



KAFKAS ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

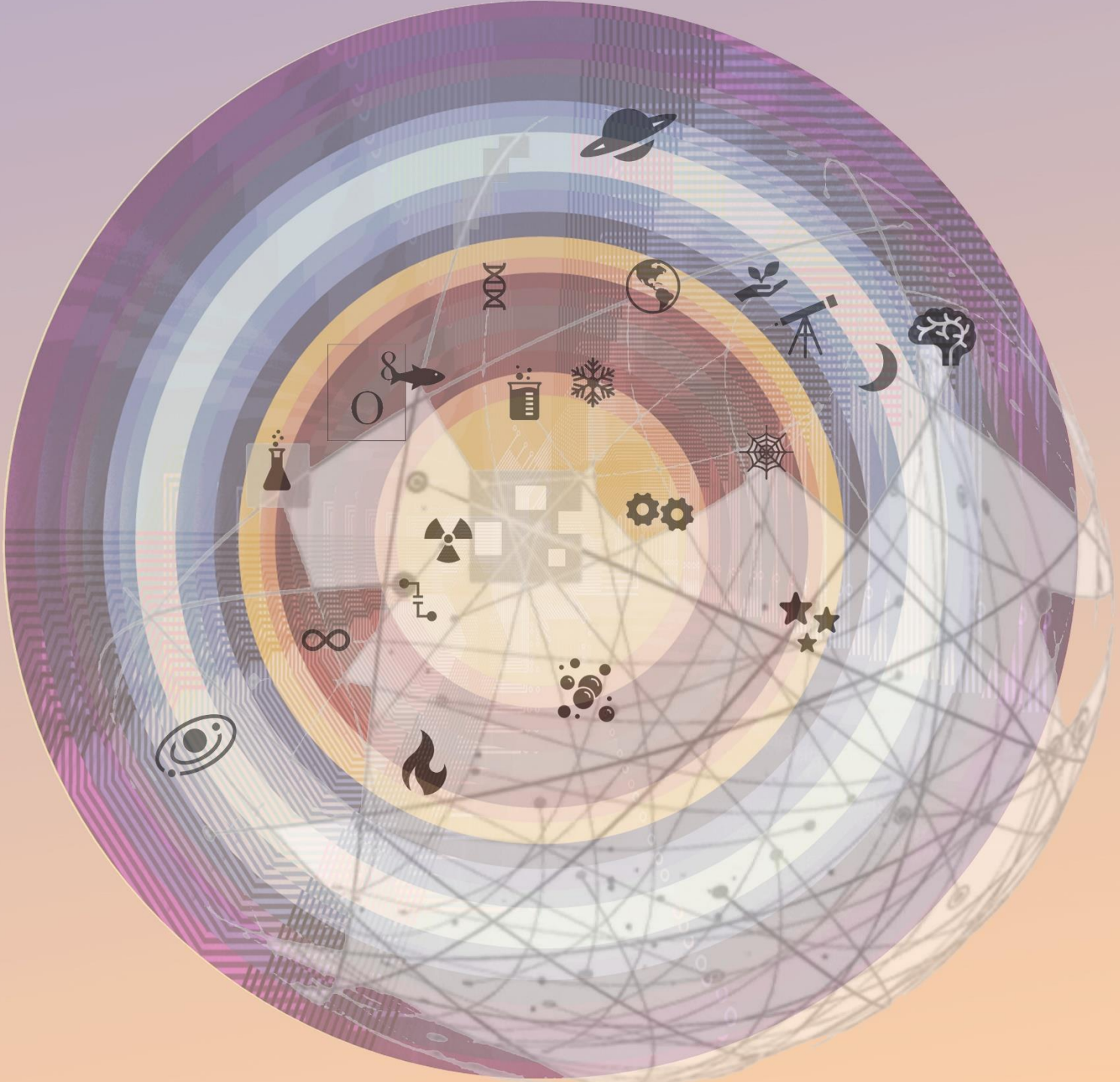


KAFKAS UNIVERSITY

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL

Cilt:16 Sayı:2
2023 Aralık

Volume:16 Issue:2
2023 December



e-ISSN: 2587-2389

E-Mail:kaufbed@kafkas.edu.tr

<http://www.kafkas.edu.tr/fbedergi>



KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

KAFKAS UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL

Cilt: 16

Sayı: 2

Aralık 2023

Volume: 16

Issue: 2

December 2023

e-ISSN: 2587-2389

Kafkas Üniv. Fen Bil. Enst. Derg (Kafkas Univ. Inst. of Nat. and Appl. Sci. J.)

Cilt: 16 Sayı: 2, Aralık 2023 (Volume: 16 Number: 2, December 2023)

<http://www.kafkas.edu.tr/fbedergi>

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

Sorumlu Müdür / Director

Prof. Dr. Fikret AKDENİZ

Editör / Editor

Doç. Dr. Ümit YILDIKO

Editör Yardımcıları / Associate Editors

Doç. Dr. Vedat ADIGÜZEL	Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Doç. Dr. Ezgi Pelin YILDIZ	Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Anabilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kemal ALTUNOĞLU	Biyoloji Anabilim Dalı

Dil Editörleri / Language Editors

Prof. Dr. Özkan ÖZDEN	Biyomühendislik Anabilim Dalı
Doç. Dr. Ezgi Pelin YILDIZ	Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Anabilim Dalı

Mizanpaj ve Teknik Editörler / Layout and Technical Editors

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kemal ALTUNOĞLU	Biyoloji Anabilim Dalı
Doktora Aslıhan Aycan Tanrıverdi	Fizikokimya Anabilim Dalı

Yayın Kurulu

ANABİLİM DALI

Bilişim Teknolojileri Eğitimi

Okutman Ramiz Musallam SALAMA

Biyoloji Anabilim Dalı

Doç. Dr. Mustafa CENGİZ

Doç. Dr. Fatma GÜR

Ph.D. Seong-hoon PARK

Biyomühendislik Anabilim Dalı

Prof. Dr. Özkan ÖZDEN

Doç. Dr. Evren KOÇ

Cevre Bilimleri ve Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç. Dr. Can Bülent KARAKUŞ

Fizik Anabilim Dalı

Doç. Dr. Adem KOÇYİĞİT

Gıda Bilimleri ve Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç. Dr. Cemil AYDOĞAN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç. Dr. Emre TOPÇU

Kimya Anabilim Dalı

Doç. Dr. Bahri GÜR

Doç. Dr. Melahat GÖKTAŞ

Doç. Dr. Mustafa Zahritin KAZANCIOĞLU

Dr. Öğr. Görevlisi Abdülmelik ARAS

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Arslan OMAR

Matematik Anabilim Dalı

Prof. Dr. Nizami MUSTAFA

Doç. Dr. Veysel NEZİR

Dr. Öğr. Üyesi Lokman BİLEN

Dr. Öğr. Üyesi Sercan KAZIMOĞLU

Ziraat Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Ramazan GÜRBÜZ

Tıbbi Hizmetler ve Teknikleri-Anestezi

Öğr. Gör. Erdi Anıl TANRIVERDİ

Mülkiyet Koruma ve Güvenlik-İSG

Öğr. Gör. Barış KARTAL

KURUMU

Name Near East University

Siirt Üniversitesi

Atatürk Üniversitesi

Korea Institute of Toxicology (Kıt)

Kafkas Üniversitesi

Kafkas Üniversitesi

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

Bingöl Üniversitesi

Kafkas Üniversitesi

Iğdır Üniversitesi

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Kilis 7 Aralık Üniversitesi

Iğdır Üniversitesi

Kafkas Üniversitesi

Kafkas Üniversitesi

Kafkas Üniversitesi

Iğdır Üniversitesi

Kafkas Üniversitesi

Iğdır Üniversitesi

Bayburt Üniversitesi

Adıyaman Üniversitesi

Yazışma Adresi

(Address for Correspondence)

Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi
Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
36100-Kars/ Türkiye
Phone: +90 474 2128850
Fax: +90 474 2123867
E-mail: kaufbed@kafkas.edu.tr

**Bu dergi Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından Ocak-Haziran ve Temmuz-Aralık dönemlerinde olmak üzere yılda iki kez yayımlanır.
This journal is published biannually, in January-June and July-December, by the Institute of Science Institute, University of Kafkas**

Önemli Not:

- Dergimizin adı, ilk sayısı (Cilt:1, Sayı:1) “Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi”; İkinci sayısı (Cilt:1, Sayı:2) “Fen Bilimleri Dergisi” ve üçüncü sayıdan itibaren (Cilt:2, Sayı:1) ise “Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi” olarak değiştirilmiştir.
- Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergimiz Cilt 10, Sayı 1’den itibaren e-ISSN numarası 2587-2389 alınmış olup Cilt 10, Sayı 1’den itibaren elektronik ortamda basılacaktır.

**Danışma Kurulu
(Advisor Board)**

Prof. Dr. Abdullah HASBENLİ, Gazi Üniversitesi, Ankara
Prof. Dr. Adem BIÇAKÇI, Uludağ Üniversitesi, Bursa
Prof. Dr. Ahmet AKSOY, Akdeniz Üniversitesi, Antalya
Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ, Ankara Üniversitesi, Ankara
Prof. Dr. Atilla YILDIZ, Ankara Üniversitesi, Ankara
Prof. Dr. David. W. STANLEY, Agricultural Research Service, USA
Prof. Dr. Hüseyin UZUNBOYLU, Near East University, KKTC
Prof. Dr. Erhan DENİZ, Kafkas Üniversitesi, Kars
Prof. Dr. Esabi Başaran KURBANOĞLU, Atatürk Üniversitesi, Erzurum
Prof. Dr. Fikret AKDENİZ, Kafkas Üniversitesi, Kars
Prof. Dr. Halit ORHAN, Atatürk Üniversitesi, Erzurum
Prof. Dr. Yücel ÖZMEN, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon
Prof. Dr. İsmail ÇAKMAK, Kafkas Üniversitesi, Kars
Prof. Dr. Fezile ÖZDAMLI, Near East University, KKTC
Prof. Dr. Ali SINAĞ, Ankara Üniversitesi, Ankara
Prof. Dr. Kamil KOÇ, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa
Prof. Dr. Kemal BÜYÜKGÜZEL, Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak
Prof. Dr. Mehmet Ali KIRPIK, Kafkas Üniversitesi, Kars
Prof. Dr. Muhitdin YILMAZ, Sinop Üniversitesi, Sinop
Prof. Dr. Mustafa SÖZEN, Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak
Prof. Dr. Mustafa YÜKSEK, İskenderun Teknik Üniversitesi, Hatay
Prof. Dr. Ö. Köksal ERMAN, Atatürk Üniversitesi, Erzurum
Prof. Dr. Ömür DEVECİ, Kafkas Üniversitesi, Kars

Prof. Dr. Ramazan SEVER, ODTÜ, Ankara
Prof. Dr. Refige SOLTAN, Selçuk Üniversitesi, Konya
Prof. Dr. Serap AKSOY, Yale University, USA
Prof. Dr. Ten FEIZI, Imperial College of science, UK
Prof. Dr. Vaqif FERZELİYEV, Azərbaycan Milli Bilimler Akademisi, Bakü
Prof. Dr. Yaşar ÖNEL, University of Iowa, USA
Prof. Dr. Yüksel KELEŞ, Mersin Üniversitesi, Mersin
Prof. Dr. Murat TEZER, Near East University, KKTC
Prof. Dr. Aycan TOSUNOĞLU, Uludağ Üniversitesi, Bursa
Doç. Dr. Fikret TÜRKAN, Iğdır Üniversitesi, Iğdır
Doç. Dr. Ferruh AŞÇI, Afyonkocatepe Üniversitesi, Afyon
Doç. Dr. Gökhan NUR, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep
Doç. Dr. Hüseyin ERTAP, Kafkas Üniversitesi, Kars
Assoc. Prof. Dr. Antonin LOJEK, Academy of Sciences, Czech Republic
Assoc. Prof. Dr. Pavel HYRSL, Masaryk University Czech Republic
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin KAPLAN, Niğde Üniversitesi, Niğde
Asistant Prof. Dr. Greg GOSS University of Alberta, Department of Biological
Science, Canada

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

Araştırma Makalesi

1. Elemental Analysis of *Onobrychis buhseana* Bunge Ex Boiss and *Onobrychis bobrovi* Grossh Species by ICP-MS

Şehla Ceferova

Sayfa: 47-53

Araştırma Makalesi

2. Çevik ve Şelale Metodolojilerinin Karşılaştırılması ve Uygulama İlkeleri: Bir Modelleme Çalışması

Ezgi Pelin Yıldız Deniz Şengül

Sayfa: 54-62

Araştırma Makalesi

3. Evsel Atık Suları ile Yağmur Sularının Geri Dönüşüm Sertüveni

Yurdagül Ayaz Mehmet Ali Kırpık Tuğba Daldal Serhat Çakır Azra Daldal

Sayfa: 63-69

Araştırma Makalesi

4. Application of The Homotopy Perturbation Method to the Neutron Diffusion Equation

Fatma Aktaş Halide Koklu

Sayfa: 70-84

Derleme

5. Metabolic Disorders That May Occur in The Immobilization Process of Organisms in Earthquake

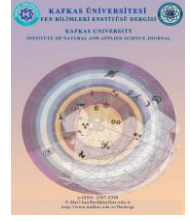
Aysel Güven

Sayfa: 85-91



Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi
Institute of Natural and Applied Science Journal

Dergi ana sayfası/ Journal home page: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kujs>



E-ISSN: 2587-2389

Elemental Analysis of *Onobrychis buhseana* Bunge Ex Boiss and *Onobrychis bobrovi* Grossh Species by ICP-MS

Shahla JAFAROVA^{1*}

¹ Azerbaijan State Agricultural University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Pharmacy, Ganja, Azerbaijan

(İlk Gönderim / Received: 07. 12. 2023, Kabul / Accepted: 27. 06. 2024, Online Yayın / Published Online: 05. 08. 2024)

Keywords:

Elemental analysis,
ICP-MS,
Microwave digestion,
Onobrychis bobrovi,
Onobrychis buhseana

Abstract: The element composition of the underground and surface parts of *Onobrychis buhseana* and *Onobrychis bobrovi*, which are distributed in the flora of Azerbaijan, was studied by an ICP-MS device, and the amount of 26 elements (Li, Be, B, Na, Mg, Al, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Ag, Cd, Sn, Ba, Ce, Tl, and Pb) in the raw material was determined in ppm. The composition of raw materials is dominated by some macroelements (calcium, potassium, and magnesium), microelements (iron and zinc), and ultramicroelements (selenium, cobalt, and chromium). Some of the most frequent harmful trace elements, such as As and Cd, were discovered at extremely low concentrations.

***Onobrychis buhseana* Bunge Ex Boiss ve *Onobrychis bobrovi* Grossh'nin ICP-MS ile Elementel Analizi**

Anahtar Kelimeler:

Elementel analiz,
ICP-MS,
Mikrodalga sindirimi,
Onobrychis bobrovi,
Onobrychis buhseana

Özet: Azerbaycan florasında yayılış gösteren *Onobrychis buhseana* ve *Onobrychis bobrovi*'nin toprak altı ve toprak üstü kısımlarının element kompozisyonu ICP-MS cihazı ile incelenmiş ve 26 elementin (Li, Be, B, Na, Mg, Al, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Ag, Cd, Sn, Ba, Ce, Tl ve Pb) miktarları hammaddelerinde ppm ile tespit edilmiştir. Hammaddelerin bileşiminde bazı makro elementler (kalsiyum, potasyum ve magnezyum), mikro elementler (demir ve çinko) ve ultramikro elementler (selenyum, kobalt ve krom) baskındır. As ve Cd gibi en yaygın toksik eser elementlerden bazıları oldukça düşük seviyelerde bulundu.

*İlgiliyazar: lala2002@list.ru
DOI: 10.58688/kujs.1401808

1. INTRODUCTION

Traditional medicine (TM) forms the basis of healthcare. Medicinal plants containing diverse elements can be used to treat certain disorders. (WHO 2013). Plants play a crucial role in the nutrition of humans and animals, as well as in their medicinal treatment. They provide macro- and microelements that are essential for various biochemical and physiological processes.

However, some plants can absorb toxic elements from the air or soil due to anthropogenic factors, posing a danger to human life. Therefore, it is necessary to control toxic compounds and heavy metals in plants (Gill, 2014; Proshad et al., 2020).

Various methods are used to assess the quality of plant elements: inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-EOS), instrumental neutron activation analysis (INAA), atomic absorption spectrometry (Chevidaev et al., 2023; İslam et al., 2023; Bekoe et al., 2024).

The amount of 20 chemical elements in the medicinal plants *Acanthus ilicifolius*, *Avicennia ofcinalis*, and *Xylocarpus mekongensis* was determined by instrumental neutron activation analysis (INAA) and atomic absorption spectrometry. The study also evaluated the potential health risks associated with the use of these plants. (İslam et al., 2023).

The elemental analysis of *Polyalthia longifolia* (Sonn.) Thwaites revealed that the levels of toxic heavy metals (arsenic, lead, cadmium, and mercury) in the plant exceed recommended standards (Bekoe et al., 2024).

Breast collection No. 2 was analyzed using the ICP-MS method, which showed that the complex has a rich mineral composition. Additionally, the levels of heavy metals and arsenic were found to be within permissible norms (Chevidaev et al., 2023)

The nutritional value of six plant species from Bajaur province of Pakistan was evaluated through elemental analysis. Different values of elemental abundances were found depending on the phenological stage (Haq et al., 2024).

The concentrations of five macro elements (potassium, calcium, magnesium, sodium, and manganese) in cereals sold at Ajaka market in Igalamela, Nigeria were determined using titration and UV-visible spectrophotometry. The analysis results were found to be below the standard permissible limits set by the World Health Organization (WHO)/Food and Agricultural Organization (FAO) (Ojattah et al., 2023).

In this study, we aimed to investigate the elemental composition of *Onobrychis buhseana* and *Onobrychis bobrovi* species, which are widely distributed in Azerbaijan. The elemental composition was determined by digesting the study samples with concentrated nitric acid and analyzing them using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). ICP-MS is a cornerstone method in analytical chemistry. It uses a high-temperature plasma source to

atomize and ionize samples, followed by mass spectrometric detection to precisely quantify the elemental composition. It is renowned for its sensitivity, selectivity, and wide dynamic range, and finds extensive application in fields ranging from environmental science to bioanalysis, contributing significantly to the advancement of scientific research and industrial analysis (Ruffolo et al., 2022). The microwave digestion method was used before analysis. This method is the most useful sample preparation method required for trace metal analysis (Zhao et al., 2011).

The *Onobrychis* genus is a group of medicinal plants belonging to the leguminous family. It is primarily found in temperate zones of South Asia, the Mediterranean region, Europe, and Asia. According to The Plant List website, the genus has 528 distinct species, only 171 of which have been recognized (<http://www.theplantlist.org>). Azerbaijan's flora includes 22 species of the genus *Onobrychis*. *Onobrychis heterophylla* is native to Azerbaijan and grows in the Lerik region, while *Onobrychis bakuensis* is native to the Caucasus and is prevalent in northern Iran (Флора Азербайджана, 1954; Ranjbar et al., 2010).

Onobrychis species have been reported to possess antioxidant, antibacterial, anti-inflammatory, and anti-carcinogenic properties (Isam et al., 2020; Altın et al., 2023). *Onobrychis* is a plant that provides biological nitrogen fixation, which helps to maintain soil fertility and vitality. It is also cultivated as a valuable fodder plant for farm animals and is suitable for the production of high-quality honey due to its rich supply of nectar. The plant is abundant in proteins, carbohydrates, phytic acid, microelements, and vitamins A, D, E, K, rutin, and isoquercetin (Kozuharova, 2018; Beyaz R., 2019; Emre et al., 2019; Huyen et al., 2020; Craine et al., 2023).

The plant contains various chemical elements, classified into three categories based on their abundance: macro-, micro-, and ultramicroelements. These elements are crucial to the human body as they influence essential physiological processes such as growth, development, fertilization, respiration, hematopoiesis, and immunogenesis.

The objective of this study is to quantify the essential and toxic elements present in these medicinal plants and to investigate the potential health risks associated with their use.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Plant materials

During the flowering period of the plant, *O. buhseana* samples were gathered from Badamli village in the Shahbuz district of Nakhchivan MR, and *O. bobrovi* samples were collected from Jengi village in the Gobustan district in May 2022. Above-ground and underground parts of both species were sampled separately. The above-ground part of *O. buhseana* species was marked as Sample 1, the underground part as Sample 2, the above-ground part of *O. bobrovi* species as Sample 3, and the underground part as Sample 4.

2.2. Chemicals and Reagents

The reagents used during the sample preparation process are 65% (v/v) nitric acid (HNO₃) and 30% (v/v) hydrogen peroxide (H₂O₂) products of Carlo Erba and Merck brands, respectively. The ultrapure water was obtained by a water purification system (Millipore Direct-Q® 3 UV).

2.3. Microwave Digestion and Sample Preparation

The microwave digestion method was used before analysis. The process uses microwaves to heat a combined sample with concentrated acid and dissolve the solids for analysis. Microwave and acid digestion are known to be a suitable method for the degradation of many kinds of samples such as soils, organic samples, and heat-resistant alloys. At the same time, it reduces the risk of contamination from the external environment and allows more reliable results to be obtained. The first step of the method is to weigh the sample into a container and add concentrated acid. Microwave energy causes rapid heating of the sample and concentrated acid. Because this mixture is in a closed container, it can reach very high temperatures. In this case, the oxidative potential of the acid increases. In this way, concentrated acid can separate the sample better. The device used for the microwave digestion method consists of Milestone Ethos, Start laboratory station with built-in temperature sensor, 640-260 terminal with easy CONTROL software, and HPR1000/10S high-pressure split rotor. The samples weigh approximately 0.5 g and the weighing results are given in Table 1.

Reagents: 6 ml of HNO₃, 2 ml of H₂O₂

The sample was weighed, and the sample and reagents were taken into the TMF vessel and closed using a torque wrench. The sample was burned by the "application note" procedure and the program below (Table 2). After degradation, the samples filtered through filter paper were made up to 50 ml with ultrapure water.

2.4. Element Determination with ICP-MS

The instrument used in the study was Thermo Scientific – X Series 2 ICP-MS. Fluid flow rates were controlled with a peristaltic pump, sample flow was pumped at 0.8 ml/min, the wash station at 4 ml/min, and the wash station overflow at 8 ml/min. All samples were measured three times. In addition, the operating conditions of the system are given in Table 3.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The element abbreviation, isotope masses, regression coefficient, and calibration range of the analytes are given in Table 4. Quantitative results and %RSD values of analytes are given in Table 5. Results are given in ppm for all elements.

Sample-1

Ca >K >Mg >Na >B >Sr >Al >Fe >Ba >Mn >Zn >Sn >Ni >Li >Cu >Se >V >Co >Cr >As >Ce >Cd >Pb >Ag >Be >Tl

Sample-2

Ca >K >Mg >Sr >Fe >Al >Na >Ba >Mn >B >Zn >Sn >Ni >Cu >V >Cr >Li >Co >Ce >As >Se >Cd >Ag >Be >Tl >Pb

Table 1. Weight of Sample

Sample	Weight (g)
Sample-1	0.5104
Sample-2	0.5016
Sample-3	0.5039
Sample-4	0.5122

Table 2. Microwave program

Step	Time	T1	T2	P	Power
1	00:15:00	200°C	110°C	45 bar	Max Power*
2	00:15:00	200°C	110°C	45 bar	Max Power*

*Max Power: 1500W for Ethos and 1200W Start units.

Table 3. Operating conditions of the system

Description	Extraction	Lens 1	Lens 2	Lens 3	Sampling Depth	Cool	Auxiliary	Nebuliser	Forward power	D1	CCT Gas 1	CCT Gas 2	D2
XSII Xt Redoks	-96	-990	-75.3	-143.5	150	13	0.7	0.97	1400	-43.9	0	0	-151

Sample-3

K >Ca >Mg >Na >Fe >Al >Sr >B >Mn >Zn >Sn >Ba >Li
>Cu >Ni >Pb >V >Cr >Ce >Se >Co >Cd >As >Ag >Be >Tl

Sample-4

Ca >K >Al >Mg >Fe >Sr >Li >Mn >Ba >B >Na >Zn >Sn
>Ni >Cu >V >Cr >Ce >Co >As >Pb >Cd >Be >Se >Ag >Tl

ICP-MS was used to perform elemental analysis on *O. buhseana* and *O. bobrovi* species collected from various regions of Azerbaijan. The data from four samples, examining twenty-six elements, is summarised in Table 5 according to their amount (mg/kg) in fresh weight. The following elements were determined in ppm concentrations: Li, Be, B, Na, Mg, Al, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Ag, Cd, Sn, Ba, Ce, Tl, and Pb. No traces of Au and Hg were found in any of the samples.

Elements can generally be categorized into two types: essential and toxic (Mohamed et al., 2003).

Potassium (K) ions are essential for protein and carbohydrate production, while magnesium ions are involved in over 300 intracellular enzymatic processes. Calcium (Ca) ions are rigid constants in the body that are crucial for bone tissue growth and, along with magnesium ions, help to maintain neuromuscular conduction in the body. Sodium (Na) is essential for maintaining acid-base and fluid balance (homeostasis) in the body, as well as for normal nerve and muscle function (Брїн et al., 2016).

In the body, iron (Fe) participates in energy release mechanisms, enzymatic reactions, immunological functions, and cholesterol metabolism. The transferrin protein is responsible for supplying iron to cells and tissues. Selenium's (Se) biological purpose in the body is related to its antioxidant activity. Additionally, Se acts as an antagonist to mercury and arsenic, boosts the body's immune function, and minimizes the risk of producing new derivatives (Радыш et al., 2017).

Zinc (Zn) is a cofactor for many enzymes involved in biochemical processes. It is necessary for protein synthesis, including collagen, and contributes to cell division and differentiation as well as T-cell immunity formation (Roohani et al., 2013).

