

# **ECONOMETRIC ANALYSIS OF THE IMPACT TO THE GDP (GROSS DOMESTIC PRODUCT) OF THE NON-OIL SECTOR IN AZERBAIJAN'S ECONOMY**

**Selahattin MADEN<sup>1\*</sup>, Bahar G. SHAMILOVA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Department of Mathematics, Faculty of Arts and Sciences, Ordu University,  
52200, Ordu, Turkey

<sup>2</sup> Department of Applied Mathematics and Cybernetics, Baku State University,  
AZ1148, Baku, Azerbaijan

*(Received January 21, 2017; Accepted May 12, 2017)*

## **ABSTRACT**

In this paper we establish a linear relation using multiple linear regression model between the gross domestic product (GDP) by industry, agriculture, forestry and fishing, construction, transport. Drinking determinasiya source model is used to check whether there were adequate. Then the value of the model is verified. F-Fischer and the statistical distribution of the prices found in comparison to the actual price. Mathematical calculations were used batch STATISTICA program.

**AMS Subject Classification:** 62J05, 65F10

**Keywords:** Multiple regression model, Generalized least squares estimation, Non-oil sector, Determination model.

\*maden55@mynet.com, bahar322@mail.ru

## **1. INTRODUCTION**

The rich resources of oil and gas revenues from the non-oil sectors in directing the development of other economic sectors will be highlighted. In recent years, the growth of non-oil sector also could be seen as a consequence of the policy of diversification of energy resources. GDP growth in 2011 was due to the non-oil sector. The center of gravity of economic development and GDP growth, but also by the volume of investments in the non-oil sector exceeded. In 2011 GDP growth at 0.1% vs. 9.4% in the non-oil sector. Last year, the non-oil sector GDP growth of 4.2%, net of tax impact of 0.4%. Non-oil GDP increased by 9.4%. The contribution of the increase has been different in different areas. Thus, the increase in non-oil sector's share of the construction sector, 3.6%, 1% of the share of non-oil sector, the share of agriculture - 0.7%, communication services amounted to 0.5%.

The last 8 years, the volume of gross domestic product increased by 3 times to 2 times the volume of the GDP in the coming year the main goal. The oil and gas sector's share of GDP will remain stable in the coming years, while the non-oil sectors of the center of gravity directly fall on the rise for some time, economic growth in these sections reveal. Note that the last eight years, the non-oil sector in Azerbaijan increased by 2.2 times. The growth of the economy and industry, agriculture, tourism, information and communication technologies in the areas of growth in non-oil and gas sector's growth in the next 10 years than in the previous decade would be a condition (Aliyev 2002).

Azerbaijan's non-oil sector development, agriculture, tourism, information and communication technology, the processing industry is considered to be the main priority areas. International financial institutions in these areas tend to emphasize the importance of agriculture and tourism. Thus, 44 percent of the employed population works in the agricultural sector. For this reason, successive government programs aimed at the development of agriculture in the country, reforms and attraction of new technologies being implemented. According to the figures contained in the report of the Council of Ministers in 2003, compared with 34 percent in 2011. The increase was registered in the production of agricultural products. Over the past three years, the total output of the agriculture growth rate by an average of 2.5 percent. At present, production of non-oil products, including electrical machinery and equipment and parts, chemical products, construction materials, made up textile articles and so on., are exported to various regions.

The chemical industry plays an important role in the development of one of the sectors of economy. Create conditions for the development of agriculture in the production of mineral fertilizers. The chemical industry helps to meet the needs of different things, expands the chemical-technological methods.

Modern chemical technology, as opposed to the processing of raw materials, machinery, chemicals, minerals (apatite, phosphorite, potassium salt, salt, sulfur, etc.), mineral fuels, especially oil, gas and coal, wood and plant, animal raw materials, air, water and so on. into valuable industrial products. Technical progress as the invention of new raw materials are expensive and scarce raw materials are replaced by cheaper raw materials, raw materials are used in the complex. For example, waste processing

and production of a new product is purchased. The chemical industry is made up of several areas:

- 1) Mining chemicals (mineral raw materials extraction);
- 2) The main chemical (salt, acid, mineral fertilizers);
- 3) Organic synthesis chemistry (hydrocarbon raw material, semi-finished products);
- 4) The chemistry of polymers (plastics, rubber, various fiber purchase);
- 5) Processing of polymer materials (tire, polyethylene preparation).

The premise of the principles in the diverse sources of raw materials in mining, chemicals, basic chemical products (mineral fertilizers and various acids) in the demand for transportation is difficult to accommodate their enterprises profitable. In addition, the potash fertilizer plants are inclined to raw material sources. Polymer chemistry and a lot of heat and electricity, water and requires special raw materials, so this is the area of oil products, coal kokslasdırılması, cheap fuel and energy, which is abundant water resources are leaning districts. Diversity and wide distribution of raw materials in the chemical industry extends the capability of its placement. The prevalence of various chemical raw materials, oil and gas, mining and chemicals, iodine-bromine water, oil and gas and non-ferrous metallurgical industry waste, creates conditions for the development of a diversified chemical industry. Among the areas of heavy industry and chemical industry on the volume of production engineering and the energy industry ranks third after (Bayulgen 2010).

One of the non-oil sectors of the construction materials industry. Building materials industry is comprised of three main areas, this mineral-building materials (sand, gravel, different stone, marble) removal, masonry materials (cement, lime, gypsum) production, building and structures of different wall materials, products and structures include the preparation. Basic construction materials industry of the Republic of cement products, various sizes of reinforced concrete structures and panels, cubic stone, brick, glass, slate, absestsement pipes, heat - insulating, polymers and others applies. Moreover, in recent years, linoleum, light filler mineral construction materials, marble, travertine, decorative materials, such as cast iron and iron plumbing products are produced. Building materials industry in the first place, according to the

composition of the production of reinforced concrete structures and parts, second place in the cement industry, and the third involves the extraction of natural wall stones and a variety of raw materials.

At present, the world has established trade relations with many foreign countries. Bilateral trade exchange volume, range, and demand for the goods in terms of the strategic importance of relations with Iran, Turkey and emerged with the Britannia.

In addition to the export products of cotton fiber, non-ferrous metals, chemical products, refrigerators and steamers, oil equipment, air conditioners and consumer goods ([www.statgov.az](http://www.statgov.az)).

## **2. THE MATHEMATICAL FORMULATION OF THE PROBLEM**

The first mathematical analysis of economic issues to meet Steels are the variables  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}$  and  $\hat{y}_i$ , where  $\hat{y}_i$  is of interest to us, mainly to explain the  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}$  or  $\hat{y}_i$  variable to monitor changes during the change crosses. The study of independence between two or more variables are available for the various issues. This type of regression analysis is used to resolve the issues. Forecasting and management issues, taking into account the currently applied regression analysis and extensive. Variable Regression numerous external factors which explain the purpose of the analysis is to identify the dependencies. In this case it was found by the method of least squares regression coefficients. This expression can write as follows Lihovido 1999 :

$$\hat{y}_i = \alpha_0 + \alpha_1 x_{i1} + \alpha_2 x_{i2} + \dots + \alpha_m x_{im} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (2.1)$$

where  $y_i$  – the dependent variable or predict,  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}$  says variables and key variable, explanatory variable, control and predictive variables.  $\varepsilon_i$  - is called changes in the random error, or a random part.  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$  parameters of the regression coefficients and their prices can be defined in different ways (Lihovido 1999; Samilova & ark. 2015) .

Considering the above model called multiple linear regression model and this econometric model reflects the relationship between the variables. Multiple regression analysis  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}$  more in contrast to all the factors affecting the cost-effective

approach to  $y_i$ .  $\varepsilon$ -that factors which are not included in the model, at the same time as the factors within or planned based unobservable. It is clear that in the formula where the functional relationship between the variables available.

According to the principle of generalized method of least squares estimator of the unknown parameter, we find that the minimum prices of equation:

$$S(\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m) = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \rightarrow \min .$$

It is known that a necessary condition for ekstremumu function, extreme point of the transformation of the derivatives to zero. That is,

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial S}{\partial \alpha_0} = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial \alpha_1} = 0 \\ \dots\dots\dots \\ \frac{\partial S}{\partial \alpha_m} = 0 \end{array} \right. \quad (2.2)$$

Simplifying the system of equations in (2.2) will be reduce thesimplifying following system of equations:

$$\left\{ \begin{array}{l} n \cdot \alpha_0 + \alpha_1 \sum_{i=1}^n x_{i1} + \alpha_2 \sum_{i=1}^n x_{i2} + \dots + \alpha_m \sum_{i=1}^n x_{im} = \sum_{i=1}^n y_i \\ \alpha_0 \sum_{i=1}^n x_{i1} + \alpha_1 \sum_{i=1}^n x_{i1}^2 + \alpha_2 \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{i2} + \dots + \alpha_m \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{im} = \sum_{i=1}^n x_{i1}y_i \\ \alpha_0 \sum_{i=1}^n x_{i2} + \alpha_1 \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{i2} + \alpha_2 \sum_{i=1}^n x_{i2}^2 + \dots + \alpha_m \sum_{i=1}^n x_{i2}x_{im} = \sum_{i=1}^n x_{i2}y_i \\ \dots\dots\dots \\ \alpha_0 \sum_{i=1}^n x_{im} + \alpha_1 \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{im} + \alpha_2 \sum_{i=1}^n x_{i2}x_{im} + \dots + \alpha_m \sum_{i=1}^n x_{im}^2 = \sum_{i=1}^n x_{im}y_i . \end{array} \right. \quad (2.3)$$

Therefore to solveth the system of linear equations (2.3)and the prices  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$  parameters and ifputting in place of multiple linear regression equation (2.1), the variable  $y_i$  from  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}$  dependence on the specific shape of the line would be found.

