurements were made for the various parameters such as slew angles, cylinder lengths and pressures of a slew motor and hydraulic cylinders during excavation. The modified fundamental earthmoving equation is used to model the interaction between soil and

tool in the excavation process, and the inverse dynamics with external forces, such as constant and reducing lifting weights, is used in the lifting and unloading process. In conclusion, all simulated data were compared with the measured data to investigate the genuineness of the proposed methods with respect to the development of the unmanned excavator [4].

Hadi, Priharyoto, and Ramadhan performed an analysis to determine the appropriate bucket teeth material that could be used on an abrasive field consisting of gravels, stones, soil etc. The design and analysis were performed with the Abaqus 6.10 Computer Aided Engineering (CAE) software to obtain the maximum stress as a result of the exerted loads on the teeth. They assigned steel mixture as the bucket teeth material. The analysis procedure to obtain the stress was performed by adding 8285.06 N load forces in the static state at an angle of 32° to the horizon. From the analysis, it was found that the maximum stress experienced by the excavator bucket tooth is 209.3 MPa and is still below the maximum equivalent von Mises stress, so the design can be considered safe [5].

As described above, a hydraulic excavator basically consists of boom, arm, bucket, undercarriage, link mechanisms, and three hydraulic cylinder sets, as shown in Figure 1 below. The first set has two cylinders that serve as supports and are also responsible for the up and down movement of the excavator boom. The second set has a single cylinder (also called the arm cylinder) that also engages the arm to obtain an appropriate radius to position the tray at a desired location for excavation. The last set also has a single cylinder (called the bucket cylinder) which is responsible for rotating the bucket for effective handling of the bulk material.

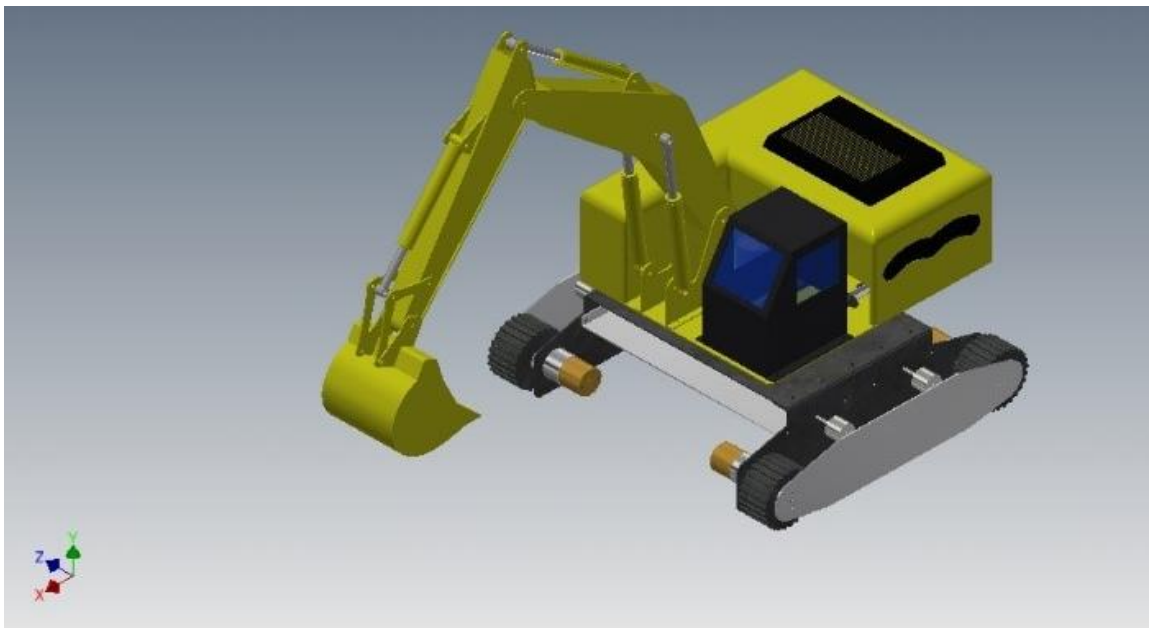


Figure 1. Mini Hydraulic Excavator.

The engine, hydraulic pump, together with some other essential components is mounted on the undercarriage. These components are joined to the undercarriage through the swing gear (bearing) which facilitates a 360-degree rotation of the upper part of the machine. An excavator has nine boom design variables, seven arm design variables, and seven design variables of the bucket and link mechanism. In addition, some other design parameters also relate to the performance of the excavator, including cylinder diameter, piston diameter of each cylinder, and maximum slew speed. The cylinder and rod diameters have a great influence on the digging

force and the working speed, while the maximum rotational speed of the pivoting gear is relevant for the working cycle time.

During excavation, an element that continuously comes into direct contact with the bulk material is the bucket. For the bucket to be able to get it way into the park of bulk material, a force must be applied either by the arm or the bucket cylinder. While this force is being applied, the bulk material conversely tends to oppose the motion of the bucket into it by exerting a reaction force. This reaction force is called resistive force. The force applied to engage the bucket into the bulk material (ground) is also termed as digging force. These forces will be tackled in detail in the subsequent section [6] in his article, estimated bucket volume, and digging forces that acted on a bucket according to the SAE standard. He also established the comprehensive breakout force model and digging force. Using static analysis, he then also calculated the forces that acted at each joint of the bucket [6]. In his other article, discussed the approximation of resistive force calculations in relation to the earth moving equation using the principles of soil mechanics [7]. Also discussed about generated forces that existed between the bucket and the bulk material. (i.e. separation and penetration forces.) Their work has given detailed information on penetration resistance and separation resistance. They also modelled the bucket in a software and simulated it against the ground by defining the interaction between the ground and the tool and then determining the resistance forces.

The digging force is essentially the force required to dig into the bulk material. These forces act on the bucket tip. The digging forces are divided into bucket and arm curling force respectively. The bucket curling force is the force generated by the bucket cylinder at the tip of the bucket, while the force generated by the arm cylinder is the arm curling force. This force is also generated at the tip radius of the bucket and it is perpendicular to the distance D from the bucket tip to the arm-bucket joint. In general, the digging force is calculated at the maximum fracture state of the joints. The maximum fracture condition is when the excavator generates the maximum digging force. There are a total of three standards available for calculating the digging force, one of which is the SAE standard. As stated by SAE J1179 standard, excavation forces for maximum fracture state are shown in Figure 2 [3].

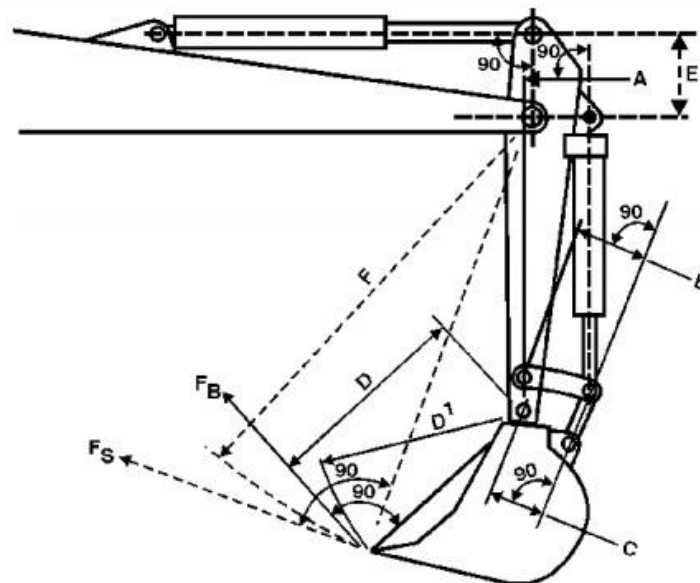


Figure 2. Digging Force.

From Figure 2, parameters d_A , d_E , d_F , d_D , d_C are the distances between the designated joints and F_B and F_S are the bucket curling force and arm curling force respectively. Note from the figure that bucket curling force is tangential to the tip radius of the bucket. This force is generated by the bucket cylinder and it's given by:

$$F_B = \frac{p \times \left(\frac{\pi}{4}\right) \times D_B^2 \times d_A \times d_C}{d_D \times d_B} \quad (1)$$

Where, D_B is the bucket cylinder diameter, and p is the operating pump pressure. The arm curling force is also given by;

$$F_S = \frac{p \times \left(\frac{\pi}{4}\right) \times D_A^2 \times d_E}{d_F} \quad (2)$$

Where D_A is the arm cylinder diameter.

It is of great importance to note that the digging force required for easy penetration of the bucket into the bulk material must be greater than the resistance forces generated by the bulk material. To fully understand the interaction between the blade and the bulk material, the resistance forces generated by the bulk material must be discussed in detail [3].

Resistive force is the force subjected by the bulk material to the bucket during digging operations. However, before discussing about the resistive force, it is very essential to understand the various digging phases encountered during digging operations. To make it easier, the excavator digging operation is split into three modes:

Digging phase I:

The digging operation begins with this phase. This is when the bucket teeth begin to penetrate the bulk material. During this phase, the two elements that come in contact with the material are the bucket teeth and toe plate. This phase is also called the penetration phase.

Digging phase II:

With the bucket teeth having penetrated the bulk material, the applied digging force from the hydraulic cylinder overcomes the material resistance and then forces the bucket to dig deep into the bulk material. This is what happens in the second phase (also called the separation phase). All other parts of the bucket are completely immersed in the terrain and separate a chunk of material from the whole.

Digging phase III:

In this phase a re-curling force is applied to bucket to rotate it to a position suitable enough to hold the material in place. This also termed as the escape phase, where the arm and boom are raised to remove the bucket from the terrain.

When operating the excavator, the preliminary part that interacts with the bulk material is the bucket. This causes the bucket to experience a certain resistance. This resistance can be classified into two types, namely, penetration resistance and separation resistance. Another study also says that the interaction of bulk material and bucket depends on the bulk material properties and bucket geometrical parameters.

In this study, instead of just simply applying forces and boundary conditions to the desired part of study for analysis, the designed excavator was simulated in a virtual environment (i.e. using EDEM) - carrying out the digging operation. This will enable acquiring approximate-realistic data (acting compressive forces and exerted pressures on bucket) just as it would have been in real life as the bucket interacts with the bulk material. The acquired data were then employed into the simulation environment for further structural analysis. Moreover, unlike in other work [2, 5] where the analysis prioritized the bucket teeth, this study is more focused on how the whole excavator bucket deals with resistive forces [3] and loads of the bulk material. It is therefore desired that the designed bucket should prove durable and strong enough to carry out operations without detrimental deformations wear or tear.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Properties of Bulk Materials

Bulk material refers to a coarse or lumpy mixture which is in free-flowing state. Depending on the moisture content and magnitude of the cohesion and adhesion forces of the material however, it could be sticky in nature. This consequently renders the bulk material not to flow easily. The properties of a bulk material are determined by its grain size and particle size distribution, the angle of repose, its moisture content, cohesion, adhesion, temperature and as well as by its bulk density. Researches show that bulk materials are basically grouped into two:

- Cohesionless, free-flowing bulk solids
- Cohesive bulk solids

When bulk materials flow easily they are described as Cohesionless or free-flowing whereas, cohesive bulk solids are those whose particles are banded closely together with less or no flowing capability. In order to deeply understand the bulk material handling mechanism, intensive researches have been done to study storage and transportation conditions such as the angle of repose, bulk densities, discharge behaviour etc. For free-flowing bulk solids, when the particles are given sufficient initial velocities they tend to behave like fluids and begin to flow uniformly. This is however not the case with cohesive bulk materials. Bulk materials with wear-causing, cohesive, sticky and paste-like properties tend to be more demanding during dumping or discharging operations. Nonetheless, these kinds of materials can be discharged without encountering difficulties by using live bottom feeders. Some examples of daily used bulk materials are sand, gravel, rocks, raw materials such as iron ore and many more. Powdered materials such as pigments, granules and pellets can also be categorized as bulk materials.

2.2. Geometry and 3D Model

Autodesk Inventor finite element analysis permits users to verify the design of the components by analyzing the performance of the parts under load. Optimization technologies and parametric studies in Inventor interface allow users to design parameters within assembly stress regions and compare design options. Then the 3D model is updated based on these optimized parameters. For this study, Autodesk Inventor was used to construct a mini-excavator, with all elements assigned to steel material. Figure 1 shows the designed mini excavator.

2.3. Finite Element Analysis

With Ansys Mechanical solutions, geometries of complex assemblies can be imported through their appropriate file formats, meshed optimally and apply realistic boundary conditions to them. By following the analysis criteria, detailed analysis can be performed to check for design strength, thermal response behaviour of systems, maximum von Mises stresses, vibrations, motions etc. The simulation solutions provide the user with comprehensive information through graphical and grid of coloured data, giving clues on how to optimize and make necessary modifications to designs. By doing so, industries are able to minimize costs and get to market quickly with high performance products.

Mechanical designs are expected to perform very well in all possible conditions. In this study, the simulation environment for the structural analysis was used to make faster design decisions. The data obtained from this study were used for structural analysis.

2.4. Discrete Element Method

The Discrete Element Method (DEM) simulation is gradually changing the industry of machine development and optimization for the control and processing of bulk materials. Once the software is used correctly, the DEM simulation provides you with important design information on the flow behavior of bulk particles, which is very difficult or impossible to obtain using standard assessment methods or other design simulation methods.

In order to cognize the interaction existing between the bulk material and the bucket, EDEM analyzes the resistive reactions subjected by the bulk material onto the bucket. The motion of the individual elements of the simulated model is defined kinematically. Fine soil and rocks are the selected bulk materials for the analysis. Physical properties of the generated materials are shown in the Table 1.

Table 1. Bulk Material Properties.

Properties	Soil	Rock
Poisson's ratio (ν)	0.25	0.25
Density (ρ)	2250 kg/m ³	3000 kg/m ³
Shear modulus (G)	1e+07 Pa	1e+07 Pa
Interaction	Rock	Rock
Coefficient of restitution	0.5	0.75
Coefficient of static friction	0.5	0.2
Coefficient of rolling friction	0.01	0.05

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Discrete Element Method Simulation Results

Simulations were carried out to observe the interactions between the bulk material and the bucket and to further analyze the effects of the interactions (i.e. Forces and pressures) on the bucket. Rock and soil were used as bulk materials with specified proportions in the simulation.

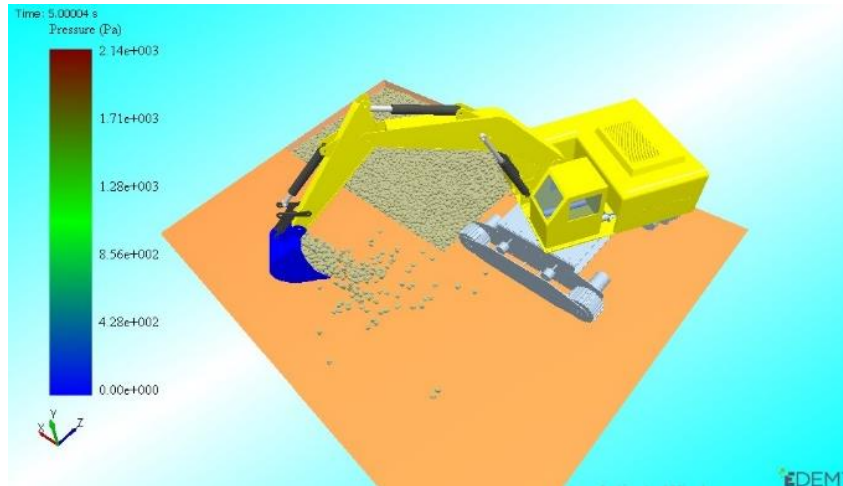


Figure 3. Pressures Acting on Bucket.

Figure 3 shows the minimum and maximum pressures that were subjected to the excavator bucket at time 5.00004s. From the figure, the maximum recorded pressure for bulk material – bucket interaction was 2.14 KPa with a minimum of 0 KPa.

It is absolutely important to realize that the compressive forces that act on the bucket also have tremendous effects on the strength of the bucket for a long term usage. So in that regard, an analysis was made to determine the maximum compressive force that acted on the bucket from digging to dumping time. The graph in Figure 4 shows the compressive force data distribution with time. It is observed that the compressive force data recording started around time 1.26s. This means that the digging operation was initiated at that time. In other words, the bucket began to interact with the bulk material exactly around that time with a maximum total compressive force recording of 546.9N and a minimum of 0N. It is important to realize that these small recorded values, are as a result of the small size of the designed excavator (i.e. design limitations). These data will be exported to the simulation environment for the structural analysis.

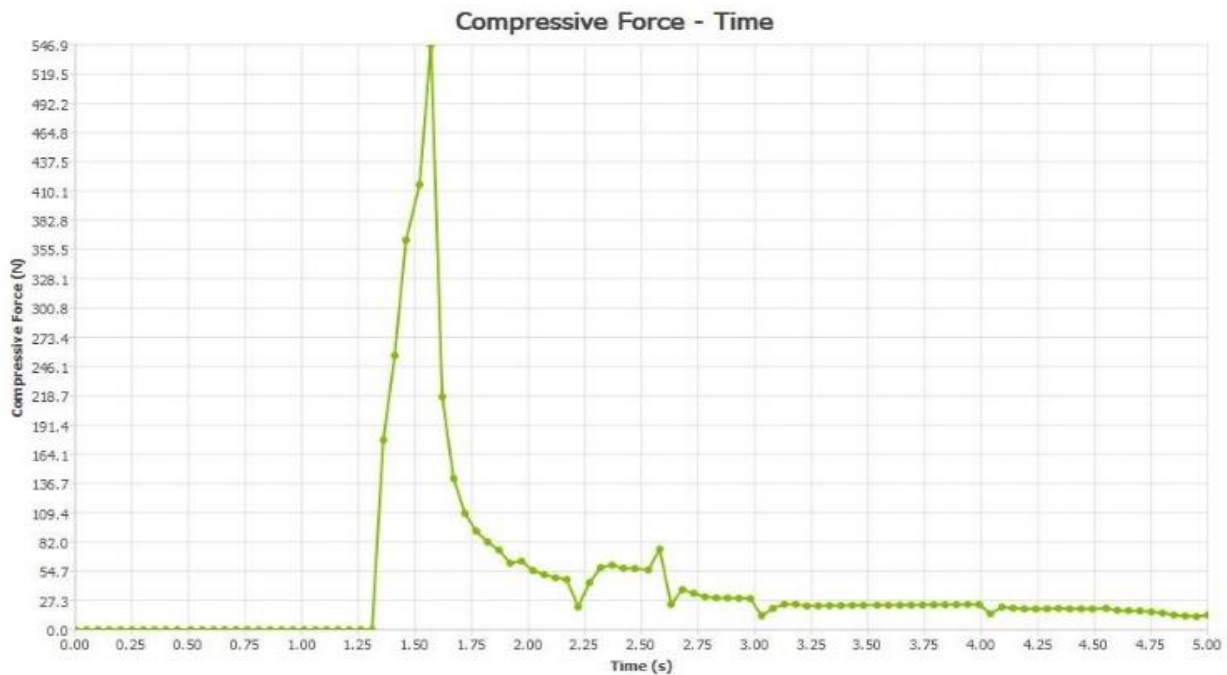


Figure 4. Compressive Force on the Bucket.

It is expected that the bucket is subjected to maximum pressure when it digs deep into the bulk material. This is because, during the digging operation, all surfaces of the bucket, both outside and inside together with the bucket teeth are engaged with the bulk material. Figure 4 shows exactly that. Figure 5 shows the maximum pressure distribution on the bucket throughout the simulation process. It is important to realize that the pressures and compressive forces mentioned here are what was referred to as resistive forces in study [3]. These data have thus been simply acquired without extra effort that would have been done through analytical calculations.

It is observed that pressure recordings ranges between times 1.26s to 2.5s, with a maximum pressure recording of 5.4625kPa. It can also be inferred that the bucket was completely immersed in the bulk material at time 2.5s. The magnitude of the forces and pressures subjected to the bucket at each time interval can be computed without difficulty. Doing this manually through hand calculations however, would have been very complicated. Having obtained these data, the next thing to do is to investigate how it affect the structural properties of the bucket.