Table 4. Calibration ranges and regression coefficients for the element analysis

No	Elements	Isotope	R ²	Calibration Range (ppb)
1	Li	7	0.999971	1-100
2	Be	9	0.999281	1-100
3	B	11	0.999724	1-100
4	Na	23	0.999354	100-1000
5	Mg	24	0.998140	100-1000
6	Al	27	0.999488	1-100
7	K	39	0.992875	100-1000
8	Ca	44	0.998674	100-1000
9	V	51	0.998134	1-100
10	Cr	52	0.998429	1-100
11	Mn	55	0.998513	1-100
12	Fe	56	0.998960	100-1000
13	Co	59	0.999620	1-100
14	Ni	60	0.999194	1-100
15	Cu	65	0.9996550	1-100
16	Zn	66	0.999040	1-100
17	As	75	0.999275	1-100
18	Se	82	0.999949	1-100
19	Sr	88	0.999717	1-100
20	Ag	107	0.999665	1-100
21	Cd	111	0.999133	1-100
22	Sn	118	0.999325	1-100
23	Ba	134	0.999285	1-100
24	Ce	140	0.999836	1-100
25	Au	197	0.998311	1-100
26	Hg	202	0.999368	1-100
27	Tl	205	0.998117	1-100
28	Pb	208	0.999704	1-100

Table 5. Amount of metals in plant samples and %RSD values

No	Elements	%RSD ^a	Sample-1	%RSD ^a	Sample-2	%RSD ^a	Sample-3	%RSD ^a	Sample-4
			Quantification (mg Analyte/kg Sample) ppm		Quantification (mg Analyte/kg Sample) ppm		Quantification (mg Analyte/kg Sample) ppm		Quantification (mg Analyte/kg Sample) ppm
1	Li	1.168	6.561 ± 0.077	2.071	0.561 ± 0.012	3.365	5.447 ± 0.183	0.106	2.15 ± 0.002
2	Be	1.815	0.005 ± 0	5.237	0.012 ± 0.001	4.005	0.01 ± 0	5.613	0.05 ± 0.003
3	B	2.481	349.3 ± 8.668	2.131	21.66 ± 0.462	1.908	48.02 ± 0.916	0.934	17.75 ± 0.166
4	Na	4.667	1352 ± 63.11	4.319	324.9 ± 14.03	3.572	1085 ± 38.76	17.89	175.1 ± 31.32
5	Mg	2.762	5315 ± 146.8	1.046	1987 ± 20.79	2.19	1688 ± 36.98	1.627	1348 ± 21.93
6	Al	3.079	176.6 ± 5.439	1.312	510.4 ± 6.695	1.283	472 ± 6.054	0.543	2091 ± 11.36
7	K	1.928	7246 ± 139.7	1.261	3231 ± 40.74	2.382	13220 ± 3148	5.825	2105 ± 122.6
8	Ca	3.867	11760 ± 454.8	0.732	46900 ± 343.1	1.763	5052 ± 89.08	1.688	10270 ± 173.4
9	V	4.868	0.368 ± 0.018	1.544	1.075 ± 0.017	1.177	0.897 ± 0.011	0.397	3.541 ± 0.014
10	Cr	5.93	0.318 ± 0.019	1.183	0.964 ± 0.011	1.208	0.769 ± 0.009	0.304	1.869 ± 0.006
11	Mn	3.647	58.2 ± 2.123	1.237	33.43 ± 0.413	1.523	29.85 ± 0.455	0.655	32.31 ± 0.212
12	Fe	13.76	154.6 ± 21.27	4.861	626 ± 30.43	7.308	551.6 ± 40.31	5.005	900.5 ± 45.07
13	Co	4.411	0.32 ± 0.014	0.864	0.485 ± 0.004	2.757	0.246 ± 0.007	0.533	0.697 ± 0.004
14	Ni	3.916	6.561 ± 0.193	0.289	8.899 ± 0.026	2.767	3.72 ± 0.103	0.805	7.213 ± 0.058
15	Cu	4.070	4.826 ± 0.196	0.345	3.78 ± 0.013	1.458	4.383 ± 0.064	0.484	4.589 ± 0.022
16	Zn	3.647	21.34 ± 0.778	0.882	12.67 ± 0.112	1.729	13.06 ± 0.226	0.959	13.14 ± 0.126
17	As	3.332	0.188 ± 0.006	2.703	0.364 ± 0.01	3.61	0.168 ± 0.006	0.225	0.497 ± 0.001
18	Se	1.622	0.832 ± 0.013	5.337	0.098 ± 0.005	3.268	0.301 ± 0.01	21.6	0.047 ± 0.01
19	Sr	4.620	194.9 ± 9.003	1.141	838.1 ± 9.56	1.610	95.51 ± 1.537	0.437	317 ± 1.387
20	Ag	5.109	0.013 ± 0.001	1.948	0.03 ± 0.001	1.917	0.015 ± 0	0.378	0.04 ± 0
21	Cd	1.953	0.135 ± 0.003	3.163	0.088 ± 0.003	2.804	0.181 ± 0.005	0.696	0.377 ± 0.003
22	Sn	3.857	13.49 ± 0.521	2.868	12.19 ± 0.35	1.495	13.02 ± 0.195	1.172	9.375 ± 0.110
23	Ba	3.939	75.91 ± 2.99	1.222	163.4 ± 1.996	1.399	8.467 ± 0.119	0.640	24.75 ± 0.159
24	Ce	2.787	0.148 ± 0.004	1.379	0.401 ± 0.006	0.839	0.37 ± 0.003	1.851	1.523 ± 0.028
25	Au	-	Nd ^b	-	Nd ^b	-	Nd ^b	-	Nd ^b
26	Hg	-	Nd ^b	-	Nd ^b	-	Nd ^b	-	Nd ^b
27	Tl	0.804	0.001 ± 0	2.93	0.004 ± 0	1.764	0.002 ± 0	2.693	0.011 ± 0
28	Pb	3.458	0.076 ± 0.003	1.432	0.003 ± 0	0.99	0.999 ± 0.01	0.414	0.496 ± 0.002

^aRelative standard deviation, ^bNot detected.

Cobalt (Co) participates in enzymatic activities, such as thyroid hormone production, and promotes erythropoiesis by boosting iron absorption (Yamada, 2023). Chromium (Cr) plays a crucial role in the synthesis of carbohydrates and lipids, regulates blood sugar levels by enhancing insulin function, increases cardiac muscle activity, aids in the elimination of toxins, heavy metal salts, and radionuclides from the body, and promotes muscle growth (Anderson, 1997). As and Cd have a therapeutic effect on the body at low doses. They influence oxidation and other metabolic processes in mitochondria and interact with protein and amino acid thiol groups (Nordberg et al., 2007).

4. CONCLUSION

The table shows that Ca (11760 ppm in sample 1, 46900 ppm in sample 2, and 10270 ppm in sample 4) and K (13220 ppm in sample 3) were the most abundant detectable

elements, while Tl (in samples 1, 3, and 4) and Pb (in sample 2) were the least abundant.

The contents of Ca (10270-46900), Na (175.1-1352), Mg (1348-5315), Fe (154.6-900.5), and Zn (12.67-21.34) found in the samples suggest that they are potential sources for these elements. The amount of Se is low in the samples. Fe concentrations varied from 154.6 to 900.5 mg/kg, with the maximum concentration found in Sample 4. Therefore, *O. bobrovi* could be a possible natural supplement for this microelement. The concentrations of Zn in this study ranged from 12.67 to 21.34 mg/kg, which is equal to the maximum permissible limit set by the World Health Organization (27 mg/kg) (FAO/WHO, 2001). Table 5 shows the concentrations of various elements, including hazardous trace elements such as As, Co, Cd, Cr, and Pb, which were identified at extremely low levels. (WHO, 1996).

5. REFERENCES

- Altın S., Alp C., Koksall E., Akyüz, S. (2023). Determination of Antioxidant, Antimicrobial, and Antiproliferative Activities of *Onobrychis argyrea* subsp. *argyrea* Extracts. *Onobrychis argyrea* subsp. *argyrea* Ekstrelinin Antioksidan, Antimikrobiyal ve Antiproliferatif Aktivitelerinin Belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(2), 1134-1141.
- Anderson R.A. (1997). Chromium as an Essential Nutrient for Humans. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 26(1), 35-41.
- Bekoe E.O., Orman E., Lartey M., Gordon A., Asafo-Agyei T. (2024). Phytochemical Analysis and Elemental Contents of Varieties of *Polyalthia longifolia* (Sonn.) Thwaites. *Journal of Natural Remedies*, 24(2), 271-281.
- Beyaz R. (2019). Biochemical responses of sainfoin shoot and root tissues to drought stress in *In vitro* Culture. *Legume Research*, 42 (2), 173-177.
- Chevidae V.V., Bokov D.O., Gravel İ.V., Samylina İ.A. (2023). Study of the Elemental Composition of Pectoral Species No. 2 and Its Components. *The Bulletin of the Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products Regulatory Research and Medicine Evaluation*, 1-10.
- Craine E. B., Shakiroglu M., Peters T.E., Barriball S., Schlautman B. (2023). Nutritional quality of *Onobrychis viciifolia* (Scop.) seeds: A potentially novel perennial pulse crop for human use. *Legume Science*, 1-15.
- Emre İ., Sepet H., Kürşat M., Bahşi M., Yılmaz Ö., Şahin A. (2019). The Lipide Soluble Vitamin Contents of Some *Onobrychis* Miller Taxa. *International Journal of Secondary Metabolite*, 20(2), 224-228.
- FAO/WHO. 2001. Human Vitamin and Mineral Requirements
- Gill M. (2014). Heavy metal stress in plants. *International Journal of Advanced Research*, 2(6), 1043-1055.
- Isam A., Ahmed M., Matthäus B., Özcan M. M., Juhaimi F.A., Ghafoor K., Babiker E.E., Osman M.A., Alqah H.A.S. (). Determination of Bioactive Lipid and Antioxidant Activity of *Onobrychis*, *Pimpinella*, *Trifolium*, and *Phleum* spp. Seed and Oils. *Journal of Oleo Science*, 69(11), 1367-1371.
- İslam M.A., Kabir S., Hossen M.B. (2023). Elemental characterization of medicinal plants of the Sundarban by INAA and AAS techniques: health risk assessments and statistical analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 332, 3687-3696
- Haq A., Badshah L. (2024). Proximate and elemental assessment of six selected plant species at various phenological stages from district Bajaur, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 56(3), 1-8.
- Huyen N., Verstegen M., Hendriks W., Pellikaan W. (2020). Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) silage in dairy cow rations reduces ruminal biohydrogenation and increases transfer efficiencies of unsaturated fatty acids from feed to milk. *Animal Nutrition*, 6(3), 333-341.
- Kozuharova E. (2018). Flower Constancy of Bumblebees – The Case of *Onobrychis pindicola* (Fabaceae) Pollinators. *Journal of Apicultural Science*, 62(1), 1-6.
- Mohamed A.E., Rashed M.N., Mofty A. (2003). Assessment of essential and toxic elements in some kindsof vegetables. *Ecotoxicol Environ Safety*, 55(3), 251-260
- Nordberg G.F., Gerhardsson L, Broberg K, Mumtaz M, Ruiz P, Fowler B.A. (2007). Chapter 7 - interactions in metal toxicology. In: Nordberg GF, Fowler BA, Nordberg M, and Friberg LT, editors. *Handbook on the toxicology of metals*. 3rd ed. Burlington: Academic Press; 117-145.
- Ojattah G.U., Oguche S.O. (2023). Assessment of Five Macro Elements in Some Cereals Obtained from Ajaka Market in Igalamela/Odolu Local Government Area, Kogi State, Nigeria. *International Journal of Scientific Research in Multidisciplinary Studie*, 9(1), 19-24.
- Proshad R, Zhang D, Uddin M, Wu Y. (2020). Presence of cadmium and lead in tobacco and soil with ecological and human health risks in Sichuan province, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(18), 1-16.
- Ranjbar M., Karamian R., Vitek E. (2010). *Onobrychis bakuensis* (Fabaceae), a New Species from Azerbaijan. *Annales Botanici Fennici*, 47(3), 233 - 236.
- Roohani N., Hurrell R., Kelishadi R., Schulin R. (2013). Zinc and its importance for human health: An integrative review. *Res. Med.Sci.* 18(2), 144-157.
- Ruffolo S.A., Barca D., Alvarez de Buergo M., La Russa M.F. (2022). ICP-MS – Fundamentals and Application to Forensic Science. In: Mercurio, M., Langella, A., Di Maggio, R.M., Cappelletti, P. (eds) *Mineralogical Analysis Applied to Forensics*. Soil Forensics. Springer, Cham.
- WHO 2013. WHO traditional medicine strategy: 2014-2023. Geneva
- WHO 1996. Trace elements in human nutrition and health. ISBN 92 4 156173 4 (NLM Classification: QU 130). Geneva

Yamada K. (2013). Cobalt: Its Role in Health and Disease. *Metal Ions in Life Sciences*, 13, 295-320.

Zhao J., Yan W. (2011). Microwave-assisted Inorganic Syntheses, *Modern Inorganic Synthetic Chemistry*, 1st ed, Elsevier, 173-19.

Брин В.Б., Захаров Ю.М., Мазинг Ю.А., Недоспасов В.О., Пятин В.Ф., Ткаченко Б.И. Нормальная физиология: учебник / под ред. Б. И. Ткаченко. - 3-е изд., испр. И доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016 – 688 с.: ил. - ISBN 978-5-9704-3664-6. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970436646.html>

Радыш И.В., Скальный А.В., Нотова С.В., Маршинская О.В., Казакова Т.В.. Введение в элементологию: учебное пособие // Оренбургский гос. ун.-т. – Оренбург, 2017 – 183 с. ISBN 978-5-7410-1655-8

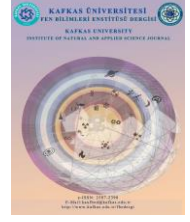
Флора Азербайджана. Баку, Изд-во АН Аз ССР, в 8-х томах, т. 5, 1954, с. 458-471. Fessenden R.J., Fessenden, J.S. (1986). *Organic Chemistry*. Third Edition, Brooks, Cole Publishing Company, California, 892.

<http://www.theplantlist.org/1.1/Angiosperms/Leguminosae/Onobrychis>



Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Institute of Natural and Applied Science Journal

Dergi ana sayfası/ Journal home page: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kujs>



E-ISSN: 2587-2389

Çevik ve Şelal Metodolojilerinin Karşılaştırılması ve Uygulama İlkeleri: Bir Modelleme Çalışması

Ezgi Pelin YILDIZ^{1*}, Deniz ŞENGÜL²

¹ Kafkas Üniversitesi Kazım Karabekir Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Programcılığı Bölümü, Kars, Türkiye

² İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü Yazılım Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

(İlk Gönderim / Received: 20. 11. 2023, Kabul / Accepted: 20. 05. 2024, Online Yayın / Published Online: 05. 08. 2024)

Anahtar Kelimeler:

Yazılım/Sistem Geliştirme Modeli (YGM), Waterfall Metodolojisi (Şelale Modeli), Agile Metodolojiler (Çevik Metodolojiler), Proje Özellikleri, Modelleme Çalışması.

Özet: Yazılım geliştirme projeleri uzun bir süre boyunca plan odaklı süreçlerle yönetilmiştir; ancak Agile (Çevik) Metodolojilerin büyümesi, yazılım/sistem geliştirmeye daha adapte bir yaklaşım sunmuştur. Bu makalenin amacı, iki Yazılım Geliştirme Modelini kısaca tanıtmak; Waterfall Model (Şelale Modeli) ve Agile Metodolojiler (Çevik Metodolojiler) ve her iki model için karşılaşılabilecek sorunlar ile tipik proje özellikleri sunmaktır. Sonuç olarak bu çalışmada iki Yazılım Geliştirme Modeli (YGM) tanıtılmıştır. Plan odaklı Şelale Model (Waterfall Model) ve uyarlamalı Çevik Metodolojiler (Agile Methodologies) olmak üzere. Her iki modelin de kullanım alanları, avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Küçük projelerin neredeyse her zaman bir Çevik Metodoloji yaklaşımı için uygun olduğu ve neredeyse asla Şelale Model bir yaklaşım için uygun olmadığı tespit edilmiştir. Hem Şelale Model hem de Çevik Metodolojiler, orta büyüklükteki projelerle uğraşırken zorluklar yaşandığı saptanmıştır. Zorlayıcı bir Şelale Model, nispeten basit bir projeye gereksiz karmaşıklık ekleyebilirken, aynı projeye esnek bir Çevik Metodoloji yaklaşımın daha uygun olduğu da diğer sonuçlar arasındadır.

Comparison of Agile and Waterfall Methodologies and Application Principles:

A Modeling Study

Keywords:

Software/System Development Model (YGM), Waterfall Methodology, Agile Methodologies, Project Characteristics, Modeling Work.

Abstract: Software development projects have been managed with plan-driven processes for a long time, but the growth of Agile Methodologies has introduced a more adaptive approach to software/system development. The purpose of this paper is to provide a brief introduction to two Software Development Models (SDMs), the Waterfall Model, and Agile Methodologies, and to present issues and typical project characteristics for both SDMs. As a result, two Software Development Models (SDM) are introduced in this study, including the plan-oriented Waterfall Model and adaptive Agile Methodologies. Both models have areas of use, advantages and disadvantages. It has been found that small projects are almost always suitable for an Agile Methodology approach and almost never for a Waterfall Model approach. Both the Waterfall Model and Agile Methodologies have been found to have difficulties when dealing with medium-sized projects. While a challenging Waterfall Model can add unnecessary complexity to a relatively simple project, a flexible Agile Methodology approach is more appropriate to the same project.

1. GİRİŞ

Karmaşık yazılım sistemlerinin geliştirilmesi tarihsel olarak birçok kişi ve çalışma ile şekillenmiştir. Ancak, yazılım mühendisliği disiplininin temelleri ve yazılım geliştirme yöntemlerinin ilkeleri konusunda önemli bir katkı, Dr. Winston W. Royce tarafından yapılmıştır. Royce, yazılım geliştirmenin planlı bir süreçle yönetilmesi gerekliliğini 1970 yılında yayımladığı bir makalede ayrıntılı olarak belirtmiştir.

Royce'un 1970 tarihli bu makalesi, "Managing the Development of Large Software Systems" başlığını taşıyor ve yazılım mühendisliği tarihinde önemli bir kilometre taşıdır. Bu makale, Waterfall Model olarak bilinen yazılım geliştirme metodolojisinin temelini atmıştır. Waterfall Model, yazılım geliştirme sürecini aşağıdaki sıralamada ele alır: gereksinimler analizi, tasarım, uygulama, test, sürüm ve bakım. Her aşama bir öncekini takip eder ve geri dönüşe izin vermez.

Royce'un makalesi, yazılım geliştirme süreçlerini daha önce belgelenmiş ve açıklanmış bir şekilde sistematik bir şekilde tanımlamıştır. Özellikle, bu makalede yazılım projelerinin gereksinimlerin daha iyi anlaşılması ve yönetilmesi gerektiği, tasarımın önemine vurgu yapıldı ve yazılım testlerinin ayrıntılı bir şekilde ele alınması gerektiği belirtilmiştir.

Royce'un bu makalesi, yazılım mühendisliği alanında birçok geliştirme metodolojisinin temelini atmıştır. Ancak, zaman içinde yazılım geliştirme yaklaşımları büyük ölçüde değişmiş ve dönüşmüştür. Özellikle 2000'lerin başından itibaren "Çevik Yazılım Geliştirme" yaklaşımı, daha esnek ve işbirlikçi bir yazılım geliştirme yaklaşımı olarak popülerlik kazanmıştır. Çevik yaklaşım, Waterfall Model'in daha katı ve lineer yapısına bir alternatif sunmuştur (Royce, 1970). Bu yazıda yazılım geliştirme konusunda genel bir fikir verilmesinin yanı sıra, günümüzde hala uygulamada olan birçok yazılım geliştirme kavramı tanıtılmıştır. Bu makale, yazılım geliştirme hakkındaki bu genel fikri Waterfall Modeli'nin bir şekli olarak ve bu modelin sorunlarıyla açıklayacaktır. Aynı zamanda, Waterfall Modelinin doğal bir karşıtı olarak Agile Metodolojileri tanıtacak ve bu SDM ailesiyle ilgili sorunları ele alacaktır. Genel olarak, Waterfall Modeli bir plan odaklı yaklaşımı benimserken, Çeviklik (Agility) bir adapte yaklaşımı takip eder. Bu makale, bir projenin Agile veya Waterfall yaklaşımına uygunluğunu belirleyen etkenlere sınırlı bir bakış sunacaktır.

Bölüm 1.1'de, bir SDM olarak Waterfall Modeli hakkında kısa bir açıklama, başlangıcının tarihi ve ilgili sorunlar verilecektir. Bölüm 2'de Agile Metodolojileri, Agile özellikleri, uygulamaları ve sorunları hakkında bir genel bakış sunacaktır. Bölüm 3, belirli bir proje için hangi geliştirme metodolojisinin en iyi kullanılacağına karar vermek için bir başlangıç noktası olacaktır. Bu bölüm, tipik Agile projelerini ve tipik Waterfall projelerini içeren ve plan odaklı ve Agile projelerin tipik özelliklerine sınırlı bir bakış sunmaktadır. Ayrıca, değişen Agile ve Waterfall metodolojileri ile ilgili makalelere, SDM'lerin popülerliğini ölçen bir makaleye, hangi yazılım metodolojisinin kullanılacağına karar verme konusunda bir makaleye ve dağıtık bir ortamda Çevik süreçlere dair bir makaleye

referanslar ekler. Bölüm 4, bu makalenin avantajlarını, Agile veya Waterfall yaklaşımı için uygun projeleri ve her iki yaklaşım için öngörülmesi gereken sorunları özetleyerek belirtir.

1.1. Şelale Model (Waterfall Model): Yazılım Mühendisliği Tarihine Kısa Bir Giriş

1.1.1. Yazılım Mühendisliği Tarihine Kısa Bir Giriş:

Yazılım mühendisliği, modern bilgi teknolojilerinin ve dijital dönüşümün temelini atmış ve günümüzün karmaşık bilgisayar sistemlerinin geliştirilmesine yönelik sistematik bir yaklaşımın doğmasına katkı sağlamış önemli bir alanı ifade eder. Bu yazı, yazılım mühendisliği teriminin ortaya çıkışını ve gelişimini inceleyerek, bu alandaki temel tarihsel gelişmeleri aydınlatmayı amaçlamaktadır.

Yazılım mühendisliği terimi, 1960'ların sonlarında ve 1970'lerin başlarında özellikle NATO (Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü) tarafından düzenlenen konferanslarla ilişkilendirilir (Ganis, 2010). Bu dönemde, yazılımın giderek artan karmaşıklığı ve büyüklüğü, yazılım projelerinin yönetimi açısından ciddi zorluklar ortaya çıkarmıştır. Bu bağlamda, yazılım geliştirmenin mühendislik disiplini içinde ele alınması gerektiği fikri ortaya çıkmıştır. Özellikle 1968'de Almanya'nın Garmisch kentinde düzenlenen bir konferans, yazılım mühendisliği teriminin önemli bir şekilde öne çıkmasına yol açmıştır. Yazılım mühendisliği terimi, yazılım geliştirme süreçlerinin daha önceki rastgele ve düzensiz yöntemlerden çıkarak daha sistematik ve mühendislik temelli bir yaklaşım gerektirdiğini yansıtır. Yazılımın geliştirilmesi, planlanması, tasarlanması ve sürdürülmesi gibi süreçler, mühendislik ilke ve yöntemleri çerçevesinde ele alınmaya başlanmıştır. Bu dönüşümün temel nedenlerinden biri, yazılım projelerinin sıklıkla maliyet ve zaman aşımına uğraması, eksik belgelenmesi ve düzensizliği idi.

Bu dönemdeki yazılım geliştiricileri, mühendislik disiplinlerinden gelen birikime dayalı olarak yazılımın donanım mühendisliği gibi ele alınması gerektiğini savunmuşlardır. Yazılım projelerinin daha sistematik ve planlı bir şekilde yönetilmesi gerektiği düşünülmüş, "bir kere ölç, bir kere kes" prensibi benimsenmiştir. Bu, yazılım geliştirme süreçlerinin daha disiplinli ve mühendislik odaklı hale gelmesinin ilk adımlarından biridir.

Yazılım mühendisliği terimi, yazılım geliştirme süreçlerinin daha mühendislik temelli ve sistematik bir yaklaşımla ele alınmasının gerekliliğini yansıtan önemli bir tarihsel gelişmenin ürünüdür. NATO konferansları, bu yaklaşımın kabul edilmesine büyük katkı sağlamış ve yazılım mühendisliği disiplininin temellerini atmıştır. Bugün, yazılım mühendisliği terimi, yazılım projelerinin planlama, tasarım, geliştirme ve sürdürülme aşamalarında mühendislik ilke ve yöntemlerinin uygulanmasını ifade eden temel bir kavramdır (Ganis, 2010).

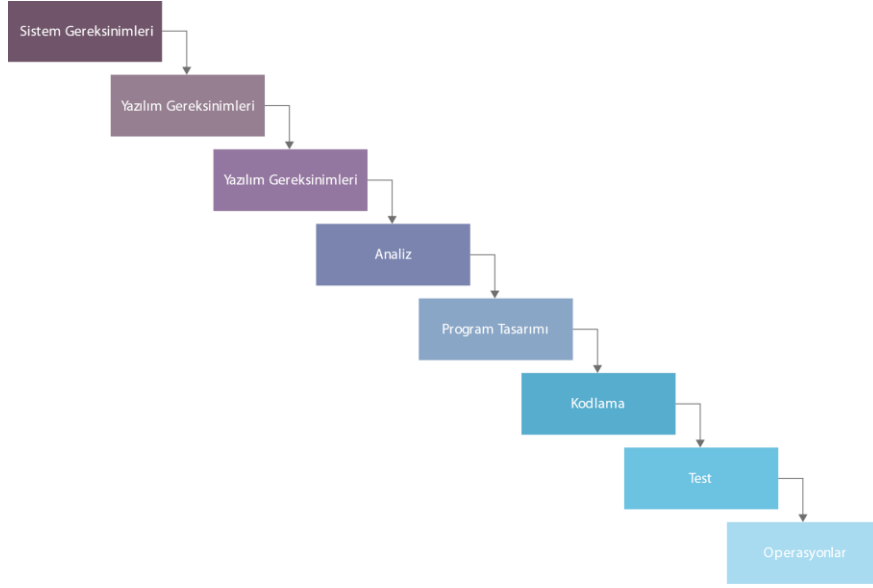
1.1.2. Şelale Modeli (Waterfall Model):

Dr. Winston W. Royce'un "Managing the Development of Large Software Systems" adlı makalesi, yazılım geliştirme

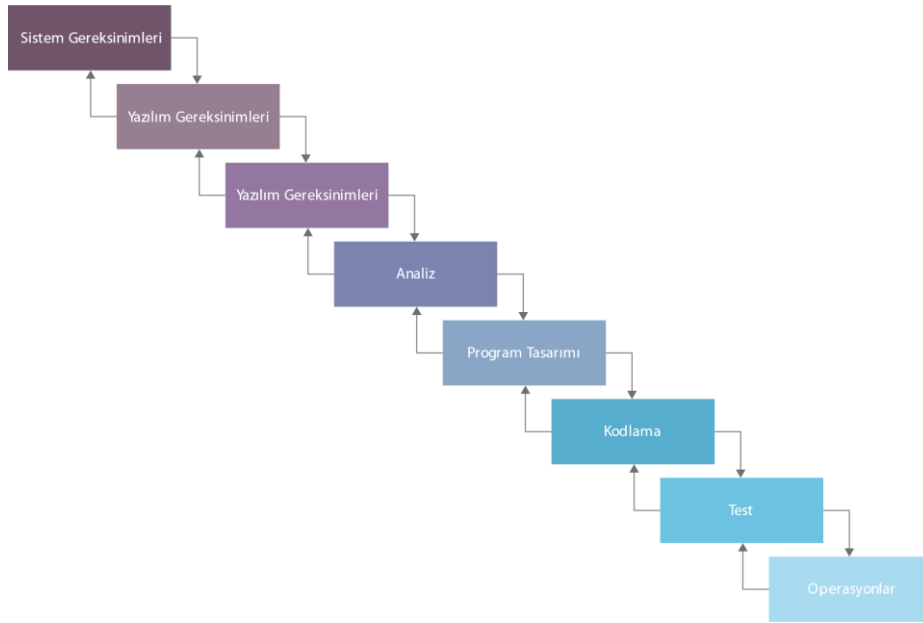
süreçlerinin temelini atmış ve yazılım mühendisliği tarihinde önemli bir kilometre taşıdır. Bu makale, 1970 yılında IEEE WESCON konferansının bir parçası olarak sunulmuştur. Makalede, Royce, büyük yazılım sistemlerinin geliştirilmesi konusunda önemli konuları ele almaktadır (Ganis, 2010). Çalışmada Royce, yazılım geliştirme süreçlerini daha sistematik ve mühendislik odaklı bir şekilde ele almanın gerekliliğini vurgular.