Let's assume that the gross domestic product ( $\hat{y}$ ) and between industrial ( $x_{i1}$ ), agriculture, forestry and fishing ( $x_{i2}$ ), construction ( $x_{i3}$ ) and transport and communication ( $x_{i4}$ ) are linear dependence. If we take  $m = 4$  in (2.1), then we can write

$$\hat{y}_i = \alpha_0 + \alpha_1 x_{i1} + \alpha_2 x_{i2} + \alpha_3 x_{i3} + \alpha_4 x_{i4} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, 16.$$

For the years 2000-2015 in the non-oil sector of the economy - industry, agriculture, forestry and fishing, construction, transport and communications, the net effect of taxes to GDP (in%) are reflected in the following table:

**Table 2.1. By sectors of the economy, gross domestic product, the actual prices (Samilova & ark 2015)**

<b>Year</b>	<b>Sum (%)</b>	<b>Industrial (%)</b>	<b>Agriculture, Forestry and Fishing (%)</b>	<b>Construction (%)</b>	<b>Transport and Communication (%)</b>
<b>2000</b>	76,8	36,0	16,1	6,5	12,0
<b>2001</b>	76,2	37,6	14,8	5,8	10,1
<b>2002</b>	77,9	37,4	14,0	8,7	9,8
<b>2003</b>	78,6	37,3	12,4	11,2	10,0
<b>2004</b>	78,5	38,3	11,0	12,5	9,5
<b>2005</b>	82,5	49,5	9,1	9,0	7,3
<b>2006</b>	84,3	57,4	7,1	7,7	6,6
<b>2007</b>	86,7	59,7	6,7	6,4	7,3
<b>2008</b>	84,7	58,7	5,6	7,0	6,7
<b>2009</b>	79,0	49,2	6,1	7,2	8,6
<b>2010</b>	79,5	51,7	5,5	8,1	7,4
<b>2011</b>	79,5	53,8	5,1	8,0	6,7
<b>2012</b>	77,4	49,4	5,1	10,1	6,6
<b>2013</b>	75,2	45,4	5,4	11,6	6,1
<b>2014</b>	72,7	41,0	5,3	12,6	6,3
<b>2015</b>	68,0	34,0	6,2	12,1	7,4

If we get  $m = 4$  and  $n = 16$  in (2.3), then linear algebraic equations system is as follows:

$$\left\{ \begin{array}{l} 16\alpha_0 + \alpha_1 \sum_{i=1}^{16} x_{i1} + \alpha_2 \sum_{i=1}^{16} x_{i2} + \alpha_3 \sum_{i=1}^{16} x_{i3} + \alpha_4 \sum_{i=1}^{16} x_{i4} = \sum_{i=1}^{16} y_i, \\ \alpha_0 \sum_{i=1}^{16} x_{i1} + \alpha_1 \sum_{i=1}^{16} x_{i1}^2 + \alpha_2 \sum_{i=1}^{16} x_{i1}x_{i2} + \alpha_3 \sum_{i=1}^{16} x_{i1}x_{i3} + \alpha_4 \sum_{i=1}^{16} x_{i1}x_{i4} = \sum_{i=1}^{16} x_{i1}y_i, \\ \alpha_0 \sum_{i=1}^{16} x_{i2} + \alpha_1 \sum_{i=1}^{16} x_{i1}x_{i2} + \alpha_2 \sum_{i=1}^{16} x_{i2}^2 + \alpha_3 \sum_{i=1}^{16} x_{i2}x_{i3} + \alpha_4 \sum_{i=1}^{16} x_{i2}x_{i4} = \sum_{i=1}^{16} x_{i2}y_i, \\ \alpha_0 \sum_{i=1}^{16} x_{i3} + \alpha_1 \sum_{i=1}^{16} x_{i1}x_{i3} + \alpha_2 \sum_{i=1}^{16} x_{i2}x_{i3} + \alpha_3 \sum_{i=1}^{16} x_{i3}^2 + \alpha_4 \sum_{i=1}^{16} x_{i3}x_{i4} = \sum_{i=1}^{16} x_{i3}y_i, \\ \alpha_0 \sum_{i=1}^{16} x_{i4} + \alpha_1 \sum_{i=1}^{16} x_{i1}x_{i4} + \alpha_2 \sum_{i=1}^{16} x_{i2}x_{i4} + \alpha_3 \sum_{i=1}^{16} x_{i3}x_{i4} + \alpha_4 \sum_{i=1}^{16} x_{i4}^2 = \sum_{i=1}^{16} x_{i4}y_i. \end{array} \right.$$

Each side of the equations of the system dividing to 16, then equations of the systems is simples.

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_0 + \alpha_1 \overline{x_1} + \alpha_2 \overline{x_2} + \alpha_3 \overline{x_3} + \alpha_4 \overline{x_4} = \overline{y}, \\ \alpha_0 \overline{x_1} + \alpha_1 \overline{x_1^2} + \alpha_2 \cdot \overline{x_1 x_2} + \alpha_3 \cdot \overline{x_1 x_3} + \alpha_4 \overline{x_1 x_4} = \overline{y x_1}, \\ \alpha_0 \overline{x_2} + \alpha_1 \overline{x_1 x_2} + \alpha_2 \overline{x_2^2} + \alpha_3 \overline{x_2 x_3} + \alpha_4 \overline{x_2 x_4} = \overline{y x_2}, \\ \alpha_0 \overline{x_3} + \alpha_1 \overline{x_1 x_3} + \alpha_2 \overline{x_2 x_3} + \alpha_3 \overline{x_3^2} + \alpha_4 \overline{x_3 x_4} = \overline{y x_3}, \\ \alpha_0 \overline{x_4} + \alpha_1 \overline{x_1 x_4} + \alpha_2 \overline{x_2 x_4} + \alpha_3 \overline{x_3 x_4} + \alpha_4 \overline{x_4^2} = \overline{y x_4}, \end{array} \right. \quad (2.4)$$

By substituting of the explanatory and understandable variables into (2.4) which obtained from Table 2.2, we can write

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_0 + 46 \cdot \alpha_1 + 8,5 \cdot \alpha_2 + 9 \cdot \alpha_3 + 8 \cdot \alpha_4 = 78,6 \\ 46 \cdot \alpha_0 + 2190,5 \cdot \alpha_1 + 369,6 \cdot \alpha_2 + 407 \cdot \alpha_3 + 360,2 \cdot \alpha_4 = 3647,3 \\ 8,5 \cdot \alpha_0 + 369,6 \cdot \alpha_1 + 85,9 \cdot \alpha_2 + 74,5 \cdot \alpha_3 + 73,8 \cdot \alpha_4 = 664,4, \\ 9 \cdot \alpha_0 + 407 \cdot \alpha_1 + 74,5 \cdot \alpha_2 + 86,7 \cdot \alpha_3 + 71,5 \cdot \alpha_4 = 703,8, \\ 8 \cdot \alpha_0 + 360,2 \cdot \alpha_1 + 73,8 \cdot \alpha_2 + 71,5 \cdot \alpha_3 + 67,3 \cdot \alpha_4 = 629,8. \end{array} \right. \quad (2.5)$$

As a result, we have 4 unknown 5 equations linear algebraic equations system. Ready to find the unknown parameters to use STATISTICA package program.

### 3. THE USAGE OF THE STATISTICA PACKAGE IN THE REGRESSION AND CORRELATION RELATIONSHIPS

In the form (2.5) of the system of linear algebraic equations to find the unknown parameters, the value of statistical package program must perform the following

sequence. At the same time, marked in Table 3.1 will be reflected in the results of multivariate regression model (Samilova & ark 2015).