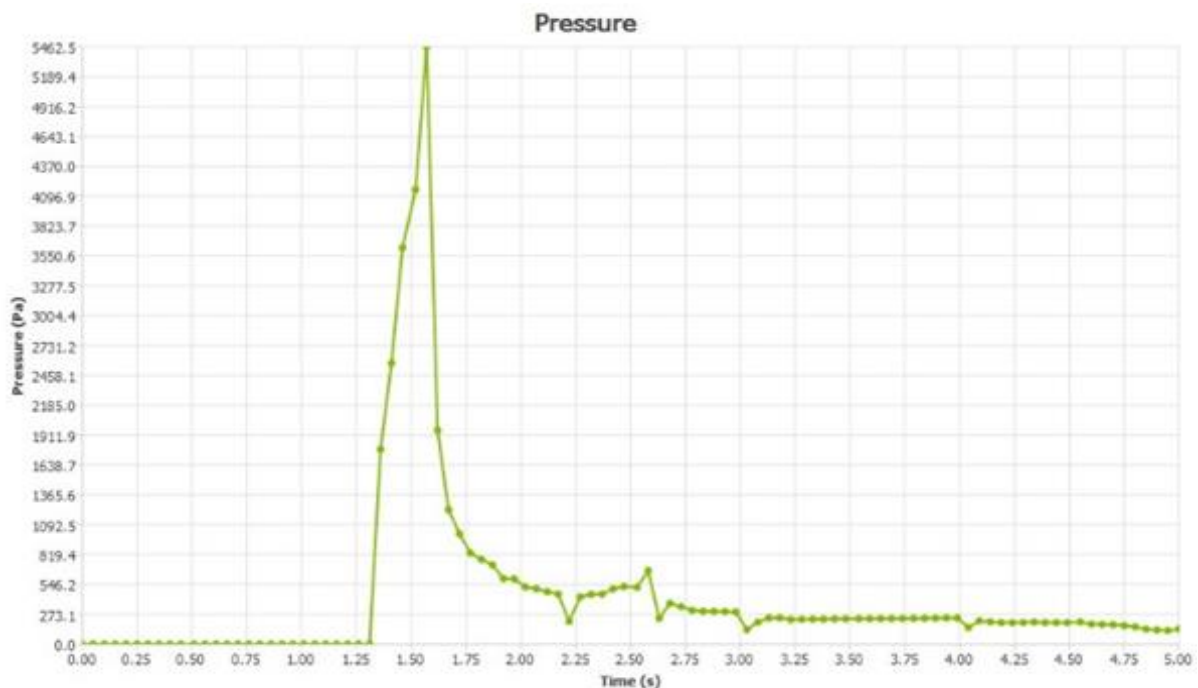


Figure 5. Pressure Distribution on Bucket.

3.2. Ansys Simulation Results

Digging, lifting and dumping operations have been simulated and the effects of the bulk material interaction on the bucket have been analysed. The data obtained from EDEM analysis are imported into Ansys mechanical for structural analysis. However, since the excavator bucket is the very crucial part, it has been thought to be wise to import a step file of only the bucket into the simulation environment for the structural analysis there by avoiding huge data and lengthy simulations times. The bucket was meshed with 23385 nodes and 11371 elements. Considering the total compressive force data obtained previously, the maximum recorded force was 546.9N. And so, any damage that would be done on the bucket cannot be caused by any other load other than the maximum subjected compressive force. Therefore, the bucket was subjected to a compressive force of 546.9N. Figures 6 and 7 show a meshed view and pre-processed view of the bucket respectively.

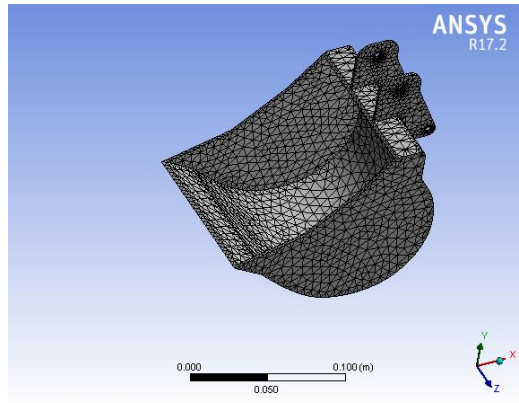


Figure 6. Meshed Bucket View.

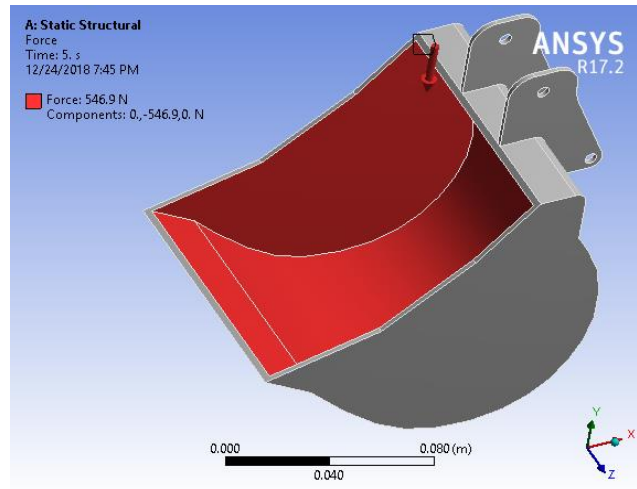


Figure 7. Bucket Pre-Processed View.

The bucket structure was then solved for total deformation and equivalent stress. The results showed that the bucket suffered very small deformations. As can be seen from Figure 8, the maximum recorded deformation was 0.55145mm with a minimum of 0. It was also observed that the highest deformation occurred at the bucket tip where the teeth are attached. The equivalent (Von Mises) stress generated on the bucket on the other hand, showed a maximum recording of 138.75MPa with a minimum of 120.48KPa.

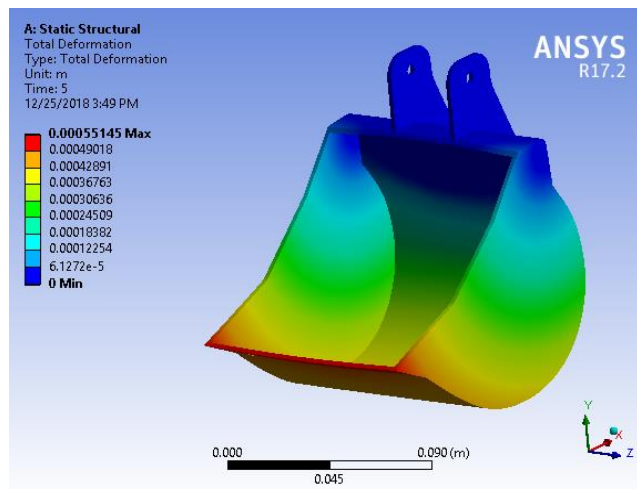


Figure 8. Total Deformation.

The results of the stress are shown in Figure 9. A close observation of the bucket shows that the maximum stress was generated at the bucket-arm joint and at two close points inside the bucket.

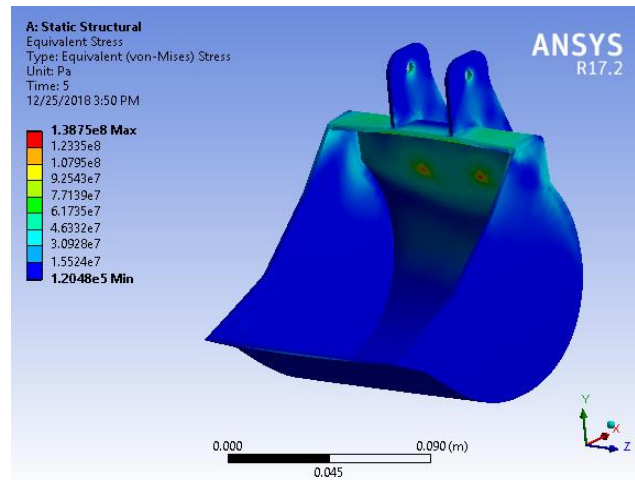


Figure 9. Von Mises Stresses.

4. CONCLUSIONS

All mechanical designs are expected to perform extremely well under any possible condition. With this analysis, a mini-sized hydraulic excavator was designed to analyze how well it would perform in real life during digging, lifting and dumping operations of bulk material on a terrain. Based on a standard excavator design, the dimensions of the designed excavator in this paper was scaled down to obtain a mini prototype. The simulation done in EDEM has simplified significantly, the process of quantifying the exerted loads on the excavator bucket. By simulation, all dynamic and static calculations which otherwise, would have been done manually by engineers, have been computed by the software. Moreover, the nature by which the bucket would have physically interact with the bulk material has been virtually demonstrated in EDEM virtual environment.

In this study, instead of just simply applying forces and boundary conditions to the desired part of study for analysis, the designed excavator was simulated in a virtual environment (i.e. using EDEM) - carrying out the digging operation. This will enable acquiring approximate-realistic data (acting compressive forces and exerted pressures on bucket) just as it would have been in real life as the bucket interacts with the bulk material. The acquired data were then employed into the simulation environment for further structural analysis. In the analysis, total deformation and stress generated on the bucket were analyzed. The bucket suffered small deformation and stresses with maximum recordings of 0.55145mm and 138.75MPa respectively. It is observed that the maximum recorded deformation occurred at the digging edge of the bucket. Despite the fact that the effects cannot cause serious damage to the bucket, design optimization such as the addition of teeth at the bucket tip could significantly erase the deformation and stresses.

In this study, which will be a reference for future studies, a research was conducted to understand the effect of bulk material interactions on excavator bucket. In this way, more accurate productions can be performed in the industry by considering parameters such as the correct bucket type, size and material density.

REFERENCES

- [1] Eugeniusz, R., Damian, P., Moczko, P. (2018). Material Handling and Mining Equipment- International Standards Recommendations for Design and Testing. *FME Transactions*, 46.
- [2] Tupkar, M.P., Zaveri, S.R. (2015). Design and Analysis of an Excavator Bucket. *International Journal of Scientific Research Engineering & Technology*, 4, 227-229.
- [3] Dey, T., Padasalagi, Y., Khedkar, Y. (2017). Study of Forces Acting on Excavator Bucket While Digging. *Journal of Applied Mechanical Engineering*, 6.
- [4] Kim, Y., Ha, J., Kang, H., Kim, P., Park, J., Park, F.C. (2011). Dynamically Optimal Trajectories for Earthmoving Excavators. *Automation in Construction*, 568-578.
- [5] Suryo, S., Bayuseno, A., Jamari, J., Ramadhan, G. (2018). Simulation of Excavator Bucket Pressuring Through Finite Element Method. *Civil Engineering Journal*, 4, 478-487.
- [6] Patel, B., Prajapati, J. (2012). Evaluation of Bucket Capacity, Digging Force Calculations and Static Force Analysis of Mini Hydraulic Backhoe Excavator. *Machine Design: The Journal of Faculty of Technical Sciences*, 4, 59-66.
- [7] Bennett, N., Walawalkar, A., Heck, M., Schindler, C. (2016). Integration of Digging Forces in a Multi-Body-System Model of an Excavator. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part K: Journal of Multibody Dynamics*, 230, 159-177.





ULUBORLU MESLEKİ BİLİMLER DERGİSİ (UMBD)

Uluborlu Journal of Vocational Sciences

<http://dergipark.gov.tr/umbd>

ELEKTRONİK TİCARET VE ERGONOMİ

Hüseyin CEYLAN^{1,*} , Mert ERBAŞ² 

^{1*}Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Elektronik Otomasyon Bölümü, Kırıkkale, Türkiye.

²Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Elektronik Otomasyon Bölümü, Kırıkkale, Türkiye.

*Sorumlu Yazar: huseyinceylan@kku.edu.tr

(Geliş/Received: 27.04.2021; Kabul/Accepted: 23.05.2021)

ÖZ: Günümüzde iletişim araçların, bilhassa internetin gelişimi Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de ivme kazanmıştır. Bu hızlı artış sonucuna paralel olarak, Türkiye’deki hane sayısının büyük bir çoğunluğuna karşılık gelen bir internet kullanımı oranının oluşmasını sağlamıştır. İletişim araçlarının özellikle internetin hızlı gelişimi dünyaya paralel olarak Türkiye deki bireylerinde alışveriş alışkanlıklarını internete yöneltmiş ve e-ticaret kavramının gelişmesine imkân sağlamıştır. E-ticaretin Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de gelişiminde yaşanmakta olan hızlı artış bazı kavramların oluşmasına neden olmuştur. Bu çalışmada, e-ticaretteki internetin üstlendiği rol, e-ticaretin temel araç ve unsurları, e-ticaretin doğuşu, Dünyada ve Türkiye’de e-ticaret ile ilgili ilk çalışmalar, bireylerin e-ticaret sitelerini kullanarak en çok satın aldıkları ürünler incelenmiş ve internet kullanımı araştırması yapılarak e-ticaret sitelerinin ergonomik açıdan değerlendirilmesi yapılmıştır. Ayrıca insanların alışveriş alışkanlıklarının KOVID-19 salgın sürecinde nasıl evrildiği ile salgın süreci ile birlikte e ticaretin geleceği elde edilen veriler ışığında incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektronik Ticaret, Ergonomi, İnternet, Kullanıcı Dostu Sistemler

ELECTRONIC COMMERCE AND ERGONOMICS

ABSTRACT: Nowadays, especially communication tools, particularly the development of the Internet in Turkey as it is in the world, has been gaining momentum. Parallel to this rapid increase, the number of households in Turkey led to the formation of a majority corresponding to the rate of internet usage. Means of communication, especially the rapid development of the Internet, has led parallel to the Internet in the shopping habits of individuals in Turkey and has led to the development of the e-commerce concept. As in the field of e-commerce, the rapid growth of Turkey has resulted in the rapid formation of those ideas. On this page, the role of the internet in e-commerce, e-basic tools and components trade, e-commerce birth of the first studies related to e-commerce in the world and Turkey, using individuals' e-commerce sites examined the products they most frequently bought and internet use was conducted in the ergonomic practice of e-commerce sites were discussed. In addition with, how people's shopping habits evolved to during the COVID-19 pandemic process and the future of e-commerce with the pandemic process were examined in the light of the data has been obtained.

Keywords: Electronic Commerce, Ergonomics, Internet, User Friendly Systems

1. GİRİŞ

Sanayi toplumundan bilgi toplumuna yönelim son yıllarda meydana gelen birtakım gelişmelerden en önemlilerinden birisidir. Bilişim kelimesi çağımızda sıkça dile getirilen kelimelerden birisidir. Bilişim kelimesi, bilgi ve iletişim kelimelerinin anlamca bir araya getirilmesi yoluyla türetilmiş bir sözcüktür [1].

Globalleşmenin giderek hız kazandığı ve genişlediği dünyamızda, bilgiye ulaşma yolunda iletişimin kullanımı büyük önem arz etmektedir ve piyasalarda kalıcı ve güçlü bir konumda yer edinebilme çabasını oluşturmaktadır. Bu oluşum içerisinde bulunan firmalar açısından bilgi-iletişim teknolojilerinde yaşanan gelişmeleri yakından izlemeleri bir gereksinim haline dönüşmektedir [1].

Çağımızda internet küreselleşmenin önem kazanmasının en temelinde kendine yer edinmiştir [1]. İnternet ülkeler arasındaki sınırları kaldırarak ülkeleri birbirine bağlamıştır. Satıcılar ürünlerini internet üzerinden e ticaret siteleri aracılığıyla satışa yönlendirmişlerdir [2]. İnternet günümüzün vazgeçilmez bir parçası haline gelerek insan hayatının merkezinde kendine yer edinmiştir [3].

E-ticaret; firmaların tüketiciye zaman kaybı olmadan hızlı ve dinamik bir biçimde erişim sağlamada en verimli yöntem olarak kabul görülmektedir [1]. E ticaretin en büyük avantajı olarak insanların internet üzerinden zaman ve yer sınırlamalarına bağlı olmadan ürün ve hizmetleri satın alma ve pazarlama imkânına olanak sağlaması olarak görülmektedir [4].

Dünya çapında pazarlarda ticaret yapmakta olan firmalar; E-Ticaretin gelişimi ve kullanım olanaklarının artışına bağlı olarak pazar çeşitlendirmelerini daha kolay bir biçimde yapabilmektedirler. İşletmeler E-Ticarete bağlı olarak kullanmış oldukları etkili dağıtım yollarını geliştirmeleri ile gider maliyetlerini düşürebilir konuma gelebilmektedirler [1]. E-Ticaret ile müşterinin yaşamını devam ettirdiği bölgede stoku bulunmayan ürünler kargo şirketleri kullanılarak başka ülke veya şehirlerden müşteriye ulaştırılmaktadır [4].

Bilişim sektörünün gelişiminde yaşanan hız artışı bu sektörün de ticaret amaçlı kullanılabilir olabileceğini gündem konusu haline getirmiştir [1]. Elektronik ortamdan mal veya hizmetin alım ve satımı E-Ticaret kavramını doğmuştur [2].

E ticaret, bilişim teknolojilerinin gelişmesi ve internet kullanımının artmasıyla ortaya çıkmış önemli kavramlar arasında yer almaktadır [1].

2. LİTERATÜR TARAMASI

YAŞA (2016) “E-ticaret, Türkiye’de doğan problemler ve çözüm önerileri” adlı çalışmasında e ticaretin dünya ülkeleri ve Türkiye’deki kullanımlarından doğan sorunlar, çözüm önerilerine e ticaret sektöründe yer alan 32 tane firmaya ait görüşlerle ilgili çalışmada bulunmuştur [1]. ELİBOL ve diğerleri (2004)’nin “Çağdaş işletmecilik açısından elektronik ticaret.” adlı çalışmasında e ticareti, e ticaretin kavramı, özellikleri, ödeme yolları, avantaj ve dezavantajları gibi başlıklarla kapsamlı olarak incelemiştir [2]. ÖZBULUT (2014) “Türkiye’de e-ticaretin gelişimi ve uygulamada karşılaşılan sorunlar” adlı çalışmasında internetin e ticaret üzerindeki konumundan, e ticaretin araç ve ödeme yöntemlerinden, uygulama sırasında doğan veya doğabilecek aksaklıklardan bahsetmiştir [3]. SARAÇ ve diğerleri (2015)’nin “E-ticaret sitelerinin tasarımında ergonominin önemi” adlı çalışmasında

61 kişi ile gerçekleştirilmiş bir ankette online alışverişte ergonomik konular ve bu konulara mrişterilerin tutumları incelenmiştir [4]. ANBAR (2001) ‘‘E-ticarette karşılaşılan sorunlar ve ozm unerileri’’ adlı çalışmasında e ticaret kullanımında karşılaşılan problemleri sistematik olarak incelemiş olup bunun sonucunda ozm unerilerinde bulunmuştur [5]. DEMIRDUGMEZ ve arkadaşları (2018)’nin ‘‘Türkiye’de e-ticaret sektörünün yıllara göre gelişimi.’’ adlı çalışmasında e ticaretin uikemizde gelişimi ve son on yılı kapsayan bir süreç içerisinde kazandığı ivme ile ilgili çalışmada bulunulmuştur [6]. DELEN ve diğerleri (2015)’nin ‘‘Eğitim Fakültesi Web Sitelerinin İşlevselliklerinin İncelenmesi: Sorunlar ve Öneriler.’’ adlı çalışmasında 94 adet eğitim fakültesi web sitelerini 23 maddeden oluşan bir form kullanılarak içerik kullanılabilirlik, erişe bilirlilik ve arama motoru uyumluluğu bakımından incelenmiştir [7]. TURAN ve diğerleri (2009)’ın ‘‘E-Ticaret Programcılığı ve E-Ticaretin Türkiye’deki Uygulamaları.’’ adlı çalışmasında e ticaret kavramını, kapsamını ve önemini işlemiş olup e ticaret web sitesinin unsur ve güvenlikleri detaylı bir şekilde ele alınmıştır [8]. Acılar (2016)’ alışmasında, Bankalar arası Kart Merkezi (BKM)’nin ‘‘İnternet üzerinden yapılan karthlı ödemelere ait istatistikleri’’, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)’un yapmış olduğu ‘‘Girişimlerde Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması’’ ve ‘‘Hane Halkı Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması’’ ve Avrupa İstatistik Ofisi ‘nin ‘‘E-ticaret’’ istatistiklerini incelemiştir [9]. Köksüz (2019)’ün ‘‘Her Alanda Ergonomi’’ adlı çalışmasında ergonominin bir insanın günlük yaşamına yer edindirilmesi konusu üzerinde durulmuştur [10].