Royce, yazılım projelerinin başlangıcından sonuna kadar geçen sürecin planlanması gerektiğini vurgular. Planlamada, gereksinimler analizi, tasarım, kodlama, test ve sürdürme gibi

aşamaların belirlenmesi ve sıralanması önemlidir. Çalışmada belirtilen ve daha sonra "Şelale Modeli" olarak adlandırılacak olan kavram, yazılım geliştirme sürecini aşamalara ayırma fikrini tanıtır. Royce, bu aşamaların sırasıyla izlenmesi gerektiğini savunur: gereksinimler analizi, tasarım, kodlama, test ve sürdürme. Bu, yazılım projelerinin daha önceki adımın tamamlanmasının ardından devam etmesi gereken bir lineer süreç olarak kabul edilir. Royce, aşamalar arasında bir geri dönüşün olmayacağını, her aşamanın bir sonrakine bağımlı olduğunu belirtir. Bu, önceki aşamanın tamamlanmadan sonraki aşamaya geçilemeyeceği anlamına gelir.



Şekil 1. Şelale Modeli.



Şekil 2. Şelale Modeli- Ardışık aşamalar arasındaki tekrar eden ilişki.

Şekil 1'de analiz aşaması ve kodlama aşaması, son ürüne en doğrudan değeri sağlar; diğer aşamalar, program kaynaklarının en iyi şekilde kullanılması için farklı şekillerde ele alınmalı ve planlanmalıdır (Ganis, 2010).

Bu Şelale Modeli ile ilgili olarak (Unhelkar, 2016) önceki teslim edilenlere bağımlılığı vurgular. Örneğin, analiz modeli henüz onaylanmadıysa sistem tasarımını geciktirir ve tasarım henüz onaylanmadıysa kodlamayı geciktirir.

Royce'un incelenen bir sonraki adımı, ardışık geliştirme aşamaları arasındaki iteratif ilişkiyi kapsar. Şekil 2, bu adımı Royce'un detaylarını göstermektedir. Royce (1970), her geliştirme adımının ilerledikçe ve tasarım daha detaylı hale geldikçe, önceki ve sonraki adımlarla bir iterasyon olacağına inanır, ancak daha uzak adımlarla nadiren bir iterasyon olur. Royce (1970), böyle dar kapsamlı bir değişim sürecinde bir değer görmektedir. Tasarım sürecinin herhangi bir anında, gereksinim analizi tamamlandıktan sonra beklenmedik tasarım zorlukları durumunda geri dönülebilecek sıkı ve yakın bir referans noktası bulunur.

Bir sonraki adımda Royce (1970), yazılım gereksinimleri aşaması ile analiz aşaması arasına ön tasarım aşamasını ekler. Bu aşama beş bileşene ayrılır. Bu teknikte, program tasarımcısı yazılımın depolama, zamanlama ve veri akışı nedeniyle başarısız olmayacağını garanti eder. Bu aşama, bu yazılım geliştirme sürecinin oluşturulduğu dönemi gösterir ve mühendislerin karşılaştığı sorunların karmaşıklığına dair bir içgörü sunar.

Sonuç olarak, Royce'un açıklamalarının sonunda, Royce'un vizyonu her geliştirme aşaması için belgelendirme, tüm aşamaları içeren daha kısa bir pilot aşama, müşteri katılımını içerir ve program tasarım aşamasından sonra ve test aşamasından sonra hem müşteri katılımını içerir.

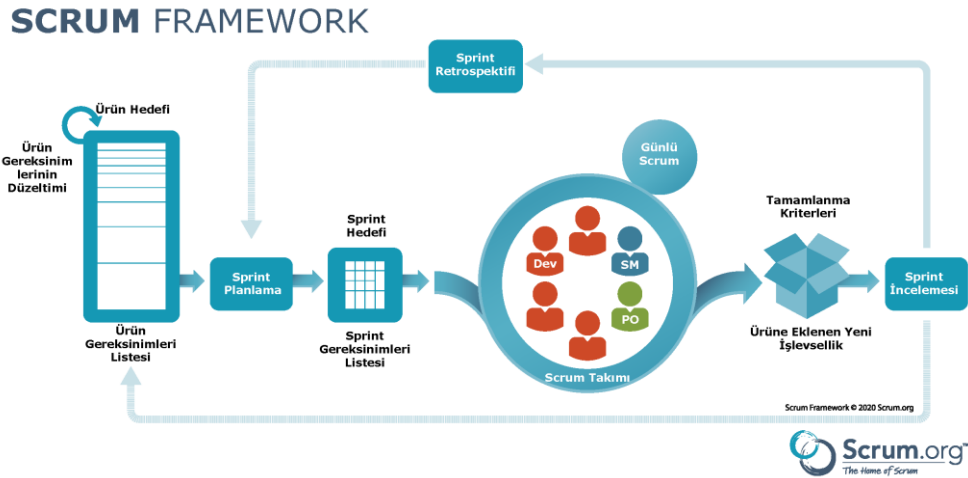
1.1.3. Şelale Model Sorunları:

Ganis (2010), Şelale Model'in geliştirme yaşam döngüsünün çok erken aşamalarında gereksinim spesifikasyonlarını veya yüksek düzeyde tasarımı dondurma üzerine odaklandığını düşünmektedir, daha kapsamlı tasarım ve uygulama çalışmalarına girilmeden önce. Bu nedenle, gereksinimlerin iyi anlaşılmadığı, tanımlanmadığı veya projenin seyri içinde değişebileceği durumlarda Şelale modelinin uygun olmadığını düşünmektedir. Petersen ve ark. (2009), Şelale Model'i yüksek maliyetler ve çabalarla ilişkilendirir. Her aşamada onaylanması gereken belgelerin sayısı, değişiklik yapmanın zorluğu, iterasyonların başlatılması ve başarılması için gereken zamanın zorluğu ve sadece daha sonraki aşamalarda ortaya çıkan sorunlar, onların inancını doğrulamaktadır. Bu sorunların sonucunda, müşterilerin mevcut ihtiyaçları ele alınmaz ve uygulanmış ancak kullanılmayan özellikler ortaya çıkar. Bu bölümü sonlandırmak için, Munassar ve Govardhan (2010), Şelale Model'i, birçok - daha çağdaş - Yazılım Geliştirme Yaşam Döngüsü Modeli için bir temel olarak kabul ederlerken, Dr. Winston Royce'u plan-odaklı yazılım geliştirme metodolojilerinin kurucu babası olarak kabul edebiliriz.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çevik Metodolojiler (Agile Methodologies): Motivasyon, İlkeler ve Uygulama

Fowler ve Highsmith tarafından yayımlanan Çevik Bildiri, modern Çevikliğin temelini resmi olarak duyurdu (Fowler ve Highsmith, 2001). Çevikliğin kurucuları ve destekçileri, yazılım geliştirme süreçlerini daha iyi hale getirmenin yollarını bulma konusundaki motivasyonlarını, bu işi yaparak ve diğerlerinin de yapmasına yardımcı olarak bulurlar. Çevik Bildiri'nin temel ilgisi değerli yazılım geliştirmek olsa da, Unhelkar (2016), Çevikliğin işin tüm boyutlarında stratejik bir rol oynadığını vurgular. İşlevsel yazılım sistemlerinin hemen hemen tüm iş fonksiyonlarıyla yakın bir şekilde iç içe geçmesi, Çevik işletmelerin karşılık gelen Çevik yazılım sistemlerine ihtiyaç duymasına neden olur Unhelkar (2016).



Şekil 3. Scrum - Şematik Bir Bakış.

2.1.1. Çevik İlkeler ve Uygulamalar:

Cohen ve ark. (2003), tarafından belirtildiğine göre, Çevik teknikler uygulamalar ve vurgulamalar açısından farklılık gösterse de, tekrarlayan geliştirme ve etkileşime, iletişime ve kaynak yoğun ara ürünlerin azaltılmasına odaklanma gibi ortak özellikleri paylaşırlar. Ayrıca, Çevik yaklaşımlar kısa tekrarlayan döngüleri, özellik planlaması ve dinamik önceliklendirmeyi bir araya getirirler, diye belirtir Highsmith ve Cockburn (2001). Çeviklik yüz yüze iletişimi gerektirir, bu da ekip üyelerinin kararlar almasını ve onları beklemek yerine hemen uygulamalarını sağlayan yakın bir konumda çalışmayı gerektirir.

Çevik geliştirme yöntemleri, yakın müşteri işbirliği gerektirir, diye belirtir Highsmith ve Cockburn (2001). Bir müşterinin artanı değerlendirmesi ve geri bildirimde bulunabilmesi için bir kullanıcı arayüzü gibi görünür bir sonuca ihtiyacı vardır veya gömülü sistemler durumunda bir yazılım simülasyonu gerekir

2.1.2. Çevik İterasyonlar

Williams (2007), her bir iterasyonun, bir ürün içinde, gereksinim analizini, tasarımı, uygulamayı ve testi içeren, kendi kendine yeterli küçük bir projenin aktivitelerini temsil ettiğini açıklar. Williams, her iterasyonun bir iterasyon sürümüne yol açtığını belirtir; bu sadece içsel bir sürüm olabilir ve tüm yazılım ekibin üzerinde birleştirir ve son sistem için büyüyen ve evrilen bir alt küme olur. Müşteri, gereksinimlerini projenin başlangıcında belirlemek yerine, mevcut sürümün gözlemlenmesine dayanarak bir sonraki sürüm için gereksinimlerini uyarlar. Sık sık belirli tarihlerin yazılım sürecinin varyansını azalttığı ve bu nedenle tahmin edilebilirliği ve verimliliği artırabileceğine dair kanıtlar bulunmaktadır. Çevik geliştirme sırasında kullanılan önceden belirlenmiş iterasyon süresi, ekip için bir zaman kutusu olarak hizmet eder. Dolayısıyla, seçilen kapsamı uygun hale getirmek için iterasyon süresini artırmak yerine, kapsamı iterasyon süresine uygun hale getirir. Çevik yöntemlerle geçmişteki iterasyon yöntemleri arasındaki temel fark, her iterasyonun süresidir. Geçmişte, iterasyonlar üç ila altı ay sürebilirdi. Çeviklikle birlikte iterasyon süreleri bir ila dört hafta arasında değişir ve bilinçli bir şekilde 30 günü aşmaz. Ayrıca, kısa iterasyonların, daha düşük karmaşıklık ve risk, daha iyi geri bildirim ve daha yüksek üretkenlik ve başarı oranları anlamına geldiğini gösteren araştırmalar bulunmaktadır Williams (2007).

Çevik: Destekleyici Araçlar ve Teknikler:

Çevikliğin kod merkezli odaklanmasını göz önüne alarak, çeşitli kodlama araçlarının kullanılması şartıdır. Model Driven Architecture, modellerin merkezi ürünler olduğu, uygulama ve orta yazılım kodunun önemli bir kısmının otomatik olarak oluşturulması ve geliştiricilerin çalıştığı seviyede soyutlama seviyesini artırarak gelişmeyi hızlandırır, Turk ve ark (2014)'e göre böyle bir araçtır. Ayrıca, entegre geliştirme ortamları, kodun sistemli olarak

iyileştirilmesi ve otomatik test takımları, hataların tespit edilmesi ve giderilmesinin maliyetini yönetmede yardımcı olabilir, hatta Çevik bir sürecin sonlarında bile. Sürüm kontrolü ve değişiklik izleme, iteratif bir ortamda çok önemli olduğundan, her aktif programcının araç kutusunda bulunabilir. Çevikliğe uygun diğer teknikler, hata enjeksiyonu ve otomatik test oluşturma teknikleri gibi dinamik güvenlik test araçlarına entegre edilebilecek tekniklerdir.

2.1.3. Bir Çevik Metodoloji Örneği: Scrum

1995 yılında Schwaber (1995), Scrum'u tanıttı. Günümüzde geniş bir şekilde kabul gören bir Çevik Metodoloji'dir. Bu nedenle detaylı bir şekilde açıklanması için iyi bir adaydır. Web sitelerinde Rawsthorne ve Shimp (2009), Scrum ekibinin (genellikle 10 kişiden az) amacının, paydaşlarla çalışmanın bir sonucu olarak ürün sahibi tarafından belirlenen hedefleri ve öncelikleri karşılayan sonuçlar üretmek olduğunu belirtirler. Normalde, eklerler, Scrum ekibi sonuç üretmeye başlamadan önce bir vizyon aşaması bulunur (bu aynı zamanda bir projenin ilk aşaması da olabilir); bu aşamada iş sahibi, ürün sahibi ve paydaşlar, bir ürün vizyonu ve ürün yol haritası oluştururlar. Vizyon, projenin genel odak noktasını sağlarken, yol haritası sürümler ve hedefleri hakkında rehberlik sağlar. Scrum'un başlıca tekniklerinin ürün talep listesi (product backlog), sprintler ve günlük scrum toplantıları (scrum, 15 dakikalık günlük ekip toplantısı) olduğunu belirtirler. İş gereksinimleri açısından, ürün talep listesi Scrum içinde özel bir rol oynar çünkü tüm gereksinimler, ürün için gerekli veya faydalı olarak kabul edilenler, ürün talep listesine listelenir. Ayrıca bu liste, tüm özelliklerin, fonksiyonların, iyileştirmelerin ve hataların öncelik sırasını içerir. Sprint (Şekil 3'e bakınız), 30 günlük bir geliştirme dönemidir. Her sprint için, talep listesinden en yüksek öncelikli görevlerin sprint talep listesine taşındığını açıklar. Bir sprint başladıktan sonra karşılanması gereken gereksinimlerin değiştirilmemesi gerekir. Sprintin sonunda, müşteriye yeni işlevselliği gösteren ve geri bildirim toplayan bir sprint gözden geçirme toplantısı yapılır. İki sprint arasında müşterinin bir sonraki sprint için gereksinimleri yeniden önceliklendirmesi için tam esneklik bulunur.

2.1.4. Çevik Yaklaşım Sorunları :

Çevik yaklaşımın başlıca karşılaştığı sorunlar şunlardır. İlk olarak, çevik yaklaşımın önceliği olan yazılımın hızlı geliştirilmesi, çevik projelerde mühendislik değerlerine olan vurgunun eksikliği nedeniyle yazılımın bütünlüğünü tehdit edebilir. Çevik süreçlerde işlerin hızlı ilerlemesi, tasarım bütünlüğüne veya sistem düzeyindeki sorunların erken tespitine yeterince odaklanmadığında, sonradan düzeltmeler gerekebilir. Bu, çevik projelerde yazılım mühendisliği prensiplerine dikkat edilmediğinde ortaya çıkabilecek bir sorundur.

İkinci olarak, çevik yaklaşımın, projelerin uzmanlara bağımlı hale gelmesine neden olabilecek, bilgi paylaşımına dayalı bir işbirliği odaklı olma eğilimi vardır. Bu, projelerin sadece belirli uzmanlara dayalı hale gelmesine yol açabilir ve

bu uzmanlar olmadan işlerin yürütülmesi zorlaşabilir. Çevik yaklaşımda tacit (bilinçdışı) bilgiye odaklanma, projeleri uzmanlara bağımlı hale getirebilir.

Üçüncü olarak, çevik süreçlerin, güvenlikle ilgili veya kritik sistemlerin kalitesini belirlemek için yetersiz olduğu düşünülmektedir. Çevik süreçlerin daha bilgi eksikliği ve hızlı iterasyonlarla karakterize edilmesi, güvenlik açısından kritik sistemlerin kalitesini belirlemek için yetersiz olabilir. Bu tür sistemler için daha fazla dikkat ve ayrıntılı bir kalite değerlendirmesi gerekebilir.

Son olarak, büyük ölçekli yazılım projeleri için çevik yaklaşımın uygulanması zor olabilir. Birden fazla ekip ve çok sayıda test gerektiren karmaşık sistemler, çevik süreçlerin koordinasyonunu ve yönetimini zorlaştırabilir. Büyük ölçekli, çoklu ekip projeleri için çevik süreçlerin uyarlanması ve yönetilmesi karmaşık bir iş olabilir.

Bu nedenle, çevik yaklaşımın bazı durumlarda karşılaşılabileceği zorluklar ve eksiklikler vardır ve bu sorunlar projelerin özel gereksinimlerine ve büyüklüklerine bağlı olarak değişebilir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Çevik Yaklaşımlar ve Şelale Modeli: Proje Özelliklerine Göre Bir Karşılaştırma

Unhelkar (2016), geleneksel şelale yaşam döngüsünü yazılım geliştirmenin lineer, aşamalı bir yaklaşımı olarak tanımlarken, çevik yaklaşımın bu geleneksel geliştirme yaşam döngüsüne tamamen zıt olduğunu düşünmektedir. Aşağıdaki bölümler, projelerin nasıl geliştirilmesi gerektiği konusunda bir ışık tutacaktır, Çevik mi yoksa Şelale mi? A. Prototip projeler Unhelkar (2016), en çok bir Çevik yaklaşımdan fayda sağlayan projelerin "yeşil saha" geliştirme projeleri olduğunu belirtir. Yeşil saha projesi, tamamen yeni bir ortam için bir sistem geliştirmeyi amaçlayan bir projeyi ifade eder. Ayrıca, yazılım geliştirmeye yönelik Çevik yaklaşımlar, kodlamanın faaliyetlerin merkezinde olduğu projelerde en elverişli olanlardır. Genellikle, beş programcıdan oluşan ve yaklaşık 6 ay süren küçük bir proje, Çevik prensip ve uygulamalarını yaygın bir şekilde kullanmak için ideal bir konumda olurdu. Ayrıca, bu tür projeler, Çevik yaklaşımın kendisiyle denemeler yapmak veya yeni, büyük bir geliştirmenin bir parçası olabilirler. Petersen ve ark. (2009), tarafından belirtildiğine göre, Şelale Model, büyük sistemlerle uğraşırken ayrıntılı olarak yazılım sisteminin mimari ve yapısını planlama konusunda özellikle önemli olan öngörülebilir ve dikkatli bir model sunmaktadır. B. Çevik ve plana dayalı proje özellikleri Hangi projelerin hangi geliştirme metodolojisinin seçilmesi konusunda ne tür projelere ait özellikler fark yaratacak?

1. Başlıca hedefler: Boehm (2002), daha geleneksel plana dayalı yöntemler için önemli bir hedef setinin öngörülebilirlik, tekrar edilebilirlik ve optimizasyon olduğunu belirtir. Buna karşılık Çevik yaklaşım,

hızlı değer ve değişikliklere yanıt verme üzerine odaklanmaktadır.

- 2. Boyut:** Plan odaklı yöntemler, büyük projelere göre Çevik projelere göre daha iyi ölçeklenir. Bir projenin yetkilendirilmesi ve başlatılması için ortalama bir kişi ayırmak için bir aylık süre gerektiren bürokratik, plana dayalı bir organizasyon, küçük projelerde çok verimli olmayabilir Boehm (2002).
- 3. Müşteri ilişkileri:** Çevik yöntemler, müşterilerin geliştirme ekibiyle işbirliği yapmak ve müşterilerin örtülü bilgisinin uygulama sürecinin tamamı için yeterli olduğu durumlarda en iyi şekilde çalışır Boehm (2002). Bu yöntem örtülü bilgi eksikliklerine neden olma riski taşıırken, plana dayalı yöntemler, belgelendirme ve mimari inceleme kurulları ile eksiklikleri telafi etmek ve bağımsız uzman proje incelemeleri aracılığıyla eksiklikleri gidermek için kullanır Boehm (2002).
- 4. Planlama ve kontrol:** Unhelkar (2016)'a göre, formal proje yönetimi yazılım projesinin başarılı bir şekilde tamamlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Proje yönetimi, dikkatli planlama, tahmin, koordinasyon, izleme ve kontrol gerektirir. Bu konular resmen Şelale Model'de kapsamaktadır. Çevik, planlama sürecine belgelemeye dayalı sonuçlardan daha fazla değer verir (Unhelkar, 2016).
- 5. İletişim:** Çevik, yüz yüze iletişimi desteklerken, Şelale Model belgelenmiş bilgiye vurgu yapar.
- 6. Gereksinimler:** Önemli olmayan ve çözüm bağımsız, başlangıç gereksinimlerinin analizi saf bir Çevik uygulayıcıları tarafından doğrudan kullanılmaz (Unhelkar, 2016). Ağır, resmi Şelale Model, hızla değişen gereksinimlerle başa çıkmada zorluklarla karşılaşabilir. Öte yandan, mimari gereksinimleri öngördüğünde ve karşılamak için uygun olduğunda, plana dayalı yöntemler bile milyonlarca satırlık uygulamaları bütçe ve zaman içinde tutabilir.
- 7. Geliştirme:** Çevik, kapsamlı belgeleme yerine çalışan yazılıma ve sadeliğe vurgu yapar ve yapılmayan işin miktarını maksimize ederken. Buna karşılık Şelale Model, geliştirme sırasında önemli bir parçası olduğu için yazılım mimarisine büyük bir vurgu yapar.
- 8. Test:** Beznosov ve Kruchten (2004) 'e göre, geleneksel güvence yöntemleri tasarım ve mimari prensipleri, dinamik test, statik analiz ve içsel ve üçüncü taraf incelemelerini, değerlendirmeyi ve zayıflık testini içerir. Bu yöntemler daha çok belgelenmiş ve mimariye odaklandığından Şelale

geliştirmeye çok daha uygundur. Öte yandan, Çevik Yaklaşımlar, iç tasarımı ve kod incelemeyi kolaylaştırır ve geliştiricileri kodlama standartlarını benimsemeye teşvik eder, ancak mimari veya belgelemeye odaklanmaz (Beznosov ve Kruchten, 2004).

9. Müşteriler: Çevik, geliştirmeye özgü, birlikte çalışan ve bilgili müşteriler gerektirir. Şelale Model, yeterince bilgili müşterileri gerektirir.

10. Geliştiriciler: Çevik bir projede geliştiricilerin çevik, bilgili, bir arada çalışan, iş birliği yapan, dostça, yetenekli, becerikli ve iletişim kurabilen olmaları gerekmektedir. Çevik yaklaşımlar, geliştiriciler, testçiler, konu uzmanları ve mimarlar gibi çeşitli alanlarda uzmanlaşmış ekip üyelerini vurgular : Unhelkar (2016). Şelale modelindeki geliştiriciler ise plana dayalı, yeterli yetkinliklere sahip ve dış bilgilere erişim sağlayan kişiler olmalıdır.

11. Kültür: Çevik yöntemler, "kaos üzerine kurulu" bir kültürde daha iyi bir şekilde başarılı olacaktır, bu, Boehm ve Turner (2003), tarafından belirtildi. Şelale Modeli için ise tam tersi geçerlidir, yani "düzen üzerine kurulu" bir kültürde daha iyi işler.

Boehm ve Turner (2003), tarafından hazırlanan Tablo 1, yukarıdaki unsurların bir özeti. Bu tablo, proje hedefleri ve boyutları, proje yönetimi tarzı, proje araçları kullanımı, personel ve kültür, müşteriler açısından tipik özelliklerin genel bir bakışını sunar hem Çevik projeler hem de plana dayalı projeler için geçerlidir. Bu tablo, personel geliştiricilerinin beceri seviyelerini tanımlama konusunda Tablo 2'ye başvurur.

Williams (2004;2016) plan odaklı Yazılım Geliştirme Metodolojileri ile çeşitli Çevik gelişim türlerini anketlerinde tanıtır ve ayrıntılı bir bakış sunar. Çevik Metodolojiler ve plan odaklı metodolojilerin popüler olduğu, geliştiriciler tarafından nasıl algılandığı ve yöntemlerin nasıl birleştirilebileceği konularında fikirler almak için West ve diğerleri'ne (2010), başvurur. Bir proje, Çevik Metodolojiler, Şelale Model veya ikisi arasında bir model aracılığıyla geliştirilmeli mi kararı vermek için bir çerçeve, Boehm ve Turner (2003) tarafından sunulmuş ve Çevik Metodolojiler ve plan odaklı yöntemleri dengelemek için düşünülmesi gereken çizgileri belirtmiştir. Dağıtılmış bir ortama Çevik Metodolojiler süreçleri uyarlamak hakkında bir makale, Young ve Terashima (2008) tarafından yayımlanmıştır.

Tablo 1. Çevik ve plana dayalı geliştirme temelleri.

Proje Özellikleri	Çevik Geliştirme Temelleri	Planlı Geliştirme Temelleri
Uygulama		
Ana hedefler	Hızlı değer oluşturma, Değişikliklere yanıt verme	Tahmin edilebilirlik, Kararlılık, Yüksek güvence
Büyüklik	Daha küçük ekipler ve projeler	Daha büyük ekipler ve projeler
Yönetim		
Müşteri ilişkileri	Özgü müşteriler, öncelikli artışlara odaklanmış	İhtiyaca göre müşteri etkileşimleri, sözleşme hükümlerine odaklanmış
Planlama ve kontrol	İçselleştirilmiş planlar, nitel kontrol	Belgelenmiş planlar, nicel kontrol
İletişim	Elde edilen kişisel bilgi	Açıkça belgelenmiş bilgi
Teknik		
Gereksinimler	Öncelikli gayri resmi hikayeler ve test vakaları, öngörülemeyen değişikliklere tabi tutuluyor	Resmi proje, yetenek, arayüz, kalite, öngörülebilir evrim gereksinimleri
Geliştirme	Basit tasarım, kısa dönemler, refaktoringin düşük maliyetli olduğu varsayılır	Kapsamlı tasarım, uzun dönemler, refaktoringin maliyetli olduğu varsayılır
Test	Çalıştırılabilir test vakaları gereksinimleri tanımlar, test edilir	Belgelenmiş test planları ve prosedürleri.
Personel		
Müşteriler	Dedicated, colocated Crack ¹ uygulayıcıları	Crack ² uygulayıcıları, her zaman aynı yerde bulunmazlar
Geliştiriciler	En az %30'u tam zamanlı olarak 2. ve 3. seviye uzmanlar; 1B veya -1. seviye personel yok ³	%50'si 3. seviye personellerin başında; %10'u boyunca; %30'u 1B seviyesinde çalışabilir; -1 seviyesinde personel yok ⁴
Kültür	Çok sayıda serbestlik derecesi ile konfor ve yetkilendirme (kaostan zevk alma)	Politika ve prosedürler çerçevesinde konfor ve yetkilendirme (düzen ve düzen üzerinden zevk alma)

¹ ve ² İşbirlikçi, Temsilci, Yetkilendirilmiş, Bağlı ve Bilgili.