**Table 3.1. Multiple regression model**

Multiple Regression Results			
Dependent: Var1	Multiple R = ,99035721	F = 140,5344	
	R2 = ,98080741	df = 4,11	
No. of cases: 16	adjusted R2 = ,97382828	p = ,000000	
	Standard error of estimate: ,749510614		
Intercept: 13,160992497	Std.Error: 5,131187	t( 11) = 2,5649	p = ,0263
	x1 beta=1,72	x2 beta=,784	x3 beta=,458
	x4 beta=,358		
(significant betas are highlighted)			

Thus we can write  $\alpha_0 = 13,16$ ,  $\alpha_1 = 1,72$ ,  $\alpha_2 = 0,784$ ,  $\alpha_3 = 0,458$  and  $\alpha_4 = 0,358$  from Table 3.1. The unknown parameters price (2.5), taking into account we obtain

$$\hat{y}_i = 13,16 + 1,72x_{i1} + 0,784x_{i2} + 0,458x_{i3} + 0,358x_{i4} + \varepsilon_i, \quad i = 1,2,\dots,16. \quad (3.1)$$

(3.1) multiple regression model shows that the gross domestic product ( $\hat{y}$ ), a 1% increase, industrial products ( $x_{i1}$ ) 172%, agriculture, forestry and fishery products ( $x_{i2}$ ) 78.4%, construction material ( $x_{i3}$ ) 45.8% transport and communication products ( $x_{i4}$ ) 35.8% increases. That appear from Table 3.1, the ratio is determination  $R^2 = 0,98080741$ . Determination price ratio shows that the model is highly accurate and original adequate. Established by using a linear regression model to examine the distribution of important from distribution F-Fischer:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m} > F_{\alpha, k_1, k_2}$$

The table on the left side of inequality that they include the cost of the statistical distribution of the F-Fischer.  $\alpha = 0,05$  and  $k_1 = 3$ ,  $k_2 = 13$  then  $F_{\alpha, k_1, k_2} = 3,410534$ . From Table (3.1) it can be seen that  $F = 140,5344$ . In this case, we have  $F = 140,5344 > 3,4105 = F_{\alpha, k_1, k_2}$  and therefore the linear regression model is 5 % of important.



#### **4. CONCLUSION**

Using multiple linear regression model, the gross domestic product by industry, agriculture, forestry and fishing, construction, transport and communication is established between the linear dependence. Established unknown parameters of the model are found. Found in prices is the economic interpretation. Established multiple linear regression model shows that the gross domestic product 1 vahid increases, industrial products 172 single, agriculture, forestry and fishery products 78.4 units to 45.8 units of construction materials, transport and communications products unit increased 35.8.

Determination ratio of the original model is used to check whether there were adequate. As a result, 98% of the original model has been found to be adequate.

Then the significance of the model is checked. F-Fischer and the statistical distribution of the price found is compared to the actual price. Established multivariate linear regression model, the 5% significance emerges.

Mathematical calculations have been used during the program STATISTICA package. The statistical software package to use, and prevents the loss of time, but also leads to a lack of large errors.

#### **REFERENCES**

Aliyev, I.F., (2002), Azerbaijan economy, Baku,Azerbaijan.

Bayulgen, O., (2010).Foreign Investment and Political Regimes: The Oil Sector in Azerbaijan, Russia and Norway,Cambridge University Press, USA.273p.

[www.statgov.az](http://www.statgov.az).

Samilova, B., Mirzayev, F., Quliyeva, N., (2015),About Factors That Influence the Attendance of Students in Full-Time State and Private General Educational Institutions by the Beginning of 2012/2013 Academic Year Among Economic and Administrative Regions and Towns of the Azerbaijan Republic, Journal of Qafqaz University philology and pedagogy, 3(2), 205-210.

Samilova, B., Mirzayev, F., Quliyev,R.,Quliyeva, N., (2015), About Econometric study of some of the factors affecting economic growth, Sylwan Journal, 159(8), 233-241.

Lihovido, V.N.,(1999), Fundamental analysis of the global currency markets: The methods of forecasting and decision-making, Vladivostok, 234 p.

**Table 2.2.**

<i>No</i>	<i>y</i>	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_1^2$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_1x_4$	$y \cdot x_1$	$x_2^2$	$x_2x_3$	$x_2x_4$	$y \cdot x_2$	$x_3^2$	$x_3x_4$	$y \cdot x_3$	$x_4^2$	$y \cdot x_4$
1	76,8	36,0	16,1	6,5	12,0	1296,0	579,6	234,0	432,0	2764,8	259,2	104,7	193,2	1236,5	42,3	78,0	499,2	144,0	921,6
2	76,2	37,6	14,8	5,8	10,1	1413,8	556,5	218,1	379,8	2865,1	219,0	85,8	149,5	1127,8	33,6	58,6	442,0	102,0	769,6
3	77,9	37,4	14,0	8,7	9,8	1398,8	523,6	325,4	366,5	2913,5	196,0	121,8	137,2	1090,6	75,7	85,3	677,7	96,0	763,4
4	78,6	37,3	12,4	11,2	10,0	1391,3	462,5	417,8	373,0	2931,8	153,8	138,9	124,0	974,6	125,4	112,0	880,3	100,0	786,0
5	78,5	38,3	11,0	12,5	9,5	1466,9	421,3	478,8	363,9	3006,6	121,0	137,5	104,5	863,5	156,3	118,8	981,3	90,3	745,8
6	82,5	49,5	9,1	9,0	7,3	2450,3	450,5	445,5	361,4	4083,8	82,8	81,9	66,4	750,8	81,0	65,7	742,5	53,3	602,3
7	84,3	57,4	7,1	7,7	6,6	3294,8	407,5	442,0	378,8	4838,8	50,4	54,7	46,9	598,5	59,3	50,8	649,1	43,6	556,4
8	86,7	59,7	6,7	6,4	7,3	3564,1	400,0	382,1	435,8	5176,0	44,9	42,9	48,9	580,9	41,0	46,7	554,9	53,3	632,9
9	84,7	58,7	5,6	7,0	6,7	3445,7	328,7	410,9	393,3	4971,9	31,4	39,2	37,5	474,3	49,0	46,9	592,9	44,9	567,5
10	79,0	49,2	6,1	7,2	8,6	2420,6	300,1	354,2	423,1	3886,8	37,2	43,9	52,5	481,9	51,8	61,9	568,8	74,0	679,4
11	79,5	51,7	5,5	8,1	7,4	2672,9	284,4	418,8	382,6	4110,2	30,3	44,6	40,7	437,3	65,6	59,9	644,0	54,8	588,3
12	79,5	53,8	5,1	8,0	6,7	2894,4	274,4	430,4	360,5	4277,1	26,0	40,8	34,2	405,5	64,0	53,6	636,0	44,9	532,7
13	77,4	49,4	5,1	10,1	6,6	2440,4	251,9	498,9	326,0	3823,6	26,0	51,5	33,7	394,7	102,0	66,7	781,7	43,6	510,8
14	75,2	45,4	5,4	11,6	6,1	2061,2	245,2	526,6	276,9	3414,1	29,2	62,6	32,9	406,1	134,6	70,8	872,3	37,2	458,7
15	72,7	41,0	5,3	12,6	6,3	1681,0	217,3	516,6	258,3	2980,7	28,1	66,8	33,4	385,3	158,8	79,4	916,0	39,7	458,0
16	68,0	34,0	6,2	12,1	7,4	1156,0	210,8	411,4	251,6	2312,0	38,4	75,0	45,9	421,6	146,4	89,5	822,8	54,8	503,2
<b>Sum</b>	1257,5	736,4	135,5	144,5	128,4	35048,0	5914,3	6511,4	5763,5	58356,6	1373,7	1192,5	1181,3	10629,8	1386,7	1144,5	11261,5	1076,2	10076,5
<b>Average</b>	<b>78,6</b>	<b>46,0</b>	<b>8,5</b>	<b>9,0</b>	<b>8,0</b>	<b>2190,5</b>	<b>369,6</b>	<b>407,0</b>	<b>360,2</b>	<b>3647,3</b>	<b>85,9</b>	<b>74,5</b>	<b>73,8</b>	<b>664,4</b>	<b>86,7</b>	<b>71,5</b>	<b>703,8</b>	<b>67,3</b>	<b>629,8</b>

## DERLEME

# YABANCI OTLARIN MOLEKÜLER TEŞHİSİNDE RİBOZOMAL RNA (rRNA) İNTERNAL TRANSCRIBED SPACER (ITS) GEN BÖLGELERİNİN KULLANIMI

Seçil EKER<sup>1</sup> Onur KOLÖREN<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Ordu,Türkiye

(Geliş Tarihi: 13.04.2017; Kabul Tarihi: 17.05.2017)

## Özet

Bu derlemede yabancı otların sistematüğinde Ribozomal RNA (rRNA) Internal Transcribed Spacer (ITS) gen bölgelerinin kullanımı hakkında bilgi değerlendirilmektedir. Son yıllarda gerçekleştirilen moleküler çalışmalar yabancı otların teşhisinde önemli düzeyde destek sağlamaktadır. Kullanılan moleküler yöntemler yardımıyla morfolojik olarak çok benzerlik gösteren tür ve tür içi varyasyonların tespit edilmesi mümkün olmaktadır. Bitkilerin moleküler sistematüğinde, tür ve tür içi popülasyonların filogenetik analizlerinde en fazla tercih edilen moleküler markörlerden birisi rRNA-ITS gen bölgeleridir. Genomik DNA üzerinde rRNA'lar ardışık sıralı tekrarlar şeklinde olup tür içi seviyelerinde ileri derecede korunmuş gen bölgelerini oluşturmaktadır. Bu rRNA gen bölgelerine komşu olarak bulunan, özellikle 18S ve 5.8S arasındaki ITS1 ile 5.8S ve 28S arasındaki ITS2 gen dizileri rRNA gen bölgelerine oranla daha fazla nükleotid baz değişimi göstermektedir. ITS bölgelerinin yüksek oranda varyasyon göstermeleri taksonlar arasındaki filogenetik ilişkilerin belirlenmesinde, cinsler arasında ve tür seviyesinde taksonomik sorunların çözülmesinde tercih edilmesine nedendir. Ayrıca, bu moleküler markörler genoma bağlı olduklarından güvenilirler, tekrarlanabilir ve laboratuvarlar arasında standardize edilebilirler, genomda birden fazla bölgeyi belirleme imkanına sahiptirler ve çevre koşullarından etkilenmezler.