Tablo 1. Literatür alışması

NO	ALIşMANIN ADI	YAZAR	YILI	ANAHTAR KELİMELELER
1	‘‘E-ticaret, Türkiye’de doğan problemler ve ozm unerileri’’	Sadık YAşA	2016	İnternet, Teknoloji, Ticaret, E-Ticaret.
2	‘‘ağdaş işletmecilik açısından elektronik ticaret’’	Halil ELİBOL, Burcu KESİCİ	2004	Bilgi teknolojisi, küreselleşme, internet, elektronik ticaret
3	‘‘Türkiye’de e-ticaretin gelişimi ve uygulamada karşılaşılan sorunlar’’	Bekir ÖZBULUT	2014	İnternet, E-ticaret, Uygulamadaki Sorunlar
4	‘‘E-ticaret sitelerinin tasarımında ergonominin önemi’’	Selin SARAÇ, Fikri EGE, Mehmet MİMAN, Mehmet Ali AKTAş	2015	Online alışveriş, Ergonomi, Tutum
5	‘‘E-ticarette karşılaşılan sorunlar ve ozm unerileri’’	Adem ANBAR	2001	Elektronik ticaret, e-ticarette sorunlar
6	‘‘Türkiye’de e-ticaret sektörünün yıllara göre gelişimi.’’	Mehmet DEMIRDUGMEZ, Nihat GÜLTEKİN, H. Yunus TAş	2018	E-ticaret, İnternet, Alışveriş, Ticaret, Satış
7	‘‘Eğitim Fakültesi Web Sitelerinin İşlevselliklerinin İncelenmesi: Sorunlar ve Öneriler.’’	Erhan DELEN, M. Serkan ABDÜSSELAM	2015	Eğitim Fakültesi, WEB Sitesi, İşlevsellik, Kullanılabilirlik, Erişilebilirlik.
8	‘‘E-Ticaret Programcılığı ve E-Ticaretin Türkiye’deki Uygulamaları.’’	Mehmet TURAN, Fahrettin POLAT	2009	İnternet, Elektronik Ticaret, E-ticaret Sitesi, Elektronik Ticaret Güvenliği, Türkiye’de Elektronik Ticaret Uygulamaları
9	‘‘E-Ticarette Türkiye Ne Durumda?’’	Ali ACILAR	2016	E-ticaret, Türkiye, e-ticaret hacmi
10	Her Alanda Ergonomi	Ayhan KÖKSÜZ	2019	Ergonomi, Efor, İnsan(alışan), Çevre

3. E-TİCARET

3.1. E Ticaret Kavramı

Son zamanlarda sıklıkla duymaya başladığımız e ticaret kavramı ile ilgili çok sayıda tanımlamalar yapılmıştır. Elektronik ticaret için yapılan anlamsal olarak en genel tanım şu şekildedir: bilgisayar ağları kullanılarak üretilmiş olan ürün veya hizmetlerin satılması, pazarlanması faaliyetleri olarak tanımlanabilir [1].

3.1.1. E Ticaretin Gerçekleştirilmesindeki Temel Araç ve Unsurlar

E-ticarette kullanılacak araçlara telefon, faks, televizyon ve internet e-ticarette kullanılan araçlardır [3]. E-ticaretin başlıca araçlarına ise internet örnek olarak verilebilir [1].

Standart bir tanımı olmayan E-Ticaretle ilgili yapılan tüm tanımlarda E-ticareti içinde barındırması gereken bir takım başlıca ortak kabul edilmiş öğeler vardır. Bu ortak öğeler ticaretinin yapılması mümkün olan mal veya hizmetin varlığı ve bu var olan mal veya hizmetlerin alım ve satımını gerçekleştirecek iki muhatabın varlığı ve alım veya satım gerçekleşmiş ise satıcıya yapılacak ödemenin araçlarıdır [1].

3.1.2. E Ticaretin Tarihçesi

E-Ticaretin nispeten geniş bir alanda faaliyet göstermekte olan araçları, gündelik yaşamımızın birçok anında kullandığımız araçlardan oluşmaktadır. Bu araçlarda yaşantımızda uzunca bir süredir yer almakta ve sürekli olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu durum göstermesine bağlı olarak, E-Ticaret dile getirildiği kadar yeni bir gelişim içerisinde olan bir kavram değildir [1]. Elektronik ticaret başlangıçta EDİ gibi kapalı ağlar üzerinden gerçekleştirilmekteydi [5].

Dünyadaki yaşanmış olan bir takım gelişmeler incelendiğinde E-Ticaretin gelişim sürecindeki ilk uygulama 1970'li yıllarda yapılmıştır. Bu yapılmış olan çalışma, kendi konusunda ilk olarak kabul edilebilecek bir teknoloji ürünü olan elektronik fon transferi yani bankalar arasında kurulan EFT kullanılarak yapılmıştır. İlerleyen zamanda ilk E Ticaret uygulamaları 1995 yılında ABD'de görülmüştür [1].

E- ticarete önemli bir yere sahip olan internet ile ilgili ilk çalışmalar Türkiye'de 1991 yılında başlamıştır [6]. Türkiye'deki ilk internet bağlantısı 64 kbit/sn bağlantı hızı ile ODTÜ tarafından 1993 yılında gerçekleştirmiştir. Daha sonra sırasıyla Ege Üniversitesi, Bilkent Üniversitesi, Boğaziçi Üniversitesi ve İTÜ takip etmiştir [3].

Türkiye'de E-Ticaretin uygulanmasına verilebilecek ilk örnek, Ege Üniversitesi Bilgisayar Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde 1989 yılında gerçekleşmiştir. İkinci örnek ise 1992 yılında yapılmış olan Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası ile bankalar arasında başlayan EFT yani Elektronik Fon Transferi uygulamasıdır [1].

3.1.3. Türkiye’de E Ticaret

TÜİK 2020 yılı Hane Halkı Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması sonuçlarına göre internet üzerinden alışveriş yapmış olan 16-74 yaşları aralığındaki bireylerin 2020 Ocak ile 2020 yılı Mart ayları arasındaki 3 aylık dönemde en fazla satın aldıkları ürün ve hizmetler sıralandığında; %60,9’unun giyim, ayakkabı ve aksesuar, %26,1’inin e-kitap hariç olmak üzere basılı kitap, dergi ve gazete, %22,5’inin internetten yemek siparişi verme ya da yemek hizmetleri alma, %21,1’inin kozmetik, güzellik veya sağlık ürünleri, %17,6’sının temizlik ürünleri, kişisel bakım malzemeleri (deterjan, temizlik bezleri, diş fırçası, hijyenik ürünler vb.) aldığı belirlenmiştir [11] (Tablo 2).

En fazla satın alınan ürün ve hizmetlere erkekler açısından bakıldığında, %54,2’sinin giyim, ayakkabı ve aksesuar, %24,1’inin internetten yemek siparişi verme ya da yemek hizmetleri alma, %22,5’inin, e-kitap hariç olmak üzere basılı kitap, dergi ve gazete şeklinde sıralandığı görülmektedir. Kadınlar için ise en fazla satın alınan ürünler %68,5 ile giyim, ayakkabı ve aksesuar, %31,5 ile Kozmetik, güzellik veya sağlık ürünleri, %30,2’ ile basılı kitap, dergi ve gazete şeklinde sıralanmaktadır [11] (Tablo 2).

Tablo 2. Cinsiyete göre son 3 aylık dönemde (ocak 2020 - mart 2020) 16-74 yaş grubu bireylerin kişisel kullanım amacıyla internet üzerinden sipariş verdiği ya da satın aldığı mal ve hizmet türleri 2020[11].

Mal ve hizmet türleri	Toplam (%)	Erkek (%)	Kadın (%)
Giyim (spor giyim dâhil), ayakkabı ve aksesuar (çanta, takı vb.)	60,9	54,2	68,5
Spor malzemeleri (spor giyim hariç)	10,7	12,2	8,8
Çocuk oyuncakları veya çocuk bakım ürünleri (çocuk bezi, biberon, bebek arabası vb.)	13,5	12,9	14,2
Mobilya, ev aksesuarları (halı, perde vs.), bahçe malzemeleri (bahçe bitkileri, alet ve edevatlar vb.)	17,0	15,2	19,0
Cd, plak gibi müzik ürünleri	1,5	1,9	1,1
DVD, Blu-ray vb. film izleme ürünleri	0,8	1,1	0,5
Basılı kitap, dergi, gazete (e-kitap hariçtir)	26,1	22,5	30,2
Bilgisayar, tablet, cep telefonu veya aksesuarları	14,8	20,6	8,1
Elektronik araçlar (kamera, radyo, TV, DVD oynatıcı, video vb.) veya beyaz ev eşyaları (çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, buzdolabı vs.)	13,9	19,9	7,1
İlaç veya gıda takviyeleri (vitaminler, mineraller, doğal ürünler, probiyotikler vb.)	7,1	6,2	8,0
İnternette yemek siparişi verme ya da yemek hizmetleri alma	22,5	24,1	20,7
İstenilen ölçüde yemek hazırlayabilmeye yetecek, içerisinde yemek tarifi ile birlikte temin edilebilen hazırlanmış taze gıda veya içecek gibi malzemeler almak	5,7	5,5	6,0
Kozmetik, güzellik ve sağlık ürünleri	21,1	12,2	31,5
Temizlik ürünleri, kişisel bakım malzemeleri (deterjan, temizlik bezleri, diş fırçası, hijyenik ürünler vb.)	17,6	14,9	20,7
Bisiklet, motosiklet (moped), araba veya diğer araçlar ile bu araçların yedek parçaları	4,1	6,8	0,9
Diğer	5,4	6,5	4,1

TÜİK 2020 yılı Hanehalkı Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması sonuçlarına göre 16-74 yaşları aralığındaki bireylerin şahsi kullanımları için gerekli olan mal veya hizmetin internet üzerinden sipariş verilmesi ya da satın alınması oranı 2019 yılında %34,1 iken bu oran artış göstererek 2020 yılında %36,5'e ulaşmıştır [11] (Tablo 3).

Cinsiyete göre olan mal veya hizmetin internet üzerinden sipariş verilmesi ya da satın alınması oranı, 2020 yılında erkeklerde %40,2 iken kadınlarda bu oran %32,7 olmuştur. Bir önceki yıl incelendiğinde ise erkeklerde %38,3 iken kadınlarda bu oran %29,9 olarak istatistiklere geçmiştir [11] (Tablo 3).

Tablo 3. 2019 ve 2020 yıllarında 16-74 yaşları aralığındaki bireylerin şahsi kullanımları için gerekli olan mal veya hizmetin internet üzerinden sipariş verilmesi ya da satın alınması oranı [11].

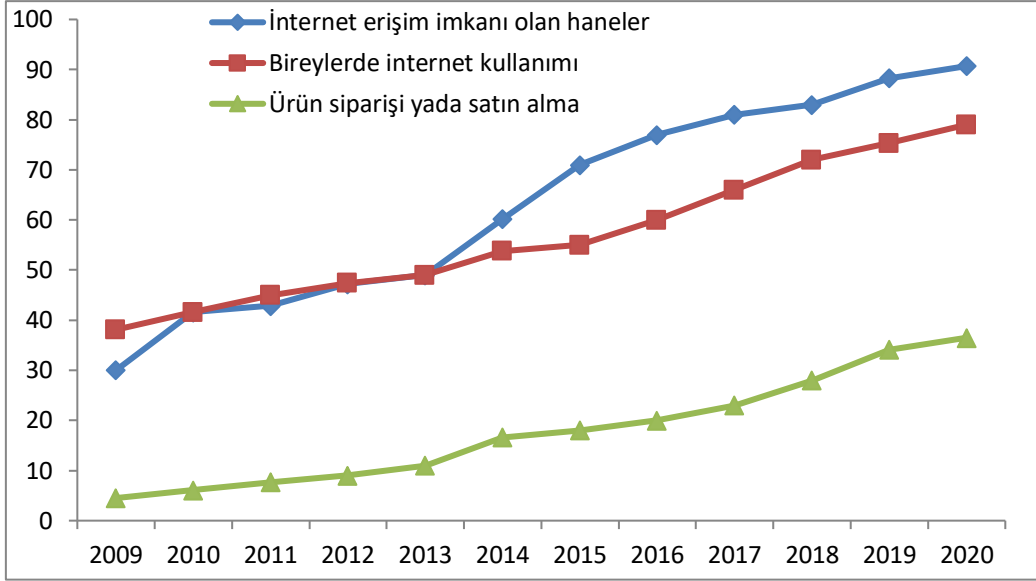
En son alışveriş zamanına göre e-ticaret verileri	Toplam (%)					
	Toplam (%)		Erkek (%)		Kadın (%)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Mal veya hizmet siparişi veren ya da satın alanlar	34,1	36,5	38,3	40,2	29,9	32,7
Son üç ay içinde	23,0	23,9	25,3	25,7	20,8	22,2
Üç ay ile bir yıl arasında	7,0	8,7	8,0	9,8	6,0	7,6
Bir yıldan önce	4,1	3,8	5,1	4,7	3,1	3,0

3.1.4. Türkiye'de İnternet Kullanım Oranları

TÜİK 2020 yılı Hanehalkı Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması sonuçlarına göre 2019 yılında internete erişim imkânı olan hane sayısı %88,3 iken bu oran 2020 yılında %90,7'ye ulaşmıştır [11] (Şekil 1).

2020 yılında bireylerin internet kullanım oranı %79,0 dur. Bir önceki yıl incelendiğinde bu oranın %75,3 olduğu gözlemlenmektedir [11] (Şekil 1).

Ürünlerin internet üzerinden sipariş verilmesi ya da satın alınması oranı 2019 yılında %34,1 olarak istatistiklere geçerken bu oran artarak 2020 yılında %36,5 olmuştur [11] (Şekil 1).



Şekil 1. Bireylerin İnternet Erişimine Sahip Olma, İnternet Kullanımı ve Bilişim Teknolojileri Kullanarak Ürün Siparişi Yâda Satın Alma Araştırması [11].

4. E-TİCARET SİTELERİNDE ERGONOMİ

Teknolojinin ilerleyişi hem çalışanlar hem de o teknolojiyi kullanan insanlar açısından çeşitli sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu sorunların başında ergonomik sorunlar gelmektedir. Kısaca ergonomi, makine, çevre veya yazılım gibi insanın kullandığı veya bulunduğu her şeyi insana uygun hale getirme çalışmalarıdır. Bunun için öncelikle insanın fizyolojik, anatomik ve psikolojik özellikleri belirlenir. Daha sonra da üretilen her şey bu özellikler dikkate alınarak tasarlanır. Ergonominin temelinde yatan amaç insana uygun tasarımlar yapmak suretiyle, insanların rahatını, konforunu ve verimliliğini artırmaktır [10]. Elektronik ticaretin öneminin artması ve bunun getirisi olarak geniş coğrafyalarda kullanılmaya başlanması e-ticaret sitelerinde kullanılabilirlik kavramını ortaya atmıştır [4]. Bir e ticaret web sitesinde kullanıcılar istedikleri ürüne kolay bir şekilde ulaşmalıdırlar [7]. Kullanıcılar açısından ergonomik olmayan bir ürün talep görmez. E-ticaret sitelerinin ergonomisi yazılım ergonomisi veya bilişsel ergonomi kavramı içerisine girer. Bir yazılımın ergonomik olabilmesi için;

- ✓ Kullanımı ve öğrenimi kolay olmalıdır.
- ✓ İnsan beklentilerine uygun olmalıdır.
- ✓ Kullanıcının hata yapmasını mümkün mertebe engellemelidir.
- ✓ Estetik olmalıdır.
- ✓ Mümkün mertebe basit bir yapıya sahip olmalıdır.

Bir e-ticaret sitesi ergonomik olmazsa, müşteriler tarafından fazla tercih edilmez. Buradan hareketle kolay kullanılabilirlik kullanıcının kullanım ergonomisi düşünülerek tasarlanmış bir site ile mümkün olabilmektedir [7].

Kullanılabilirlik ile ilgili etkililik, etkinlik ve tatmin olmak üzere toplamda 3 ölçüt sayılabilir. Etkililik, kullanıcının kendisine gerekli olan sonuca ulaşma yolunda uygulama üzerindeki gerçekleştirdiği eylemlerdeki başarısı olarak ifade edilmektedir. Etkinlik, bir işin yapılmaya başlanması için maliyet, zaman, çaba gibi harcanabilir kaynaklar ile bağlantılıdır. Tatmin ise bir sonuç alabilmek için uygulamayı kullanmakta olan kullanıcının kişisel bağlamda düşüncelerinin ölçüsü ile ilgilidir [4]. Ayrıca bazı kullanılabilirlik faktörlerinin gereksinimleri sağlanması bir sistemin ya da web sayfasının kullanımının kolay olduğundan bahsedebilmek

için gereklidir. Bu gereksinimler; etkin kullanılabilirlik, öğrenilebilirlik, yardımcı olma, anlaşılabilirlik, tasarım ve kullanım kolaylığı olarak sıralanabilir [12].

Etkin kullanılabilirlik, oluşturulmuş olan sistemin verimliliğinin maksimum düzeyde kullanılabilir olmasının yanında işlemleri güvenli bir biçimde gerçekleştirmesi. Öğrenilebilirlik, kurulmuş olan sistemin kullanımının öğrenilmesi ve öğrenmenin kısa bir zaman diliminde mümkün olabileceği durumdur. Yardımcı olmak, kurulmuş olan sistemde yardım menüsünün bulunup bulunmaması ile ilgilidir. Anlaşılabilirlik, sistemin menülerinin kullanıcının anlayabilmesine olanak sağlayacak şekilde açık ifadelerden tasarlanmış olmasının yanı sıra hata bilgi mesajlarının kullanıcılar tarafından anlaşılır olmasıdır. Tasarım, yazı boyutu, istenilen bilginin kullanıcıya sunum seçenekleri, alfabetik sıralama ve dil seçeneklerini barındırır. Kullanım kolaylığı ise kullanıcının sonraki adımı öngörebilmesi, kullanıcı menüsünün kullanış kolaylığı, arama çubuğu ve kısa yol için oluşturulmuş tuşlardır [12].

Hatırlanabilirlik kavramı da kullanılabilirlik kavramı içerisinde kendine yer edinmiştir. Hatırlanabilirlik bir kullanıcının geçmişte kullanmış olduğu bir web sitesini tekrar kullanmaya karar vermesi sonucu giriş yaparak kullanmaya başladığında zorlanmadan daha önceki giriş veya girişlerinden hatırlayarak kullanması yani kullanıcının bazı işlevleri tekrardan öğrenme gibi bir durum ile karşılaşmaması olarak tanımlanabilir [13].

Bir e-ticaret web sitesinde menü, arama çubuğu, içeriğin alfabetik olarak veya fiyat durumuna göre sıralayabilmek gibi özellikler internet sitesinin kullanım kolaylığının büyük ölçüde katkı sağlar. Kullanıcılar ulaşmak istediklerine tek bir sayfadan değil de birden fazla sayfadan ulaşabilmesi yine kullanım kolaylığını artırmaktadır [7].

Türkiye’de bilişsel ergonomi alanında sonuçlandırılmış çalışmalar incelendiğinde web sayfaları ve ara yüz tasarımı üzerine yoğunlaştığı yargılarına ulaşılmaktadır. Bilişsel ergonomi renklerin kullanımlarını ve kullanıcı ara yüzlerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır [14].

Bir web sitesinin erişilebilir olması da önemlidir. Erişilebilirlik, kullanıcıların bir web sitesine ait içeriğe kolayca ve sorunsuz bir şekilde ulaşmasıdır. Bir web sitesine erişilebilir denmesi için engelli bireylerin o siteyi kullanabilmelerine imkân sağlayan standartları yerine getirebiliyor olması anlamına gelmektedir [7].