³ ve ⁴ Tablo II'ye bakın, 'Personel yazılım beceri seviyesi'

Tablo 2. Personel yazılım beceri seviyesi.

Seviye	Karakteristikler
3	Yeni ve önceden karşılaşılmamış bir duruma uymak için bir yöntemi değiştirebilen.
2	Bir yöntemi önceden karşılaşılan yeni bir duruma uydurabilme yeteneği.
1A	Eğitimle, örneğin hikayeleri artışlara uygun şekilde boyutlandırma, desenler oluşturma, karmaşık COTS entegrasyonu veya karmaşık refactoring gibi takdiri yöntem adımlarını gerçekleştirebilme yeteneği. Deneyim kazandıkça, Seviye 2 olabilir.
1B	Eğitimle, basit bir yöntemi kodlama, basit refactoring, kod standartlarını takip etme ve CM prosedürlerini çalıştırma gibi prosedürel yöntem adımlarını gerçekleştirebilme yeteneği. Deneyim kazandıkça, bazı Seviye 1A becerilerini ustalaşabilir.
-1	Teknik becerilere sahip olabilir, ancak iş birliği yapma veya paylaşılan yöntemlere uyma konusunda isteksiz veya yeteneksiz olabilir.

4. SONUÇ

Sonuç olarak bu çalışmada iki Yazılım Geliştirme Modeli (YGM) tanıtılmıştır. Plan odaklı Şelale Model (Waterfall Model) ve uyarlamalı Çevik Metodolojiler (Agile Methodologies) olmak üzere. Her iki modelin de kullanım alanları, avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Küçük projelerin neredeyse her zaman bir Çevik Metodoloji yaklaşımı için uygun olduğu ve neredeyse asla Şelale Model bir yaklaşım için uygun olmadığı tespit edilmiştir. Hem Şelale Model hem de Çevik Metodolojiler, orta büyüklükteki projelerle uğraşırken zorluklar yaşandığı saptanmıştır. Zorlayıcı bir Şelale Model, nispeten basit bir projeye gereksiz karmaşıklık ekleyebilirken, aynı projeye esnek bir Çevik Metodoloji yaklaşımın daha uygun olduğu da diğer sonuçlar arasındadır. Büyük ve karmaşık projeler, farklı uygulama parçaları üzerinde aynı anda çalışan çoklu ekiplerin olduğu projeler olarak kabul edilir ve genellikle Şelale Model bir projedir. Şelale Model ve Çevik Metodoloji gibi sınıflandırılması zor diğer YGM'ler için daha fazla araştırma gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

Beznosov, K. & Kruchten, P. (2004). Towards agile security assurance. In Proceedings of the 2004 workshop on New security paradigms, 47–54. ACM.

Bhuvan, U. (2016). The Art of Agile Practice: A Composite Approach for Projects and Organizations. CRC Press.

Boehm, B. (2002). Get ready for agile methods, with care. Computer, 35(1):64–69.

Boehm, B. & Turner, R. (2003). Using risk to balance agile and plan-driven methods. IEE Computer Science.

Cohen, D., Lindvall, M. & Costa, P. (2003). Agile software development. DACS SOAR Report, 11.

Fowler, M. & Highsmith, J.(2001). The agile manifesto. Software Development, 9(8):28–35.

Ganis, M. (2010). Agile Methods: Fact or Fiction. tcf.pages.tcnj.edu adresinden 12.01.2024 tarihinde erişilmiştir.

Highsmith, J. & Cockburn, A. (2001). Agile software development: The business of innovation. Computer, 34(9): 120–127.

Kai, P., Claes, W. & Dejan, B. (2009). The waterfall model in large-scale development. In International Conference on Product-Focused Software Process Improvement, 386–400. Springer.

Matt, G. (2010). Agile methods: Fact or fiction.

Munassar, N. M. A & Govardhan, A. (2010). A Comparison between Five Models of Software Engineering. International Journal of Computer Science Issues (IJCSI) 7 (5), pp. 94-101.

Nabil, M., A., M. & Govardhan, A. (2010). A comparison between five models of software engineering. IJCSI, 5:95–101, 2010.

Petersen, R., C., Roberts, R., O., Knopman, D., S. & Boeve, B., F. (2009). Mild Cognitive Impairment. Archives of Neurology 66(12):1447-55. DOI:10.1001/archneurol.2009.266

Rawsthorne, D., & Shimp, D (2009). Scrum in a nutshell. <https://www.scrumalliance.org/community/articles/2009/december/scrum-in-a-nutshell> .

Royse, W. (1970). Managing the Development of Large Software System. Proceedings of IEEE WESCON, August, 1-9.

Schwaber, K. (1995). Scrum development process, oopsla'95 workshop on business object design and implementation. Austin, USA.

Turk, D., France, R. & Rumpe, B. (2014). Assumptions underlying agile software development processes. arXiv preprint arXiv:1409.6610.

Unhalker, B. (2016). The Art of Agile Practice A Composite Approach for Projects and Organizations. Computer Science, Economics, Finance, Business & Industry <https://doi.org/10.1201/b13085>

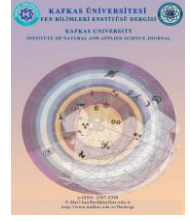
West, D., Grant, T., Gerush, M. & D'silva, D. (2010). Agile development: Mainstream adoption has changed agility. Forrester Research, 2(1):41.

- Williams, L. (2004). A survey of plan-driven development methodologies.
- Williams, L. (2007). A survey of agile development methodologies.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=f97bfc7125c862a3411862d0d522ec6ebc1b9764>
- Winston, W, R. (1970). Managing the development of large software systems. In proceedings of IEEE WESCON, 8, 328–338. Los Angeles.
- Young, C. & Terashima, H. (2008). How did we adapt agile processes to our distributed development? In Agile, 2008. AGILE'08. Conference, 304–309. IEEE.



Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Institute of Natural and Applied Science Journal

Dergi ana sayfası/ Journal home page: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kujs>



E-ISSN: 2587-2389

Evsel Atık Suları ile Yağmur Sularının Geri Dönüşüm Serüveni

Yurdağül AYAZ¹, Mehmet Ali KIRPIK^{2*}, Tuğba DALDAL³, Serhat ÇAKIR³, Azra DALDAL³

¹ Milli Eğitim Bakanlığı, Mustafa Barut Anadolu Lisesi Küçükçekmece-İstanbul-Türkiye

² Kafkas Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Kars-Türkiye

³ Şehit Binbaşı Bedir Karabayır Çok Programlı Anadolu Lisesi Küçükçekmece, İstanbul-Türkiye

(İlk Gönderim / Received: 04. 12. 2023, Kabul / Accepted: 11. 02. 2024, Online Yayın / Published Online: 05. 08. 2024)

Anahtar Kelimeler:

Gri su,
İçme suyu,
Yağmur suyu,
Aktif karbon,
Klor tableti.

Özet: Bu çalışmada Türkiye ve dünyadaki su ihtiyacının bir kısmının karşılanması için çözüm üretilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada, evlerin giderlerinden aklanan gri suların, makyaj pamuğu, aktif karbon, ince kum, kalın kum ve çakıl taşlarının üst üste dizilmesiyle oluşan basit arıtma yöntemi ile arıtılarak kullanma suyu olarak, yağmur suyunun da aynı şekilde arıtılıp dezenfekte edildikten sonra içme suyu olarak geri kazanılması amaçlanmıştır. Çalışmanın ana materyali bir ev maketi ile iki yanına konulan su toplama tanklarından oluşmaktadır. Çalışmada, evin bir tarafına üst üste konulan gri suyun toplanıp arıtıldığı iki tane plastik tank bulunmaktadır. Üst depoya az kirli gri su evin balkonundan akvaryum hava motoru ile hareketlendirilerek verilmiştir. Yağmur suları için; evin diğer tarafına da üst üste iki depo konulmuş; üstte çatıdan gelen yağmur suyunun biriktiği depo alta ise arıtılmış yağmur suyunun akıtıldığı depo bulunmaktadır. Arıtılmış gri su, toplanan yağmur suyu, arıtılmış yağmur suyu ve çeşme suyu ile 4 farklı saksıya maydanoz tohumu ekilip büyütülerek çalışma tamamlandı. İlk aşamada; 4 saksıya ekilen maydanoz tohumları arıtılmış gri su, toplanan yağmur suyu, arıtılmış yağmur suyu ve çeşme suyu ile sulandı. İkinci aşamada, yağmur suları biriktirilerek birinci aşamadaki arıtma yöntemiyle filtre edilerek dezenfeksiyonu yapılmıştır. Saksılara ekilen maydanoz tohumlarının ilk çimlenmesi; ekilmesinden 18 gün sonra gerçekleşmiştir. Diğer saksılardaki tohumlar da sonraki günlerde çimlenmişlerdir. En fazla gelişen bitkinin arıtılan gri su ile sulanan saksıdaki tohum olduğu gözlemlendi.

Recycling Adventure of Domestic Wastewater and Rainwater

Keywords:

Gray Water,
Drinking Water,
Rain Water,
Activated Carbon,
Chlorine Tablet.

Abstract: In this study, it is aimed to produce a solution to meet some of the water needs in Türkiye and the world. In the study, the waste, gray water flowing from the drains of the houses was purified with a simple purification method consisting of arranging make-up cotton, activated carbon, fine sand, coarse sand and pebbles on top of each other and used as drinking water, and rain water was purified and disinfected in the same way and then used as drinking water. It is intended to be recycled. The main material of the study consists of a house model and water collection tanks placed on both sides. In the study, there are two plastic tanks placed one above the other on one side of the house, where gray water is collected and purified. Slightly polluted gray water was supplied to the upper tank from the balcony of the house by agitating it with the aquarium air motor. For rain water; On the other side of the house, two warehouses were placed on top of each other; There is a tank at the top where rainwater from the roof accumulates, and at the bottom there is a tank where purified rainwater is drained. The study was completed by planting and growing parsley seeds in 4 different pots with treated gray water, collected rainwater, purified rainwater and tap water. First stage; Parsley seeds planted in 4 pots were watered with purified gray water, collected rainwater, purified rainwater and tap water. In the second stage, rainwater was collected and filtered and disinfected

with the same purification method as in the first stage. First germination of parsley seeds planted in pots; It took place 18 days after planting. The seeds in the other pots also germinated in the following days. It was observed that the most growing plant was the seed in the pot watered with purified gray water.

*İlgiliyazar: mhmtalirkpk@gmail.com
DOI: 10.58688/kajs.1399620

1. GİRİŞ

Su, insan hayatı için vazgeçilmeyen temel ihtiyaç maddelerinin en başında gelmektedir. Su, hem insanların hayat kaynağı hem de tabiattaki canlıların büyüüp gelişebilmeleri için temel ihtiyaç maddesi olarak bilinmektedir (Özbilen, 2005).

Yeryüzü, su kaynakları açısından zengin sayılmaktadır; ancak bu kaynakların az bir miktarı kullanılabilir durumdadır. Yerküredeki mevcut su miktarının içinde, tatlı suyun kullanılabilirlik oranı yaklaşık olarak %0,8 olduğu bildirilmektedir (Yılmaz, 2015). İnsanın hayattaki en önemli ihtiyaçlarının başında gelen temiz su kaynakları, artan dünya nüfusuna, gelişen endüstrileşmeye, kentleşmeye, tarımda kullanılmaya paralel olarak sürekli azalmaktadır. Su kaynaklarının azalmasında en önemli etken olarak görülen Dünya nüfusu, mevcut verilere göre her geçen yıl %1,7-1,9 oranında artmaktadır (Aksu, 2011). Kullanılabilir suyun azalması kaçınılmaz bir gerçek olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun sebebi dünya nüfusunun artışı, gelişen sanayileşme, köylerden şehirlere göç ve tarımda kullanılan sulama suyu oranının fazlalığı olarak belirtilmektedir (Menteşe, 2017).

Küresel anlamda ciddi nüfus artışı hem içme ve kullanma suyu ihtiyacını önemli ölçüde artırmaktadır. Kullanma suyunun endüstriyel faaliyetler için kullanıldığı bilinmektedir. Önümüzdeki 10 yıl içinde sanayideki su ihtiyacının 1,4 kat, evsel su ihtiyacının ise 1,9 kat artacağı bildirilmektedir (Postel ve Richter, 2012). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'ne göre, 1995 senesinde su azlığı yaşayan nüfusun dünya nüfusuna oranı %29'dan 2025 senesinde %34'e, 1995 senesinde su stresi yaşayanların dünya nüfusuna oranı ise %12'den 2025'te %15'e artacağı belirtilmektedir (Yerebakan, 1999).

Buradan anlaşılacağı gibi su kaynakları dünya nüfusuna yetememe ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu da alternatif su kaynağı bulma ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Ülkemizin 2019 verilerine göre yıllık kişi başı su kullanma miktarı yaklaşık 1.500 m³ olarak belirlenmiştir. Türkiye bu rakamla suyu az olan ülkelerin arasına girmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'ten alınan bilgiye göre ülkemizin nüfusunun 2030 yılında 100 milyona ulaşacağı belirtilmektedir. Bu durumda kişi başına düşen yıllık su kullanma miktarının ise 1.120 m³ seviyelerine kadar azalacağı öngörülmektedir. Bu sebeple yapılan çalışmalar ilerleyen süreçte susuz kalınmaması için kirli suların arıtılıp kullanılmasına yönelecektir (Karakuş vd., 2010). Türkiye'nin son 60 yılda 1 milyon 400 bin hektar sulak alanın kuruduğu bildirilmektedir. Ülkemize yıllık 501 milyar metreküp yağış düşmektedir. Bunun %37'si 186 milyar metreküpü olup akışa geçmektedir. 95 milyar metreküp su da kullanılabilir hale dönüşmektedir (Karakuş vd., 2010). Türkiye'deki tatlı su

kaynaklarının yaklaşık %80'i sulama işinde kullanılmaktadır. Bu rakam çok büyük olduğu için mevcut suyun azalacağı düşünülmektedir. Bu ihtiyaca karşılık olası su yetersizliği karşısında çözüm yolları aranmaktadır. Devlet kurumları bu soruna zor ve büyük ölçekli çözümler üretmişler, ancak toplam suyun yerini değiştirmekten başka bir iş yapamamışlardır. Bu yöntemler; literatürde büyük barajlar, su kemerleri, çok uzak mesafeler arası boru hatları gibi metotlar olarak bildirilmiştir (Karakuş vd., 2010).

Genel olarak ülkemizde ve dünyada küresel ısınmanın sebep olduğu aşırı sıcak iklim, çevre kirliliği, suyu hesapsızca harcama, su ihtiyacının artması gibi sebeplerden dolayı alternatif su kaynakları arayışına gidilmektedir (Altındaniz, 2012). Türkiye'de de atık suların geri dönüştürülmesi ile ilgili ulusal mevzuat ilk defa 7 Ocak 1991 tarihinde 20748 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği" Bölüm 7'de neşredilmiştir. Hatta çoğu ülkelerdeki çiftçilerin atık suların arıtıldıktan sonra tarımda kullanıldığına dair bir bilgisi olmadığı tespit edilmiştir. Ülkemizde arıtma işletmesinden çıkan atık sular (arıtılıp ve/veya arıtılmadan) herhangi bir ortama deşarj edildiği görülmektedir (Bingül ve Altıkat, 2017).

Sulamada kullanılacak arıtılmış atık su farklı bitki türlerinin büyüme ve gelişimini aynı derecede etkilemediği belirtilmektedir. Atık sular ile yetiştirilebilecek bitkiler şu şekilde sıralanmaktadır: Yem bitkileri (yonca, ot ve çim çeşitleri), kültür bitkileri (mısır, buğday, arpa, çavdar, pirinç, baklagiller, akdakı, şeker pancarı, pamur, keten, yağ bitkileri ve tütün), kültürü yapılan sebzeler (domates, patates, salatalık, enginar, brokoli, ıspanak, soya fasulyesi, fasulye, kabak, karnabahar ve bamy), meyveler (turunçgiller, elma, çilek, üzün, muz ve diğerleri). Bunların yanısıra çeşitli ağaçlar, ormanlar, sus bitkileri ve çiçekler olarak bildirilmektedir. Bu bitki türlerinin su ihtiyacını karşılayacak su miktarı azımsanacak bir rakam değildir.

Tarımsal sulama işlerinde arıtılmış atık suların kullanılması ile;

- Susuzluktan kaynaklanan su kıtlığı önlenebilir
- Atık sular denizlere gitmekten kurtularak bertaraf edilmiş olur
- Atık suların kalitesi yüksek olanlar, ileri teknoloji ile arıtılarak içme suyu olarak kullanılabilir.

Gri su, evlerin giderlerindeki atık suyun sarı kahve su içermeyen kısmına denir. Başka bir deyimle banyo küvetinden, lavabodan, mutfaktan, çamaşır ve bulaşık makinelerinden gelen atık su, gri su olarak adlandırılmaktadır. Bu atık su, toplam atık suyun hacimce yaklaşık %77'lik bir kısmını oluşturmaktadır (Kutlu vd., 2017). Gri sular az kirli ve çok kirli gri su olarak iki gruba ayrılmaktadır. Az kirli gri su mutfak, duş ve el yıkama lavabosundan giden atık su olarak belirtilmektedir. Çok kirli

gri su ise bulaşık ve çamaşır makinesinden atılan su olarak bilinmektedir. Az kirli gri sudaki askıda katı madde konsantrasyonu çok kirli gri sudaki askıda katı madde konsantrasyonundan daha az olarak bilinmektedir. Bu değer az kirli gri suda 12-315 mg/L, çok kirli gri suda ise 29–505 mg/L aralığında görülmektedir (Boyjoo vd., 2013). Gri su; saç kılı, vücut yağı ve kiri, sabun ve şampuan artığı gibi kolay ayrışabilen bileşenlerden meydana gelmektedir. Gri su kısa bir zaman diliminde arıtma işleminden geçirilmelidir. Arıtma işlemi geciktirilirse sülfatlar yardımıyla bozulmaya başlamaktadır. Bu da kokuşma oluşmasına sebep olmaktadır. Sudaki organik maddelerin ölçümü; BOİ (biyokimyasal oksijen ihtiyacı) ve KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı) parametrelerinin ortalamaları alınarak ölçülmektedir (Karahan, 2011). Gri suyu arıtma işlemi, suyun kirlilik derecesine bağlı olarak fiziksel, kimyasal ya da biyolojik tekniklerle yapılmaktadır. Fiziksel arıtma işlemleri çöktürme ve filtrasyon olarak belirtilmektedir. Filtreleme en önce yapılmakta sonra ise ihtiyaca bağlı olarak biyolojik ya da kimyasal arıtma yapılması önerilmektedir. Filtrasyon işlemi; kum filtre, kaba filtre ya da membran filtre ile askıda katı madde ile bazı organik kirleticiler ve patojenlerin yok edilmesi için yapılmaktadır.

Membran, iki homojen ya da duruma göre homojen-heterojen iki faz arasındaki seçici geçirgen bir set olarak tanımlanmaktadır. Membran filtreler; maddeleri seçip ayırması sebebiyle kirli fazı temizlemeye yarayan önemli bir ayırma malzemesi olarak bilinmektedir. Membran filtreler genel olarak içme suyu, evsel ve endüstriyel atık suların arıtılmasında kullanılmaktadır. Membranların temel maddesinin aktif karbon olduğu bilinmektedir (Gultas vd., 2017). Fiziksel arıtma tekniği ile azot, fosfor, potasyum gibi nutrient maddelerin arıtılmadığı belirtilmiştir. Gerektiğinde hem partikül hem de nutrient giderimi için kimyasal arıtma teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknik ise; elektrokoagülasyon, fotokatalitik oksidasyon, iyon değiştiriciler ve toz aktif karbon ile uygulanan metotlardır. Kimyasal madde kullanılmadan ise biyolojik arıtma yöntemleri ile de gri suyu arıtmanın mümkün olduğu bildirilmektedir. Gri su biyolojik arıtma yapılırken; yapay sulak alan (CW), döner biyolojik reaktör (RBC), ardışık kesikli reaktör (SBR), membran biyoreaktörü (MBR) metotları kullanılmaktadır. Membran biyoreaktörü dışında kalan metotlarda ön arıtma (filtreleme ve çöktürme) mutlaka yapılmalıdır. Gri su en son olarak da UV ya da klor ile dezenfekte edilmelidir (Üstün ve Tırpancı, 2015). Membran malzemeleri aktif karbon dışında polimer ve seramik olan malzemeden de yapılmaktadır. Polimer malzemeden yapılan membranlar genellikle polietilen (PE), polipropilen (PP), polivinildenflorid (PVDF) gibi organik polimerler kullanılarak elde edilmişlerdir. Membranların gözenek kalitesi, mekanik dayanımı yüksek seviyede olmalıdır. Ayrıca membranı oluşturacak malzemenin uzun süreli işlemlerde sıcaklığa ve kimyasallara karşı yüksek performansta olması beklenmektedir (Koyuncu, 2018).

Gri sular Avustralya, Amerika Birleşik Devletleri gibi bazı ülkelerde arıtmadan direk kullanılmaktadır. Ancak bu durum bazı riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu riskler; hastalık yapıcı bakteri ve mikroplar olarak bilinmektedir. Bunun için insan vücudu ile direk temas etmemelidir. Yine bu ülkeler gri suyu arıtmadan sulama işleminde

kullanılmaktadır. Fakat burada da uzun süreli kullanım yapılmasının bitkilere zarar verdiği belirtilmiştir. Bu zarar ise deterjan ve sabunları, yağların, kimyasal tuzları toprağın yapısını bozması olarak belirtilmektedir. Ayrıca gri suyun direk kullanımı yer altı sularının kirlenmesine de sebep olmaktadır (Üstün ve Tırpancı, 2015). Gri suyun geri arıtılıp geri dönüşümünün sağlanmasıyla yeryüzü su kaynakları da muhafaza edilmektedir. Eğer gri su atıldığı yerde arıtılırsa kanalizasyona verilmeyeceği için belediyelerin atık su arıtmasına katkıda bulunmuş olunacaktır. Bu da milli gelir demektir. Gri su, peyzaj alanlarında ve tarımda sulama için kullanıldığında ise; bileşimindeki organik maddeler sayesinde toprağı besleyeceği belirtilmektedir (Kutlu vd., 2017).

Arıtma sistemlerindeki en önemli adsorban (yüzeyde tutucu madde) aktif karbon olarak bilinmektedir. Bu adsorbanın tarihte en eski kullanımı MÖ 1500 ve MS 13. Yüzyıl olarak bildirilmektedir (Çetinkaya, 2015).

Aktif karbon bileşiminde karbon oranı çok yüksek olan bir madde olarak belirtilmektedir. İç yüzey alanı, mikro gözenekli yapısı, gözenek hacminin genişliği ve yüzey reaktivitesi sayesinde çok fonksiyonel bir adsorban olarak görev yapmaktadır. Belirli bir kimyasal formülü olmadığı belirtilmektedir. Aktif karbonun eşsiz bir adsorban oluşu genişletilmiş yüzey alanı, mikro gözenekli yapısı, yüksek adsorpsiyon kapasitesi ve yüzey reaksiyon aktifliği ile sağlanmaktadır (Geyik, 2019).

Su ve sudan yararlanmak insanın temel hakkı olup ihtiyaç maddelerinin en önemlisi sayılmaktadır. Birleşmiş Milletler ekonomik, sosyal ve kültürel haklar komitesi de suyun insanın temel haklarının başında geldiğini açıklamıştır. Dolayısıyla su ihtiyacı kalkınmanın önemli kriterlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Özbilen, 2005).

İçme suları, genel olarak içme, yemek yapma, temizlik vb. amaçlar için kullanılan ve TS 266'daki şartları sağlayan insanların içme ve kullanma ihtiyaçları için kullanıldığı şehir şebekeleri, kuyu, çeşme suları, çeşitli yöntemlerle arıtılmış dere, nehir ve göl, baraj suları ile kaynak sularıdır (Beyribey vd., 1997).

Günümüzde yağmur suları da arıtılıp artan nüfusun ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. Bilhassa büyük işletmelerde (Hava limanları, askeri bölgeler, stadyumlar, turistik tesisler) bu uygulamayı gerçekleştirmektedir. Çok geçmiş yıllarda daha ilkel olarak sarnıç sistemi kullanılmaktaydı. Sarnıçların sistemi yer altına su kaçırmayacak şekilde gömülerek gerçekleştirilmiştir. Yağmur suları ev ve işyeri damlarından toplanıp sarnıca akıtılmaktadır. Sarnıca gelen yağmur suyu silis kumu ile filtrelenerek temizlenmektedir. Bu filtre yaklaşık bir metre yüksekliğindeki kum ve çakıl süzgecinden meydana gelmektedir (Şahin ve Manioğlu, 2011). Yağmur suyu depolanıp hiçbir arıtmaya ihtiyaç duymadan peyzaj alanı ve bahçe sulamada rahat bir şekilde kullanılmaktadır. Hatta bu uygulama maliyet, sürdürülebilirlik, bakım, erişim kolaylığı açısından da avantajlı görülmektedir. Bu uygulamaların az ya da çok her türlü sulama suyu ihtiyacında kullanılabileceği belirtilmiştir (Müftüoğlu ve Perçin, 2015).

İçme suyu, renk, koku, tat ve içerik bakımından mikroorganizmalardan arınmış olan sulardır. Kalite bakımından incelendiğinde birinci sırayı kaynak suları ikinci sırayı da kuyu suları almaktadır. Bu iki su çeşidi de hiçbir arıtmaya tabi olmadan kullanılabilir. Fakat bu suların miktarı az olup büyük kentlerin su ihtiyacına yetmemektedir. Bu sebeple ırmak, dere ve göl suları zararlı mikroorganizmalardan arındırmak için dezenfekte edilerek kullanılmaktadır. Dezenfeksiyon işlemi, klor ve klor türevleri ile yapılmaktadır (Yalçın vd., 2004).

TSE standartlarında arıtılmış suyun belirli kalite şartları bulunmaktadır. Bu kriterler TS 266 (2005)'te

- Zehirli maddeler
- Sağlığa zararlı maddeler
- Kirlenmeyi gösteren maddeler
- Radyoaktif maddeler şeklinde belirtilmektedir.