**Anahtar Kelimeler:**Yabancı ot; Moleküler markörler; ITS; ribozomal RNA; Tür

## REVIEW

# MOLECULAR IDENTIFICATION OF THE WEEDS BY USING RIBOSOMAL RNA (rRNA) INTERNAL TRANSCRIBED SPACER (ITS) GENE REGIONS

(Received April 13, 2017; Accepted May 17, 2017)

## Abstract

In this study, systematic of weeds with using ribosomal RNA (rRNA) Internal Transcribed Spacer (ITS) gene regions will be informed. Molecular studies conducted in recent years lead to us about the identification of weeds. Detection of morphologically similar species and intraspecific variations of the species is possible by the help of molecular methods. One of the most preferred molecular markers is ITS rRNA gene regions for the phylogenetic analysis of the species and intraspecific populations in plant molecular systematics. RNA son genomic DNA constitute highly conservedat intraspecific species levels and consecutively repeated gene regions. The gene sequences next other RNAregions, especially ITS1 between 18S and 5.8S and ITS2 between 5.8S and 28S show more nucleotid base exchange when they compared to rRNA gene regions. There a son to prefer of ITS regions is the high variations of these regions and enable to elucidate phylogenetic relations between taxa and to solve the taxonomical problems on genera and species level. In addition, the molecular markers are reliable because of depending on genome, repeat able and capable to standardise between laboratories and enable to identify more than one region on genome without influencing from embient conditions.

**Keywords:**Weed; Molecular markers; ITS; Ribosomal RNA; Species

[\\*koloren@yahoo.com](mailto:koloren@yahoo.com)

## 1. GİRİŞ

DNA markörleri popülasyonun yada bireylerin, yada bireylerin birbirleriyle ilişkili olan türler içi ve türler arası genetik farklılıkları ölçmek için çok önemli ve genel bir kıstastır (Hoffmann&Frodsham 1993). Modern moleküler biyolojideki benzersiz gelişimi, özelliklede bu DNA markör teknolojisi, bitkiler üzerindeki moleküler düzeydeki ekolojik araştırmalarda bu markörlerin kullanım alanlarının gelişimi ve yeni tekniklerin oluşturulması için oldukça önemlidir.

Araştırmalarda kullanılacak olan moleküler markör tekniği seçilirken, söz konusu tekniğin belli bazı özelliklere sahip olması araştırmacı için büyük avantajlar sağlayacaktır. Bu avantajlar; yüksek polimorfizm, kolay ve hızlı bulunabilmesi, geliştirilmesinin ve uygulamasının düşük maliyete sahip olması, kolay ve hızlı uygulanabilir olması, farklı

veya aynı laboratuvarlarda kullanılması halinde aynı sonuçları verebilmesi ve çevre şartlarından etkilenmemesi gibi faktörler olabilir.

Genetik markörler kendi içerisinde iki alt bölümden oluşmaktadır. Bunlardan ilki morfolojik markörler ya da biçimsel markörler olup kendi içerisinde iki gruba ayrılırlar. Bir diğer genetik markör ise moleküler markörler olup kendi içerisinde Protein ve DNA markörleri olarak iki kısımdan oluşmaktadır.

Moleküler markörler; bitki sistematğinde kullanılan markörler ise Protein ve DNA markörleridir. Protein markörleri kullanılan izozimler; kolay, güvenilir bir biçimde ve ucuz olarak ortaya çıkarılmasının yanında çok fazla organizmada bulunması genetik varyasyon araştırmalarında onu popüler yapmıştır. Ancak DNA temelli markör sisteminin geliştirilmesi ile moleküler bazda yapılan çalışmalarda protein markörlerine nazaran DNA temelli markörler daha yüksek seviyede polimorfizm sağladığı tespit edilmiştir. Dahası, DNA örnekleri proteinlerden daha stabil olduğu ve proteinlerin aksine DNA'nın, organizmanın tüm dönemlerini ve dokularını belirlemede değişkenlik göstermediği bulunmuştur.

Günümüzde kullanılan bu DNA markörleri içerisinde genetik akrabalığın belirlenmesi açısından, genetik haritalamada, bitki ve hayvan ıslahı uygulamalarında, popülasyon genetiği çalışmalarında ve genetik farklılığın belirlenmesinde ayrıca DNA parmak izi analizlerinde, kromozom-spesifik DNA parçacıklarının hızlı belirlenmesinde ve polimorfizm yönünden etkili bir yöntem olması nedeniyle rRNA -ITS gen bölgelerinin kullanım yöntemi ön plana çıkmaktadır.

Son yıllarda yabancı otların teşhisinde rRNA -ITS gen bölgelerinin kullanım yöntemi ile yapılan çalışmalar sıkça görülmektedir. Bu çalışmalar (2010 yılı ve sonrası) Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Yabancı otların teşhisinde Ribozomal DNA ITS (internal transcribed spacer) gen bölgesini kullanarak yapılan çalışmalar

<b>Tür</b>	<b>Ülke-Bölge</b>	<b>GenBank Numarası</b>	<b>Yazarlar</b>
<i>Alternanthera nahui</i>	Yeni Zelanda	EU497242	Heenan et al (2010)
<i>Cardamine glechomifolia</i>	Güney Kore	HM449939 HM449940 HM449941	Ali et al (2010)
<i>Carthamus turkestanicus</i>	Afganistan	GU969653	Bowles et al (2010)

		GU969654	
<i>Hordeum murinum</i>	Güney Asya	AJ608016	Jakob & Blattner (2010)
<i>Cuscuta chinensis</i>	Kanada	JN234819 JN234832	Costea et al (2011)
<i>Brassica rapa</i>	Çin	HM047395	Liu et al (2011)
<i>B. oleracea</i>		HM047396	
<i>B. nigra</i>		HM047399	
<i>B. carinata</i>		HM047398	
<i>Chenopodium album</i>	Meksika	FN561546	Rana et al(2012)
<i>Oxalis corniculatae</i>	Güney Amerika	KC602088	Vaio et al (2013)
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	Kosta Rika	KJ768881	Peterson et al (2014)
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	Arjantin	FJ456350	Chen et al (2014)
	ABD	KX527466	
	Çin		
<i>Senecio australis</i>	Yeni Zelanda	KM365024 KM365026	de Lange et al (2014)
<i>Miscanthus sinensis</i>	Japonya	AB761402	Hayakawa et al (2014)
<i>Falcaria vulgaris</i>	ABD	KC995009 KC995016	Piya et al (2014)
<i>Centaurea stoebe</i>	İtalya	KJ679825	Hilpold et al (2014)
<i>C. ensiformis</i>	Türkiye	KJ679855	
<i>C. cheirolopha</i>	Türkiye	KJ679854	
<i>C. involucrata</i>	Cezayir	KJ679853	
<i>C. aspera</i>	Portekiz	KJ679852	
<i>C. zuccariniana</i>	Yunanistan	KJ679851	
<i>C. zeybekii</i>	Türkiye	KJ679850	
<i>C. yozgatensis</i>	Türkiye	KJ679849	
<i>Cyperus compresus</i>	Gürcistan	KF193575	Reid et al (2014)
<i>C. cuspidatus</i>	Gürcistan	KF150544	
<i>C. distinctus</i>	Gürcistan	KF150547	
<i>C. echinatus</i>	Gürcistan	KF150548	
<i>C. ovatus</i>	ABD	KF150570	
<i>C. plukenetii</i>	Gürcistan		
<i>C. pseudovegetus</i>	Gürcistan	KF150574	
<i>C. tetragonus</i>	Gürcistan	KF150577	