4.1. Bilişim Ergonomisi

E-ticaret sitelerinde ergonomi kavramının anlaşılabilirliği için bilişim ergonomisi kavramının incelenmesi gereklidir. Bilişim ergonomisi; ergonominin bir alt kolu olan nitelendirilebilecek olan Bilişsel Ergonomi, insan-bilgisayar sistemlerinin daha etkin ve verimli bir çalışma sağlayabilmek için kullanıcı-görev-sistem etkileşimini inceleyen bir bilim dalıdır ve enformasyon sistemlerinin tasarımı ve kullanıma indirgenebilir [15].

Bilişim ergonomisinin ayrılmaz bir bütünü olan ve bu kavramın kökleri olarak nitelendirilebilecek bilişim ergonomisinin standartlarını incelediğimizde ise şu kavramlarla karşılaşılmaktadır. Öncelikle ara yüz tasarımında köklü yeniliklerden kaçınılmalıdır, geçmiş deneyimlerden hatırlanabilecek bir bilindik ara yüz tasarımı oluşturmak geçmiş deneyimleri kullanma ve maddi açıdan kolaylık sağlar [16]. İkincil olarak çok yönlü tasarımlar yapılmalıdır, tasarım yaparken dikkat edilmesi gereken hususlardan birisi çok yönlülüktür.

Çok yönlülük kavramı detaylandırmak gerekirse, tasarlanmış uygulama vb. ürünler diğer yazılım ve işletim sistemlerinin çeşitli varyasyonlarını destekleyecek şekilde belirli standartlar dâhilinde tasarımı yapıldığı zaman ve maliyet anlamında verimli bir artış sağlar. [16].

Peki bilişim ergonomisinin kullanıcı deneyimine ve kullanılabilirliğe olan katkısı nelerdir sorusunun yanıtını aradığımızda ise kullanıcı ihtiyaçlarını karşılama konusunda tasarımda uygulanabilirliğin belirlenmesinde bilişim ergonomisine yönelik bir takım uygulanabilir metotlar geliştirilmiş olduğu görülmektedir. Bu uygulamalar incelendiğinde izlenecek prosedür maddeler halinde verilebilir. Bu maddeler;

i-Sistem daha tasarım aşamasındayken veya yeterli sayıda verilerin elde edilmesinde yeterliliğin sağlanabilmesine olanak sağlamayacak bir kullanıcı sayısı bulunduğu gerekli beceriye sahip bir kişi tarafından analitik değerlendirme yapılabilmektedir [16].

ii-Gözlem metodu ile kullanılabilirlik test edilebilmektedir. Gözlem metodunu uygulayacak kişinin oluşturulmuş olan ara yüzü belirli bir sistematiklik ile gözlemleyebilmesine olanak sağlayacak bir konumda olması beklenir [16].

iii-Eğer ki sistem kurulmuş veya fiziksel olarak incelenmesine olanak sağlayacak bir prototip bulunması deneysel değerlendirme yapılmasına olanak sağlamaktadır. Deneysel değerlendirme de test metodolojisine ve değerlendirme tekniklerini uygulama konusuna hâkim kişiler tarafından değerlendirme aşaması yürütülmelidir [16].

5. SONUÇ

E ticaret dünyada olduğu kadar ülkemizde de büyük bir öneme sahiptir. Bilgi iletişim teknolojileri her geçen gün ilerlemekte ve internet kullanıcı sayısı artmaktadır. İnternetin 1990'lı yıllardan başlayan yaygınlaşma sürecinden bugüne süregelen bu ilerleyiş e ticaret sitelerinin ilerleyişine katkı sağlasa da kullanım oranı internet kullanım oranını yakalayamamıştır.

Bireylerde internet kullanımı Tablo 3'te görüldüğü gibi %79,0'lara kadar artış göstermiş olmasına karşın e ticaret sitelerinden ürün satın alma oranı %40 seviyesinden daha düşük bir seviyede kalmıştır.

İnternet ağlarının geliştirilmesi ve genişletilmesi, e ticaret hakkında bilgilendirme programlarının tasarlanıp halka sunulması, kullanıcı sayısını artırılmasında etkili olacaktır.

Bunlara ek olarak e ticaret web sitelerinin yaşlı ve engellilerin kullanmalarını kolaylaştıracak menülerin eklenmesi ve kullanılabilirlik faktörleri göz önünde bulundurularak site tasarımlarının gerçekleştirilmesi kullanıcı sayısının artırılmasında büyük rol üstlenecektir.

Günümüzde insanoğlunun küresel anlamda alışveriş alışkanlıkları bu makalede incelenmiştir. Ancak alışkanlıklarına sıkı sıkıya bağımlı olan toplumların dahi sahip olduğu toplumsal belleğin geçerliliğini yitirdiği sonucuna içerisinde bulunduğumuz salgın sürecini incelediğimizde varılabilir. Şekil-1 incelendiğinde ülkemizde e ticaret hacminin 2020 yılında 2019 yılına göre %7,03 oranında artarak %36,5 seviyesine geldiği görülmektedir [11]. Bu artışa göre insanların alışlagelmiş alışveriş kültüründe değişiklik olduğu ve bunu değişikliğin oluşumunda e-ticarete yönelimin etkili olduğu iddia edilebilir [17].

Ülkemizde 2019 yılı verileri ile modellenen tahmin algoritmalarına göre 2020 yılında e-ticaret pazar payında %66 artış göstererek 226 milyar Türk lirası düzeyine ulaşacağı öngörülmüştür. [18]. Ülkemizdeki e-ticaretin 2020 yılı tutarı olan 226 milyar Türk lirası hacmindeki pazar

payları incelendiğinde, yaklaşık olarak %92'sinin yurt içi harcamalar, %4'ünün yurtdışı harcamaları ve kalan kısmının ise diğer ülke vatandaşlarının ülkemiz e-ticaret platformlarından yaptığı harcamalar olduğu verisine ulaşılabilir [18].

Salgın süreci boyunca e-alışveriş alışkanlığı gittikçe artmıştır ve e-alışveriş yapan birey sayısı 26 milyona yaklaşmıştır [11]. 84 milyonluk nüfusumuz ele alındığında kişi başına düşen alışveriş sayısı %36'ya ulaşmıştır [11, 19].

KAYNAKLAR

- [1] YAŞA, S. (2016). *E-ticaret, Türkiye'de doğan problemler ve çözüm önerileri* (Doktora Tezi).
- [2] ELİBOL, H., & KESİCİ, B. (2004). Çağdaş işletmecilik açısından elektronik ticaret, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (11), 303-329.
- [3] ÖZBULUT, B. (2014). *Türkiye'de e-ticaretin gelişimi ve uygulamada karşılaşılan sorunlar* (MSc Thesis, İstanbul Ticaret Üniversitesi).
- [4] SARAÇ, S., FİKRİ, E. G. E., MİMAN, M., & AKTAŞ, M. A. (2015). E-TİCARET SİTELERİNİN TASARIMINDA ERGONOMİNİN ÖNEMİ. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 355-364.
- [5] ANBAR, A. (2001). E-TİCARETTE KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ. *Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(2).
- [6] DEMİRDÖĞMEZ, M., GÜLTEKİN, N., & TAŞ, H. Y. (2018). Türkiye'de e-ticaret sektörünün yıllara göre gelişimi. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 8(15), 2216-2236.
- [7] DELEN, E., & ABDÜSSELAM, M. S. (2015). Eğitim Fakültesi Web Sitelerinin İşlevselliklerinin İncelenmesi: Sorunlar ve Öneriler. *Sakarya University Journal of Education*, 5(2), 158-173.
- [8] TURAN, M., & POLAT, F. (2009). E-Ticaret Programcılığı ve E-Ticaretin Türkiye'deki Uygulamaları. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(2).
- [9] ACILAR, A. (2016). E-Ticarette Türkiye Ne Durumda?. *E-Commerce in Turkey*, 26-27.
- [10] KÖKSÜZ, A. (2019). Her alanda ergonomi. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 2(1), 3-24.
- [11] TÜİK, Hane halkı Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması,2020, [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-\(BT\)-Kullanim-Arastirmasi-2020-33679](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-(BT)-Kullanim-Arastirmasi-2020-33679)
- [12] YILMAZ, Y. D. D. M., & DEMİRKAN, A. E. (2012). Hastane yönetim ve bilgi sisteminin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 5(3), 19-28.
- [13] ÖZDEMİR, S., ATASOY, B., & SOMYÜREK, S. (2007). Bilimsel Dergilerin İş Süreçleri Yönetimini Gerçekleştiren Bir Yazılımın Kullanılabilirlik Araştırması: Türkiye'deki İlk Örneğin İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27(2).
- [14] KILIÇARSLAN, B., & MACİT, İ. (2012). Bilişsel Ergonomi Açısından Web Sitelerinin Performans Kriterlerinin Sınıflandırılması. *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi – YAEM, Haziran 2012, Sayı 32, p. 1-27.*
- [15] BAŞAR, S. & ASLAY, F. (2011). Yazılım Ergonomisi: Atatürk Üniversitesi Öğrenci Bilgi Sisteminin Ergonomisinin İncelenmesi, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 2011, Sayı 15 (1), p. 25-42.

- [16] AYDIN, A.O., & KURT, M., (2002), Bilişim Ergonomisi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 17(4), p. 93-114.
- [17] TOPLU YILMAZ, Ö.& BAYRAM, O., (2020), COVID-19 pandemi döneminde Türkiye’de e-ticaret ve e-ihracat, Kayseri Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 2020, Sayı 2(2), p. 37-54
- [18] Anonim, 2020 Yılı e-Ticaret Verileri Açıklandı, <https://www.eticaret.gov.tr/haberler/10040/detay>
- [19] TÜİK, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2020, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayal%C4%B1-N%C3%BCfus-Kay%C4%B1t-Sistemi-Sonu%C3%A7lar%C4%B1-2020-37210&dil=1&fbclid=IwAR0NK6MebfrD8rkKwY3oBrB3jO62AYVFIBd56TKRgmgpLgUhsE-k8BDdBuU>



ULUBORLU MESLEKİ BİLİMLER DERGİSİ (UMBD)

Uluborlu Journal of Vocational Sciences

<http://dergipark.gov.tr/umbd>

DESIGN, ANALYSIS AND TESTING OF THE TORQUE METER DEVICE

Ismail BOGREKCI¹, Pinar DEMIRCIOGLU^{1*}, Goktug OZER²

^{1*}Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Engineering, Mechanical Engineering Department, Aydın, TURKEY.

²Alpler Ziraat Aletleri A.Ş. R&D Center, Aydın, TURKEY.

*Corresponding Author: pinar.demircioglu@adu.edu.tr

(Geliş/Received: 22.03.2021; Kabul/Accepted: 25.04.2021)

ABSTRACT: The importance of force measurement systems for industry and agriculture continues to increase gradually and progressively. Load cells measure forces and weights and increase efficiency and effectiveness in many applications. With the help of advanced technology, more user-friendly and highly-accurate force measurement systems need to increase rapidly to meet production requirements. Although there are different test setups for the torque and force measurements of the systems used in our country, there is a need for torque and draught force measuring devices for tractors. In today's technology, the torque meter has become very important in industry and other fields. Torque meter is a device that measures and records the torque in a rotating system such as engine, crankshaft, gearbox, rotor. In this study, solid state modelling, analysis and production for the torque meter were carried out in order to develop the most suitable torque measuring device. The selection of the appropriate design minimizes the errors of the production. Therefore, Finite Element Analysis (FEA) was conducted in order to produce the most appropriate torque measuring device for a given range. According to the results of the analyses, it was decided to choose the most suitable material due to the elongation value of the material and dimensions & shape of the torque meter. Force versus voltage output plot indicated high-R² value (0.9834) in regression model demonstrating the regression line fits the data better. It is shown that the system is consistent because the resulting value is very close to 1.

Keywords: Elongation, Force, Load Cell, Strain Gauge, Torque Meter, Wheatstone Bridge.

TORKMETRE CİHAZININ TASARIMI, ANALİZİ VE TEST EDİLMESİ

ÖZ: Sanayi ve tarım için kuvvet ölçüm sistemlerinin önemi her geçen gün önemi artmaya devam etmektedir. Yük hücreleri, kuvvetleri ölçmek ve birçok uygulamada verimliliği ve etkinliği artırmak için tartım ve kuvvet ölçümü yaparlar. İleri teknolojinin yardımıyla, daha kullanıcı dostu ve doğruluğu yüksek kuvvet ölçüm sistemleri, üretim gereksinimlerini karşılamak için hızla artmaya ihtiyaç duyarlar. Ülkemizde kullanılan traktörlerin tork ve kuvvet ölçümleri için farklı test kurulumları olmakla birlikte sistemler için tork ve kuvvet ölçüm cihazı ihtiyacı bulunmaktadır. Günümüz teknolojisinde torkmetre, endüstri ve diğer alanlarda çok önemli hale gelmiştir. Torkmetre, motor, krank mili, şanzıman, rotor gibi dönen bir sistemdeki torku ölçen ve kaydeden bir cihazdır. Bu çalışmada, katı modelleme ile tasarım, analiz ve üretim en uygun tork ölçüm cihazı hedeflenerek gerçekleştirilmiştir. Uygun tasarım seçimi üretim hata oranını en aza indirmektedir. Bu yüzden belirlenen aralıklar için en uygun tork ölçüm cihazını imal etmek için sonlu elemanlar analizi kullanılmıştır. Malzeme uzama değeri, torkmetre boyut ve formuna bakılarak analiz sonuçlarına göre en uygun malzeme seçimine karar verilir. Gerilme-kuvvet grafiğinde görüldüğü gibi, yüksek R² değeri (0,9834) regresyon modelinden elde edilmiştir. Bu değer 1'e yakın olması sistemin tutarlı olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Gerinim Ölçer, Kuvvet, Tork Ölçer, Uzama, Yük Hücresi, Wheatstone Köprüsü.

1. INTRODUCTION

Load cells are widely used to measure forces and increase efficiency. Load cells are sensors commonly used in industry to measure force or weight. They are especially used in weighing instruments, check scales, multi-head scales. As the performance of these machines is increasing (operating speeds can exceed hundred weights per minute), their costs and dimensions are constantly decreasing.

Load cell is able to analyze force, weight, moment, stress, strain, displacement etc. in real time. It is a mechanical part that is used to measure physical change. The electronic board is an electronic part that is used to process the signal coming from the load cell. The software is the medium that processes the signals produced by the electronic card and displays it to the user.

Torque meters and load cells are designed using 3d solid state modelling. In order to observe the measurement performance of torque meters and load cells, some parameters such as weight, stress, strain, displacement should be calculated. Finite Element Analysis (FEA) is a virtual analysis method to calculate the required parameters without manufacturing and testing in real environment. It is very vital to investigate the torque meter performance both virtual and testing environment.

Torque is calculated by measuring the torsion of the shaft by means of angular displacement or elongation sensors. For this purpose, special torque meters can be used by connecting directly to the shaft other than flanges or bearing. The other method is based on the measurement of twisting of the shaft according to the applied load. The transmission of the signal resulting from the applied load depends on whether the shaft is rotating or not. If the shaft is rotating, the rotating sensors on the shaft can transmit their signals with the electronic signal processing card using with or without wireless systems [1].

In this study, a torque meter was designed, analysed and tested in order to develop a simple solution for industrial and other applications requiring torque measurements.

2. LITERATURE REVIEW

Within the scope of this study, plastic-based composite plates exposed to preloads and the adhesive bonds of these plates to examine the creep effect against time, an apparatus for this purpose was designed and manufactured. Static load in the tensile direction at different forces on the test setup was able to apply. The preload value of the axial force applied to the samples could be transferred to the samples with the torque meter [2].

In this study, a three-dimensional force transducer and a real-time force measurement system were used to measure force changes at the coupling points of tractors. The wireless force measurement system was developed. This system had ability to measure forces in three dimensions. Test results showed that the force measurement system had close results with compare to the commercially used load cells. Additionally, this system had an ability to obtain field data with using wireless communication and force results can be investigated by graphic based screen [3].

In this study, the traction performance of an agricultural tractor was analyzed according to the soil moisture content. In this experimental study, a load measurement system was mounted on

the tractor using a wheel torque meter, a proximity sensor, a six-component load cell and a data acquisition system [4].

A novel model-based filtering technique for load cells was proposed in this work to ensure short settling time in dynamic weighing through load cells. The filters obtained, referred to as Shaper-Based Filters (SBFs), were based on the convolution of load cell signals with a sequence of a few impulses, typically between two and five impulses. The amplitudes and time instants of these impulses were computed through the system dynamic model, the level of admissible residual oscillations in steady-state filtered signal and the desired robustness [5].

The review discussed the strain sensing technology used in multi-axis force sensors. Electrical resistance voltages have been the standard mechanism for measuring induced voltage in the sensor structure for decades. Although they are ubiquitous, these sensors have limitations that are impractical in many applications. Specifically, the advantages offered by fiber Bragg gratings include: (a) immunity to electromagnetic interference, (b) reduced size and weight, (c) superior strain resolution, (d) environmental stiffness, and (e) optical multiplexing. Although semiconductor strain gauges and capacitive sensing are available in the literature, they are primarily used in exceptional cases such as miniature force sensors [6].

A column-type sensing element was designed as a multi-component force/moment sensor by attaching strain gauges. The ratio of length to diameter (L/D) for the sensing element was designed analytically and verified by finite element analysis. To reduce the interference error of each loading component, this article proposed a method of separation by addition and subtraction using the signals of strain gauges [7].

This study discusses a new method for evaluating the torque output of an orbital motor. The method involved evaluating the pressure within each chamber, taking into account the handling characteristics of the machine. Depending on the pressurization, instantaneous normal contact forces were evaluated using geometric intersection and validated contact mechanics relationships. The net torque output from the simulation was compared with the ideal values and those obtained from the experiments in terms of both instantaneous and average values. Comparison of the results showed that the proposed approach could predict the torque output trend with always less error than experimental values, but this deviation is observed under only a few operating conditions [8].

The traction load measurement system was developed to measure field data for traction performance evaluation during tillage operations. A 78 kW farm tractor was used to build a load measuring tractor. The aim of this study was to analyze the traction performance of an agricultural tractor according to soil moisture content (SMC). A load measurement system was assembled using a wheel torque meter, a proximity sensor, a six-component load cell, and a data acquisition system. Thus, the traction efficiency at the highest SMC level was 95.3% at the lowest SMC level. Therefore, the results from this study provided an approach for evaluating tractor traction performance based on SMC levels [9].

This study presented an innovative design for a multi-capacity force measuring device. It was proposed that this instrument could replace a set of force transducers constructed to cover a specified force measurement range. It also provided a solution to the constraints limiting the use of an ordinary force converter where it was recommended to use a force converter at a load below 10% or above 100% of its rated capacity. The capacity of the system was doubled from 10 kN to 20 kN [10].

3. MATERIAL AND METHOD

3.1. Computer Aided Engineering (CAE) Analysis

Conceptual design and three-dimensional solid state modeling of the torque meter were made using Autodesk Inventor program (Figure 1). Static structural analysis was performed in order to observe the stress behavior of the product design and to provide input to the design with Finite Element Analysis method. Local meshing method was used in order to investigate the behaviors of the torque meter. AISI 1050 and 4140 steel materials were used due to mechanical properties. In the second stage, the prototype was manufactured by applying machining processes.

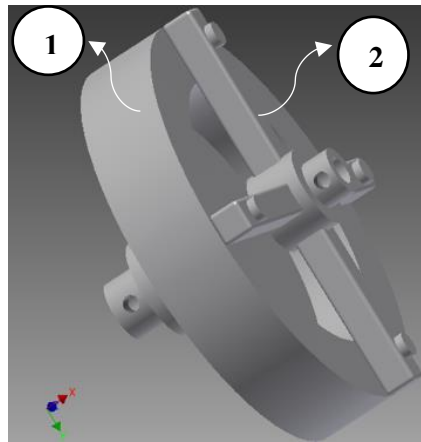


Figure 1. 1050 (1) and 4140 (2) Steel Assembly.

3.2. Mechanics

A torque sensor, torque converter or torque meter is a sensor used to measure the torque value and use the data obtained in a rotating mechanism such as a motor, crankshaft, gearbox, rotor, bicycle crankshaft or cap torque tester. Measuring the dynamic torque value can be said to be difficult to measure because the measurement data requires the transfer of some influence (electrical, hydraulic or magnetic) from the obtained shaft to a static system. Torque meter is used to obtain the applied strain values. Newer types of torque converters add conditioning electronics and an A/D converter to the rotating shaft. The electronic cards then read the signals and convert the signals into a high level analog output signal value such as +/- 5-10V DC [11].