İçme suyu arıtma teknikleri; havalandırma, dezenfeksiyon, koagülasyon ve flokülasyon, sedimentasyon, filtreleme ve son dezenfeksiyon işlemlerinden oluşmaktadır. Bunlardan sonra da bulaşıcı hastalıklardan korunmak için klorlama yapılmaktadır. Dezenfeksiyon bir çeşit kimyasal arıtma işlemidir. İçme suyu; klor, kireç kaymağı, klor dioksit, çamaşır suyu, iyot, potasyum permanganat, ozon ve ultraviyole ışınlar ilave edilerek dezenfekte edilmektedir (Akgör vd., 2006). Klorlama, ozonlama ve ultraviyole radyasyonu (UV) içme suyu dezenfeksiyonunda kullanılan metotlar olarak bildirilmektedir. Klor bu işlem için en ideal yöntem olarak kabul edilmektedir. Bu yöntem hem ucuz hem de suyun dağıtıldığı şebekede etkisini uzun süre sağlayan teknik olarak bilinmektedir. Yükseltgenme gücü daha fazla olan ozon, klora göre renk ve koku giderimi için daha iyi bir metot olarak görülmekte ancak uzak yere gidecek şebeke suyunun arıtılmasında klor kadar uzun süre kalmadığı tespit edilmiştir. UV yöntemi ile su dezenfeksiyonu klor ve ozon kullanılarak yapılan yöntemden daha etkili fakat bu metodu daha çok büyük işletmeler tercih etmektedir (Gümüş ve Akbal, 2013).

Yerin üstündeki suların sıcaklığı, mevsimlere göre farklılık göstermektedir. İçme suyunun sıcaklığı +14 °C olmalıdır (Aksu, 2019). Genel olarak tüm ülkelerde içme suyu şebekelerindeki minimum güvenli bakiye klor aralığının 0,2–0,5 ppm seviyesinde olması istenmektedir. Halk sağlığını tehlikeye sokmayacak en yüksek bakiye klor seviyeleri ise 4–5 ppm seviyelerine olması önerilmektedir (Yiğit vd., 2017).

Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO), A.B.D. ve Hollanda İçme Suyu Standartlarına göre belirlenen içme suyu pH standart değeri 6,5–9,2'dir. Klorür için standart değer 600 mg/l; hedef 200 mg/l'dir. Bu veriler ülkemizdeki TS 266'daki içme suyu standartları ile uyumludur. Bakiye klor ise TS 266'ya göre 0,5 mg/l'dir. Hedeflenen değer bakiye klor için 0,1 mg/l olarak belirtilmiştir (Zoroğlu, 2019).

Kütük ve Yüceer, (2020)'nin beyanına göre; yağmur suyu arıtılırken filtrasyon metodu kullanılmaktadır. Yapılan arıtma işleminde çakıl ve ince kumdan oluşan filtreleme düzeneği kullanılmıştır. Bu sistem her şirket için farklı olarak uygulanmaktadır. Buna rağmen maliyeti düşük bir yöntem

olarak belirtilmiştir. Bunun sebebinin yağmur suyunun oluklardan kendiliğinden hızlı bir şekilde gelmesi olarak bildirilmiştir. Buna istinaden yağmur suyu artırılırken ek maliyet gerekmediği de görülmüştür. Toplanan yağmur suyu ile duş alma, tuvalet sifon ve taharet musluklarında kullanma yangın söndürme, araç yıkama, havuz doldurma, yer altı suyu beslenmesi tüketiminde kullanılmaktadır (Kütük ve Yüceer, 2020).

Metcalfe, vd., (2007)'nin beyanına göre; Suyun arıtılıp geri dönüştürülmesinin gelecekteki faydaları şu şekilde belirtilmektedir.

Temiz su kaynaklarının korunumu;

- Suyun kirlenmesine sebep olabilecek nütrientlerin kontrolünün sağlanması
- Dışarı atılan atık su azalacağı için topraktaki zarar gören canlıların korunması Ekonomik üstünlük sağlanması
- Evsel ya da endüstriyel atık sularındaki potasyum, azot ve fosfor gibi bileşiklerin gübre etkisi yaparak toprağı beslediği bildirilmektedir. Böylece gübre kullanımı azalmış olacaktır (Metcalfe vd., 2007).

Altındaniz (2012)'nin beyanına göre;

İstanbul'da yapılan bir uygulamada; az kirli gri suyun artırılarak değerlendirilmesi uygun görülmüştür. Çünkü az kirli gri su, toplam gri suyun %40-50 oranını oluşturmaktadır. Bu su artırılınca seçilen pilot sitedeki sulama suyunun iki üç katı elde edilmektedir. Az kirli gri su arıtma tekniğinin daha kolay olması, depolama hacminin küçülmesi, sistem kurulum maliyetini düşürdüğü belirtilmiştir. Ayrıca harcanan enerjinin az olması, kolay bakım yapılması da avantajları arasında sayılmaktadır. Elde edilen verilere göre; az kirli gri su artırılınca 16 yıl sonra kendi maliyetini karşılayabileceği sonucu çıkarılmıştır. Gri su arıtılıp sulamada kullanılınca, sadece peyzaj sulamasındaki geri kazanım yıllık 4.214 m³ şebeke suyuna eşdeğer olduğu bildirilmektedir (Altındaniz, 2000). Arslan-Alaton ve arkadaşları (2010)'nin beyanına göre; Türkiye'deki atık su arıtma işletmelerinin genel kritiğini ortaya koydukları çalışmada, yüksek kalitede su arıtmı yapılamadığını belirtmişlerdir. Buna sebep olarak ta; kullanılacak arıtma tekniğinde optimum metodun kullanılmaması olarak bildirilmiştir. Sonuç olarak su arıtma tekniklerinden membran arıtma sistemini diğer arıtma tekniklerine göre en üst seviyede göstermişlerdir (Arslan vd., 2010).

Bu çalışmada Türkiye ve dünyadaki su ihtiyacının bir kısmının karşılanması için çözüm üretilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada, evlerin giderlerinden aklanmış gri suların, makyaj pamuğu, aktif karbon, ince kum, kalın kum ve çakıl taşlarının üst üste dizilmesiyle oluşan basit arıtma yöntemi ile artırılarak kullanma suyu olarak, yağmur suyunun da aynı şekilde arıtılıp dezenfekte edildikten sonra içme suyu olarak geri kazanılması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışma 4 Ocak 2020 tarihi ile 23 Şubat 2020 tarihleri arasında İstanbul'un Küçükçekmece ilçesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ilk iş olarak gri suyu ve yağmur suyunu arıtmak için Karaköy'den aktif karbon, deniz kıyısından ince ve kalın kum, çakıl taşları, marketten makyaj pamuğu ve pet şişe temin edilmiştir. Pet şişe altından kesilerek makyaj pamuğu, aktif karbon, ince kum, kalın kum ve çakıl taşlarının üst üste dizilmesiyle arıtma düzeneği yapılmıştır. Bu düzeneğe çalışmanın ana materyali olan ev maketinin iki yanına üst üste konulan 4 tane plastik su tankından oluşmaktadır. Evden çıkan az kirli gri su balkondan depolara aktarılacaktır. Bu suyu havalandırmak için elektrikçiden temin ettiğimiz akvaryum hava motoru kullanılmıştır. Yağmur suyu ise arıtılması için evin çatısından ince bir hortumla evin diğer yanındaki pet şişedeki düzeneğe arıtılarak tanka alınmıştır (Şekil 1).

Bu çalışmanın gerekliliği ve gerçekliği arıtılan ve arıtılmayan sularla bitki yetiştirilerek teyit edilmiştir. Yağmurlardan toplanan yağmur suları bu çalışmada, bitki sulama ve arıtarak içme suyu elde etmek için kullanıldı. İçme suyu ayrıca eczanelerden temin edilen klor tabletleri ile dezenfekte edildi. İçme suyunun kalitesini anlamak için TDS (Total Dissolved Solids, yani toplam çözünmüş madde miktarı) cihazı temin edilerek suyun içilebilirliği belirlendi.

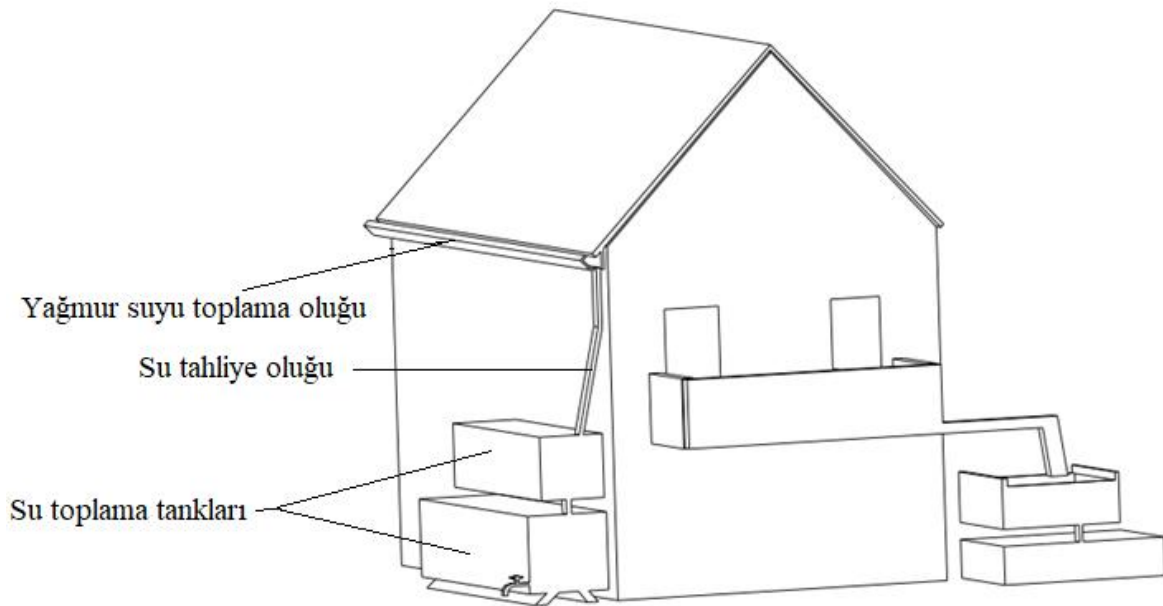
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada kullandığımız maydanoz tohumlarından ilk olarak az kirli gri su ile sulanan saksıdaki maydanoz tohumu 18. günün sonunda çimlenmeye başlamıştır. 2. sırada çimlenen maydanoz tohumları 24. günde arıtılmamış yağmur suyu ile sulanan saksı olmuştur. 3. sırada 27. günde arıtılan

yağmur suyu ile sulanan saksı çimlenmiş en son 29. günde çeşme suyu ile sulanan saksı çimlenebilmiştir. Az kirli gri su ile sulanan saksı daha belirgin gelişme göstermektedir. Bu da bize çalışmamızda kullandığımız arıtılmış gri suyun sulamaya uygun olduğunu göstermiştir; ancak arıtılmayan az kirli gri suların sulama için uygun olmadığı belirtilmektedir. Bu da bize az kirli gri suların bir arıtma işlemine tabi tutulduktan sonra kullanılmasının sürdürülebilir neticeler vereceğini göstermiştir.

Günümüzde suyun geri dönüşümü, bilimsel araştırma kurumları tarafından önceliği olan konuların başında gelmektedir. "Akarçay Havzasında Arıtılmış Atık Suların Yeniden Kullanılmasının Araştırılması Çalışması" bu işin profesyonel bir bakışla uygulandığını göstermektedir. Bu çalışma ile Afyonkarahisar Atık Su Arıtma Tesisi arıtılmış suyu tarımda kullanarak kuru tarımdan sulu tarıma geçmede öncülük edeceği düşünülmektedir. Bahsi geçen çalışmada da belirtildiği üzere atık suyun geri dönüşümünü desteklenmektedir. Atık suyun arıtılıp sulamada kullanılması, tarımda ekonomik anlamda ciddi bir katkı sağlamaktadır. Böylelikle o bölgede tarımla uğraşan insanların mali gücü artmış olacaktır. Hatta bu arıtma sistemlerinin bahçelere yakın olması durumunda toprağın ihtiyaç duyduğu besinin bir an önce toprağa geçmesi verimi artıracaktır.

Çalışmada atık gri su ve yağmur suyunu; arıtma işleminden geçirerek geri dönüşümünün ve yenilenebilmesinin mümkün olabileceği üzerine çalışıldı. Çalışmadaki en önemli husus: yağmur suyunun filtre edilerek ya da edilmeden güvenle kullanma suyu olabileceği, gri suyun ise önce filtre edilip, sonra klorlanarak arıtıldıktan sonra evlerde (tuvalet sifonları, temizlik), bahçe ve tarımdaki sulama işlemlerinde sıfır riskle kullanılabilmesinin ortaya konulmasıdır. Bu çalışmanın ikinci aşaması, yağmur suyundan içme suyu elde edilebilmesi, bu yolla yeryüzündeki kuraklığın getirdiği susuzluğun önüne geçilebilme açısından



Şekil 3. Yağmur suyunun depolanma şeması (İzometrik görünüş, Ölçek 1:30).

büyük önem arz etmekte ancak arıtılan yağmur suyu, yeme ve içmede kullanılacağı için dezenfeksiyonunun dikkatli yapılmasının gerektiği önerilmektedir. Ayrıca içme suyunun tadı alışılmışın dışında olabilecektir. Fakat çöl iklimi gibi şartlarında bu tat farkının önemli olmayacağı kanaatindeyiz. Arıtılan gri su, narin yapılı bitkiler hariç çoğu bitkilerin yetiştirilmesinde kullanılmaktadır. Bu da çalışmanın maddi getirisinin ve sürdürülebilirliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Membran prosesler, işletmelerde az kullanılmaktadır. Membranlı tesislerden elde edilen su yüksek kalitede olmaktadır. Membran proseslerden sonra daha az kimyasal madde kullanılmaktadır. Ancak dezavantajı olarak ta membranların kurulum aşamasındaki maliyet ülkemiz koşullarında fazla olabilir. Ayrıca membranların iyi ve sürekli kontrol edilmeli, kirlenerek tıkanmasının önlenmesine dikkat edilmelidir.

Çalışma 4 farklı suyla sulanan maydanoz tohumlarından en çok gelişme gösteren arıtılmış gri su ile sulanan saksı olduğu tespit edildi. Bunun sebebinin evsel atık sularındaki kimyasalların filtre ile azaldıktan sonra içeriğinde kalan yemek artıkları gibi maddelerin gübre olarak kullanılmasından dolayı olduğu düşünülmektedir.

4. SONUÇ

Su arıtımı çalışacak olanların sadece membran filtre değil seramik, hibrit ya da kompozit filtrelerin de denemeleri gerektiği düşünülmektedir. Hatta bahçesi ya da peyzaj alanı olan sitelere, yaptığımız gibi basit bir aktif karbon, kum, çakıl taşı düzeneği kurup az masrafsız sulama suyu elde edilebileceği önerilmektedir. Çünkü arıtılıp çok bekletilmeden kullanılan az kirli gri suda, bitkiler için son derece önemli besin kaynaklarından azot, karbon vb kimyasallar bulunmaktadır.

Az kirli gri su arıtılıp peyzaj alanlarının sulanmasında kullanılırken çeşmelere "İçilemez" uyarısı konulmalıdır. Belediyeler gri su arıtım ve kullanma gerekliliğini halkımıza billboardlarla ve afişlerle duyurmalıdır. Bu uyarı halkımızın su okuryazarlığı konusunda da bilincini artıracaktır. Küresel ısınma ve iklim bozulması sürecinde içilebilir ve kullanılabilir su miktarında ciddi bir azalmanın bekleniyor olması bu yöntemle suların daha ekonomik kullanılması ayrıca önem arz etmektedir. Buna ek olarak su ihtiyacı çok büyük boyutlara ulaştığında gri suların en modern tesislerde dahi kullanıma sunulacağı öngörülmektedir.

5. KAYNAKLAR

Akgör, Ş., Evci, E. D., Okyay, P., Ergin, F., Atasoylu, G., Beşer, E. (2006). Aydın Belediyesi İçme Suyu Bakiye Klor Değerlerinin Suyla Bulaşan Hastalıklar İle İlişkisi.

Aksu, L. (2011). Dünya'da ve Türkiye'de nüfus analizleri. *Istanbul Journal of Sociological Studies*, (25), 219-311.

Aksu, H. (2019). Türkiye'de İçme Suyu Arıtımında Membran Uygulamaları Ve Uygulama Aşamasında Karşılaşılan İşletme Problemleri.

Alpaslan, N., Tanık, A., Dölgen, D. (2008). Türkiye'de su yönetimi sorunlar ve öneriler. *TÜSIAD Yayın No*, 9, 2008.

Altındaniz, B. (2012). Peyzaj Sulamasında Kullanılan Alternatif Su Kaynakları: Beylikdüzü, Saklıhan Konakları Örneği (Doctoral Dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Arslan-Alaton, I., Eremektar, G., Ongan Torunoğlu, P., Gürel, M., Övez, S., Tanık, A., Orhon, D. (2010). Türkiye'nin Havza Bazında Su-Atıksu Kaynakları Ve Kentsel Atıksu Arıtma Potansiyeli. *İtü Dergisi/D*, 4(3).

Bingül, Z., Altıkat, A. (2017). Evsel Nitelikli Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Tarımsal Sulamada Kullanılabilirliği. *Journal Of The Institute Of Science And Technology*, 7(4), 69-75.

Boyjoo, Y., Pareek, V. K., Ang, M. (2013). A Review Of Greywater Characteristics And Treatment Processes. *Water Science And Technology*, 67(7), 1403-1424.

Çetinkaya, M. Ş. (2015). Badem Kabuğu Ve Çam Fıstığı Kabuğundan Kimyasal Yöntem İle Aktif Karbon Üretimi Ve Karakterizasyonu (Master's Thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü). Badem Kabuğu Ve Çam Fıstığı Kabuğundan Kimyasal Yöntem İle Aktif Karbon Üretimi Ve Karakterizasyonu (Master's Thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Geyik, S. (2019). Kamıştan (Phragmites Australis) Hızlı Mikrodalga Destekli Piroliz İşlemiyle Aktif Karbon Üretimi Ve Karakterizasyonu (Master's Thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Gultas, H. T., Orta, A. H., Ahi, Y. (2017). A Perspective To Wastewater Legislation In European Countries And Turkey.

Gümüş, D., Akbal, F., (2013). Removal Of Natural Organic Matter In Drinking Waters And Prevention Of Trihalomethanes Formation, Review Paper *Journal Of Engineering And Natural Sciences*, Sigma 31, 529-553.

Karahan, A., (2011). Gri Suyun Değerlendirilmesi. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, S.1155- 1164.

Karakuş, C. B., Yıldız, S., Cerit, O. (2010). Sivas Kent İçme Suyu Şebekesindeki Su Kayıpları Ve Kayıp Oranını Azaltma Çalışmaları. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 25(1), 1-10.

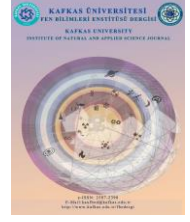
Koçak, Ö., Güner, A. (2009). Erzurum il merkezindeki içme ve kullanma sularının kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik kalitesi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 4(1), 9-22.

- Koyuncu, İ. (2018). Su/Atık Su Arıtılması Ve Geri Kazanılmasında Membran Teknolojileri Ve Uygulamaları. Türkiye Çevre Koruma Vakfı Yayınları, 1.
- Kutlu, S., Şentürk, İ. Ve Büyüküngör, H., (2017). Alanya İlçesinde Seçilen Pilot Bölge İçin Gri Su Potansiyelinin Belirlenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. 17 (2), 580-589.
- Kütük, D., S. N. Yüceer. (2020) “Binalarda Su Gri Arıtılması.” Ç.Ü Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt: 39- (7) 133.
- Menteşe, S. (2017). Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Toprak, Su Ve Hava Kirliliği: Teorik Bir İnceleme. Journal Of International Social Research, 10(53).
- Metcalf, E., Asano, T., Burton, F., Leverenz, H., Tsuchihashi, R., Tchobanoglous, G. (2007). Water Reuse: Issues, Technologies, And Applications. Mcgraw-Hill Education. <https://www.accesssengineering.com/content/book/9780071459273>.
- Müftüoğlu, V., ve Perçin, H. (2015). Sürdürülebilir Kentsel Yağmur Suyu Yönetimi Kapsamında Yağmur Bahçesi. İnönü Üniversitesi Sanat Ve Tasarım Dergisi, 5(11), 27-37.
- Özbilen, M. V. (2005). Su Sektöründeki Gelişmeler Ve Bunun Karşısında Kent Ve Bölge Plancılarının Duruşu. Planlama, 2(32), 53-61.
- Postel, S., Richter, B. (2012). Yaşam İçin Nehirler: İnsanlar Ve Doğa İçin Suyu Yönetmek. Ada Basını.
- Şahin N.İ., Manioğlu G. (2011). Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması Tesisat Mühendisliği Dergisi (125):32-21.
- Üstün, G., Tırpancı, A. (2015). Gri Suyun Arıtımı Ve Yeniden Kullanımı. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 20(2), 119-139.
- Yalçın, A., Davraz, A., Özçelik, M. (2004). Effects Of Lithology And Settlement Areas On Groundwater Pollution: Ulupınar Spring, Sorkuncak-Eğirdir-Isparta. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 28(2).
- Yerebakan, M. (1999). Türkiye’de İçme Suyu Sektörü, Sorunları Ve Çözüm Önerileri. Birinci Bs. İstanbul: Hiperlink.
- Yılmaz, A. (2015). Küresel Isınmanın Dünya Su Rezervleri Üzerindeki Etkileri. *Kent Akademisi*, 8(22), 63-72.
- Yiğit, A., İrak, Z. T., Öztürk, D., Öztürk, E., Alpaslan, D., Şahan, T., Aktaş, N. (2017). Van gölü suyunun iyon karakterizasyonu ile su kalitesinin belirlenmesi. Journal of the Institute of Science and Technology, 7(4), 169-179.
- Zoroğlu, A. (2019). Kapalı Yüzme Havuzu Sularının Dezenfeksiyonunda Kullanılan Venturi Ozon Sisteminin Toksikolojik Açısından İncelenmesi (Master's Thesis, İstanbul Medipol Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).



Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Institute of Natural and Applied Science Journal

Dergi ana sayfası/ Journal home page: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kujs>



E-ISSN: 2587-2389

Application of The Homotopy Perturbation Method to the Neutron Diffusion Equation

Fatma AKTAŞ¹ , Halide KÖKLÜ^{2*} 

¹ Iğdır Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, Iğdır, Türkiye
² Iğdır Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri MYO, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Iğdır, Türkiye

(İlk Gönderim / Received: 21. 12. 2023, Kabul / Accepted: 05. 04. 2024, Online Yayın / Published Online: 05. 08. 2024)

Keywords:

Homotopy Perturbation Method,
neutron diffusion equation,
second order differential equations,
spherical and cylindrical coordinates.

Abstract: The Homotopy Perturbation Method (HPM) has been shown to be effective in solving both linear and nonlinear differential equations in mathematics, making it useful in a wide range of applications in the fields of physics and engineering. In this study, the Homotopy Perturbation Method was applied to the neutron diffusion equation for a one-dimensional time-independent approach. The Laplace operator of the neutron diffusion equation was considered for Cartesian, spherical and cylindrical coordinates. The critical radius values obtained for three different systems were calculated for all possible values of the relevant material parameter B. The results show that the solution of the neutron diffusion equation is agree with the literature.

Homotopi Perturbasyon Metodunun Nötron Difüzyon Denkleminin Uygulanması

Anahtar Kelimeler:

Homotopi Perturbasyon Yöntemi,
nötron difüzyon denklemi, ikinci
derece diferansiyel denklemler,
küresel ve silindirik koordinatlar

Özet: Homotopi Perturbasyon Yönteminin (HPM), matematikte hem doğrusal hem de doğrusal olmayan diferansiyel denklemlerin çözümünde etkili olduğu, fizik ve mühendislik alanlarındaki geniş bir uygulama yelpazesinde faydalı olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada, tek boyutlu zamandan bağımsız yaklaşım için nötron difüzyon denkleminin Homotopi Perturbasyon Yöntemi uygulanmıştır. Nötron difüzyon denkleminin Laplace operatörü Kartezyen, küresel ve silindirik koordinatlar için dikkate alındı. Üç farklı sistem için elde edilen kritik yarıçap değerleri, ilgili malzeme parametresi B'nin tüm olası değerleri için hesaplandı. Sonuçlar nötron difüzyon denkleminin çözümünün literatürle uyumlu olduğunu göstermektedir.

*İlgiliyazar: halidecelikten@gmail.com
DOI: 10.58688/kujs.1407648

and demonstrated rapid convergence of solution series in a wide variety of situations (Eş, 2022).

1. INTRODUCTION

The Homotopy Perturbation Method introduced by Ji-Huan He in 1998, combines elements of the traditional perturbation method with Homotopy in topology. Extensive research has been conducted, both analytically and numerically, investigating its effectiveness in handling linear and nonlinear differentials as well as integral equations (Yener, 2009). In particular, HPM has demonstrated successful applications in the solution of the Laplace equation

HPM is a technique that provides reliable results for many equations and has attracted a great deal of interest from researchers over past years. The solution of nonlinear equations (Daghan et al., 2017), solution of partial differential equations (Ozpınar, 2020), solution of hyperbolic equations (Çiçek and Mondalı, 2022), solution of higher order differential equations (Es, 2022) solution of neutron diffusion equation (Shqair, 2019), solution of neutron diffusion equation in spherical and cylindrical coordinates (Dababneh et al., 2011), solution of diffusion equations of systems with

different geometries (Koklu et al., 2016), have been studied with HPM.

In this study, the derivation of the neutron diffusion equation in the reactor for three different geometries (cube, sphere and infinite cylinder) has been carried out using the HPM method. In order to analyze the accuracy of the calculations, the reactor radius obtained from the neutron diffusion equation was calculated for many values of the material parameter buckling value B between zero and one.

In literature the critical size is found according to some certain buckling value in nuclear reactor studies. In respect to mathematical perspective, buckling value is taken into account as a number in terms of reactor media from zero to one. (Khasawneh, 2009; Dababneh, 2010).

It is well-known that the material parameter and the critical size is an inverse relationship in reactor engineering. When the material buckling is increased the critical size decrease up to a certain value. So, the results are in line with this expectation.

After calculating critical size for all different geometrical systems for many materials buckling values B , the graphs of the flux equations for all geometrical systems are also drawn to verify the roots that refers to the critical size of the assumed system. It is shown that the roots in the graphs are also consistent with the results of the calculations. In this way, it can be seen from the tables and graphs that the Homotopy Perturbation Method gives consistent and accurate results.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Homotopy Perturbation Method and Applications

In this section, the homotopy perturbation method will be introduced to obtain analytical or approximate solutions of linear or nonlinear differential equations (He, 2000).