		KF150586	
<i>Lathyrus aphaca</i>	Fransa	KC551298	Marghali et al (2015)
<i>L. ochrus</i>	Tunus	KC551295	
<i>L. cicera</i>	Portekiz	KC551290	
<i>L. sativus</i>	Tunus	KC551291	
<i>L. sylvestris</i>	Macaristan	KC551292	
<i>L. tuberosus</i>	Fransa	KC551294	
<i>Cirsium scariosum</i>	Kanada		Golden et al (2105)
<i>Artemisia sylvatica</i>	Türkiye	KU523875	Kolören et al (2016)
<i>A. argyi ve A. verlotiorum</i>		KU523876-93	
<i>Chenopodium quinoa</i>	Peru	KP226670	Kolano et al (2016)
<i>C. berlandieri</i>	ABD	KP226656	
<i>Evolvulus alsinoides</i>	Hindistan	KC688314	Sharma & Shrivastava
<i>Convolvulus microphyllus</i>		KC688313	(2016)
<i>Geranium gracile</i>	Türkiye	KX360638-43	Koloren & Eker (2016)
<i>G. ibericum</i>		KX360644	
<i>G. asphodeloides</i>		KX360657-58	
<i>G. microphyllum</i>		KX360652-56	
<i>G. sp.</i>		KX360651	
<i>G. dissectum</i>		KX360645-50	
<i>Salvia somalensis</i>	Türkiye	KJ584240	Will & Claßen-Bockhoff
<i>S. herbanica</i>	Kanarya Adaları	KJ584246	(2017)
<i>Euphorbia buhsei</i>	İran	KC212197	Pahlevani et al (2017)
<i>E. osyridea</i>		KC212326	

Bu çalışmalar incelenecek olursa,

Ali et al (2010), çalışmalarında; Güney Kore'de Brassicaceae familyasına ait *Cardamine cordifolia*'nın moleküler sistematik çalışmasını nükleer ribozomal DNA ITS (internal transcribed spacer) gen bölgesi, kloroplast trnL ve trnL-F gen bölgelerini kullanarak belirlemişlerdir. Filogenetik analizler için topladıkları bitki örneklerinden 38 tanesinin *Cardamine* türüyle ilişkili olduklarını bulmuşlardır. Bu çalışmalar sonucunda *Cardamine cordifolia*'nın ise Güney Kore'de endemik bir tür olduğunu bildirmektedirler.

Bowles et al (2010), Asteraceae familyasına ait *Carthamus* türünün filogenetik analizini yapmışlardır. Bu çalışmalarında ITS (internal transcribed spacer), trnL–trnF ve trnT–

trnL gen bölgelerini kullanmışlardır. *Carthamus palaestinus* türünün diğer *Carthamus* cinsine dahil olan türlere göre kültüre alınmış ayçiçeğine türüne daha yakın olduğunu tespit etmişlerdir.

Heenan et al (2010), nüklear ribozomal DNA ITS (internal transcribed spacer) gen bölgelerini kullanarak Yeni Zelanda'da Amaranthaceae familyasından *Alternanthera nahui* isimli yeni bir tür belirlemişlerdir. Analizler sonucunda bu yeni türün *A. denticulata*'ya yakın akraba olduğunu saptamışlardır.

Jakop & Blattner (2010), *Hordeum murinum* (Poaceae: Triticeae) türünün taksonomisini nüklear ribozomal DNA ITS (internal transcribed spacer) ve trnL-F gen bölgelerini kullanarak bildirmiştir. Çalışmalarında Güney Asya'da bulunan *Hordeum* türünün 3 alttürünün sitotiplerini belirlemişlerdir. Alttür *H. glaucum* diploid, *H. murinum* ve *H. leporinum* tetraploid sitotipindedirler.

Costea et al (2011) çalışmalarında; *Cuscuta chinensis* (Convolvulaceae) türünün sistematüğini nüklear ribozomal DNA ITS (internal transcribed spacer) ve plastid trnL-F gen bölgelerini kullanarak belirlemişlerdir. Morfolojik ve moleküler çalışmalar sonucunda, *C. chinensis* ve *C. appianata* türleri birbirlerine benzer bulunmuştur.

Liu et al (2011), Çin'deki Brassicaceae familyasının filogenetik ilişkilerini kodlanmayan kloroplast, mitokondriyal ve nüklear DNA veri setlerini kullanarak belirlemişlerdir. Bu veri setlerinin içinden bir tanesi nüklear ribozomal DNA ITS (internal transcribed spacer) gen bölgesidir. Bu çalışmada, 51 cinse ait 71 türün filogenetik ilişkisi belirlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışma, son zamanlarda yeni tanınan Dontostemoneae ve Erysimeae familyalarını destekler nitelikte olmuştur.

Güz et al (2012) bildirdiğine göre Hoy (2003), Ribozomal RNA üzerinde tekrar dizileri yer alır ve aralayıcı DNA (spacer DNA) dizileri ile birbirinden ayrılır. Bunlara aynı zamanda tekrarlanan transkripsiyon birimleri de denir. Bunlar NTS (non transcribed spacer), ITS (internal transcribed spacer) ve ETS (external transcribed spacer) gibi bölgelerdir. Bu bölgelerde yüksek oranda polimorfizm bulunduğu için sistemik çalışmalarda çok sık tercih edilmektedir.

Rana et al (2012); Himalayalar ve Kuzey Hint Ovalarında bulunan *Chenopodium album* türünün diğer yakın türleri ile olan filogenetik ilişkilerini nüklear ribozomal DNA ITS (internal transcribed spacer) gen bölgelerini kullanarak belirlemiştir. Çalışmalar



sonucunda, *C. album* ve *C. giganteum* türlerini yakın türler olarak belirlemişlerdir ve bunu karyotipik çalışmalarla da desteklemişlerdir.

Vaio et al (2013), Oxalidaceae familyasına ait olan *Corniculatae* ve *Ripariae* türlerinin arasındaki filogenetik ilişkiyi nükleer ribozomal DNA ITS (internal transcribed spacer) gen bölgelerini kullanarak belirlemişlerdir. Çalışmalar sonucunda, bu iki türü morfolojik ve sitogenetik karakterler bakımından çok benzer bulmuşlardır. Bu türlerin kromozom sayılarını da X=5 olarak belirlemişlerdir.

Chen et al (2014) çalışmalarında, Arjantin, ABD ve Çin'den Amaranthaceae familyasına ait *Alternanthera philoxeroides* örnekleri toplamış ve nükleer ribozomal DNA ITS (internal transcribed spacer) gen bölgelerini kullanarak genom boyutlarını belirlemişlerdir. Sonuç olarak, genom boyutlarındaki değişimin *A. philoxeroides*'in varyasyonunda önemli bir rol oynadığını bildirmişlerdir.

Hayakawa et al (2014), Japonya ulusal parkı ve Ryukyu Adasından 29 adet *Miscanthus sinensis* (Poaceae) örneği toplamışlardır. Bu çalışmalarında, nükleer ribozomal DNA ITS (internal transcribed spacer) gen bölgelerini kullanarak bu türün filocoğrafyasını belirlemişlerdir. Çalışmalar sonucunda, *Miscanthus sinensis* türünün Japonya'nın Güney ve Kuzey Bölgelerine dağıldıklarını bildirmişlerdir.

Hilpold et al (2014), *Centaurea* grubunda nükleer ribozomal DNA ITS (internal transcribed spacer) ve kloroplast rpl32-trnL DNA gen bölgesini kullanarak filogenisini belirlemişlerdir. Sonuç olarak; *Centaurea* grubunun merkezinin Akdeniz kıyısı olduğu düşünülürken, aslında daha büyük olasılıkla Kuzeybatı Afrika'da bulunabileceğini bildirmişlerdir.

De Lange et al (2014)'a göre, Yeni Zelanda'nın florasında yeni ve nadir bulunan *Senecio australis* (Asteraceae: Senecioneae) türü ITS (internal transcribed spacer) DNA gen bölgeleri kullanılarak belirlenmiştir. Bu çalışmadan önce, *Senecio australis* Yeni Zelanda'da 1994 yılında tanımlanmıştır. Yalnız, bu türün tohumlarının bir deniz kuşu tarafından Norfolk Adası'na taşındığı düşünülmüştür. Bu yüzden bu tarihten önce Yeni Zelanda'da bu türe rastlanılmamıştır. Daha sonrasında Norfolk Adası ve Kuzey Yeni Zelanda suları arasında dolanan su kuşu bu türün tohumlarını tekrar taşımıştır.

Peterson et al (2014) çalışmalarında, Kuzey Amerika'dan Poaceae: Chloridoideae familyasına ait *Leptochloa sensu lato* türünden 55 adet örnek toplamışlardır. Bu örnekler arasındaki genetik çeşitliliği belirlemek için ITS (internal transcribed spacer),

matK, rbcL ve rpl32-trnL gen bölgelerini kullanmışlardır. DNA sekans sonuçlarına bakıldığında, ITS'de (% 96) en büyük pay, bunu takiben rpl32-trnL (% 25.6), matK (% 3.0) ve rbcL (% 0.0) oranında sonuçlar vermiştir.

Piya et al (2014) çalışmalarında, Orta Batı Amerika'nın yukarılarında bulunan Apiaceae familyasına ait *Falcaria vulgaris* (orakotu) türünün genetik çeşitliliğini belirlemiştir. Bu çalışmada ITS (internal transcribed spacer) gen bölgesi, *trnL-trnL-F* ve *trnQ-rps16* gen bölgeleri kullanılmıştır. *F.vulgaris* türünde *trnL-trnL-F* gen bölgelerini kullanarak PCR çalışmaları yaptıklarında 909 bp (base pair) aralığında görürken, *trnQ-rps16* gen bölgelerini kullandıklarında 884 bp aralığında gözlemlediklerini bildirmişlerdir.