Figure 2. Custom designed 3D Force Transducers [11].

The strain gauge torque meter is used as a force transducer. Mechanical part of these transducers are custom designed torque measuring device with different ranges of 0-100 Nm, 0-500 Nm, 0-2000 Nm, 0-10000 Nm and 0-20000 Nm (Figure 2).

3.3. Electronics

The designed system has a torque meter, an ADC, an MCU, an RF Module and a PC. For sensing force variations on three-point linkage, Wheatstone Bridge is used on torque meter. The analog voltage outputs on bridges were amplified with an instrumentation amplifier and converted to digital signal using 24 bit ADC. Digitalized values processed by the MCU and transferred to PC via RF signals. The PC provides us graphical monitoring the processed field data in real-time. In order to decrease the noise on Torque meter, the regulated DC power source has been used for supplying Wheatstone bridge. And also for this purpose cable shields have been connected to the ground as shown in Figure 3 [3].

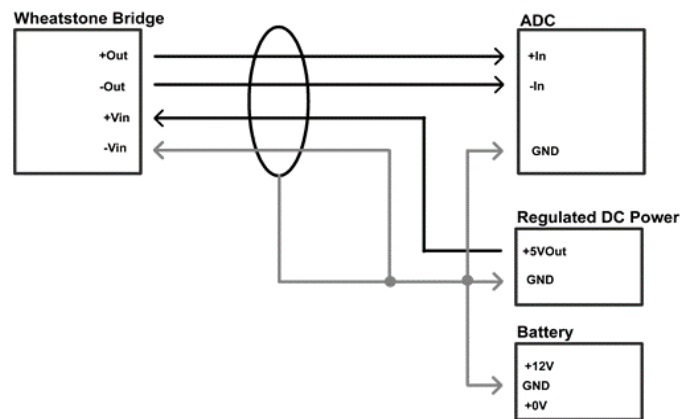


Figure 3. Shield Grounding for Noise Reduction [3].

4. RESULTS AND DISCUSSION

Stress analysis was performed by applying moment and force at different values to the torque meter. The findings showed that the designed torque meter was appropriate for measuring torques accurately and precisely.

4.1. Displacements in Torque Meter

▣ Moment:1

Load Type	Moment
Magnitude	1000,000 N mm
Vector X	-1000,000 N mm
Vector Y	-0,000 N mm
Vector Z	0,000 N mm

▣ Selected Face(s)

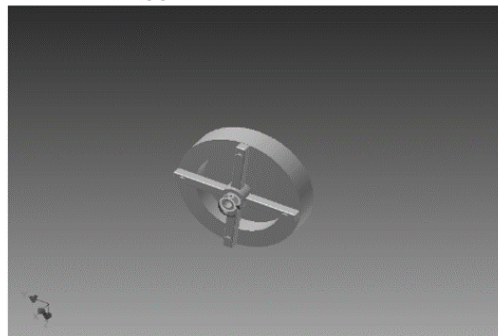


Figure 4. Application of a torque of 1000 Nmm.

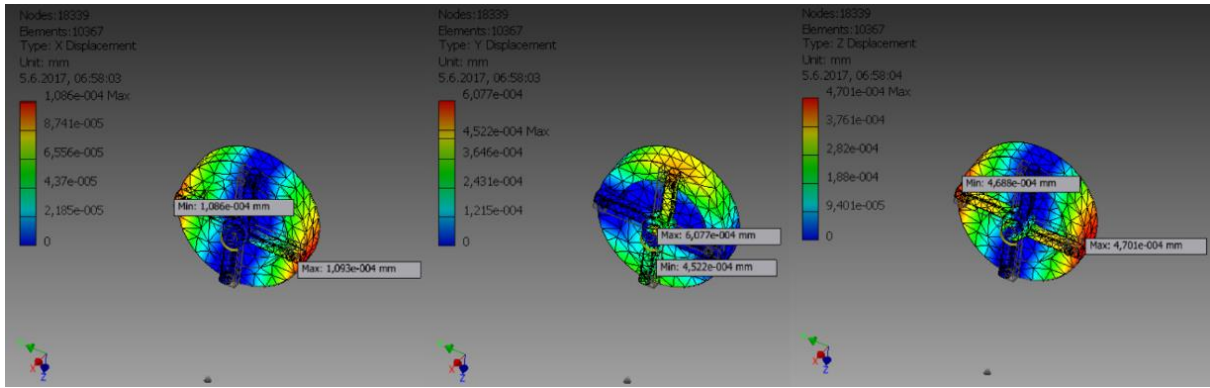


Figure 5. Displacement on the X, Y and Z axis.

Structural analysis or stress analysis ensuring the correct selection of materials and the correct use of materials determined the safety coefficients of the current system and to optimize the material, cost, production time and strength values in the manufacturing processes.

The maximum elongation for AISI 4140 steel was 25.7% and the maximum elongation for AISI 1050 steel was 9% and then the AISI 1050 steel was fixed at the fixed point, while the other force and torque were applied separately to the shape (Figure 4). The maximum elongation value of 25.7% was the desired value in order to find the places where the strain gauges are glued. Some of these forces and moments are 1000 N, 10000 N, 1000 Nmm and 10000 Nmm, respectively (Figure 5). The dimensions of the developed torque meters were checked iteratively and a number of stress analyzes were performed to select the proper materials.

For the suitable elongation, the required stress and strain values were taken as reference. The principal stress and strain values on all axes were taken as reference. As a result of the detailed examination, a number of steel materials were tested and two types of steel were identified for production as AISI 4140 and AISI 1050 Steel.

4.2. Torque Meter Test Results

The tests were conducted after the torque meter manufacturing phase was completed. Since the value of the multimeter is very small when the test is performed, the amplifier circuit must be designed and developed. Thus, the instrumentation amplifier, INA128 was used. This process is also called as signal conditioning.

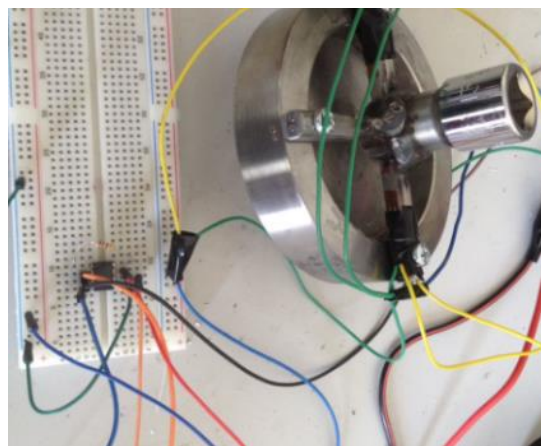


Figure 6. Combination of INA 128 with torque meter.



Figure 7. Application of 139.3 N and 278.6 N forces on the torque meter.

Then, a torque meter was applied to the small scale and the voltage change values were observed. The observed values can be seen in Table 1.

Table 1. Force and Voltage Values for Torque meter.

Force (N)	Voltage (V)
139.3	11.73
209.1	11.35
278.2	11.05
350.1	10.74
439.9	10.16

A minimum of 130 N forces was taken in order to conduct the calibration. The voltage values were then taken by applying force separately from small to large, and the resulting values were plotted (Figure 8).

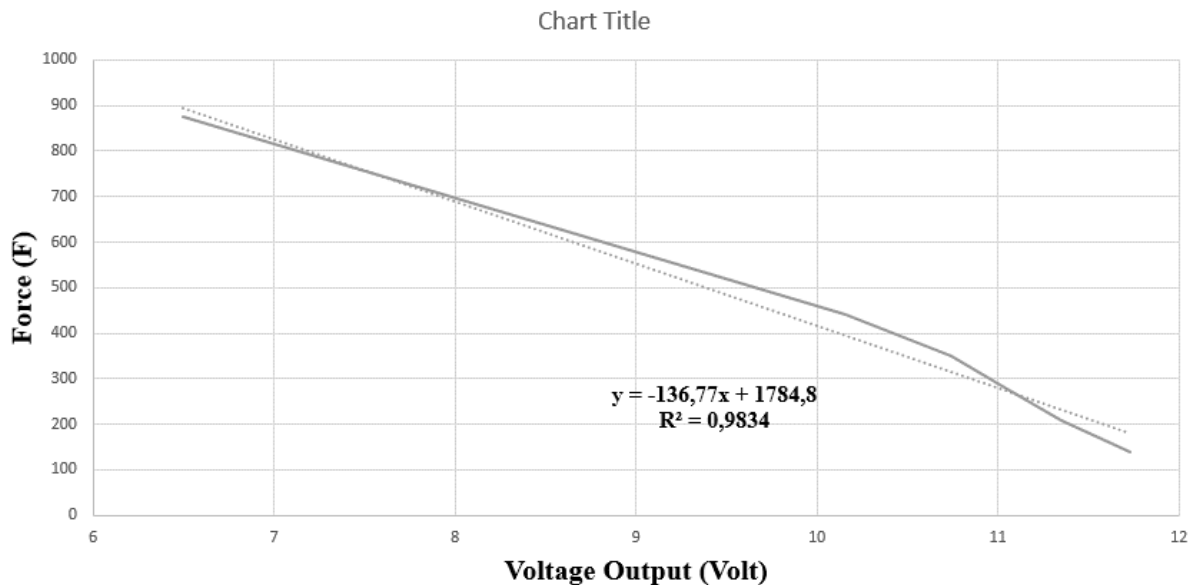


Figure 8. Force versus Voltage Values.

When the table is examined in detail, the y formula gives the force value and R^2 value is found to be 0.9834. It is shown that the system is consistent because the resulting value is very close to 1.

CONCLUSION

In this experimental study, a number of criteria were aimed to facilitate the manufacturing process for the development of torque meter. These aimed criteria are the choice of material, stress, strain and displacement properties of the material under different torques. In addition, accuracy, precision and range of the measurement are other important features. The selected material provided the desired stress and strain values for the expected elongations. When selecting the material, several iterative FEA analyses were conducted. The size and shape of the torque meter were optimized for sensitive measurement. After the drawing, it was decided that there should be two types of steel. After comparing the obtained values with theoretical values the minimum and maximum torque values of the product were determined. These steels were identified as AISI 1050 and AISI 4140 steel. AISI 1050 is a steel with high stress value, low elongation steel and AISI 4140 steel stress value lower than other steel and higher elongation value. In the next step of this study, it is aimed to investigate the torque meter performance both virtual and testing environment.

REFERENCES

- [1] Yegin, V., Karayel D. (2020). Araç Ön Kaput Menteşesi Tork Ölçümü ve Kalite Kontrol Bankosu Tasarımı, Kalaycıoğlu, H., Yalcınkaya, S. (Ed.) Mühendislik Alanında Teknolojik Gelişmeler, Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları: 45/2020, E-ISBN: 978-605-7594-55-6.
- [2] Kemiklioğlu, U. (2020). Kompozit Malzemelerin Ön Yükleme Etkilerinin İncelenmesine Yönelik Bir Aparatın Tasarımı ve Üretimi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 22 (66), 897-903. DOI: 10.21205/deufmd.2020226623.
- [3] Bogrekci, I., Demircioğlu, P., Akkoyun, F., Kösem, M.A. (2017). Development of Load Cell and Real Time Force Measurement System. IEEE World Electro Mobility Conference 2017, Izmir, 13-18.
- [4] Kim, W., Kim, Y., Park, S., Kim, Y. (2021). Influence of soil moisture content on the traction performance of a 78-kW agricultural tractor during plow tillage. Soil and Tillage Research, Vol. 207, 10.1016/j.still.2020.104851.
- [5] Richiedi, D., Trevisani, A. (2018). Shaper-Based Filters for the compensation of the load cell response in dynamic mass measurements. Mechanical Systems and Signal Processing 98, 281-291.
- [6] Templeman, J.O., Sheil, B.B., Sun, T. (2020). Multi-axis force sensors: A state-of-the-art review. Sensors and Actuators A: Physical, 304, 1-17.
- [7] Kim, J.H., Kang, D.I., Shin, H.H., Park, Y.K. (2003). Design and analysis of a column type multi-component force/moment sensor. Measurement, 33(3), 213-219.
- [8] Manne, V.H.B., Vacca, A., Merrill, K. (2021). A Numerical Method for Evaluating the Torque Efficiency of Hydraulic Orbit Motors Considering Deformation Effects and Frictional Losses. Mechanical Systems and Signal Processing, 146, 1-22.
- [9] Kim, W., Kim, Y., Park, S., Kim, Y. (2021). Influence of Soil Moisture Content on the Traction Performance of a 78-kW Agricultural Tractor During Plow Tillage. Soil and Tillage Research, 207, 1-12.
- [10] Abdulkhakim, M., Hegazy, R., Abuelezz, A.E., Abdelhakeem, H.M., Gaffer, A.M., Zakaria, H.M. (2021). Novel design of a multi-capacity force measurement instrument. Measurement, 173, 1-9.
- [11] Torque sensors and Torque transducers, (2021). Access Date: 21.01.2021. Link: <https://www.datum-electronics.ru/torque-sensors-and-torque-transducers.aspx.htm>.



ULUBORLU MESLEKİ BİLİMLER DERGİSİ (UMBD)

Uluborlu Journal of Vocational Sciences

<http://dergipark.gov.tr/umbd>

GÜNEŞ ENERJİSİNİ TARIMSAL SULAMA VE ELEKTRİK ÜRETİMİNDE KULLANILABİLMESİ İÇİN TASARLANAN SERBEST YER DEĞİŞTİRME PİSTONLU STIRLING MOTORUNUN ISITICI ANALİZİ

Mehmet DEMİRALP^{1*} 

¹Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, Niğde, Türkiye.

*Corresponding Author: mdemiralp@ohu.edu.tr

(Geliş/Received: 17.03.2021; Kabul/Accepted: 12.04.2021)

ÖZET: Güneş enerjisinin tarımsal sulamada kullanılabilmesi ve elektriğe dönüştürülmesi konusunda yapılan bu çalışmada, ilk etapta ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli alanında elde edilen istatistiksel veriler incelenmiş ve birim alana düşen enerjinin yeterli olduğu kanaatine varılmıştır. Güneş enerjisinin söz konusu işlerde kullanılabilmesi için yapısı basit, ağırlığı az ve hacimce çok küçük olan dıştan ısıtılmalı bir motorun geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmada Stirling motorlarının gelişmesine ilişkin literatür gözden geçirildikten sonra, şimdiye kadar yapılan çalışmalarda ortaya çıkan olumlu ve olumsuz sonuçları göz önünde tutarak, çalışma maddesi hava olan, serbest pistonlu bir model tasarlanmıştır. Tasarlanan modelin 500 Watt enerji üretecek bir prototipin ısıtıcı analizi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Serbest yer değiştirme pistonlu Stirling motoru, Enerji dönüşümü, Güneş enerjisi.

HEATER ANALYSIS OF A FREE DISPLACER STIRLING ENGINE DESIGNED FOR THE USE OF SOLAR ENERGY IN IRRIGATION AND ELECTRICITY PRODUCTION

ABSTRACT: In this study, made on the use of solar energy for irrigation and electricity production, initially the statistical data of solar energy density of Turkey was examined and found to be adequate. On order to use the solar energy in irrigation and electricity production, the development of an externally heated, structurally simple, small and light engine is required. In the study, after examination of the literature of Stirling engines, an engine model has been designed that uses air as the working fluid and works of a free displacer. The model was carried out and the dimensions of a prototype with 500 Watt power output were estimated.

Key Words: Free displacer Stirling engine, Energy conversion, Solar energy.

1. GİRİŞ

Dıştan ısıtma prensibine göre çalışan Stirling motorları ilk olarak 1816 yılında Robert Stirling tarafından imal edilmiştir [1-2]. Bugün için Stirling motorları ticari üretim seviyesine ulaşmış sayılmamakla birlikte, ulaşılan teknolojik seviye bu motorlar için son derece ümit vericidir. Halihazırda özel amaçlarla ticari firmaların veya araştırma kurumlarının imal etmiş olduğu Stirling motorlarının prototip veya deneme aşamasında olanları mevcuttur. Isıveren veya ısıya dönüştürülebilir her türlü enerji kaynağı ile çalışan Stirling motoru gelecekte hareket motoru, soğutma makinesi, ısı pompası ve basınç motoru olarak muhtemelen daha iyi tanınacaktır. Ayrıca ülkemiz ve dünyadaki enerji problemine çözüm olabilecek motorlardan biri olmaya adaydır. Özellikle Türkiye gibi bol güneş enerjisi, termal su kaynakları, düşük kalorili kömür yatakları vs. bol bulunduğu ülkelerde, bu motordan faydalanmak sureti ile büyük ölçüde enerji tasarrufu sağlanabileceği gibi çevre ve insan üzerindeki zararlı etkisi de minimum düzeyde olacaktır. Ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli, özellikle yaz aylarında birim alana düşen güneş enerjisi miktarı oldukça fazladır [3]. Şimdiye kadar güneş enerjisi çok düşük verim ile su ısıtma amaçlı kullanılmıştır. Bu zenginliği boşa harcama lüksüne sahip olmayan ülkemiz için, tükenmeyen kaynaklar olan güneş önümüzdeki yılların ana enerji ve elektrik kaynağı olmaya adaydır. İlk yatırım maliyetinden sonra, bakım ihtiyacı sıfıra yakın olan sistemlerin birim fiyatları dünya genelinde düşmeye başlamıştır.

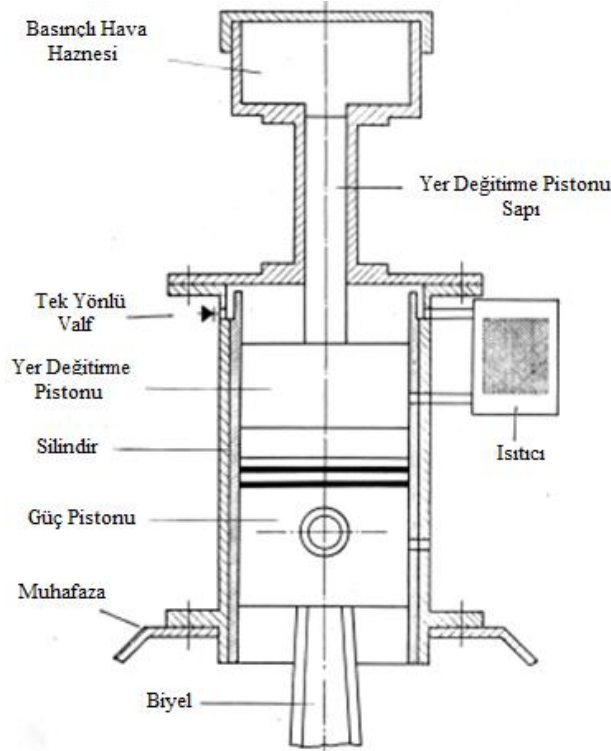
Ülkemizde ve dünyada Stirling motorları ve beraberinde elektrik elde etme çalışmaları mevcut olup, ülkemizde de daha önceden ve hali hazırda devam eden çalışmalar bulunmaktadır ve bu çalışma grupları araştırmalarına devam etmektedir [4-12].

Bu çalışmada serbest yer değiştirme pistonlu bir Stirling motorunun tasarımı yapılmış, çalıştırılmasına yönelik temel prensipleri belirlenmiştir. Isı motora harici bir ısı kaynağından aktarılacağından ısıtıcının pleyt şeklinde olası kararlaştırılmış ve boyutlandırılması için analizleri yapılmıştır.

2. MOTOR VE ISITICI

2.1. Tasarımı Yapılan Motor ve Çalışması

Tasarımı yapılan ve hava kullanılarak çalıştırılması düşünülen Stirling motoru Şekil 1'de şematik olarak görülmektedir, motorun çalışması kısaca dört alt başlıkla anlatılmıştır.



Şekil 1. Tasarımı Yapılan Stirling Motorunun Şematik Resmi.