A is the general differential operator, $f(r)$ is an analytical function and, $\Gamma: \Omega$ is the limit of boundary. A nonlinear differential equation given by;

$$A(u) - f(r) = 0, \quad r \in \Omega \quad (1)$$

If B is the boundary condition,

$$B\left(u, \frac{\partial u}{\partial n}\right) = 0, \quad r \in \Gamma \quad (2)$$

A is a differential operator, L is a linear operator and N is a nonlinear operator. If they are substituted into Eq. (1)

$$L(u) + N(u) = f(r), \quad r \in \Omega \quad (3)$$

is found. Here $v(r, p) = \Omega \times [0, 1] \rightarrow \mathbb{R}$ Homotopy can be occurred. $p \in [0, 1]$ and u_0 are the initial approximations that satisfies the boundary conditions;

$$H(v, p) = (1-p)[L(v) - L(u_0)] + p[A(v) - f(r)] = 0, \quad r \in \Omega, \quad (4)$$

The Eq. (4) is formed. From the Eq. (1),

$$\begin{aligned} H(v, p) &= L(v) - L(u_0) - p[L(v) - L(u_0) - A(v) + f(r)] = 0 \\ &= L(v) - L(u_0) + pL(u_0) - p[L(v) - A(v) + f(r)] = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

And it is obtained that

$$L(v) - L(u_0) + pL(u_0) - pL(v) = 0 \quad (6)$$

Eq. (3) can be rewritten as

$$L(u) = -N(u) + f(r) \quad (7)$$

It can be put into Eq. (6)

$$L(v) - L(u_0) + pL(u_0) - p[-N(v) + f(r)] = 0 \tag{8}$$

So the Eq. (4) becomes as;

$$H(v, p) = L(v) - L(u_0) + pL(u_0) + p[N(v) - f(r)] = 0 \tag{9}$$

As the parameter p changes from 0 to 1, the function $v(r, p)$ also changes from u_0 to u_r .

$$H(v, 0) = L(v) - L(u_0) = 0 \tag{10}$$

and

$$H(v, 1) = L(v) + N(v) - f(r) = 0 \tag{11}$$

Here, when $p=0$, equation (4) becomes a simple linear differential equation, and when $p=1$, the original nonlinear differential equation we discussed is obtained. In the Homotopy perturbation method, where p is a very small parameter, the solution of Eqs. (4) and (9) can be written as a power series of p.

$$v = v_0 + pv_1 + p^2v_2 + p^3v_3 + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} p^n v_n \tag{12}$$

The approximate solution of the Eq. (1) is found as;

$$\begin{aligned} u &= \lim_{p \rightarrow 1} (v_0 + pv_1 + p^2v_2 + \dots) \\ &= v_0 + v_1 + v_2 + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} v_n \end{aligned} \tag{13}$$

This case is proposed by Ji Huan He to clarify HPM and many researchers in mathematics and physic are used the method. (Dababneh, 2010; Shqair, 2022).

2.1.1. HPM Application to the Cube

Neutron diffusion theory is a methodology used to estimate the distribution of neutrons within a nuclear reactor by employing the diffusion equation, like molecular transport. This theory involves solving the diffusion equation to approximate the spatial, distribution of neutrons. It was extensively employed in the design of many early reactors to model and understand neutron behaviour within the reactor core.

The Homotopy Perturbation Method is applied to the neutron diffusion equation written for a general time-independent, steady state, one-dimensional geometry with vacuum boundary conditions (Lamarsh and Baratta, 2001).

$$\nabla^2 \phi (r) + B^2\phi(r) = 0 \tag{14}$$

It is the best-known form of the neutron diffusion equation. Here the gradient operator can be reorganised for the geometry of the system.

The neutron diffusion equation can be written for the one-dimensional cartesian geometry;

$$\frac{d^2\phi(x)}{dx^2} + B^2\phi(x) = 0 \tag{15}$$

Here B^2 is the material buckling known as the $B^2 = \frac{\nu \sum_f - \sum_a}{D}$. Here \sum_f is the macroscopic fission cross

section, \sum_a is the macroscopic absorption cross section, D is the diffusion length ν is the number of delayed and prompt neutrons numbers in a fission chain reaction. It is known that the neutron diffusion equation is widely used in nuclear reactor calculation. The parameters for material buckling are related with the material of the reactor core. The exact values of them can be found in the evaluated nuclear data library center or the others. However, in our study we want to show the application of the HPM method solving for three different geometrical reactor core systems. In this reason when the critical radius calculations are done, the material parameter B value is taken into consideration in the range of zero to one. So, we can check the Homotopy Perturbation method used in the neutron diffusion equation solution. The Homotopy is applied to the equation $\frac{d^2\phi(x)}{dx^2} + B^2\phi(x) = 0$ as following:

$$H(\phi, p) = x^2 \phi''(x) + p B^2 \phi(x) = 0 \quad p \in [0,1] \tag{16}$$

The variation of p from zero to unity corresponds to the variation of Eq. (16); which is an initial approximation obtained when p=0. The basic assumption of HPM is that the solution of Eq. (16) can be expressed as a power series in p,

$$\phi(x) = \phi_0(x) + p \phi_1(x) + p^2 \phi_2(x) + \dots \tag{17}$$

The Eq. (17) is substituted into Eq. (16) and then the power series of p is found as;

$$\begin{aligned} p^0 &= \phi_0''(x) = 0 \\ p^1 &= \phi_1''(x) + B^2 \phi_0(x) = 0 \\ p^2 &= \phi_2''(x) + B^2 \phi_1(x) = 0 \\ &\vdots \\ &\vdots \\ p^k &= \phi_k''(x) + B^2 \phi_{k-1}(x) = 0 \end{aligned} \tag{18}$$

It is assumed that $\phi_0(0) = C$. So, it becomes $\phi_0''(0) = 0$. The initial condition of $\phi_0(x)$ is applied to Eq. (18) and it is found that,

$$\phi_1''(x) = -B^2 C \tag{19}$$

$\phi_1(x)$ can be obtained by integrating of the Eq. (19) as;

$$\phi_1(x) = -B^2 C \frac{x^2}{2} \tag{20}$$

When the resultant equation (20) is substituted into Eq. (18), the other fluxes can be obtained as,

$$\begin{aligned} \phi_1(x) &= -B^2 C \frac{x^2}{2} \\ \phi_2(x) &= B^4 C \frac{x^4}{2.3.4} \\ \phi_3(x) &= -B^6 C \frac{x^6}{2.3.4.5.6} \\ &\vdots \\ &\vdots \\ \phi_k(x) &= C - p \frac{B^2 C}{2} x^2 + p^2 \frac{B^4 C}{2.3.4} x^4 - p^3 \frac{B^6 C}{2.3.4.5.6} x^6 + \dots \end{aligned} \tag{21}$$

When the approximation of the results with the limit is taken

$$\lim_{p \rightarrow 1} [C - p \frac{B^2 C}{2} x^2 + p^2 \frac{B^4 C}{2.3.4} x^4 - p^3 \frac{B^6 C}{2.3.4.5.6} x^6 + \dots] \tag{22}$$

If the series expansion of Eq. (22) is made and the general form of the equation is written:

$$\phi(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k (Bx)^{2k} \cdot C}{(2k)!} \tag{23}$$

2.1.2. HPM Application to the Sphere

The neutron diffusion equation is organized for r dependent;

$$\nabla^2 \phi(r) + B^2 \phi(r) = 0 \quad (24)$$

If the Laplacian operator (∇^2) is written for spherical coordinates;

$$\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{d\phi(r)}{dr} \right) + B^2 \phi(r) = 0 \quad (25)$$

After arranging,

$$\frac{1}{r^2} (2r\phi'(r) + r^2\phi''(r)) + B^2 \phi(r) = 0$$

The Eq. (25) is multiplied by r^2 and the transformation of $x = Br$ is done;

$$x^2 \phi''(x) + 2x \phi'(x) + x^2 \phi(x) = 0 \quad (26)$$

Thus, the equation dependent on the x variable is obtained. By constructing the HPM to Eq. (26)

$$H(\phi, p) = x^2 \phi''(x) + 2x \phi'(x) + px^2 \phi(x) = 0 \quad p \in [0,1] \quad (27)$$

By using the initial boundary value of p as 0, the flux function is found as

$$\phi(x) = \phi_0(x) + p \phi_1(x) + p^2 \phi_2(x) + \dots \quad (28)$$

From the Eq. (28), it is shown that $\phi_0(x) = C$. Now the Eq. (28) is substituted into Eq. (27). Then one can obtain,

$$H(\phi, p) = 2x(\phi_0'(x) + p\phi_1'(x) + p^2\phi_2'(x)) + x^2(\phi_0''(x) + p\phi_1''(x) + p^2\phi_2''(x)) + px^2(\phi_0(x) + p\phi_1(x) + p^2\phi_2(x)) \quad (29)$$

The power series of p is organized as;

$$\begin{aligned} p^0 &= 2x\phi_0'(x) + x^2\phi_0''(x) = 0 \\ p^1 &= 2x\phi_1'(x) + x^2\phi_1''(x) + x^2\phi_0(x) = 0 \\ p^2 &= 2x\phi_2'(x) + x^2\phi_2''(x) + x^2\phi_1(x) = 0 \\ p^3 &= 2x\phi_3'(x) + x^2\phi_3''(x) + x^2\phi_2(x) = 0 \\ &\vdots \\ &\vdots \\ p^k &= 2x\phi_k'(x) + x^2\phi_k''(x) + x^2\phi_{k-1}(x) = 0 \end{aligned} \quad (30)$$

The assumption $\phi_p(x) = Ax^2 + Bx + C$ is substituted into Eq. (30) and the series solution of the flux function can be ordered as

$$\begin{aligned} \phi_1(x) &= -\frac{C}{6}x^2 \\ \phi_2(x) &= \frac{C}{120}x^4 \\ \phi_3(x) &= -\frac{C}{5040}x^6 \\ &\vdots \\ \phi_k(x) &= C - p\frac{C}{6}x^2 + p^2\frac{C}{120}x^4 - p^3\frac{C}{5040}x^6 + \dots \end{aligned} \quad (31)$$

The approximate result is found by taking the limit of the Eq. (31)

$$\phi(x) = \lim_{p \rightarrow 1} \left[C - p \frac{C}{6} x^2 + p^2 \frac{C}{120} x^4 - p^3 \frac{C}{5040} x^6 + \dots \right] \quad (32)$$

The limit value in Eq. (32) is substituted into Eq. (29) and the sum of the exponent series come together and $x = Br$ is used in the general form of the flux equation

$$\phi(Br) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k C}{(2k+1)!} (Br)^{2k} \quad (33)$$

2.1.3. HPM Application to the Infinite Cylinder

The neutron diffusion equation is used in Eq (24). However, the Laplacian is formed in cylindrical coordinates only for r

$$\begin{aligned} \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{d\phi(r)}{dr} \right) + B^2 \phi(r) &= 0 \\ \frac{1}{r} (\phi'(r) + r\phi''(r)) + B^2 \phi(r) &= 0 \end{aligned} \quad (34)$$

Again, r is the radius of the cylinder and B is the buckling of the system. The Eq. (34) is multiplied by r^2 , then the neutron diffusion equation can be rewritten as,

$$\phi'(r) + r\phi''(r) + rB^2\phi(r) = 0 \quad (35)$$

Now the well-known transformation $x = Br$ is applied to Eq. (35) and the derivations are performed,

$$r^2 B^2 \phi''(x) + Br\phi'(x) + r^2 B^2 \phi(x) = 0 \quad (36)$$

Here the variables of the Eq. (36) transform r to x.

$$x^2 \phi''(x) + x\phi'(x) + x^2 \phi(x) = 0 \quad (37)$$

The solution of the Eq. (37) is done by constructing the Homotopy Perturbation method as following,

$$H(\phi, p) = x\phi'(x) + x^2 \phi''(x) + px^2 \phi(x) = 0 \quad p \in [0,1] \quad (38)$$

Within this context, the parameter 'p' ranges between 0 and 1. The initial solution of Eq.-(31) is derived by solving the condition when 'p' equals 0. The solution to Eq.-(32) manifests as a power series dependent on the variable 'p'

$$\phi(x) = \phi_0(x) + p\phi_1(x) + p^2\phi_2(x) + \dots \quad (39)$$

The series of the flux equation as shown in Eq. (33) is applied to Eq. (32) and the power series of p is listed below,

$$\begin{aligned} p^0 &= x^2 \phi_0''(x) + x\phi_0'(x) = 0 \\ p^1 &= x^2 \phi_1''(x) + x\phi_1'(x) + x^2 \phi_0(x) = 0 \\ p^2 &= x^2 \phi_2''(x) + x\phi_2'(x) + x^2 \phi_1(x) = 0 \\ &\vdots \\ p^k &= x^2 \phi_k''(x) + x\phi_k'(x) + x^2 \phi_{k-1}(x) = 0 \end{aligned} \quad (40)$$

For zero value of p, it is known the initial value of $\phi_0(x) = C$ by solving Eq. (38) as finite.

$$\phi_p(x) = Ax^2 + Bx + C \quad (41)$$

The Eq. (41) is substituted into Eq. (40) and the series of the neutron fluxes are founded as;

$$\begin{aligned}\phi_1(x) &= -\frac{C}{4}x^2 \\ \phi_2(x) &= \frac{C}{4.16}x^4 \\ \phi_3(x) &= -\frac{C}{4.16.36}x^6 \\ &\vdots \\ &\vdots\end{aligned}\tag{42}$$

$$\phi_k(x) = C - p\frac{C}{4}x^2 + p^2\frac{C}{4.16}x^4 - p^3\frac{C}{4.16.36}x^6 + \dots$$

The power series of p can be combined as

$$\phi(x) = C - p\frac{C}{4}x^2 + p^2\frac{C}{4.16}x^4 - p^3\frac{C}{4.16.36}x^6 + \dots\tag{43}$$

the approximate result of the Eq. (37) can be obtained by taken limit of Eq. (43)

$$\begin{aligned}\phi(x) &= \lim_{p \rightarrow 1} \left[C - p\frac{C}{4}x^2 + p^2\frac{C}{4.16}x^4 - p^3\frac{C}{4.16.36}x^6 + \dots \right] \\ &= C - \frac{C}{4}x^2 + \frac{C}{4.16}x^4 - \frac{C}{4.16.36}x^6 + \dots\end{aligned}\tag{44}$$

The enclosed form of the Eq. (44) can be written by displaying the change of variable $x = Br$.

$$\phi(Br) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k C}{4^k \cdot k! \cdot k!} (Br)^{2k}\tag{45}$$

3. RESULTS AND DISCUSSION

The radius of different geometric systems can be calculated from the flux equations obtained by solving the neutron diffusion equation by employing the Homotopy Perturbation Method. The parameter B can only take values between zero and one for any combination of materials. The flux equation provides us with an understanding of how material in a medium affects its radius, which is based on a range from 0 to 1 for all possible values. In this case, the radius values are based on the [0, 1] range of B, which includes all possible values regardless of the specific material in the environment. The Table 1 shows the results of the radius r calculated against varying B values. The calculations were performed using the Mathematica program. In the radius calculations according to the B values, it was observed that the radius value decreased as the B value increased. While this decrease was very fast in the first steps, it was observed that a slower decrease was observed over time.

The graphs present the angular flux roots derived from the cubic geometrical system, as delineated in Eq. (23). Specifically, the graphs delineate the correspondence between radius and Buckling B values.

The cubic flux equation as shown in Eq. (23) demonstrates the relation between material parameter B and the radius of the system. The root of the flux equation gives the radius as following graphs as shown in Figure 2. The change of the neutron flux depending on B and r is presented in the Figure 3 by three-dimensional graph.

The roots of the angular flux for spherical geometrical system obtained in Eq. (33) are demonstrated in the graphs. The graphs are drawn for radius to Buckling B values respectively.

The roots of the flux equation calculated for spherical system in Eq. (33) is displayed in the Figure 4

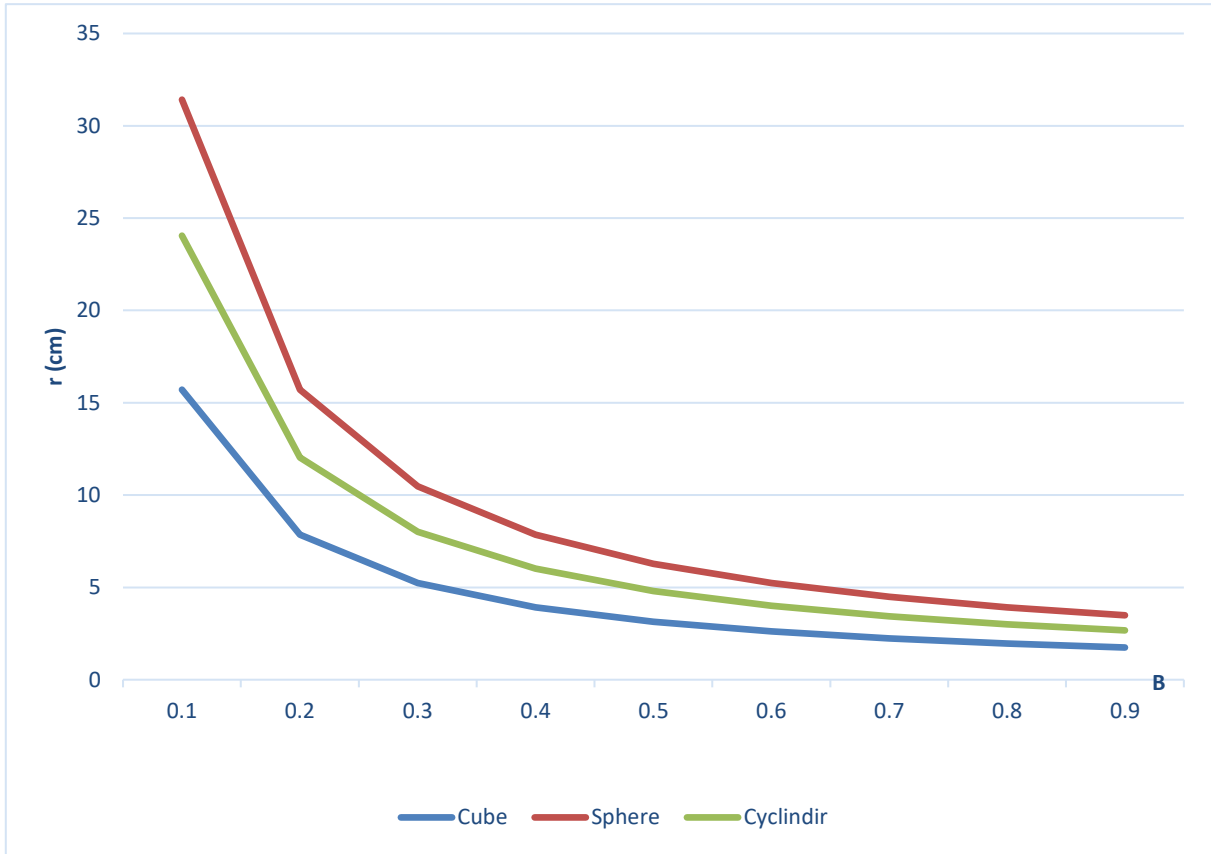
The graphs depict the angular flux roots for an infinite cylindrical geometric system, as obtained from Eq. (45). They display the association between radius and Buckling B values, respectively.

Lastly, the flux solution of the neutron diffusion equation is demonstrated as graphs with varying values of B in Figure 6. The roots can be localized from the graphs for all B values.

The results of r corresponding to the changing values of B are shown in Figure 7 in a three-dimensional graph

Table 1. Radius Values for Different Geometric Systems.

B	Cube (cm)	Sphere (cm)	Cylinder (cm)
0.1	15,708	31,415	24,05
0.2	7,853	15,707	12,025
0.3	5,235	10,471	8,016
0.4	3,926	7,853	6,012
0.5	3,141	6,283	4,81
0.6	2,617	5,235	4,008
0.7	2,243	4,487	3,435
0.8	1,963	3,926	3,006
0.9	1,745	3,490	2,672

**Figure 1.** Comparison of All Radii Corresponding to all B for Different Geometric Systems.

Application of The Homotopy Perturbation Method to the Neutron Diffusion Equation

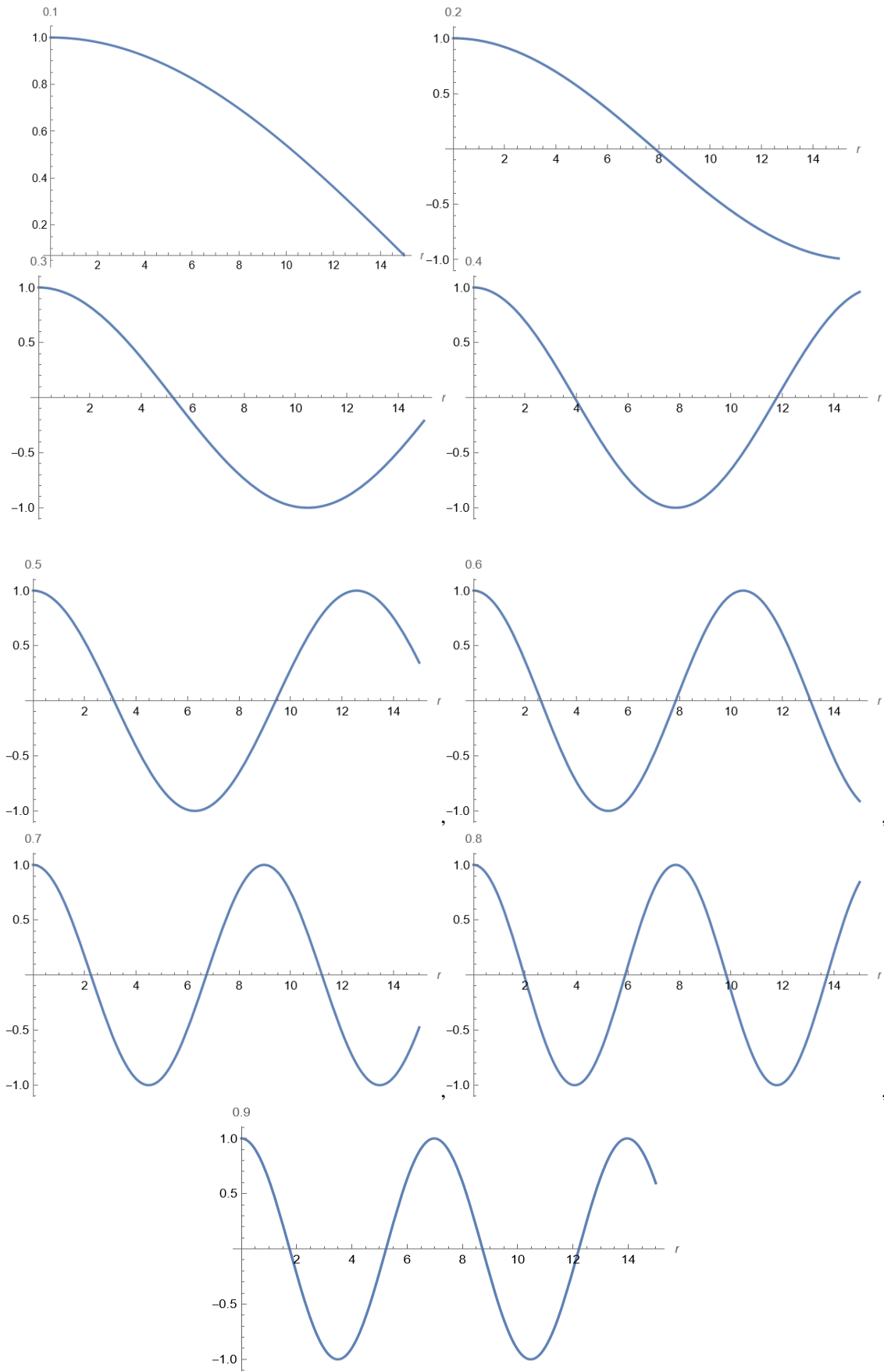


Figure 2. The Roots of the Flux Equation for Cubic System with $B=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$

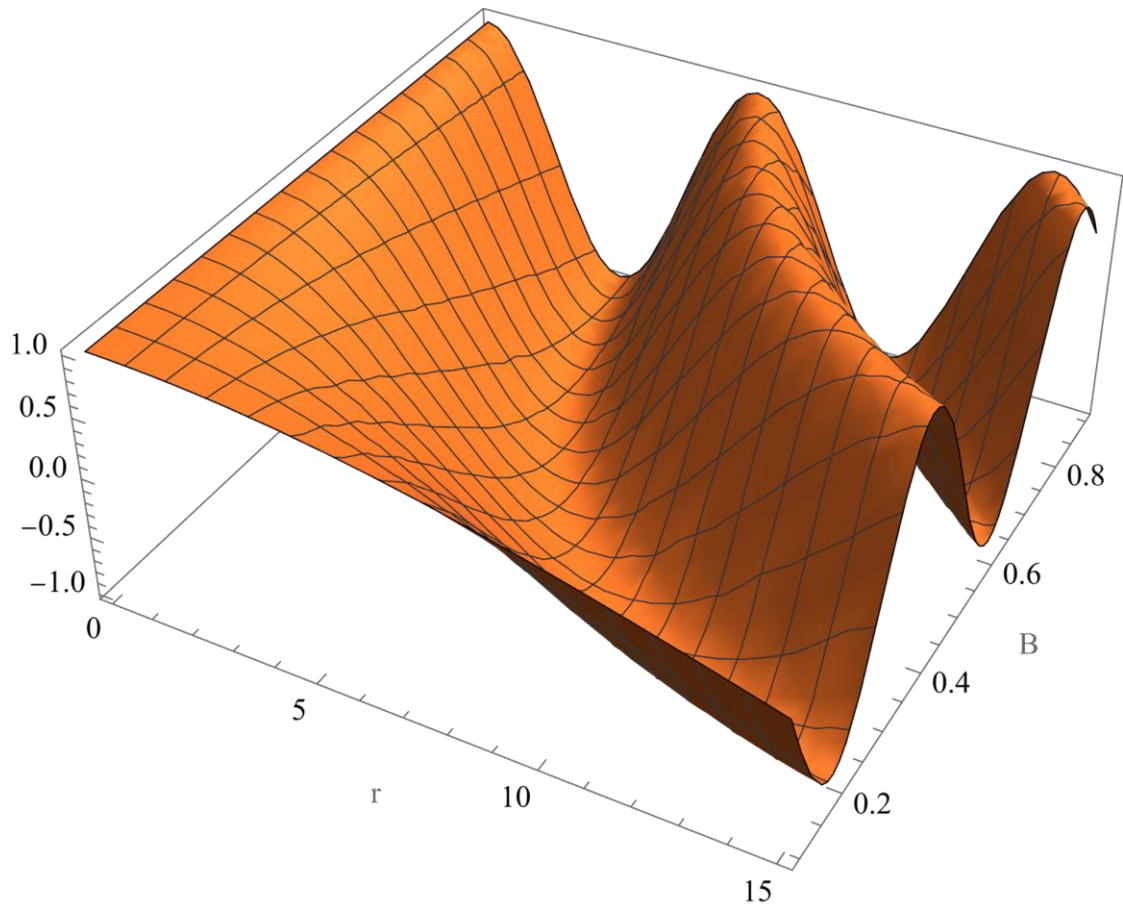


Figure 3. Flux Equation of Cubic System Graph for Changing r and B in 3D

Application of The Homotopy Perturbation Method to the Neutron Diffusion Equation