Reid et al (2014), Yeni Dünya *Cyperus* (Cyperaceae) türünün filogenisini nükleer ITS (internal transcribed spacer) sekanslarını kullanarak belirlemiştir. Çalışmaları sonucunda, *Cyperus*'un bölümlerinin *Haspani*, *Laxiglumi*, *Strigosi*, *Thunbergiani* ve *Umbellati*'nin monofiletik olmadığına ön kanıtlarını sunduklarını bildirmişlerdir.

Golden et al (2015), Doğu ve Batı Kanada'da bulunan *Cirsium scariosum* türünün genetik farklılığını ITS (internal transcribed spacer) ve ETS (external transcribed spacer) gen bölgelerini kullanarak belirlemiştir. Sonuç olarak, Batı'da bulunan *C. scariosum*, aynı bölgedeki *C. hookerianum*'a Doğu'da bulunan *C. scariosum*'dan daha fazla benzer bulunmuştur.

Marghali et al (2015) çalışmalarında, Akdeniz ülkelerinden topladıkları 28 adet *Lathyrus* türünün filogenetik ilişkisini nükleer ribozomal DNA ITS (internal transcribed spacer) gen bölgelerini kullanarak belirlemiştir. Bu çalışmada *Lathyrus*'un belirsiz olan sistematiği *Kupicha*'nın morfolojik sınıflandırmasıyla kıyaslanmıştır.

Kolano et al (2016) çalışmalarında, Amaranthaceae familyasına ait *Chenopodium quinoa* ve *C. berlandieri* türlerinin moleküler ve sitogenetik yapılarını nükleer ribozomal DNA ITS (internal transcribed spacer) ve 5S ribozomal DNA NTS (non transcribed spacer) gen bölgelerini kullanarak bildirmişlerdir. Filogenetik analizler sonucunda, iki farklı genomik grubun (*Chenopodium quinoa* ve *C. berlandieri*) diploidlerini içeren her iki tetraploidin allotetraploid kökenli olduğunu doğrulamışlardır.

Kolören et al (2016), Ordu ili ve ilçelerinden aldıkları *Artemisia* spp. bitki örneklerinin moleküler teşhisinde rRNA-ITS gen bölgesini kullanarak genetik çeşitliliği

belirlemişlerdir. Çalışmalarında bir türün *A. sylvatica* ile, diğer 18 türün ise *A. argyi* ve *A. verlotiorum* ile akraba olduklarını bildirmişlerdir.

Kolören ve Eker (2016), Türkiye'nin farklı bölgelerinden aldıkları *Geranium* spp.'nin genetik çeşitliliğini rRNA-ITS gen bölgesini kullanarak belirlemişlerdir. Moleküler çalışmaları sonucunda; *Geranium gracile*, *G. ibericum*, *G. asphodeloides*, *G. microphyllum*, *G. sp.* ve *G. dissectum* türleri ile akraba olduklarını bildirmişlerdir.

Sharma & Shrivastava (2016) çalışmalarında, *Convolvulus prostratus* ve *Evolvulus alsinoides* türlerinin tanımlamasını nüklear ribozomal DNA ITS (internal transcribed spacer) gen bölgelerini kullanarak belirlemişlerdir. Bu çalışmadaki PCR çalışmaları sonucunda elde ettikleri jel görüntülerinde *Convolvulus prostratus* türünü 200 bp (base pair) aralığında, *Evolvulus alsinoides* türünü ise 596 bp aralığında gözlemlediklerini bildirmişlerdir.

Pahlevani et al (2017) çalışmalarında, İran' da bulunan Euphorbiaceae familyasına ait *Esula* türünün moleküler ve morfolojik çalışmalarını yaparak iki yeni tür (*E. khabrica* ve *E. austro-iranica*) belirlemişlerdir. Bu moleküler çalışmalarda ITS (internal transcribed spacer) ve ndhF gen bölgelerini kullanmışlardır.

Will & Claßen-Bockhoff (2017), Lamiaceae familyasına ait *Salvia s.l.* türünün, yani bir diğer adıyla Eski Dünya *Salvia*'nın filogenisi hakkında yeni bilgiler elde etmişlerdir. Bu çalışmalarında 220 *Salvia* örneği için ITS (internal transcribed spacer) gen bölgesini, 100 *Salvia* örneği için rpl32-trnL gen bölgesini kullanmışlardır. Sonuç olarak bu çalıştıkları örneklerin %57'sinin Eski Dünya *Salvia*'yı temsil ettiğini bildirmişlerdir.

## 2. SONUÇLAR

Yabancı otların moleküler teşhisinde kullanılan ribozomal RNA (rRNA) internal transcribed spacer (ITS) gen bölgelerinin çok sık kullanılmasının pek çok avantajlı sebebi vardır. Bunlar; yüksek oranda polimorfizm olması, kolay, güvenilir ve düşük maliyetle sonuçlar vermesi, korunmuş ve değişken bölgelere sahip olduklarından türler arasındaki ilişkileri açıklamaya yardımcı olması, çevre şartlarından etkilenmemeleri gibi pek çok faktör daha sayabiliriz. Sonuç olarak; Türler arasındaki akrabalıkları belirlemek genetik karakterizasyon, ıslah çalışmalarına ve aynı zamanda genetik materyallerinin değerlendirilmesi açısından son derece önem taşımaktadır. Ayrıca yabancı otların zararlı

yönlerine bakıldığında ise, hangi bölgede hangi türün yaygınlık gösterdiği yani genetik haritalaması çıkarıldığında bu uygulanacak mücadele şekli konusunda bize yol gösterecektir. Ve de, moleküler düzeyde ileride yapılacak olan daha geniş kapsamlı çalışmalara yol gösterip yardımcı olacağı düşünülmektedir.

## **KAYNAKLAR**

- Ali M A, Van D L & Kim S Y (2010). Molecular systematic study of *Cardamine glechomifolia* Levl. (Brassicaceae) using internal transcribed spacer sequence of nuclear ribosomal DNA (ITS) and chloroplast *trnL* and *trnL-F* sequences. *Saudi Journal of Biological Sciences* **17**: 275-290.
- Bowles V G, Mayerhofer R, Davis C, Good A G & Hall J C (2010). A phylogenetic investigation of *Carthamus* combining sequence and microsatellite data. *Plant Systematics and Evolution* **287**: 85-97. DOI 10.1007/s00606-010-0292-3.
- Chen Z Y, Xiong Z J, Pan X Y, Shen S Q, Geng Y P, Xu C Y, Chen J K & Zhang W J (2014). Variation of genome size and the ribosomal DNA ITS region of *Alternanthera philoxeroides* (Amaranthaceae) in Argentina, the USA, and China. *Journal of Systematics and Evolution* **53**(1): 82-87. DOI: 10.1111/jse.12118.
- Costea M, Spence I & Stefanović S (2011). Systematics of *Cuscuta chinensis* species complex (subgenus *Grammica*, Convolvulaceae): evidence for long-distancedispersal and one new species. *Organism Diversity & Evolution* **11**: 373-386. DOI 10.1007/s13127-011-0061-3.
- de Lange P J, Rolfe J R, Liew C S & Pelter P B (2014). *Senecio australis* Willd. (Asteraceae: Senecioneae) – a new and uncommon addition to the indigenous vascular flora of New Zealand. *New Zealand Journal of Botany* **52**(4) 417-428.
- Golden J L, Achuff P & Bain J F (2015). Genetic divergence of *Cirsium scariosum* in Eastern and Western Canada. *Ecoscience* **15**(3): 293-297.
- Güz N & Kılınçer N (2012). Böcek sistematğinde moleküler markörlerin kullanımı. *Türkiye Entomoloji Bülteni* **2**(2): 125-145 .
- Hayakawa H, Akasaka M, Shimono Y, Kurokawa S, Nishida T, Ikeda H & Wakamatsu T (2014). Phylogeography based on the nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacer region of native *Miscanthus sinensis* (Poaceae) populations in Japan. *Weed Biology and Management* **14**: 251–261.
- Heenan P B, de Lange P J, & Keeling, J (2010), *Alternanthera nahui*, a new species of Amaranthaceae indigenous to New Zealand. *New Zealand Journal of Botany* **47**: 97-105.
- Hilpold A, Vilatersana R, Susanna A, Meseguer A S, Boršič I, Constantinidis T, Filigheddu R, Romaschenko K, Suárez-Santiago V N, Tugay O, Uysal T, Pfeil B E & Garcia-Jacas N (2014). Phylogeny of the *Centaurea* group (*Centaurea*, Compositae) – Geography is a better predictor than morphology. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **77**: 195–215.
- Hoffmann M P & Frodsham A C (1993). Natural enemies of vegetable insect pests. Cooperative Extension, Cornell University, Ithaca, NY, 63 p.