2.1.1. Havanın motor içine alınması

Havanın motor silindirine alınması başlangıcında güç pistonu AÖN'da ve çıkış portu açık durumdadır. Yer değiştirme pistonu ise üst flanşa yapışık vaziyettedir. Dolayısıyla piston ile yer değiştirme pistonu arasında kalan, genişleme hacmindeki basınç atmosfer basıncına eşittir. Bu durumda yer değiştirme pistonunun ön yüzeyi atmosfer basıncının, kuyruk kısmı ise basınçlı hava haznesindeki yüksek basıncın etkisi altındadır. Haznedeki yüksek basınç yer değiştirme pistonu kuyruğuna etki ederek yer değiştirme pistonu güç pistonuna doğru hareket ettirir. Hareket eden yer değiştirme pistonu ön tarafındaki hacmi daraltırken arka tarafında vakum oluşturur, bu vakumun meydana getirdiği basınç farkı ile tek yönlü valf açılır ve yer değiştirme pistonu arka tarafına atmosferik şartlardaki hava dolar. Bu işlem yer değiştirme pistonu kursu boyunca devam eder.

2.1.2. Motora alınan havanın sıkıştırılması

Sıkıştırma başlangıcında güç pistonu AÖN'da, yer değiştirme pistonu ise bir önceki periyodun sonucu olarak güç pistonu üzerindedir. Volan üzerinde biriken enerji ile güç pistonunu yukarı doğru hareket ettirir. Bu hareket ile çıkış portunu kapanmaya başlar ve aynı zamanda güç pistonu üzerinde bulunan yer değiştirme pistonu da güç pistonu ile hareket etmeye başlar. Yer değiştirme pistonunun güç pistonu ile yukarı doğru hareketi havayı sıkıştırmaya başlar ve bu sıkıştırma güç pistonunun ÜÖN'ya varması ile son bulur. Bu durumda, yer değiştirme pistonu arkasındaki hava sıkıştırma sonu basıncı değerine ulaşmış ve ısıtıcının genişleme bölgesine açık olan ucu açılmaya başlamış durumdadır.

2.1.3. Sıkıştırılan havanın yer değiştirerek ısınması

Bir önceki periyodun devamı olan bu işlem güç pistonu ile beraber hareket eden yer değiştirme pistonunun, ısıtıcının sıcak ucunu açması ile başlar. Isıtıcının sıcak ucunun açılmaya başlaması

ile sıkışan hava ısıtıcı üzerinden geçerek piston ile yer değiştirme pistonu arasına dolmaya başlar. Isıtıcı üzerinden geçen havanın ısınarak basıncı artar, basıncı artan hava yer değiştirme pistonunu yukarı doğru iterek arka tarafındaki sıkışmış havayı ısıtıcı üzerinden yer değiştirme pistonu ile güç pistonu arasındaki hacme pompalamaya devam eder. Yer değiştirme pistonu bu işlemi gerçekleştirirken güç pistonu yaklaşmakta olup, hızı azalmıştır. Güç pistonu ÜÖN'ya geldiğinde yer değiştirme pistonu pompalama işini tamamlamış olur. Bu durumda yer değiştirme pistonu silindir flanşı ile temas halinde, güç pistonu ise tam ÜÖN'da yön değiştirmek üzeredir.

2.1.4. Isınan havanın genleşmesi

Bu durumda güç pistonu ÜÖN'da, yer değiştirme pistonu ise silindir flanşı ile temas halindedir. Volanın ataleti ile ÜÖN'yı atlatan piston üzerine ısınarak basıncı artan gaz etki eder. Güç pistonu basınçlı gazın etkisi ile aşağıya doğru hareket etmeye başlar ve böylece genleşme başlamış olur. Genleşme; yani motordan güç alınması işlemi güç pistonunun AÖN'ya gelmeden önce çıkış portunu açmaya başladığı ana kadar devam eder. Güç pistonu çıkış portunu açmaya başladığı anda genleşme hacmindeki sıcak ve basınçlı hava atmosfer şartlarındaki ortama doğru akmaya başlar. Bu işlem devam ederken sıcak gazın basıncı düşeceği için, basınçlı hava haznesindeki basınç yer değiştirme pistonunu ani olarak aşağıya doğru itecektir. Bu itme, genleşme hacmi içindeki artık sıcak havayı çıkış portundan atmosfer ortamına atar. Aynı zamanda yer değiştirme pistonu arkasında basınç farkı oluşturup, tek yönlü valfin açılmasını sağlayarak diğer çevrim için motor içine tekrar hava alınmasına sebep olur.

2.1.5. Isıtıcı

Tasarımı yapılan motorda parça sayısı ve detayın mümkün olduğu kadar az olmasına dikkat edilmiştir. Bundaki amaç; imalat ve çalıştırma sırasında ortaya çıkacak problemleri azaltmaktır. İmalat esnasında ortaya çıkacak problemler tasarım üzerinde tadilat yapmak sureti ile giderilebilir, fakat imalat tamamlanıp çalıştırma işlemine başladıktan sonraki problemler tasarımın tamamen değişmesine sebep olacaktır. Bu sebeple çalışma sırasında ortaya çıkacak en büyük problem kullanılacak olan çalışma maddesine bağlı olacaktır.

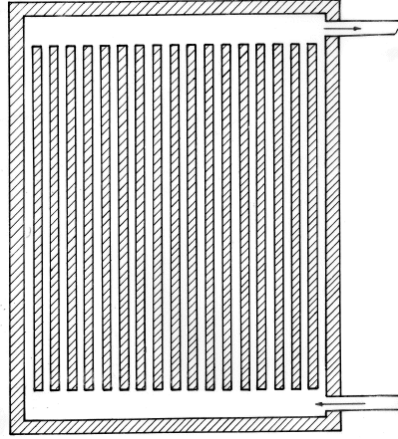
Stirling motorlarında çalışma maddesi olarak genellikle helyum veya hidrojen kullanılmaktadır. Çalışma maddesi olarak bu gazların kullanılmasındaki amaç; hacimce küçük, derli toplu bir motor geliştirmektir. Stirling motorlarında sızdırmazlık problemi henüz bertaraf edilmediği için helyum ve hidrojen kullanılan sistemlerde bu gazların kaçışını önlemek amacı ile yapılan ilave sistemler, geliştirilmek istenen motorları daha da büyütüştür. Bunun yanında bu gazların kullanılması mükemmel çalışan bir soğutucuyu da gerekli kılmaktadır. Helyum ve hidrojen gazının çalışma maddesi olarak kullanılmasındaki diğer bir problemde bu gazların teminindeki zorluktur.

Bu zorluk ve detaylardan kurtulmak için çalışma maddesini her iş zamanının sonunda dışarı bırakan bir konstrüksiyon biçimi tercih edilerek, çalışma maddesi olarak hava kullanılması uygun görülmüştür. Havanın çalışma maddesi olarak kullanılması motor gücüne etki edecektir. Fakat yukarıda bahsi geçen problemlere çözüm olacak, aynı zamanda da tasarımı yapılan motora deneme safhasında maliyet bakımından büyük avantajlar sağlayacaktır.

Kullanılacak olan hava her çevrimde yenisi ile değiştirilerek, silindir içerisinde sürekli bir akış gerçekleştirilecektir. Her çevrimde havanın dışarıdan alınması bir miktar tozu silindir ve ısıtıcı içine taşıyacaktır. Taşınan bu toz özellikle ısıtıcı içerisinde ısıl direnç meydana getirecektir. Bu sebeple emsal motorlarda kullanılan kılcal borulu ısıtıcı kullanılması mümkün değildir.

Motorda kullanılacak olan ısıtıcının temizlenme özelliğine sahip olması dolayısıyla kolayca sökülüp takılacak biçimde olması gerekmektedir. Düşünülen ısıtıcı pleyt şeklinde olup, motorda kullanılacak çalışma maddesi silindirler arası yer değiştirme sırasında ısıtıcının iç yüzeyleri arasından geçerken ısınacaktır. Isıtıcının pleyt şeklinde olması, ısı kaynağı olarak kullanılması düşünülen güneş enerjisinin ısıtıcıya aktarılmasında kolaylık sağlayacaktır.

Isıtıcıdaki akış çizgilerinin bozulmadığını yani laminar ve duvar sıcaklığının her yerde aynı olduğu kabul edilerek ısıtıcının analizi yapılacaktır. Motorda kullanılması düşünülen ısıtıcının detaylı olmayan resmi Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Tasarımda Kullanılması Düşünülen Isıtıcı.

Paralel duvarlı ısıtıcıda hava hızı;

$$u = c_o \left[y_w^2 - y^2 \right] \quad (2.1)$$

$$u = \frac{3}{2} u \left[1 - \frac{y^2}{y_w^2} \right] \quad (2.2)$$

Hava tabakası için enerji denklemi;

$$u \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad (2.3)$$

Kabul edelim ki sıcaklık profili ;

$$T = a_o + a_1 y + a_2 y^2 \quad (2.4)$$

şeklindedir. Bu eşitliğin y' ye göre türevi alındığında;

$$\frac{\partial T}{\partial y} = a_1 + 2a_2 y \quad (2.5)$$

olur. Kanalın ortasındaki sınır şartı; $y = 0$, $\frac{\partial T}{\partial y} = 0$ dan $a_1 = 0$ bulunur ve sıcaklık profili;

$$T = a_o + a_2 y^2 \quad (2.6)$$

olur. Duvardaki sınır şartı; $y = y_w$, $T = T_w$ kullanılırsa

$$T_w = a_o + a_2 y_w^2 \quad (2.7)$$

$$a_o = T_w - a_2 y_w^2 \quad (2.8)$$

olur. Bu denklemi 2.6 eşitliğine yazdığımızda;

$$T = T_w - a_2 y_w^2 + a_2 y^2 \quad (2.9)$$

$$T = T_w + a_2 [y^2 - y_w^2] \quad (2.10)$$

olur. Son ifadeden;

$$\frac{\partial T}{\partial x} = [y^2 - y_w^2] \frac{\partial a_2}{\partial x} \quad (2.11)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 2a_2 \quad (2.12)$$

İfadeleri elde edilir. Bunlar 2.3 eşitliğine yazılırsa;

$$u \frac{\partial a_2}{\partial x} [y^2 - y_w^2] = 2\alpha a_2 \quad (2.13)$$

olur. u, 2.1 den yerine yazıldığında;

$$c_o \frac{\partial a_2}{\partial x} [y^2 - y_w^2]^p = 2\alpha a_2 \quad (2.14)$$

diferansiyel denklemini elde edilir. Yeniden düzenlersek

$$\frac{\partial a_2}{\partial x} = \frac{2\alpha}{c_o [y^2 - y_w^2]^p} a_2 \quad (2.15)$$

olur. Denklemin genel çözümü;

$$a_2 = k e^{\frac{2\alpha}{c_o [y^2 - y_w^2]^p} x} \quad (2.16)$$

olur. ∂_2 nin bu değerini 2.11'e yazdığımızda;

$$T = T_w + k e^{\frac{2\alpha}{c_o [y^2 - y_w^2]^p} x} [y^2 - y_w^2] \quad (2.17)$$

olur. $x = 0$, $T = T_{in}$ sınır şartından;

$$T_{in} = T_w + k [y^2 - y_w^2] \quad (2.18)$$

$$k = \frac{T_{in} - T_w}{y^2 - y_w^2} \quad (2.19)$$

olarak elde edilir. k' nin bu değeri. 2.17 denklemine yazıldığında

$$T = T_w + \frac{T_{in} - T_w}{y^2 - y_w^2} e^{\frac{2\alpha}{c_o [y^2 - y_w^2]^p} x} [y^2 - y_w^2] \quad (2.20)$$

$$T = T_w + [T_{in} - T_w] e^{\frac{2\alpha}{c_o [y^2 - y_w^2]^p} x} \quad (2.21)$$

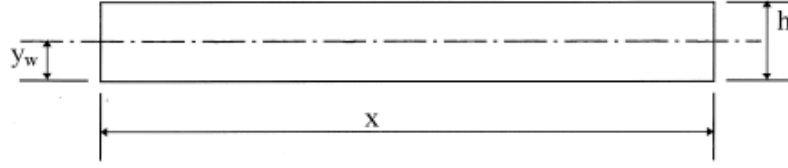
bulunur. 2.1 ve 2.2 den c_o 1 yerine yazdığımızda;

$$T = T_w + [T_{in} - T_w] e^{\frac{2\alpha}{\frac{3}{2} u [y^2 - y_w^2]^2} x} \quad (2.22)$$

$$T = T_w + [T_{in} - T_w] e^{-\frac{4\alpha x}{3 u y_w^2}} \quad (2.23)$$

olarak elde edilir.

Bulunan bu denklemi tasarlanan ısıtıcının değişik değerleri için kullandığımız zaman, motora en uygun ısıtıcı ölçüleri belirlenecektir. Hesapı yapılan değerler ve sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 3. Isıtıcı Boyutları.

Tablo 1. Kanal Çapı Ve Boyuna Bağlı Olarak Isıtıcı Çıkış Sıcaklığı.

h (m)	y _w (m)	x (m)	T (K)
0,00025	0,000125	0,1	892
		0,15	899
0,0005	0,00025	0,1	892
		0,15	880

3. SONUÇ

Isıtıcının değişik değerlerdeki kanal boyu ve kanal çapı ile yapılan hesaplamaları sonucu bulunan değerler incelendiğinde; kanal boyunun 0,15 m ve kanal çapının 0,00025 m ölçülerine sahip olan ısıtıcıdan elde edilen çıkış sıcaklığının istenilen değere yakın olduğu ve tasarlanan motorda bu ölçülerdeki ısıtıcının kullanılmasının uygun olduğu anlaşılmıştır. Tasarımı yapılan bu motor kurs boyu uygun bir motora adapte edilerek denemelere tabi tutulacaktır. Başlangıçta ısı kaynağı olarak elektrikli ısıtıcı veya bir pürümüz kullanılacaktır. Daha sonra ısıtıcı üzerine güneşi takip eden parabolik bir ayna yerleştirilerek, bu aynaya gelen ısıyı da ısıtıcı üzerine aktararak sistemin güneş enerjisi ile çalışması sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Walker, G. (1980). Stirling Engines. Oxford: Oxford University Press.
- [2] Walker, G., Senft, J. R. (1985). Free Piston Stirling Engines. Berlin: Springer.
- [3] Kılıç, F. Ç. (2015). Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri. Mühendis Ve Makina, 56(671), 28-40.
- [4] Karabulut, H., Çınar, C., Okur, M. (2020). Dynamic simulation and performance prediction of free displacer Stirling engines. International Journal of Green Energy, 179(1), 1-13.
- [5] Karabulut, H. (2010). Dynamic analysis of a free piston Stirling engine working with closed and open. Renewable Energy, 36, 1707-1709.
- [6] Koca, A. (1996). V-Tipi Stirling Motor Tasarımı Ve İmalı. Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [7] Yücesu, S. (1998). Atmosferik Basıncıta Çalışan Bir Stirling Motorunda Hacim, Basınç ve Kütle Değişiminin İncelenmesi. Politeknik Dergisi, 1(1), 9-16.
- [8] Çınar, C., Akgül, T., Yücesu, H. S. (2007). Stirling Çevrimi İle Çalışan Beta Tipi Bir Motorun İmalı Ve Performans Testleri. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(2), 411-415.
- [9] Çınar, C., Koca, A., Karabulut, H. (2005). Farklı Çalışma Gazlarının Stirling Motorunun Performansına Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 20(2), 247-250.
- [10] Üstün, S. (2000). Çift yer Değiştirme Pistonlu V Tipi Küçük Güçlü Stirling Motorunun Tasarım Ve İmalı. Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [11] Jian, M., Guotong, H. (2017). Startup mechanism and power distribution of free piston Stirling engine. Energy, 123, 655-663.
- [12] Muhammad, I. R., Nada, S. A. (2021). Experimental and theoretical investigation on a proposed free piston Stirling engine with expansion bellow. Applied Thermal Engineering, 182, 1-14.



ULUBORLU MESLEKİ BİLİMLER DERGİSİ (UMBD)

Uluborlu Journal of Vocational Sciences

<http://dergipark.gov.tr/umbd>

GELENEKTEN GELECEĞE: 3B YAZICILAR İLE EHRAM KUMAŞA DESEN UYGUNMASININ İNCELENMESİ

Mehmet Asif ALAN^{1*} 

^{1*} Bayburt Üniversitesi, Aydıntepe Meslek Yüksekokulu, Türkiye.

*Corresponding Author: alanasif@hotmail.com

(Geliş/Received: 20.05.2021; Kabul/Accepted: 17.06.2021)

ÖZ: Dünyada giderek önem kazanan teknolojik inovasyonlar beraberinde Dördüncü Sanayi Devrimini getirmiştir. Bu devrim ile birlikte ortaya çıkan fiziksel megatrend teknolojilerinin başında 3B baskı ve yazıcılar gelmektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerinin en somut göstergesi olan 3B baskı, eklemeli imalat olarak adlandırılan fiziksel nesne oluşturulmasını ifade etmektedir. Bu teknoloji, Türkiye ve Dünya endüstrisinin lokomotifi olan tekstil sektöründe kendine desen, tasarım ve imalat uygulamasında alan bulmaktadır. Bu kapsamda 3B baskı teknolojisinin müşteriye özel, özgün tasarım imkânı sunan, niş ürünlerin oluşturularak satış yapılma imkânı sağlaması beklenmektedir. Böylece yöresel desen tasarımına imkân veren ve bu desenlerin yöresel tekstil ürünleri olan Eham ürünlerine uygulanmasına olanak sağlar. Eham/iham, ince eğrilmiş koyunyününden yapılan, düz yüzeyli mekikli dokumadan elde edilen kadın-erkek giysisi, ev dekorasyon ürünü, hediyeelik eşya gibi kullanım alanı olan kumaştır. Bu çalışma ile geleneksel ürün olan Ehamın 3B yazıcılar ile desen uygulanması incelenmektedir. 3B yazıcı malzemesi olarak Selüloz türevli katılma polimerleri (Polyetilen, polipropilen, vinil akrilikler, flüorokarbon reçineleri ve polistirenler) ve yoğunlaşma polimerleri (nylonlar, Polyetilen tereftalat, polikarbonatlar ve poliamitler) gibi kompozit yapıdaki malzeme kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: 3B Yazıcılar, Eham, Endüstri 4.0, Desen, Tekstil.

FROM THE TRADITION TO THE FUTURE: INVESTIGATION OF PATTERN APPLICATION TO EHRAM FABRIC WITH 3B PRINTERS

ABSTRACT: Technological innovations, which have become increasingly important in the world, brought with it the Fourth Industrial Revolution. 3B printing and printers are at the top of the physical megatrend technologies that emerged with this revolution. 3B printing, which is the most concrete indicator of Industry 4.0 technologies, refers to the creation of a physical object called additive manufacturing. This technology, which is the locomotive of Turkey and the world industry textile industry in its pattern, is to find space in the design and manufacturing practices. In this context, it is expected that 3B printing technology will provide the opportunity to make sales by creating niche products that offer customer-specific, original design opportunities. Thus, it enables local pattern design and the application of these patterns to Eham products, which are local textile products. Eham / iham is a fabric made of fine spun sheep wool, which is made of flat-surfaced shuttle weaving and has a usage area such as women's and men's clothing, home decoration products, souvenirs. In this study, the application of the traditional product Eham with 3B printers is examined. It is possible to use composite materials such as cellulose-derived additive polymers (Polyethylene, polypropylene, vinyl acrylics, fluorocarbon resins and polystyrenes) and condensation polymers (nylons, Polyethylene terephthalate, polycarbonates and polyamides) as 3B printer materials.

Keywords: 3B Printers, Eham, Industry 4.0, Pattern, Textile.