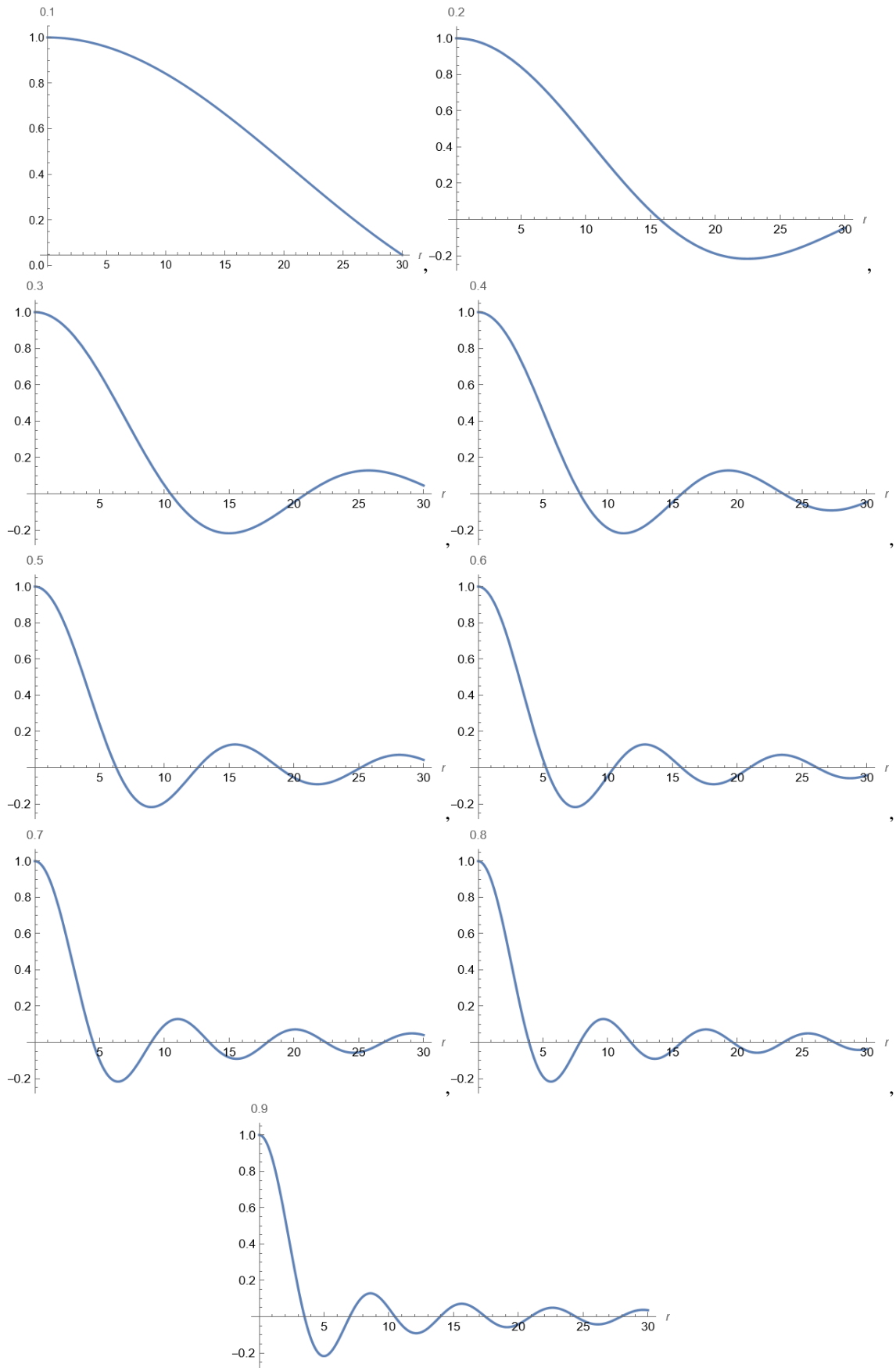


Figure 4. The roots of the Flux Equation for Spherical System with $B=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$

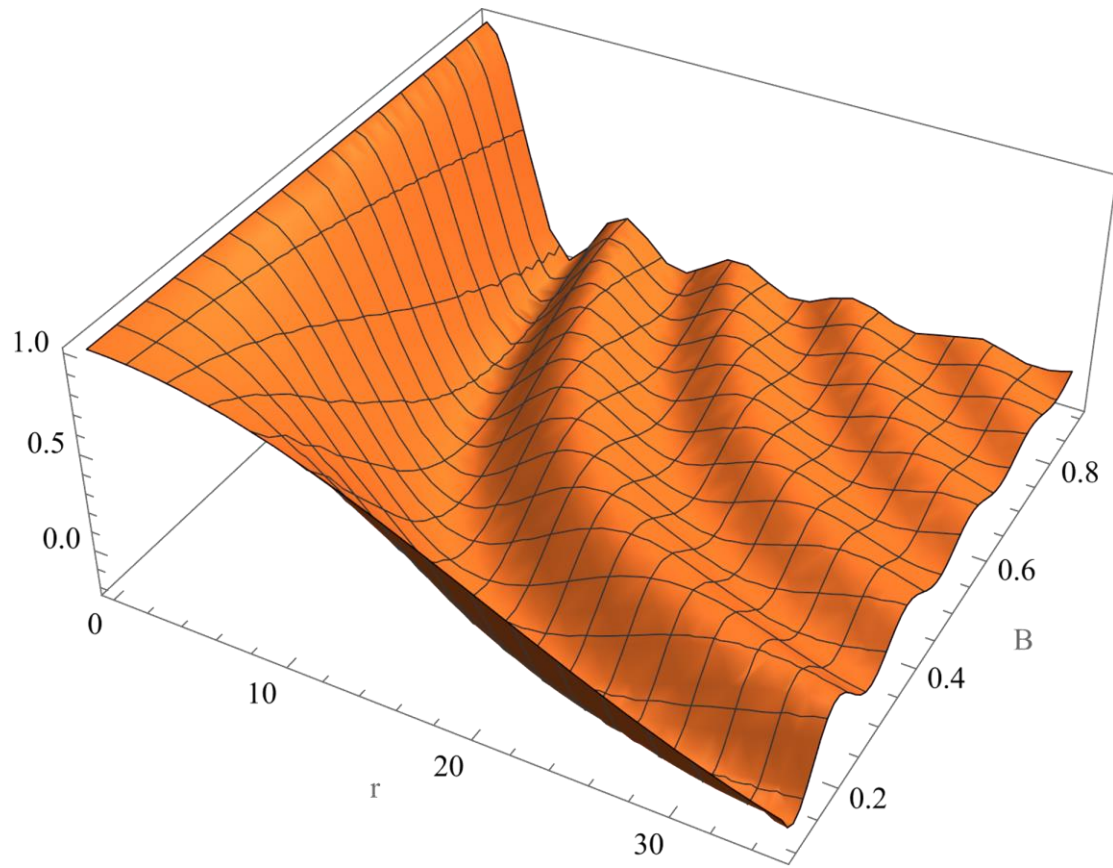


Figure5. Flux Equation of Spherical System Graph for Changing r and B in 3D The neutron flux in spherical geometry for various B and r is shown in Figure 5 as a three-dimensional graph

Application of The Homotopy Perturbation Method to the Neutron Diffusion Equation

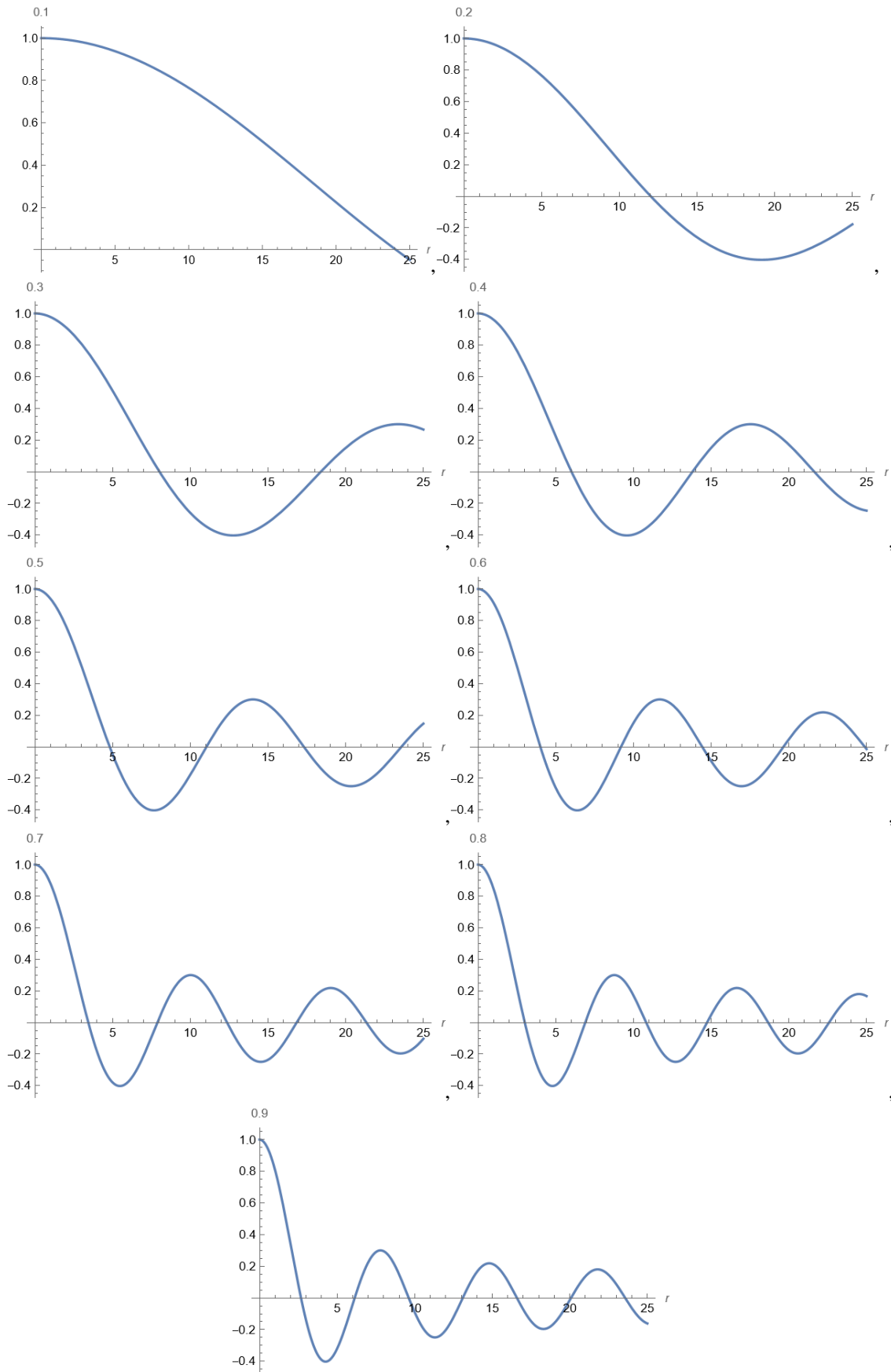


Figure 6. The Roots of the Flux Equation for Infinite Cylindrical System with $B=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$

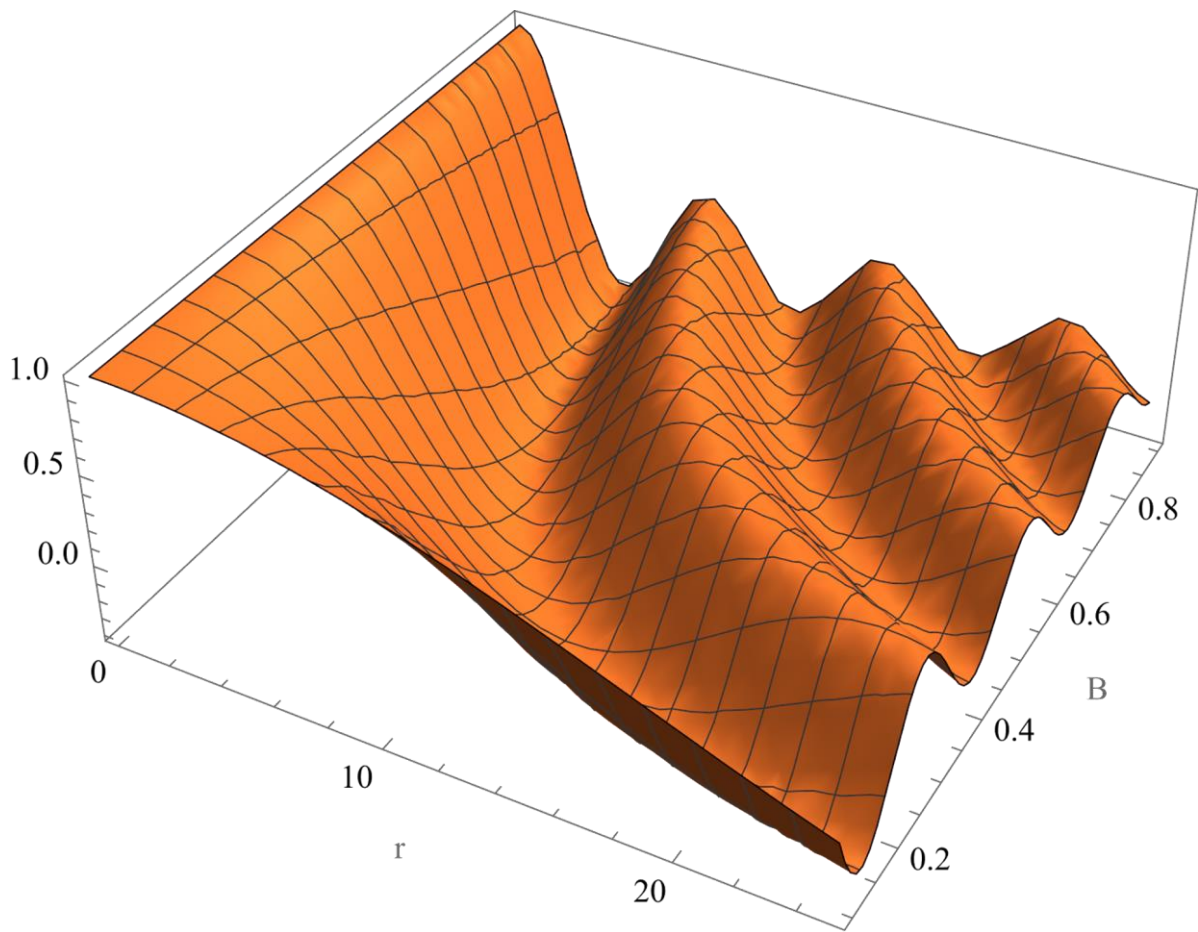


Figure7. The Flux Equation of Infinite Cylindrical System Graph for Changing r and B in 3D.

4. CONCLUSION

The Homotopy perturbation method is used for the solution for the neutron diffusion equation in three different geometric systems. In each geometric system contains own mathematical structure. When making the calculations, the Homotopy perturbation method had been tried the performance of solving spherical, cylindrical and cartesian coordinates systems. The root of the neutron diffusion equation implies the critical radius of the one-dimensional geometric system. It is well-known that when the material parameter increases, the critic radius of the system decreases. The behaviour of the roots meets the expectation of the neutron diffusion equation. The critical sizes for each geometrical system are listed in tables and also the results are shown in graphs. All values obtained from the solution of the neutron diffusion equation with the Homotopy Perturbation method are in line with the literature results mentioned in introduction section that are calculated for the certain material buckling values.

5. REFERENCES

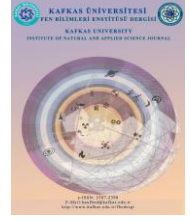
- Çiçek H., Mondalı M., (2022). Approximate Solution of Fractional Order Pseudo-Hyperbolic Partial Differential Equation Using Homotopy Perturbation Method. *Uşak University Journal of Science and Natural Sciences*, 67-75.
- Dababneh S., Khasawneh K., Odibat Z., (2009). A solution of the neutron diffusion equation in hemispherical symmetry using the homotopy perturbation method. *Annals of Nuclear Energy*, 1711-1717.
- Dababneh S., Khasawneh K., Odibat Z., (2011). An alternative solution of the neutron diffusion equation in cylindrical symmetry. *Annals of Nuclear Energy*, 1142-1143.
- Dağhan D., Yavuz H.M., Yıldız G., (2017). Application of Homotopy Perturbation Method to Nonlinear Partial Differential Equations. *Ömer Halisdemir University, Journal of Science and Engineering*, 6(1), 290-301.
- Eş H., (2022). Solution of Third Order Linear Partial Differential Equations with Homotopy Perturbation Method. Master's Thesis, Harran University, Institute of Science and Technology, Şanlıurfa.
- He J.H., (2000). A review on some new recently developed nonlinear analytical techniques. *International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation* 1, 51-70.
- Koklu H., Ersoy A., Özer O., (2016). Calculation of the neutron diffusion equation by using Homotopy Perturbation Method. *Department of Engineering Physics*, 2-3.

- Lamarsh J.R., Baratta A.J., (2001). Introduction to Nuclear Engineering, NJ, Prentice Hall, 252.
- Mondalı M., Eş H., (2021). Solution of Third Order Partial Differential Equation with Homotopy Perturbation Method. BEU Journal of Science, 10 (4), 1527-1534.
- Özpinar F., (2020). Solution of Fractional Order Partial Differential Equations with Discrete Homotopy Perturbation Method. Afyon Kocatepe University, Journal of Science and Engineering, 213-221.
- Shqair M., (2019). Solution of different geometries reflected reactors neutron diffusion equation using the homotopy perturbation method. Results in Physics, 61-66.
- Shqair M., Farrag A.E., Al-Smadi M., (2022). Solving Multi-Group Reflected Spherical Reactor System of Equations Using the Homotopy Perturbation Method. Physics Department, 10(10), 1784-1795.
- Yener G., (2009). Solution of Some Differential Equations Using Homotopy Perturbation Method. Master's Thesis, Yıldız Teknik University, Institute of Science and Technology, İstanbul.



Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Institute of Natural and Applied Science Journal

Dergi ana sayfası/ Journal home page: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kujs>



E-ISSN: 2587-2389

Metabolic Disorders That May Occur in The Immobilization Process of Organisms in Earthquake

Aysel GÜVEN^{1*}

¹ Başkent üniversitesi, SHMYO, Patoloji Laboratuvar Teknikleri Bölümü, Ankara, Türkiye

(İlk Gönderim / Received: 06. 09. 2023, Kabul / Accepted: 20. 05. 2024, Online Yayın / Published Online: 05. 08. 2024)

Keywords:

Earthquake,
immobilization,
oxidative stress,
exercise and pH balance,
acidosis,
ketosis

Abstract: Deadly earthquakes have become a frequent event in the world and in our country. Therefore, it is a study conducted to understand the factors associated with hospitalized death during and after the earthquake, to reduce the mortality rate in patients hospitalized after the earthquake, and to help reduce chronic diseases and metabolic disorders. To date, different factors related to inpatient deaths in earthquakes have been discussed. In this study, Pub Med, Web of Science, Medline, Cochrane Library, Google Scholar, Google Academy and ULAKBİM electronic databases" earthquake" "immobilization" "exercise and pH balance", "acidosis", "ketosis" "immobilization" "oxidative stress" and other keywords. The titles and abstracts of all related articles reached by electronic scanning were reviewed. From the studies that were decided to be suitable for the subject, experimental studies, meta-analysis studies, systematic reviews and books written by reading the full text of the experimental studies were examined to create a comprehensive integrity on the subject.

Depremde Organizmaların Hareketsizlik Sürecinde Ortaya Çıkabilecek Metabolik Bozukluklar

Anahtar Kelimeler:

Deprem,
hareketsizlik,
oksidatif stres,
egzersiz ve pH dengesi,
asidoz,
ketozis

Özet: Ölümcül depremler dünyada ve ülkemizde sıkça karşılaşılan bir olay haline gelmiştir. Dolayısıyla deprem sırasında ve sonrasında hastanede yatan ölümlerle ilişkili faktörleri anlamak, deprem sonrası hastaneye yatan hastalarda ölüm oranını azaltmak, kronik hastalıkların ve metabolik bozuklukların azaltılmasına yardımcı olmak amacıyla yapılan bir çalışmadır. Bugüne kadar depremde yatan hasta ölümleriyle ilgili farklı faktörler tartışılmıştır. Bu çalışmada Pub Med, Web of Science, Medline, Cochrane Library, Google Scholar, Google Academy ve ULAKBİM elektronik veri tabanları "deprem" "immobilizasyon" "egzersiz ve pH dengesi", "asidoz", "ketozis" "immobilizasyon" "oksidatif stres" ve diğer anahtar kelimeler. Elektronik tarama ile ulaşılan ilgili tüm makalelerin başlıkları ve özetleri incelenmiştir. Konuya uygun olduğuna karar verilen çalışmalardan deneysel çalışmalar, meta-analiz çalışmaları, sistematik incelemeler ve deneysel çalışmaların tam metni okunarak yazılan kitaplar incelenerek konu hakkında kapsamlı bir bütünlük oluşturulmuştur.

*İlgiliyazar: ayselguven@hotmail.com

DOI: 10.58688/kujs.1355979

1. INTRODUCTION

Meeting the physiological needs of organisms can be achieved by maintaining structural and metabolic balances. This depends on the creation of suitable conditions for the regulation systems of organisms. This state of balance is called homeostasis. The preservation of homeostasis is possible by eliminating the negative factors of endogenous or exogenous origin (Chaudhry et al., 2020). A malfunction that may occur in any of these balances causes deterioration of homeostasis. Along with the earthquake, the organism is faced with a series of problems starting from exposure to electromagnetic waves, ranging from fear, anxiety, thirst, not being able to feed, limited range of motion, water loss, and respiratory failure. This leaves the organism with many metabolic disorders as a result of the deterioration of hemostasis. Considering the role that skeletal muscles make up about 40% of human body weight and play in metabolic homeostasis, it has been revealed that a decrease in muscle mass, which is responsible for the uptake of 80% of resting blood glucose into the cell, will be responsible for many metabolic disorders (Pedrañez et al., 2011). While physical activity is defined as body movements in which energy consumption exceeds the basal level by contraction of skeletal muscles; Physical inactivity is defined as performing physical activity at levels lower than necessary to maintain health or prevent premature death (Booth et al., 2012). Lack or absence of physical activity causes damage to the neuromuscular junction, muscle denervation and a decrease in muscle mass (sarcopenia) (Mosole et al., 2014).

In this review study, the ability of the organism to perform its normal duties during an earthquake; Scientific texts and books on the metabolic disorders that may occur as a result of meeting the physiological minimum needs were examined. Pub Med, Web of Science, Medline, Cochrane Library, Google Scholar, Google Academy and ULAKBİM electronic databases” earthquake” “crush syndrome” “exercise and pH imbalances”, “acidosis and exercise”, “Chronic immobilization” “oxidative stress” Searched using “acute kidney injury” and other keywords. The titles and abstracts of all related articles reached by electronic scanning were reviewed. From the studies that were decided to be suitable for the subject, experimental studies, meta-analysis studies, systematic reviews and books written by reading the full text of the experimental studies were examined to create a comprehensive integrity on the subject.

1.1. Causes of Metabolic Disorders in Long-Term Drops

1.1.1. Immobilization

Immobilization can be defined as possible uncomfortable and prolonged immobility. In this situation, which lasts for a long time, the main task is to produce force and provide movement, as well as the inability of the skeletal muscles, which play an important role in glycemic control, regulation of metabolic genes, and protection of metabolic homeostasis in the organism. Skeletal muscles become even more important because of the mutual communication with other organs through the myokines they secrete (Pedersen, 2013). Conditions in which contractile activity is reduced or eliminated, such as immobilization or in a broader sense,

cause a structural and functional deterioration in skeletal muscles by negatively affecting the balance between protein production and destruction in the muscle cell. This results in skeletal muscle atrophy, which is characterized by a concrete reduction in mass and a reduction in muscle strength and endurance (Kandarian and Jackman, 2006; Malavaki et al., 2015). Thus, the resulting muscle loss affects a certain muscle group due to the immobilization of a single extremity for a certain period of time after bone fractures or similar serious injuries (Chen et al., 2007). In the atrophy process that occurs due to disuse in skeletal muscle, the main losses in muscle proteins occur in myofibrillar proteins, which make up 60% of the muscle cell and are responsible for contraction. All these changes result in regression in muscle strength and endurance or the development of many chronic diseases, resulting in a decrease in quality of life (Batt et al., 2013).

Immobilization causes cartilage cell necrosis and reduction in total glucosaminoglycan mass, resulting in cartilage atrophy. As this situation causes softening in the cartilage tissue, the biomechanical durability of the cartilage decreases. It has been shown that the cartilage tissue atrophy and softening caused by immobilization do not completely improve upon return to mobilization (Haapala, et al., 1999). There are multiple metabolic disorders caused by immobilization. One of them is the disorders that occur as a result of the formation of reactive oxygen species (ROS).