- Hoy W K (2003). An analysis of enabling and mindful school structures: Some theoretical, research, and practical consideration. *Journal of Educational Administration* **41**: 87-108.
- Jakob S S & Blattner F R (2010). Two extinct diploid progenitors were involved in allopolyploid formation in the *Hordeum murinum* (Poaceae: Triticeae) taxon complex. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **55**: 650-659.
- Kolano B, McCann J, Orzechowska M, Siwinska D, Temsch E & Weiss-Schneeweiss H (2016). Molecular and cytogenetic evidence for an allotetraploid origin of *Chenopodium quinoa* and *C. berlandieri* (Amaranthaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* **100**: 109-123.
- Kolören O, Kolören Z & Eker S (2016). Molecular phylogeny of *Artemisia* species based on the internal transcribed spacer (ITS) of 18S-26S rDNA in Ordu Province of Turkey. *Biotechnology & Biotechnological Equipment* **30**(5): 929-934.
- Kolören O & Eker S (2016). Phylogenetic relationships of *Geranium* species in different regions of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* **25**(12): 5467-5472.
- Liu L, Zhao B, Tan D & Wang J (2011). Phylogenetic relationships of Brassicaceae in China: Insights from a non-coding chloroplast, mitochondrial, and nuclear DNA data set. *Biochemical Systematics and Ecology* **39**: 600-608.
- Marghali S, Fadhlaoui I, Gharbi M, Zitouna N & Trifi-Farah N (2015). Utility of ITS2 sequence data of nuclear ribosomal DNA: Molecular evolution and phylogenetic reconstruction of *Lathyrus* spp. *Scientia Horticulturae* **194**: 313-319.
- Pahlevani A H, Feulner M, Weig A & Liede-Schumann S (2017). Molecular and morphological studies disentangle species complex in *Euphorbia* sect. *Esula* (Euphorbiaceae) from Iran, including two new species. *Plant Systematics and Evolution* **303**: 139-164. DOI 10.1007/s00606-016-1358-7.
- Peterson P M, Romaschenko K & Soreng R J (2014). A laboratory guide for generating DNA barcodes in grasses: a case study of *Leptochloa* s.l. (Poaceae: Chloridoideae). *Journal of Plant Taxonomy and Geography* **69**(1): 1-12.
- Piya S, Nepal M P, Butler J L, Larson G E & Neupane A (2014). Genetic diversity and population structure of sickleweed (*Falcaria vulgaris*; Apiaceae) in the upper Midwest USA. *Biological Invasions* **16**: 2115-2125. DOI 10.1007/s10530-014-0651-z.
- Rana T S, Narzary D & Ohri D (2012). Molecular differentiation of *Chenopodium album* complex and some related species using ISSR profiles and ITS sequences. *Gene* **495**: 29-35.
- Reid C S, Carter R & Urbatsch L E (2014). Phylogenetic insights into New World *Cyperus* (Cyperaceae) using nuclear ITS sequences. *Brittonia* **66**(3): 292-305, DOI 10.1007/s12228-014-9324-6.
- Sharma S & Shrivastava N (2016). Internal transcribed spacer guided multiplex PCR for species identification of *Convolvulus prostratus* and *Evolvulus alsinoides*. *Acta Pharmaceutica Sinica B* **6**(3): 253-258.
- Vaio M, Gardner A, Emshwiller E & Guerra M (2013). Molecular phylogeny and chromosome evolution among the creeping herbaceous *Oxalis* species of sections Corniculatae and Ripariae (Oxalidaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* **68**: 199-211.
- Will M & Claßen-Bockhoff R (2017). Time to split *Salvia* s.l. (Lamiaceae) - New insights from Old World *Salvia* phylogeny. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **109**, 33-58.

## CD VE PB'NİN DOĞAL ORTAMDA, *Lemna minor* ÜZERİNDEKİ KOMBİNE TOKSİK ETKİSİ

Ufuk Burak<sup>1</sup>, Evren Tunca<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Ordu üniversitesi Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi

(Geliş Tarihi: 21.02.2017; Kabul Tarihi: 20.04.2017)

### Özet

Gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı doğal ortamdan elde edilen midyumda kültüre alınan *Lemna minor* üzerinde Cd ve Pb'nin kombine toksik etkilerini saptamaktır. Çalışma 1 hafta sürdürülmüştür. Deney süresince bitkiler 0.1, 0.5, 1, 2, 4 mg L-1Cd ve Pb konsantrasyonuna ayrı ayrı maruz bırakılmıştır. Ayrıca bu metal ve dozların kendi aralarındaki tüm kombinasyonları da antagonistik ve sinerjistik etkiyi gözlemlemek için çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda ağır metallerin teker teker uygulandığında görülen etki ile beraber uygulandıklarında görülen etkinin farkı (kombine toksik etki) Mann Whitney U analizi kullanılarak ortaya konmuştur. Sonuç olarak tekli doz denemelerinde Pb'nin Cd'ye göre büyüme üzerinde daha yoğun bir inhibisyon oluşturduğu gözlenmiştir. Pb için 0.1 ile 0.5 mg/L'lik doz geçişinde büyüme stimüle edilmiş daha sonra doz artışıyla büyümede inhibisyon görülerek hormesis fenomeni oluşmuştur. 0.1 mg/L'lik Cd konsantrasyonunda etkiler tüm kombinasyonlar için additive olarak bulunmuştur. Ancak artan konsantrasyonla beraber sinerjistik etkiler de görülmeye başlanır. 0.5, 1 ve 2 mg/L konsantrasyonlarda, konsantrasyon artışlarına bağlı olarak sinerjistik etki sayısında azalma görülürken, 4 mg/L'lik maksimum konsantrasyonda sinerjistik etki sayısında tekrar artış görülmüştür. Pb için ise Cd'den farklı olarak kombine toksik etki en az konsantrasyon olan 0.1 mg/L de maksimum sinerjistik etki yakalanırken artan dozla beraber dalgalanmalar gözlenmiş, oluşan trend Cd'ye benzerlik göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kurşun; Kadmiyum; Kombine toksik etki; *Lemna minor*

## COMBINE TOXIC EFFECT OF CD AND PB ON *Lemna minor* AT NATURAL ENVIRONMENT

### Abstract

The aim of this study was to determine the combined toxic effects of Cd and Pb on *Lemna minor* which cultured in the midyum obtained from natural environment. The study was continued for 1 week. During the experiment, the plants were individually exposed to 0.1, 0.5, 1, 2, 4 mg L-1Cd and Pb concentrations. It was also attempted to observe the antagonistic and synergistic effect for all combinations of metals and doses among themselves. As a result of the study, the effect of applying heavy metals one by one and the difference in efficacy observed (combined toxic effect) was demonstrated using Mann Whitney U analysis. As a result, in the single dose trials, it was observed that Pb gave a more intensive inhibition on growth than Cd. Growth was stimulated at a dose

of 0.1 to 0.5mg/L for Pb, then hormesis phenomine was formed by inhibition of growth by dose increase. The effects at Cd concentration of 0.1mg/L were found as additive for all combinations. However, synergistic effects are started observing with increasing concentration. At concentrations of 0.5, 1 and 2mg/L, there was a decrease in the number of synergistic effects, while a rise in the number of synergistic effects was observed at the maximum concentration of 4mg/L. For Pb, unlike Cd, the combined toxic effect showed a maximum synergistic effect at 0.1mg/L, which was the lowest concentration, while fluctuations were observed with increasing dose, showing similar trend to Cd.

**Keywords:** Lead, Cadmium, Combine toxic effect, *Lemna minor*

---

\*[evren\\_tunca@yahoo.com](mailto:evren_tunca@yahoo.com)

## 1. Giriş

Birçok canlıya ev sahipliği yapan yerküre, çeşitli kirletici unsurların tehdidi altında bulunmakta olup bu kirletici unsurların en tehlikeli sınıflarından birini ağır metaller oluşturmaktadır. Artan dünya nüfusunun ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik gelişen sanayi sektörü yasal düzenlemenin olmaması ve yaptırımların yetersiz kalmasından faydalanarak kirletici maddeleri kontrolsüz olarak doğaya bırakılmaktadırlar. Söz konusu kirletici maddeler içerisinde yer alan ağır metaller farklı ekosistemlerde tüm canlılar için son derece önemli bir problemdir. Kayaların ve maden cevherlerinin bünyesinde doğal olarak bulunan ağır metaller toprakta, suda, sedimentte ve yaşayan organizmalarında da bulunabilmektedir (Alloway & Ayres, 1993). Su, toprak ve sedimentte bulunan metaller, çeşitli yollarla canlıların bünyesine yerleşerek birikme özelliği gösterir ve belli bir eşik değerin üstünde esansiyel olsun ya da olmasın toksik etki göstererek hasara yol açabilirler (Antón et al 2000).