1. GİRİŞ

Tarih boyunca insanlık adına çeşitli dönüm noktaları gerçekleşmiştir. Bu dönüm noktaları sosyal, siyasal, iktisadi, teknoloji boyutunda etkiler ortaya koymuştur. Teknolojik ve ekonomik dönüm noktalarının başında sanayi devrimleri gelmektedir. Bu sanayi devrimleri Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0) İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0), Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0) ve Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) olarak ortaya çıkmıştır. Buhar ve su gücünden yararlanan motorların olduğu Endüstri 1.0, 18. yy sonunda dokuma tezgâhlarının icadı ile ön plana çıkmıştır. Elektrik enerjisinden yararlanan Endüstri 2.0, 20.yy başlarında seri montaj ve üretim hattı ile ön plana çıkmıştır. Diğer enerjilerle birlikte nükleer enerjiden faydalanan Endüstri 3.0, 1970’li yılların başında PLC (Programlanabilen Mantıksal Denetleyici), bilgi teknolojileri ve otomasyona dayalı üretim şeklinde ön plana çıkmıştır. 21.yy başlarına gelindiğinde kendinden önceki sanayi devrimlerinden farklı olarak Öğrenen Robotlar, Bulut Bilişim, Nesnelerin İnterneti (IOT), Siber-Fiziksel Sistemler (CPS), Büyük Veri, Artırılmış Gerçeklik, Akıllı Fabrika ve 3B Yazıcılar gibi teknolojilerden beslenen Endüstri 4.0 ön plana çıkmıştır. 2011 yılında Almanya’nın Hannover Fuarında gündeme gelen bu devrim ABD, Japonya, İngiltere ve Çin başta olmak üzere Türkiye’nin de gündemine girmiştir [1]. Günümüz teknolojilerinin inovasyonu tetiklenmesi ile birlikte endüstri dünyasını yeni bir sanayi devriminin eşiğine getirmiştir. Eşiğinde durduğumuz sanayi devrimi ve Endüstri 4.0 hakkında konuşulan konular hızla teknolojik bir gerçeklik haline gelmektedir. Bu sanayi devrimi Yapay Zeka, Nesnelerin İnterneti, Yeni Nesil Robotik, 3B Baskı ve Yazıcılar, Giyilebilir ve Yumuşak Mühendislik, Akıllı Lojistik, Nanoteknoloji, İleri Malzemeler, Biyoteknoloji, BPM (İş Süreci Yönetimi), Sanal Gerçeklik, Artırılmış Gerçeklik, Siber - Fiziksel Sistemler (CPS), Siber Güvenlik, Büyük Veri, Otonom Robotlar, Bulut Bilişim Sistemi, Simülasyonlar ve diğer teknolojiler ile karakterize edilmektedir [2- 6].

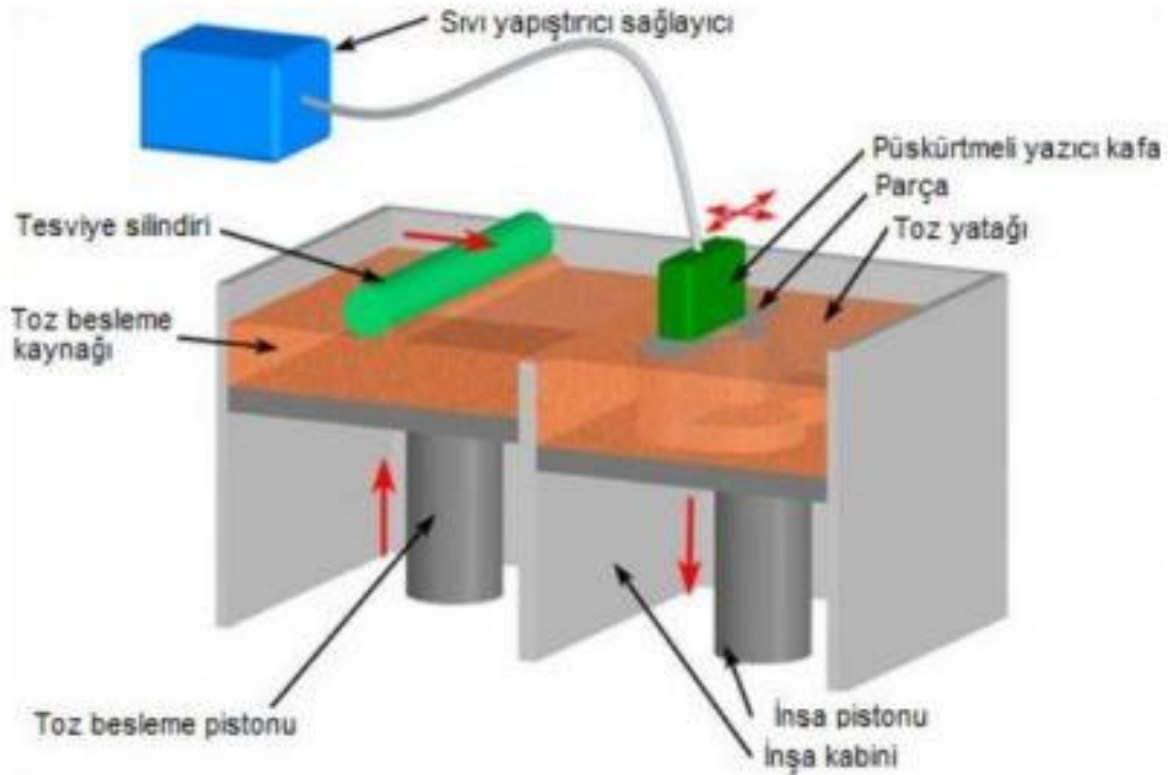
1980'den beri önemi artan 3B tekstiller, genel olarak veya çok eklenmeli içyapıda veya her ikisinde de 3 boyutlu formlara sahiptir. Dokuma, örgülü, örme, nonwoven, dikişli, nakışlı veya yeni özel formlarda olan, esnek kumaşlar veya sert kompozitler olarak kullanılabilir yapıdadırlar. 3B tekstillerin kullanım alanları arasında havacılık, otomotiv, askeri, spor, tıbbi, koruma, filtreleme, kâğıt yapımı ve jeotekstiller bulunur. İnşaat sektöründeki yeni gelişmeler de yeni 3B tekstiller ile ilgili yeni fırsatlar doğurmaktadır [7]. Ayrıca 3B baskı teknolojileri sayesinde kuyumculuk, dişçilik, tıp, uzay sanayi ve havacılık sektörüne yönelik eleman yetiştiren ve eğitim veren meslek yüksekokullarında eklenmeli imalat eğitimleri gittikçe yaygınlaşmaktadır [8]. Günümüz gelişen teknolojileri arasında yer alan 3B baskı ve yazıcılar kullanılan hammadde ve teknolojiye bağlı olarak mekanik özelliklere sahip prototip veya tekparça üretimini sağlar. Bununla birlikte doğal olarak tekstil sektöründe de 3B baskı ve yazıcı teknolojilerinin uygulanmasına imkan sağlamaktadır [8]. 3B baskı ve 3B taramadaki gelişen teknik olanaklar, üretim ve ticarete devrim yaratacak gelişmelerin önünü açmaktadır. Moda ve tekstil endüstrisi, giyim ve ayakkabı sektörü yakında 3B yazıcıdan kişiselleştirilmiş bir şekilde üretilebilir olması beklenmektedir. Gelecekte 4B baskı teknolojisi ile fonksiyonel tekstiller için yeni olanaklar ve büyüleyici uygulamalar vadedmesinden dolayı 3B baskı/tarama süreci yeni bir seviyeye taşınması öngörülmektedir [9].

Bu araştırma makalesinde nitel analiz yönteminin sağladığı imkânlardan yararlanılarak karşılaştırmalı ve neden sonuç ilişkisine dayalı yorumlar ortaya konulmaktadır. Bu kapsamda 3B yazıcılar hakkında bilgilendirme yapıldıktan sonra ehram kumaşı, ehram geleneği ve ehram geleneğinde kullanılan desenler hakkında tanıtıcı bilgilendirme yapılmaktadır. Bu

bilgilendirme ile birlikte 3B yazıcıların uygulanabilirliği tartışılarak sonuç bölümü ile çalışma nihayete erdirildi. Bu çalışma kapsamında “Endüstri 4.0 teknolojileri tekstil sektöründe kullanılıyor mu?”, “3B yazıcılar tekstil sektöründe uygulanabilir mi?” ve “3B yazıcılar ile Eham ürünlerine desen uygulamasının yapılması mümkün mü?” sorularına yanıtlar aranmaktadır.

1.1. Eklemeli Yazıcılar (3B Yazıcılar)

Tekstil endüstrisi özü itibarı ile inovasyon yapmaya uygun ve yatkın bir sektör olarak adlandırılabilir [10]. Endüstri 4.0 ise beraberinde getirdiği birçok inovasyondan biri 3B yazıcılar olarak değerlendirilebilir. 3B yazıcılar Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (ABD) tarafından geliştirilmiştir. Cihazların çalışma prensibine bakıldığında plastik toz, sıvı ve katı materyalin işlemlerden geçirilerek şekiller elde edilmesine dayanmaktadır. Bu şekiller oluşturulurken bilgisayar destekli olarak hazırlanan veriler model çıkarılarak belirlenen form ve şekillerde imalat yapılması hedeflenmektedir. Temel anlamda 3B (üç boyutlu) yazıcıların çalışma yöntemi şekil 1’de izah edilmiştir [11]. 3B yazıcıda yerleşik bulunan yazılım komutları ile tasarım yapılan dosyanın eşleştirilme adımından sonra yazıcının üreteceği moda ürünün parçalar halinde üretimine geçilir (yaygın olan yazıcılar tek parça giysi üretememektedir). Bu nedenle, giysi baskısının parçalarının yapılması ve daha sonra gerektiğinde yapıştırıcı ile yapıştırma, erime ve kanca dikiş gibi montajlama türleri ile bir araya getirilir [12] .



Şekil 1. 3B yazıcıların temel çalışma prensibi [11].

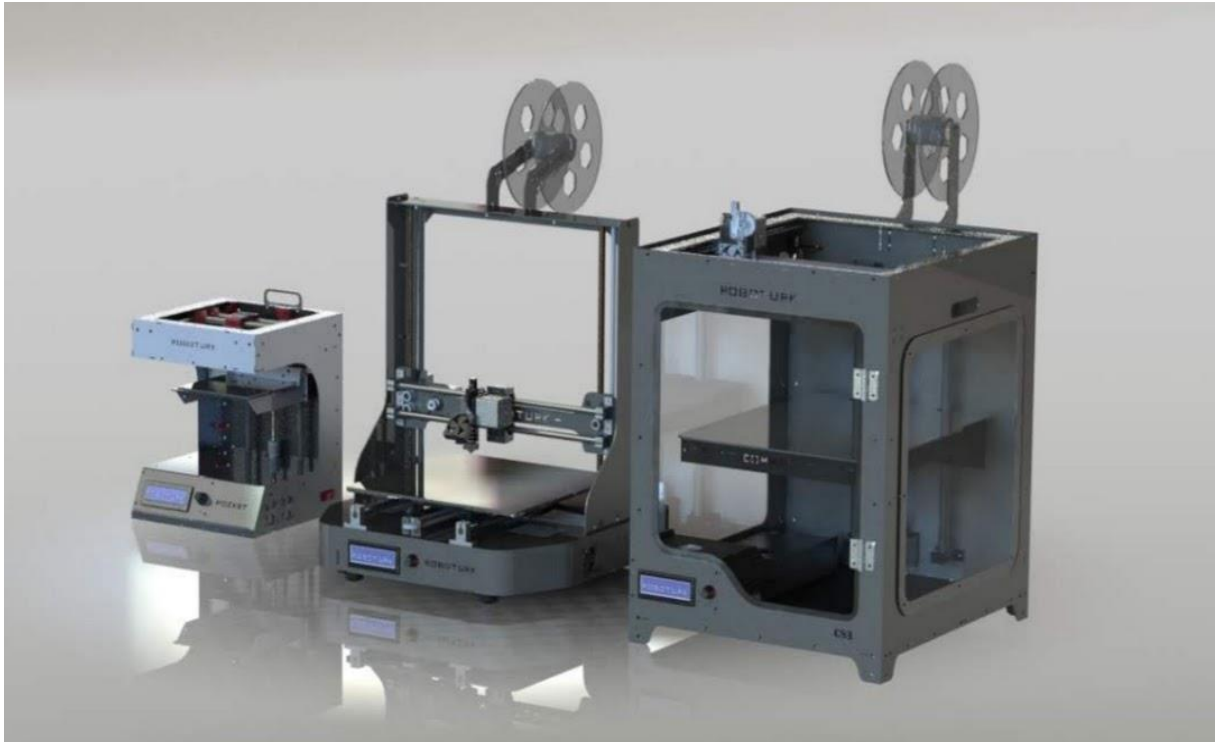
Moda açısından 3B baskı teknolojisi henüz erken dönem içerisinde ve sokaklarda görülmesi üst düzey markalar aracılığıyla gerçekleşebilir [12]. 3B baskı ile kumaş döşeme, kesme, montaj ve dikiş tek bir adımda birleştirilerek üretim sırasında atılması gereken adımları kısaltılarak maliyet, zaman ve iş gücü gibi birçok avantaj sağlanmış olur. İnsandan kaynaklı dikiş hataları ortadan kaldırılarak daha kaliteli giysi üretimi sağlanabilir. İhtiyaç olan nesnenin tam boyutu

üretileceği için kumaş atıkları ortadan kalkarak maliyet ve çevre açısından avantaj sağlanabilir. Kitlesel üretimden tasarıma dayalı kişisel üretime geçilir ve böylece model sınırlaması olmadan üretim imkânı sağlanmış olur [12].

Tablo 1. Çeşitli 3B teknolojileri ile üretilmiş giysilerde kullanılan hammaddeler [13].

Eklemeli Üretim Tekniği	Mekanizma	Hammadde	Giysi Örnekleri
Eriyik Bütünleştirmeli /eklemeli tip 3B yazıcılar (Fused Deposition Modelling FDM)	Termoplastik materyal eritilerek düze başlığında katman olarak önceki katmanın üzerine eklenir.	ABS, PLA, Esnek PLA	Uluslararası Singapur 3B yazıcı yarışmasını kazanan çalışma
Lazer Sinterleme (SLS) (Selective Laser Sintering)	Plastik toz materyal içerisinde katmanlar lazer.		Lazer Sinterleme (SLS) (Selective Laser Sintering)
PolyJet	İnce bir tabaka eriyik fotopolimer, ışınla.		PolyJet
ABS, Acrilonitrile butadiene styrene; PLA, Polyactic acid; TPU, Thermoplastic Polyurethane			

3B yazıcılara ait eklemeli üretim tekniği, üretim mekanizması, üretimde kullanılan hammadde ve bu hammadde ile üretilen giysi örneklerinin gösterimini Çizelge 1’de yer almaktadır.



Şekil 2. 3B Baskı ve 3B baskı cihazların görüntüsü [14].

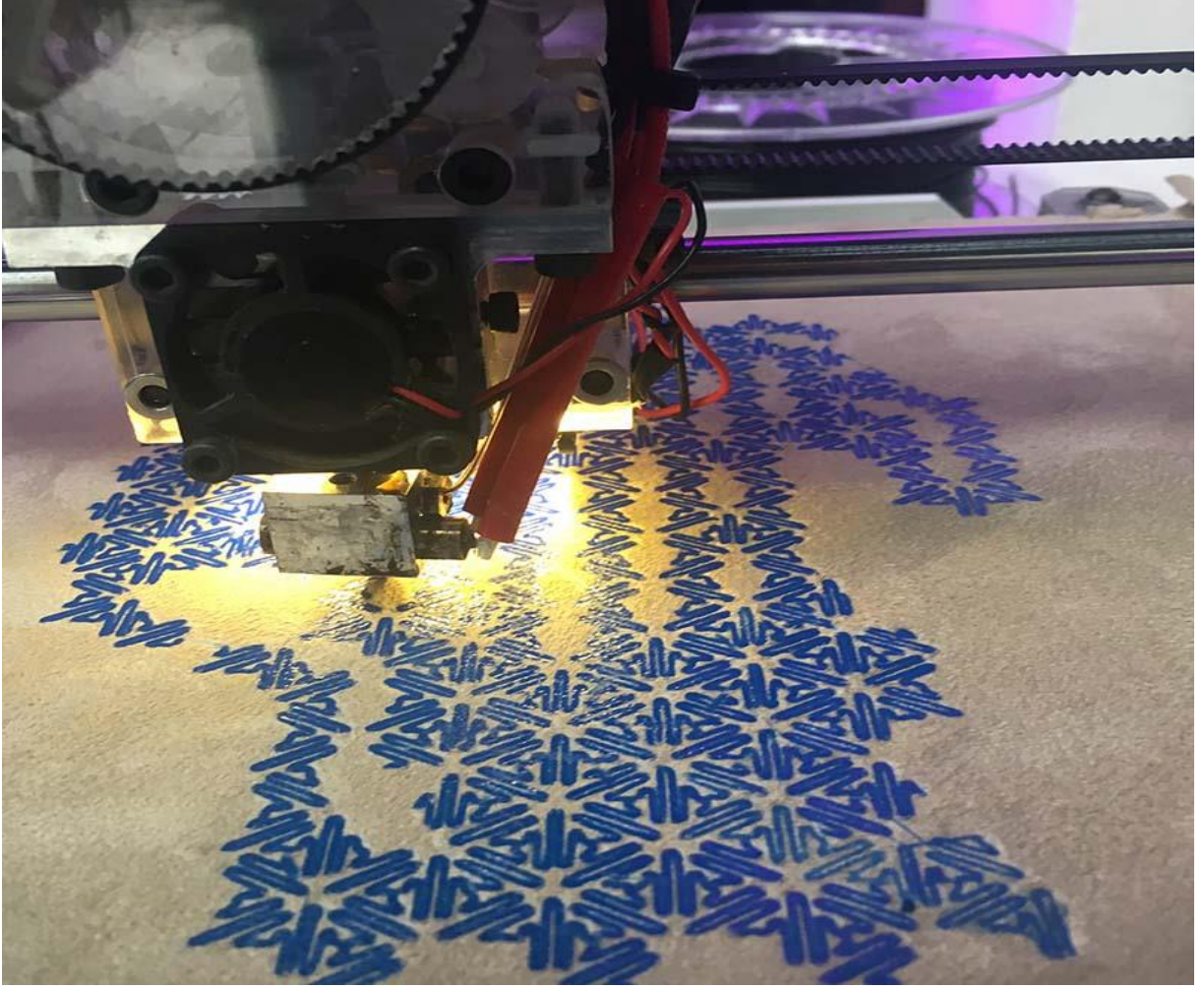
Şekil’2 de verilen 3B baskı ve yazıcılar Türkiye’de üretimi ilk yapılan örnekler olarak gösterilebilir [15]. 3B yazıcılar ile tekstil ürünü imalatının, dijital tasarım verilerini oluşturmak, konfor kriterlerine uyulmaması (yumuşak, akıcı, emici kumaş), polimer bir materyal kullanılması gibi bazı temel zorlukları olmakla birlikte dikiş malzeme ve emeğine ihtiyaç duymadan çarpıcı tasarımlar elde edilmesine de olanak sağlamaktadır [16].

3B teknolojisinin kendisi, hazır giyim endüstrisindeki tüm değer zincirini tasarım ve prototiplemeden bitmiş ürün ve teslimatına kadar değiştirmesi beklenmektedir. Bu teknoloji temel olarak iki büyük kar sunmaktadır. Bunlar:

1. 3B simülasyon yoluyla maliyet azaltma: Üretim öncesi tasarımcılar şimdiye kadar iki boyutlu malzemelerle bir ürün tasarlar ardından ürün seri üretime geçmeden önce bir veya daha fazla maliyetli prototip ve numune koleksiyonları oluşturdu. Bu maliyet faktörleri artık sanal bir 3B simülasyonla değiştirilebilir/azaltılabilir olmuştur. Bu teknolojiye ait yazılımlar artık sanal boyuttaki avatarların yanı sıra renkler ve desenler üzerindeki kesimleri de test ederek olgunlaşmıştır. Ayrıca insan vücudu verilerini/ölçülerini dijital olarak kullanılabilir hale getirerek 3B simülasyonu sayesinde yeni koleksiyonların geliştirilmesini sağlamaktadır. Ek olarak alışveriş merkezlerinde kullanımları başlanan 3B simülasyonun mobil vücut tarayıcılarına dönüşerek sanal uygulama için kullanılabilir kişisel avatarlar haline gelmesi beklenmektedir.
2. 3B baskı yoluyla kişiselleştirilmiş üretim: 3B tarayıcıdan elde edilen veriler sırasıyla müşterinin kendi vücudunun 3B taramasının yapılması, kişisel bir avatar oluşturmak, bu avatarı çevrimiçi test etmek, kendi avatarıyla sanal gerçeklik gözlükleriyle çevrimiçi 3B podyumda denemek, çevrimiçi tarz tavsiyesi ve kıyafet önerileri almak, 3B modelin çevrimiçi alışverişini yapmak, modelin 3B baskısı ile nihai kişiselleştirilmiş ürünün elde edilmesinden oluşmaktadır [9].