1.2. Oxidative Stress Due to Immobilization

ROS emerges as a natural result of cellular activities in all compartments of the cell, especially mitochondria, cytoplasm, and endoplasmic reticulum (Gomez-Cabrera et al., 2020). Immobilization causes an increase in ROS production by three different mechanisms including xanthine oxidase, NADPH oxidase (NO_x) and mitochondria (Whidden et al., 2009). It has been reported that mitochondria are responsible for most of the increased ROS in the cell during the immobilization process. H₂O₂ released from mitochondria increased by 100% in the plantaris and soleus muscles of rats immobilized by casting for 14 days (Min et al., 2011). Although the mechanism responsible for the increase in ROS in mitochondria during the immobilization process is not fully elucidated, it has been stated that mitochondrial dysfunction triggered by the deterioration in Ca⁺² homeostasis may be one of the mechanisms that may cause the increase in ROS. The increase in Ca⁺² concentration in the cytoplasm due to immobilization leads to Ca⁺² influx into mitochondria and mitochondrial depolarization (Bertero et al., 2020). Ca⁺² activates the citric acid cycle activity and ROS-producing enzymes such as α-ketoglutarate dehydrogenase (Tretter et al., 2007). Immobilization causes an increase in ROS production by three different mechanisms including xanthine oxidase, NADPH oxidase (NOX) and mitochondria (Min et al., 2011). Xanthine oxidase, on the other hand, is oxidized by xanthine oxidase, which is formed by the metabolization of adenine and guanine under conditions of increased oxidative stress such as immobilization, causing the release of superoxide radicals in the extracellular space (Gomez-Cabrera et al., 2015). The increase in xanthine oxidase enzyme activity is considered a marker of oxidative stress. Studies in animal skeletal muscle using unloading and mechanical ventilation models by tail

suspension have shown that xanthine oxidase enzyme activity is increased in skeletal muscle fibers (Whidden et al., 2010). Inhibition of xanthine oxidase with pharmacological agents such as oxypurinol and allopurinol reduced muscle atrophy caused by immobilization and preserved contractile functions (Heinonen, 1996). Another enzyme, NADPH oxidase, is a mechanism responsible for the production of ROS in skeletal muscles and is a family of NOX enzymes. NOX, which is active in the transverse tubule, mitochondria, sarcolemma and sarcoplasmic reticulum, produces O_2^- radicals by reducing molecular oxygen. It is known that NOX activity increases during the immobilization process (Gomez-Cabrera et al., 2020; Pamplona et al., 2008). Movement restriction stress causes oxidant damage as a result of dyslipidemia, disturbance in carbohydrate metabolism, decrease in nitric oxide (NO) production, atherosclerosis and imbalance in antioxidant status. Exposure to chronic stress is expected to increase lipid peroxidation by increasing oxidative stress, increase protein glycation with high blood sugar levels, and ultimately increase Advanced Glycation Endproducts (AGE) and advanced lipoxidation end product (ALE) levels. In recent years, oxidative stress has been considered as one of the main factors in the development of cardiovascular diseases (Dollery et al., 1997). Oxidation of LDL-cholesterol by ROS plays a role in the development of atherosclerosis (Güven et al., 2005). After six weeks of immobilization in mice, NOX enzyme activity, O_2^- production and lipid peroxidation were increased in the endothelium, endothelial functions were impaired and atherosclerotic lesions developed (Peyroux and Sternberg, 2006). In another study, increased oxidative stress as a result of immobilization in rats caused systolic hypertension and endothelial dysfunction (Rahbar, 2005).

However, it is emphasized that oxidative stress may be a factor that inhibits insulin signaling due to reduced physical activity and deterioration of redox homeostasis (Kessler and Sonnega, 1995). Phosphorylation of the serine amino acid in the structure of insulin receptor substrate 1/2 (IRS-1/2) by oxidative stress causes IRS-1/2 to degrade and inhibits tyrosine phosphorylation and suppresses insulin signaling (Gulati et al., 2009). Oxidative stress triggers DNA damage,

mutations and cancer development during replication (Bonfiglio et al., 2011). The 8-OH-dG products released as a result of the OH^- radical oxidizing the guanine base may pair with the adenine base during replication, leading to mutations. Under normal conditions, the antioxidant system and ROS production are in balance. However, the increase in ROS levels during the immobilization process disrupts this balance, and in response to this situation, the activities of some antioxidant enzymes change (Gomez-Cabrera et al., 2020). Investigating the level of oxidative stress in the skeletal muscle during immobilization. They showed that GSH was oxidized to GSSG under oxidative stress conditions and its concentration in the cell decreased by 34%. On the other hand, TBARS) increased 37% in the soleus muscle, which is a slow oxidative muscle, in the immobilization model created by casting compared to the control group (Kondo et al., 1993). Similarly, the increase in 4-HNE levels in the soleus muscles of mice immobilized by plastering for fourteen days indicates oxidative damage during the immobilization process (Min et al., 2011). Increasing ROS in the immobilization process oxidizes proteins, causing folding errors in the synthesis process, deterioration of their chemical structures and functional losses. The reactions of ROS with proteins, catalyzed by metals such as Fe^{2+} , and Cu^{2+} , result in the conversion of amino acids forming the protein structure into carbonyl derivatives (Stadtman et al., 1991). In another study, which was developed as a plaster-like method, in which both legs were immobilized with a stabilizing apparatus for fourteen days, it was shown that protein carbonyl and TBARS levels increased and GSH levels decreased in the immobilization group in the soleus and gastrocnemius muscle. The first study on the increase in free radical production during skeletal muscle contraction is another study by Davies et al. The disuse atrophy model applied in studies on whether oxidant stress plays a role in skeletal muscle atrophy due to disuse and the fact that different results have been obtained depending on which animal species this model performs makes it difficult to fully reveal the cause-effect relationship (Pellegrino et al., 2005). The fact that free radicals are also an important signaling molecule plays a role in this difficulty.

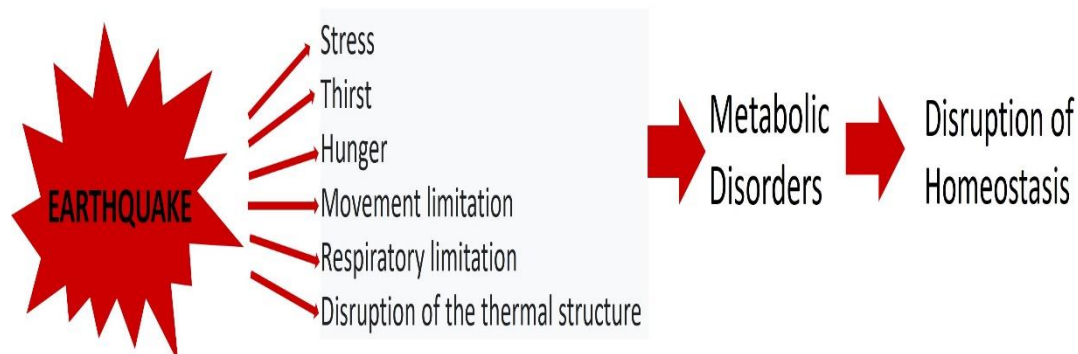


Figure 1. Metabolic disorders that may occur in the immobilization process of organisms in earthquake.

There are many studies showing that free radical production and oxidative damage increase in inactive muscles, increasing oxidative stress in skeletal muscle under disuse conditions, protein synthesis and It has been suggested that atrophy, which develops due to the deterioration of the balance between degradation is the main mechanism underlying the atrophy (Powers et al., 2011; Powers et al., 2012). There is an increase in free radicals and a decrease in antioxidant defense in the tail suspension model, where the load acting on the skeletal muscle is reduced by immobilization (In addition, ketones are converted to glucose by gluconeogenesis in the liver. When the hunger is prolonged, protein breakdown occurs in the muscles and alanine is also converted into glucose by gluconeogenesis in the liver. In other words, as the brain uses keto acids more and more, eliminating the need for glucose, the body adapts to prolonged fasting by conserving nitrogen. This change in fuel use reduces the need to mobilize amino acids from muscle for gluconeogenesis. Urinary nitrogen loss is initially in the form of urea when hepatic gluconeogenesis predominates, and then in the form of ammonia, reflecting increased glutamine uptake by the kidney. The carbon skeleton of glutamine is used for glucose production and replenishment of consumed HCO_3^- . The replacement of urea with NH_4^+ provides the osmoles necessary for urine flow and waste product excretion. Over time, urinary nitrogen loss is minimized as renal uptake of filtered ketone bodies becomes more complete. Adjustments in urinary Na^+ serve to minimize renal K^+ wastage and, together with changes in urine pH, minimize the possibility of uric acid precipitation., to rats exposed to mechanical ventilation in this study, they suggested that the main reason for the decrease in atrophy and contractile function in this model was oxidative stress (Whidden et al., 2010). Protein carbonyl levels in muscle biopsy samples taken on the eighth and thirty-fifth days of prolonged bed rest, which is one of the human abstinence models, were investigated by oxyblot analysis. Accordingly, while bed rest on the eighth day did not cause a decrease in the muscle fiber cross-sectional area or a change in protein carbonyl levels, at the end of the thirty-fifth day, in biopsy samples taken from the vastus lateralis muscle, there was an 18% decrease in the cross-sectional area of the muscle fibers and protein carbonyl, which is an indicator of oxidative stress. levels were also increased (Dalla et al., 1995). Immobilization and restraint stress have been associated with increased Blood-Brain Barrier (BBB) permeability in the hypothalamus, midbrain reticular formation, and the cerebellum (Malabe and Stonestreet, 2007). On the other hand, a seven-day confined cage application resulted in a 17.2% loss in rat soleus muscle weight/body weight ratio, while no increase in protein carbonyl levels was detected. All these findings indicate that protein oxidation is observed in disuse conditions induced by the seven-day habitat-limited cage application. Preservation of skeletal muscle mass is possible by balancing protein synthesis and protein breakdown rate. Even a decrease in protein synthesis (Huertas et al., 1992) and/or a minimal increase in protein breakdown rate (Koesterer et al., 2002) results in significant muscle atrophy. However, although a decrease in protein synthesis rate is observed in skeletal muscle atrophy, the determining factor is the increase in protein degradation rate (Furuno et al., 1995). A decrease in the amount of glutathione is an indirect indicator of oxidative stress. Kondo et al. (Kondo et

al., 1993) reported a decrease in the amount of GSH in the atrophied group with the single-leg immobilization method. Similar results have been demonstrated in denervation atrophy and studies in which rats were not allowed to move at all. Especially high-stress rates are observed in animals according to atrophy methods. This stress causes serious decreases in the amount of GSH (Demiryürek et al., 2004). Under immobilization conditions, oxidative stress, which cannot be controlled due to increased ROS production and suppression of the antioxidant defense system, causes damage to important structures in cells and loss of function. It is stated that in cases of increased oxidative stress, doxycycline will be protective against oxidative damage and protein glycation in rats exposed to movement restriction stress (Dirks et al., 2016). In addition, there are studies expressing that kefir and yogurt are used as a metabolism regulator and tissue repairers due to their antioxidative properties in many tissue degenerations (Güven 2005; Güven et al., 2020). In addition, it has been reported that cognitive functions regress as a result of oxidative damage of macromolecules due to immobilization, while even a single session of exercise after immobilization provides the return of cognitive functions to normal by eliminating macromolecule damage (Saretzki et al., 2002). While these findings reveal the negative effects of oxidative stress on the increased risk of chronic diseases caused by immobilization, they also emphasize the importance of oxidative stress in the formation of pathologies and chronic diseases due to a sedentary lifestyle.

1.3. Acidosis

Under normal conditions, 10,000 to 20,000 mmol of carbonic acid and 80-120 mmol of metabolic acid are produced daily in the organism (Günay et al., 2018). Acids give hydrogen ions to solutions, while bases remove hydrogen ions by binding them. In other words, pH is defined as the negative logarithm of the hydrogen ion concentration in a solution and is expressed as $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ (Widmaier et al., 2019). Maintaining H^+ homeostasis in body fluids and cells, that is, maintaining the balance between the intake and production of hydrogen ions and their excretion, is very important for the body's acid-base balance (Paşaoğlu et al., 2019). However, metabolic acidosis occurs when the pH value in intracellular and extracellular fluids is not maintained due to many factors. Metabolic acidosis or alkalosis is the metabolic disorder seen in cases where the disturbances in the body's acid-base balance are caused by changes in the HCO_3^- ion concentration, and as a result, changes in the pH level (Telci, 2011). This is common in earthquakes. As seen after the Marmara and Van earthquakes, the critical picture that draws attention to the change in the pH value of the intracellular and extracellular fluids when the conditions change, this picture in some patients who seem well under the debris or immediately after being rescued deteriorate rapidly, possibly due to severe metabolic acidosis that occurs during trauma and this condition. There are studies stating that acidosis causes hyperkalemia (Sever et al., 2011; Günay et al., 2018).

The occurrence of metabolic acidosis as a result of high anion gap and normal chloride level is defined as normochloremic metabolic acidosis, while the occurrence of

metabolic acidosis as a result of a normal anion gap and high chloride level is defined as hyperchloremic metabolic acidosis. There is usually an anion gap in metabolic acidosis, and the increase in components such as kidney failure, ketoacidosis, salicylate poisoning, and lactic acidosis, especially due to the change in organic acids and unmeasured anion concentrations, causes metabolic acidosis (Günay et al., 2018; Paşaoğlu et al., 2019).

1.4. Ketosis

Hunger is generally defined as the ingestion of little or no food in humans for periods of 12 hours to three weeks. During fasting, liver glycogen, which is the glucose storage polymer, is broken down into glucose by glycogenolysis, thus protecting blood glucose. Greater changes occur in the body as hunger prolongs and glycogen stores decrease. For example, storage triglycerides in adipose tissue are released into the circulation as glycerol and fatty acids (Rui, 2014; Cahill., 2006). Glycerol is converted to glucose in the liver and this process is called gluconeogenesis. Fatty acids are oxidized and used as a direct energy source in tissues such as liver and muscle. In addition, fatty acids pass from the white adipose tissue to the liver and are oxidized to acetyl-CoA in the liver. Then, β -hydroxybutyrate and Acetoacetate are formed from acetyl-CoA. These ketone bodies are released into the circulation to be used by the tissues (Palmer et al., 2015; Palmer .2021). Although the brain cannot use fatty acids as an energy source, it can use ketone bodies (Frise et al., 2013). approximately 70% of the energy used is met by ketones (Cahill., 2006).

In addition, ketones are converted to glucose by gluconeogenesis in the liver. When the hunger is prolonged, protein breakdown occurs in the muscles and alanine is also converted into glucose by gluconeogenesis in the liver. In other words, as the brain uses keto acids more and more, eliminating the need for glucose, the body adapts to prolonged fasting by conserving nitrogen. This change in fuel use reduces the need to mobilize amino acids from muscle for gluconeogenesis. Urinary nitrogen loss is initially in the form of urea when hepatic gluconeogenesis predominates, and then in the form of ammonia, reflecting increased glutamine uptake by the kidney. The carbon skeleton of glutamine is used for glucose production and replenishment of consumed HCO_3^- . The replacement of urea with NH_4^+ provides the osmoles necessary for urine flow and waste product excretion. Over time, urinary nitrogen loss is minimized as renal uptake of filtered ketone bodies becomes more complete. Adjustments in urinary Na^+ serve to minimize renal K^+ wastage and, together with changes in urine pH, minimize the possibility of uric acid precipitation (Palmer et al., 2015; Palmer .2021; Frise et al., 2013).

2. CONCLUSION

Since living organisms are exposed to electromagnetic waves, multiple problems arise in metabolism due to factors such as fear, anxiety, thirst, inability to feed, limitation of movement area (immobilization), water loss, respiratory failure. As a result of the deterioration of hemostasis in this organism, it faces many metabolic disorders.

The uncomfortable and long-lasting main task under the dent is to generate force, and while the communication with other organs through myokines secreted by the skeletal muscles that undertake the movement decreases, the conditions in which the contractile activity decreases or disappears disrupts the balance between protein production and destruction in the muscle cell. The increase in the concentration of Ca^{+2} in the cytoplasm due to immobilization causes Ca^{+2} to flow into the mitochondria and mitochondrial depolarization, while it causes an increase in ROS production by three different mechanisms including xanthine oxidase, NADPH oxidase, (NOX) and mitochondria. Movement restriction stress causes oxidant damage as a result of dyslipidemia, disturbance in carbohydrate metabolism, decrease in nitric oxide (NO) production, atherosclerosis and imbalance in antioxidant status. The fact that exposure to chronic stress increases lipid peroxidation by increasing oxidative stress brings protein glycation with the high blood sugar levels it will cause. Precautions and treatments in the direction that all these changes may occur will increase the loss of life and the quality of life.

3. REFERENCES

- Batt J., Dos Santos CC., Cameron JI, Herridge MS.(2013). Intensive care unit-acquired weakness: clinical phenotypes and molecular mechanisms. *Am J Respir Crit Care Med.* 187(3):238-46.
- Bertero E., O'Rourke B., Maack C.(2020). Mitochondria Do Not Survive Calcium Overload During Transplantation. *Circ Res.* 126(6):784-6.
- Bonfiglio JJ., Inda C, Holsboer F.(2011). The corticotropin-releasing hormone network and the hypothalamic-pituitary-adrenal axis, *neuroendocrinology*, 1428: 12-20
- Booth FW, Roberts CK, Laye MJ. Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. *Compr Physiol* 2012;2(2):1143-1211.
- Cahill GF., Jr., D.(2006). Fuel metabolism in starvation. *Annu Rev Nutr.* 26:1-22.
- Chaudhry R., Usama SM., Babiker HM.(2022). Physiology, coagulation pathways. *StatPearls In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan.29. Affiliations expand, PMID: 29489185.Bookshelf ID: NBK482253*
- Chen YW., Gregory CM., Scarborough MT., Shi R., Walter GA., Vandenborne K.(2007). Transcriptional pathways associated with skeletal muscle disuse atrophy in humans. *Physiol Genomics.* 31(3):510-20.
- Dalla Libera L., Ravara B., Gobbo V., Tarricone E., Vitadello M., Biolo G, et al.(2009). A transient antioxidant stress response accompanies the onset of disuse atrophy in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* (1985). 107(2):549-57.

- Dalla Libera L., Ravara B., Gobbo V., Tarricone E., Vitadello M., Biolo G., et al.(2009). A transient antioxidant stress response accompanies the onset of disuse atrophy in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* (1985). 107(2):549-57.
- Demiryürek Ş., Babül A. (2004). Effects of vitamin E and electrical stimulation on the denervated rat gastrocnemius muscle malondialdehyde and glutathione levels. *International Journal of Neuroscience*, 114: 45-54.
- Dirks ML., Wall BT., Van de Valk B., Holloway TM., Holloway GP., Chabowski A., et al.(2016). One Week of Bed Rest Leads to Substantial Muscle Atrophy and Induces Whole-Body Insulin Resistance in the Absence of Skeletal Muscle Lipid Accumulation. *Diabetes*. 65(10):2862-75.
- Dollery CM., Ewan JR., Henney AM.(1995). Matrix metalloproteinases and cardiovascular disease. *Circ Res*, 77: 863-868
- Frise CJ., Mackillop L., Joash K., Williamson C. (2013). Starvation ketoacidosis in pregnancy. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 167(1):1-7.
- Furuno, K., Goodman, M.N., Goldberg A.L. (1990). Role of different proteolytic systems in degradation of muscle protein during denervation atrophy. *Journal Biological Chemistry*, 265 (15): 8550-8557.
- Gomez-Cabrera MC., Arc-Chagnaud C., Salvador-Pascual A., Brioché T, Chopard A., Olaso-Gonzalez G., et al.(2020). Redox modulation of muscle mass and function. *Redox Biology*. 35:101531
- Gomez-Cabrera MC., Salvador-Pascual A., Cabo H., Ferrando B, Viña J.(2015). Redox modulation of mitochondriogenesis in exercise. Does antioxidant supplementation blunt the benefits of exercise training? *Free Radic Biol Med*. 86:37-46.
- Gomez-Cabrera MC., Salvador-Pascual A., Cabo H, Ferrando B., Viña J.(2015). Redox modulation of mitochondriogenesis in exercise. Does antioxidant supplementation blunt the benefits of exercise training? *Free Radic Biol Med*. 86:37-46.
- Gulati K., Chakraborti A., Ray A.(2009). Differential role of nitric oxide (NO) in acute and chronic stress induced neurobehavioral modulation and oxidative injury in rats. *Pharmacol Biochem Behav*, 92(2): 272-6
- Günay M., Baltacı AK., Şıktar E., Şıktar E. (2018). Egzersiz ve solunum. *Gazi Kitabevi Tic. Ltd. Şti*.
- Güven A., Nur G., Deveci HA.(2021). Liver Injury Due to Chemical Poisoning and Antioxidant Defense System, Oxidative Stres and Defanse System. Editör: Aysel Güven. Paris: Livre de Lyon
- Güven A., Yılmaz S.(2005). Hiperkolesterolemi oluşturulmuş tavşanlarda kefirin total kolesterol, trigliserid, HDL-kolesterol, LDL-kolesterol ve lipid peroksidasyonu üzerine etkisi. *Kafkas Üniv Vet Fak Derg*, 10(2):170-174.
- Haapala J., Arokoski JP., Hyttinen MM., Lammi M., Tammi M., Kovanen V., et al.(1999). Remobilization does not fully restore immobilization induced articular cartilage atrophy. *Clin Orthop Relat Res* (362):218-29.
- Heinonen OJ. (1996). Carnitine and physical exercise. *Journal Sports Medicine*, 22(2), 109-132.
- Huertas R., Campos Y., Diaz E., Esteban J., Vechiet L., Montanari G., D'Iddio S. (1992). Respiratory Chain Enzymes in Muscle of Endurance Athletes: Effects of L-Carnitine. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 15, 188(1), 102-107
- Huertas R., Campos Y., Diaz E., Esteban J., Vechiet L., Montanari G., D'Iddio, S. (1992). Respiratory Chain Enzymes in Muscle of Endurance Athletes: Effects of L-Carnitine. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 15, 188(1), 102-107
- Kandarian SC., Jackman RW.(2006). Intracellular signaling during skeletal muscle atrophy. *Muscle Nerve*. 33(2):155-65.
- Kessler RC., Sonnega A.(1995). Posttraumatic stress disorder in the national comorbidity survey. *Arch Gen Psychiatry*, 52: 1048-1060
- Koesterer TJ., Dodd SL., Powers S. (2002). Increased antioxidant capacity does not attenuate muscle atroph caused by unweighting. *Journal of Applied Physiology*, 93:1959-1965
- Koesterer TJ., Dodd SL., Powers S. (2002). Increased antioxidant capacity does not attenuate muscle atroph caused by unweighting. *Journal of Applied Physiology*, 93:1959-1965.
- Kondo H., Miura M., Itokawa Y.(1991). Oxidative stress in skeletal muscle atrophied by immobilization. *Acta Physiol Scand*. 142(4):527-8
- Kondo H., Nakagaki I., Sasaki S., Hori S., Itokawa Y.(1993). Mechanism of oxidative stress in skeletal muscle atrophied by immobilization. *Am J Physiol*. 265(6 Pt 1):E839-44.
- Malavaki CJ., Sakkas GK., Mitrou GI., Kalyva A., Stefanidis I., Myburgh KH., et al.(2015). Skeletal muscle atrophy: disease-induced mechanisms may mask disuse atrophy. *J Muscle Res Cell Motil*. 36(6):405-21.
- Min K., Smuder AJ., Kwon OS., Kavazis AN., Szeto HH., Powers SK.(2012). Mitochondrial targeted antioxidants protect skeletal muscle against immobilization-induced muscle atrophy. *J Appl Physiol* (1985), 111(5):1459-66.
- Mosole S, Carraro U, Kern H et al. Long-term high-level exercise promotes muscle reinnervation with age. *J Neuropathol Exp Neurol* 2014;73(4):284-94.

- Palmer BF. · Clegg DJ. (2021). Starvation Ketosis and the Kidny, *Am J Nephrol*, 52:467–478
- Palmer BF., Clegg DJ.(2015). Electrolyte and acidbase disturbances in patients with diabetes mellitus. *N Engl J Med*. 373(6):548– 59.
- Pamplona R.(2008). *Biochimica et Biophysica Acta Membrane phospholipids, lipoxidative damage and molecular integrity: A causal role in aging and longevity. Biochimica et Biophysica Acta*, 1777:1249-1262
- Paşaoğlu H., Günay M., Paşaoğlu ÖT., Keskin K. (2019). *Egzersiz Biyokimyası (1. ed.): Gazi Kitabevi.*
- Pedersen BK.(2013). Muscle as a secretory organ. *Compr Physiol*. 3(3):1337-62.
- Pedreañez A., Arcaya JL., Carrizo E.(2011). Experimental depression induces renal oxidative stress in rats. *Physiol Behav*, 104(5): 1002-9
- Pellegrino MA., Desaphy JF., Brocca L., Pierno S., Camerino DC., Bottinelli R.(2006). Redox homeostasis, oxidative stress and disuse muscle atrophy. *J Physiol*. 2011;589(Pt 9):2147-60.
- Peyroux J., Sternberg M.(2006). Advanced glycation endproducts (AGEs): pharmacological inhibition in diabetes. *Pathologie Biologie*, 54: 405-419
- Powers SK., Smuder AJ., Criswell DS. (2011). Mechanistic links between oxidative stress and disuse muscle atrophy. *Antioxid Redox Signal*.15(9):2519-28.
- Powers SK., Smuder AJ., Judge AR.(2012). Oxidative stress and disuse muscle atrophy: cause or consequence? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 15(3):240-5.
- Rahbar S.(2005). The Discovery of glycated hemoglobin. *Ann. N.Y. Acad. Sci*, 1043: 9-19
- Rui L.(2014). Energy metabolism in the liver. *Compr Physiol*. 4(1):177-97
- Saretzki G., Von Zglinicki T.(2002). Replicative aging, telomeres, and oxidative stress. *Ann N Y Acad Sci*. 959:24-9. 53
- Sever MS., Vanholder R et al.(2012). The Workgroup on Recommendations for the Management of Crush Victims in Mass Disasters. *Nephrol Dial Transplant* 2012; 27:1–67.
- Stadtman ER., Oliver CN. (1991). Metal-catalyzed oxidation of proteins. Physiological consequences. *Journal of Biological Chemistry*. 266(4):2005-8.
- Telci A., Cakatay U., Kayali R., Erdoğan C., Orhan Y., Sivas A., et al.(2000). Oxidative protein damage in plasma of type 2 diabetic patients. *Horm Metab Res*. 32(1):40-3.
- Tretter L, Takacs K., Kövér K., Adam-Vizi V. (2007). Stimulation of H₂O₂ generation by calcium in brain mitochondria respiring on alpha-glycerophosphate. *J Neurosci Res*. 85(15):3471-9.
- Tsigos C., Chrousos GP.(2002). Hypothalamic- pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *Journal of Psychosomatic Research*, 53: 865-871
- Whidden MA., McClung JM., Falk DJ., Hudson MB., Smuder AJ., Nelson WB., et al.(2009). Xanthine oxidase contributes to mechanical ventilation-induced diaphragmatic oxidative stress and contractile dysfunction. *J Appl Physiol* (1985). 106(2):385
- Whidden MA., Smuder AJ., Wu M., Hudson MB., Nelson WB., Powers SK.(2010). Oxidative stress is required for mechanical ventilation-induced protease activation in the diaphragm. *J Appl Physiol* (1985). 108(5):1376-82.
- Malaeb SN. Stonestreet BS.(2007). *Encyclopedia of stress 2nh.Edition- May8. Editör-in- Chief: George Fink Hercover ISBN:9780120885039 e-Book, Pages 342-348*



Kafkas Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi
Cilt 16, Sayı 2, 47-92, 2023

Kafkas University
Institute of Natural and Applied Science
Journal
Volume 16 Issue 2, 47-92, 2023



Bu Sayının Hakem Listesi (Alfabetik Sıra)
The Refrees Liste of This Issue (in Alphabetical Order)

Hakem Kurulu / Reviewer Board

Figen ÖZPINAR
Hakan ÇELİKTEN
Hakan ÖZTÜRK
İnan KAYA
Kemal GÜNEŞ
Metin ÇENGEL
Mevlüt ALBAYRAK
Mustafa GÜLŞEN
Mustafa SERTÇELİK
Okan ÖZBAKIR
Sabriye AYDINOĞLU
Vedat ADIGÜZEL