2. EHRAM ÜRÜNLERİNE 3B YAZICILAR İLE DESEN UYGULANMASI

Günümüz tekstil endüstrisi, pamuk mahsullerinin sürekli olarak sulamaya yönelik sürdürülemez ihtiyaç nedeniyle dünyanın üçüncü en büyük su tüketicisi konumundadır. Bu durum çevre için çözüme ihtiyaç olan büyük bir tehdittir. Kimileri bu durumun çözümünün 3B baskı olduğuna inanmaktadır. Ancak emekleme döneminde olmasına rağmen, 3B baskılı kumaşlar sektörü şimdiden birçok potansiyel barındırmaktadır. NASA'da bile ilgi gören bu teknolojiye araştırmacılar, tüketicilere bazı 3B baskılı kumaşları getirmeye başladığı görülmektedir. Bununla birlikte 3B baskı, sadece tekstil endüstrisinin neden olduğu çevresel krizlere çözüm sağlamakla kalmıyor, aynı zamanda tekstil bilimcileri için birçok yeni fırsatlar sunmaktadır [17].



Şekil 3. 3B baskı ve yazıcı ile uygulama [18].

3B baskı ve yazıcı teknolojisi ile yüzeye yapılan bir desen ve yazım uygulaması şekil 3’ de gösterilmiş olup bu uygulama adımları yürütücüler tarafından gerçekleştirilmiştir. Milli Eğitim Bakanlığı El Sanatları Teknolojisi kitapçığına göre teknik olarak yünden dokunan Eham, “ayakçaklarla sağlanan, hareket ve gücüler yardımıyla açılan, çözümler arasından mekik atılarak dokunduğu için mekikli dokumalar grubu içinde yer almakta” olan bir kumaş türüdür [19].



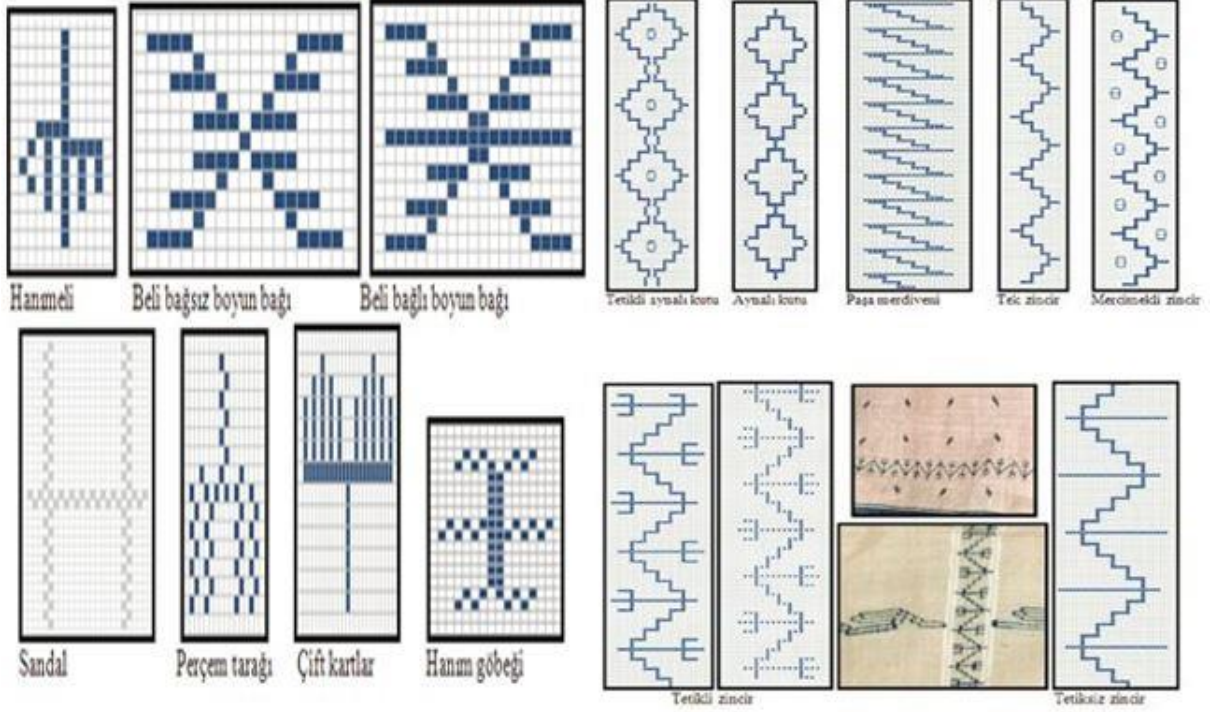
Şekil 4. Ehram kumaş örneği [19].

Şekil 4’ de örneği verilen Ehramın kullanım açısından, Doğu Anadolu’nun çeşitli yörelerinde soğuk iklime karşı oldukça iyi bir koruma sağlayan koyun yünlerinin değerlendirildiği, yöresel motiflerle süslenen üst giysisi olarak tanımlanabilir [20]. Ehram kumaşı günümüzde kadın/erkek giysisi ve aksesuarlarında, kadın el çantası/cüzdan, dizlik, erkek yelekleri, kravat, kemer, anahtarlık, magnet gibi birçok alanda geleneksel Ehram modern kullanıma adapte edilmiştir [21].



Şekil 5. Ehram kumaş uygulama örnekleri [22].

Ehramın ortasına badem çiçeği, saat kordonu, hanımeli, reyhan dalı, yıldızın oynayışı, elma şelege, kelleli, uçan kuşlar, pirinç deni gibi nakışlar; kenarlarına aynalı kutu, paşa merdiveni, tetiksiz zincir, mercimekli zincir gibi nakışlar yapılır. Bazı Ehramların ise saçak üstleri nakışların. Bu nakış usullerine göre adlandırılan bazı Ehram nakış örnekleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 6. Ehram desen örnekleri [20].

İnovasyon, yenilikçilik ve icat birbirileri ile karıştırılan kavramlardır. İnovasyon, yenilikten farklı bir kavramdır. Bu farklılık değer yaratmasından kaynaklanmaktadır [23]. İnovasyon değer yaratma süreçlerini içeren yeni üretim, metot, sistem ya da araçların ekonomik manada kullanılmasıdır [24]. Bu literatür bilgisinden yola çıkarak inovasyonun yenilik ve icatta farklı olma nedenlerini ortaya koyduktan sonra bu çalışmanın üretim hedefi ile yazılması, ürün ve organizasyon inovasyonu içermesi anlamı taşımaktadır. Ehram geleneği ile geleceğin teknolojisi olan 3B yazıcıların bulunduğu bu çalışmada üretim, pazarlama ve organizasyon odaklı daha kapsamlı bir çalışmanın öncülüğünü yapma potansiyeli taşıdığı düşünülebilir.

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

3.1. Sonuçlar

Teknolojik ve ekonomik dönüm noktalarının başında sanayi devrimleri gelmektedir. Bu sanayi devrimleri Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0) İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0), Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0) ve Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) olarak ortaya çıkmıştır. Sanayi devrimlerinin sonuncusu olan Endüstri 4.0 içerisinde barındırdığı teknolojilerden biri 3B yazıcılar gelmektedir. 3B yazıcıların tekstil endüstrisi ile teması 1980'de başlamış ve önemi giderek artmıştır. Genel olarak 3B tekstiller dokuma, örgülü, örme, nonwoven, dikişli, nakışlı veya yeni özel formlarda olan, esnek kumaşlar veya sert kompozitler olarak kullanılabilir yapıdadırlar. 3B tekstillerin kullanım alanları arasında havacılık, otomotiv, askeri, spor, tıbbi, koruma, filtreleme, kâğıt yapımı ve jeotekstiller bulunur. 3B baskı ve 3B taramadaki gelişen teknik olanaklar, üretim ve ticarete devrim yaratacak gelişmelerin önünü açmaktadır. Moda ve tekstil endüstrisi, giyim ve ayakkabı sektörü yakında 3B yazıcıdan

kişiselleştirilmiş bir şekilde üretilebilir olması beklenmektedir. Bu çalışma ile 3B yazıcılar sayesinde geleneksel tekstil ürünü olan ehram kumaşına desen ve model uygulanması araştırıldı. Kişiselleştirme ve maliyet azaltma konularında ön plana çıkan 3B yazıcıların getirdiği avantajlar Ehram kumaşına uygulanırken de sağlanabilir. Desenlerin dijital ortamda oluşturulmasının verdiği yelpaze genişliği ehram kumaşına uygulama esnasında da geniş desen imkânı sunmaktadır. Ayrıca desenlerin el yordamı ile işlenmesinin getirebileceği hata ve kusurlar 3B baskı teknolojisi ile en aza indirilmesi beklenmektedir. Yapılan çalışmanın bir problemin çözümüne katkı sunması beklenmektedir. Bu çalışmada sorulan “Endüstri 4.0 teknolojileri tekstil sektöründe kullanılıyor mu?” sorusuna yanıt verilmesi gerekirse bu kapsamda yapılan literatür incelemesinde Endüstri 4.0 teknolojilerinin tekstilde kullanımı mevcuttur. Diğer yanıt aranan soru olan “3B yazıcılar tekstil sektöründe uygulanabilir mi?” sorusuna cevap verildiğinde, 3B yazıcıların gerek ara ürün gerekse de nihai ürün oluşturma aşamalarında tekstil sektöründe kullanımı görülmektedir. “3B yazıcılar ile Ehram ürünlerine desen uygulamasının yapılması mümkün mü?” sorusuna yanıt arayan bu çalışmanın bulguları ortaya koymaktadır ki 3B yazıcılar ile çeşitli tekstil yüzeylerine uygulama yapılmasına imkân vermektedir. Bir dokuma yüzeyi olan Ehram ve Ehram ürünlerine 3B yazıcılar ile desen uygulanmasının da mümkün olduğu söylenebilir.

3.2. Öneriler

Bu çalışmada ortaya konulan literatür bilgisi ne dayanarak Endüstri 4.0 teknolojileri içerisinde yer alan 3B baskı ve yazıcılar her geçen gün kendisine kullanım alanı oluşturduğu görülmektedir. Tekstil sektöründe ki kullanımı günden güne artan geleceğin teknolojisi olarak kabul edilen 3B yazıcılar ile geleneksel tekstil ürünü olan Ehram ve Ehram ürünlerine desen ve model uygulaması yapmak çalışmanın hedeflerindedir. Bu amaç doğrultusunda yaparak ve uygulayarak öğrenmenin getirisinden yararlanılarak var olan desenlerin uygulanması, yeni desenlerin tasarlanması, 3B cihaz kullanım eğitiminin alınması gibi ikincil hedefler ortaya konulabilir. Bu çalışma kapsamında 3B baskı ve yazıcılar ile temel hammadde yani Ehram atölyelerinde buluşturularak, Ehramı atölyesinden koparmadan, sürece ekstra maliyet katmadan, aynı atmosferde inovatif ve katma değerli üretim yapılması planlanmaktadır. Böylece gelenekselden geleceğe bir köprü kurularak üretim çıktıları elde edilip somut ürünler ortaya konulabilir. Bu çalışmanın temel motivasyon kaynağı Endüstri 4.0 teknolojilerinin ülkemizde henüz uygulama sahası bulamamış olması ya da erken dönemde olmasıdır. Tekstil sektörünün emek yoğun bir sektör olması, yapılan çalışmanın uygulanması durumunda istihdam üzerinde olumlu katkıları olacağı ve yeni iş sahaları ortaya çıkarma potansiyeli diğer bir motivasyon kaynağıdır. Mühendislik bilgisi, tekstil bilgisi, desinatörlük, tasarım, geleneksel el sanatları, işletme ve organizasyon bilgisi gerektiren çalışma, bu yönüyle multidisipliner bir çalışma olarak değerlendirilebilir.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin milli anlamda gelişmesine katkı sunmak adına, tamamen yerli olan 3B baskı ve yazıcılar kullanılarak öz sermaye teknolojilerin tanıtım, kullanım ve pazarlama olanaklarının gelişmesi katkı sağlaması düşünülmektedir. Örnek planın içerdiği muhtemel yenilik (özgünlük) unsurları:

- Çalışma, uluslararası, ulusal, bölgesel veya firma düzeyinde inovasyon kategorilerinden göre değerlendirildiğinde Endüstri 4.0 teknolojilerinden 3B baskı ve yazıcı teknolojisini desenleme yaparak kumaş üzerine uygulanması uluslararası boyut kazandırmıştır.
- Çalışmanın temelinde yer alan uluslararası kabul gören 3B yazıcılar olmasına rağmen yerli tabanlı yazıcıların kullanılması ulusal anlamda getirdiği yeniliktir.

- 3B baskı ve yazıcılar ile ortaya çıkarılan desenlerin yöresel tekstil kumaşı olan Ehram ürünlerine uygulanması ulusal ve bölgesel kültüre katacağı değer ile birlikte bu alanda inovatif fikirler ortaya koymaktadır.
- Gelenekten geleceğe bir köprü kurarak, 3B baskı ve yazıcılar desen uygulaması ile Ehram atölyesine girerek, var olan ürüne değer katarak, inovatif bir ürün çıktısı elde edilmesi çalışmanın temel özgünlüğünü oluşturmaktadır.
- Çalışmanın uygulanabilmesi için 3B yazıcıların temel kullanım bilgisinin bir sertifika eğitimi ile kursiyerlere ders alma ve uygulama kapsamında ara çıktı olarak katkı sunacağı düşünülmektedir.
- Çalışma uygulama sürecinde katılımcıların yöresel desenleri öğrenme veya özgün desen tasarlama faaliyetleri sonucunda çıkan ürünler sektörün ilk uygulamaları olarak patent çalışması yapıp kayıt altına alınabilir kılmaktadır.
- Çalışma sonunda temel özgün değeri oluşturan 3B baskı ve yazıcı ile desen basımı yapılan Ehram ürünleri nihai çıktıyı oluşturmaktadır. Nihai çıktı geleneksel ve özgün tasarımlar ile oluşturulan ilk ürün olacağından çeşitli fikri ve mülkiyet hakları ortaya çıkaracağı öngörülmektedir.
- Çalışma üretim modeli ve çalışma organizasyon yapısı endüstriyel tasarım açısından başka sektörler (3B yazıcı diğer tekstil uygulamaları, 3B yazıcı ahşap, metal, çini vb. ürün uygulamaları) ilham kaynağı olacağı ve gelecek çalışmalar için model kabul edileceği düşünülmektedir

TEŞEKKÜR

2019/1 dönemi "2242 Üniversite Öğrencileri Araştırma Proje Yarışmaları" kapsamında elenen proje başvurusundan üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Y. Esmer ve M. A. Alan, «ENDÜSTRİ 4.0 PERSPEKTİFİNDE İNOVASYON,» AVRASYA Uluslararası Araştırmalar Dergisi, cilt 7, no. 18, pp. 465-478
- [2] F. Chiarello, L. Trivellib, A. Bonaccorsia ve G. Fantonic, «Extracting and mapping industry 4.0 technologies using wikipedia,» Computers in Industry, no. 100, pp. 244-257, 2018.
- [3] L. D. Xu, E. L. Xu ve L. Li, «Industry 4.0: state of the art and future trends,» International Journal of Production Research, cilt 56, no. 8, pp. 2941-2962, 2018.
- [4] K. Schwab, The Fourth Industrial Revolution (Dördüncü Sanayi Devrimi), S. Talay, Dü., İstanbul: Optimist, 2018.
- [5] ATSO, «ANTALYA FİRMALARINA YÖNELİK ENDÜSTRİ 4.0 DURUM TESPİTİ,» Antalya, 2017.
- [6] E. Bulut ve T. Akçacı, «ENDÜSTRİ 4.0 VE İNOVASYON GÖSTERGELERİ KAPSAMINDA TÜRKİYE ANALİZİ,» ASSAM International Refereed Journal, no. 7, pp. 50-72, 2017.
- [7] J. Hearle, «Advances in 3B Textiles,» Woodhead Publishing Series in Textiles, 2015, pp. 1-18.
- [8] K. ÖZSOY ve B. Duman, «EKLEMELİ İMALAT (3 BOYUTLU BASKI) TEKNOLOJİLERİNİN EĞİTİMDE KULLANILABİLİRLİĞİ,» INTERNATIONAL JOURNAL OF 3D PRINTING TECHNOLOGIES AND DIGITAL INDUSTRY, cilt 1, no. 1, pp. 36-48, 2017.
- [9] A. Ehrmann, «3B printing in the textile chain,» 09 Kasım 2017. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.wtin.com/article/2017/november/061117/3B-printing-in-the-textile-chain/>.
- [10] D. Zapfl, «How 3B printing in the textile industry is leading into a new era,» 03 04 2019. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.lead-innovation.com/english-blog/3B-printing-in-the-textile-industry>. [Erişildi: 25 03 2021].
- [11] Y. Esmer, A. Özbek ve M. A. Alan, «Tekstil İşletmelerinde İnovasyon Uygulamalarına Yönelik Bir Araştırma: İstanbul Sanayi Odası Örneği,» Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi, cilt 3, no. 6, pp. 129 - 144, 2019.
- [12] O. Saltık ve A. Özsoy, "BAĞLAYICI PÜSKÜRTMELİ METAL EKLEMELİ İMALATTA KULLANILAN BAĞLAYICILAR", Uluborlu Mesleki Bilimler Dergisi, vol. 3, no. 1, pp. 10-18, 2021.
- [13] A. Valtas ve D. Sun, «3B Printing for Garments Production: An Exploratory Study,» Journal of Fashion Technology & Textile Engineering, cilt 4, no. 3, pp. 1-4, 2016.
- [14] M. Yıldırım, «MODA GİYİM SEKTÖRÜNDE ÜÇ BOYUTLU YAZICILARLA TASARIM VE ÜRETİM,» Süleyman Demirel Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Hakemli Dergisi, no. 17, pp. 155-172, 2016.

- [15] Roboturk, Available: https://shop.3Broboturk.com/index.php?route=product/product&product_id=50. [Erişildi: 13 Mart 2019].
- [16] M. Cornforth, «Functionality drives 3B printing,» 13 Haziran 2017. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.wtin.com/article/2017/june/120617/functionality-drives-3B-printing/>.
- [17] Z. Hay, «3B Printed Fabric: The Most Promising Projects,» 07 11 2019. [Çevrimiçi]. Available: <https://all3Bp.com/2/3B-printed-fabric-most-promising-project/>. [Erişildi: 25 03 2021].
- [18] Fabtextiles, 27 Nisan 2016. [Çevrimiçi]. Available: <http://fabtextiles.org/tag/3B-print-on-fabric/>.
- [19] Milli Eğitim Bakanlığı, EL SANATLARI TEKNOLOJİSİ/EHRAM DOKUMA, Ankara, 2012.
- [20] F. N. Başaran, «BAYBURT YÖRESİNDE GELENEKSEL "EHRAM DOKUMACILIĞI" ÜRETİM TEKNİKLERİ, MOTİF VE KOMPOZİSYON ÖZELLİKLERİ,» Millî Folklor, no. 104, pp. 151-166, 2014.
- [21] Erzurum İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü,» [Çevrimiçi]. Available: <http://www.erzurumkulturturizm.gov.tr/TR-176363/ehram.html>. [Erişildi: 13 Mart 2019].
- [22] Bayburt Valiliği, [Çevrimiçi]. Available: <http://www.bayburt.gov.tr/el-sanatlari>. [Erişildi: 13 Mart 2019].
- [23] Ş. Elçi, İnovasyon Rehberi: Kârlılık ve Rekabetin Elkitabı, Ankara: İNOMER, 2014.
- [24] Ö. Çınar, S. Altuntaş ve M. A. Alan, «Technology transfer and its impact on innovation and firm performance: empirical evidence from Turkish export companies,» Kybernetes, 2020.