Pek çok laboratuvar çalışmasının aksine doğada metaller tek tek bulunmazlar. Çoğu zaman tek bir kirletici kaynak aynı anda birden fazla metalin doğaya karışmasından sorumludur. Bu durum doğadaki pek çok canlının aslında tek bir metale değil de aynı anda birden fazla metale maruz kalmasına yol açar. Buna paralel olarak da canlılarda ağır metallerin kombine toksik etkileri görülür. Canlılarda ayrı ayrı ağır metallere maruz kaldıkları zaman görülen etki ile birden fazla ağır metale aynı anda maruz kaldıkları zaman görülen etki çoğu zaman birbirlerinden farklıdır. Bu durum kombine toksik etki olarak adlandırılır.

Metallerin bitkiler üzerinde ve sudaki karışımlarının toksik etkileşimlerini açıklamak güç olduğundan, karışım ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır (Horvat et al 2007). Bu sebeple *Lemna minor* ile yapılan çalışmaların büyük bir çoğunluğunu tek metal kullanılarak yapılan çalışmalar oluşturmaktadır (Basile et al 2012; Demim 2013; Megateli 2009). Ancak iki veya daha fazla metalin kullanıldığı çalışmalar da az da olsa mevcuttur (Khellaf et al 2010).

Çalışma için tercih edilen su mercimekleri dünyada yayılış alanı son derece geniş kozmopolit bir tür olmakla beraber ülkemizin de çoğu coğrafi bölgesinde; göllerde, havuzlarda, bataklıklarda, kanallarda bulunmaktadır (Üçüncü, 2011). *L. minor*, toksisite çalışmalarında sıklıkla kullanılan son derece önemli bir biyoindikatör türüdür. Farklı toksik çalışmalar metallerde (Antunes et al 2010; ), nanopartiküllerde (Üçüncü et al 2014; Oukorroum et al 2015), pestisitlerde (Megateli et al 2013; Obermeier et al 2015) sıklıkla kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan metallere biri olan Cd bükülüp şekil verilen, mavimsi beyaz renklere sahip ve nadir bulunan bir geçiş metalidir (Ercal et al 2001). Yer kabuğunda doğal olarak bulunan kadmiyum, genellikle oksijen (kadmiyum oksit), klorin (kadmiyum klorit) veya sülfür (kadmiyum sülfat) gibi elementlerle bileşik halde bulunmaktadır Anonim (2016). Kimyasal olarak çinko ve kalsiyuma benzerlik gösterir. Toksikolojik yönden problem yaratabileceği düşünülmeyen kadmiyum, sanayi sektöründeki kullanımının artması neticesinde kurşun ve cıva gibi ekotoksikolojik olarak önem kazanmıştır (Conti et al 2003). Geniş bir yelpazede yayılım gösteren kadmiyum çevresel bir kirletici olup farklı organlardaki toksisitesi ile karakterize olan bir metaldir (Gunnarson et al 2003). Endüstriyel kirlenme ile doğaya karıştıktan sonra çeşitli yollarla insan bünyesine giren kadmiyum çeşitli kanserler başta olmak üzere, boşaltım sistemi, sindirim sistemi hastalıklarına sebebiyet verebilmektedir (Benaduce et al 2006). Sigara bağımlılarının kanında içmeyenlere nazaran 4-5 kat fazla, böbreklerinde ise 2-3 kat fazla kadmiyum birikebilmektedir (Mudgal et al 2010).

Çalışmadaki bir diğer metal ise Pb'dir. Oksitlenme sonucu gümüş-mat renge sahip olan Pb, ilk işlendiğinde mavi-beyaz renge sahiptir ve yumuşak bir yapısı olup kolay dövülen yeraltı mineralidir (Doğru 2007). Yapısal özelliklerinden dolayı akülerde, boyalarda, metal içerikli borularda, benzinde ve birçok sanayi ürünüde katkı maddesi olarak bulunabilmektedir (Benaduce et al 2008). Geniş kullanım alanına sahip olan kurşun,



kullanımının artmasıyla doğaya verdiği zararı da kademeli olarak arttırmıştır. Dünya hükümetlerinin yasal çalışmaları neticesinde kurşun içerikli boyaların kullanımı sınırlandırılmıştır (Kime 1998). Kansorejendir (Alcorlo et al 2006).

Gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı iki farklı metalin değişik dozlarda, *lemna minor* üzerindeki kombine toksik etkisini araştırmaktır.

## **2. Materyal ve Yöntem**

Bu çalışma, Ordu Üniversitesi Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

### **2.1. Kültür Şartları**

Ankara Üniversitesi bünyesindeki seralardan temin edilen *Lemna minor*, doğal ortamdan getirilen mediumda kültüre alınmıştır. Doğal ortamdan getirilen medium, daha önce yapılan çalışmalarda bitkilerin sağlıklı büyüme göstermesinden dolayı Gaga Gölü'nden temin edilmiştir. *Lemna minor* kültür şartları, OECD prosedürlerine uygun olarak hazırlanmıştır (Anonymous 2002). Çalışmada 3 yapraklı olan bitkiler seçilerek, her bir test grubunda 5 bitki kullanılmıştır.

### **2.2. Kullanılan Ekipmanlar**

Çalışmada kullanılan ekipmanların, tepkimeye girmeyen kimyasal materyalden veya camdan olmasına özen gösterilmiştir.

### **2.3. Deney Yöntemi**

Deney 3 tekrarlı olacak şekilde kontrol grubu hariç 5 farklı doz için kurulmuştur. Toksin ajan olarak kurşun nitrat  $Pb(NO_3)_2$  ve kadmiyum klorid  $CdCl_2.H_2O$  kullanılmıştır. %62,56'sı Pb olan  $Pb(NO_3)_2$  bileşiğinden 1,60 gr alınarak 1 lt saf suda çözülmüş ve 1 gr/l' lik Pb stok solüsyonu hazırlanmıştır. Aynı şekilde %55,83'ü Cd olan  $CdCl_2.H_2O$  bileşiğinden 1,79 gr alınarak 1 lt saf suda çözülmüş ve 1 gr/l' lik Cd stok solüsyonu hazırlanmıştır.

Deney süresince bitkiler 0.1, 0.5, 1, 2, 4 mg L<sup>-1</sup>Cd ve Pb konsantrasyonuna ayrı ayrı maruz bırakılmıştır. Ayrıca bu metal ve dozların kendi aralarındaki tüm kombinasyonları da antagonistik ve sinerjistik etkiyi gözlemek için çalışılmıştır.

#### **2.4. İstatistiksel Analiz**

Çalışmada 105 grup test ve 3 kontrol grubu incelenmiştir. 7 gün devam eden çalışmada, her 24 saatte bir yaprak sayıları 0.25, 0.50, 0.75 ve 1 tam yaprak olacak şekilde sayılarak not edilmiştir (Üçüncü et al 2014). Ayrıca çalışma kapsamında antagonistik ve sinerjistik etkilerin tespitinde Mann Whitney-U analizinden yararlanılmıştır (Tunca et al 2016). Analiz veri sayısının yoğun olmaması sebebiyle normal dağılıma bakılmaksızın uygulanmıştır. Tüm sonuçlar %95 lik (p<0.05) anlamlılık seviyesindedir. Testler SPSS v 21(IBM USA) ile gerçekleştirilmiştir.

### **3. Bulgular ve Tartışma**

Kurmuş olduğumuz çalışma ortamının inceleme verilerine baktığımız zaman, iki metalin *lemna minor* üzerindeki toksik etkisi karşılaştırıldığında, uygulanan tüm konsantrasyonlarda Pb' nin Cd'ye göre daha toksik olduğu gözlenmiştir. Pb toksisitesinin Cd toksisitesinden farklı olarak 0,5 mg/L konsantrasyonundan sonra artış gösterdiği gözlemlenirken Cd toksisitesi verilen dozlarda dalgalanma göstermiştir (Çizelge 1.). Uysal & Taner (2009) sucul bitki *Lemna minor*' un çözünür Pb' nin farklı laboratuvar koşullarında uzaklaştırma yeteneğinin incelenmesi için bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. *Lemna minor*, farklı Ph değerlerine ve sıcaklığa maruz bırakılmıştır. 168 saat boyunca kuru ağırlık bazında elde edilen biyomas miktarı, Pb'nin ortamındaki ve *Lemna minor* tarafından tutulan net miktarı her koşulda çalışma periyodu boyunca ölçülmüştür. Ortamda bulunan Pb konsantrasyonunun artışıyla Pb akümüülasyonunun da arttığı gözlenmiştir. Pb konsantrasyonunun artışı ile birikim miktarındaki artış yapmış olduğumuz çalışmada Pb' nin artan konsantrasyonlarda toksik etkisinin neden arttığını açıklamaktadır. Piston et al (1999) yapmış oldukları çalışmada Se' nin *Lemna minor* üzerindeki büyüme etkileri araştırılmış ve şu sonuçlara ulaşılmıştır: 50 mg/L Se' nin 1 hafta süresinde, bitkilerin renginde solma meydana getirmiştir. Se' nin düşük konsantrasyonlarında bitkilerde önemli bir değişiklik kaydedilmemiş ve bitkilerin kümelenerek bir arada yüzdüğü gözlemlenmiştir. Konsantrasyon arttıkça bitkilerde

ayrılmalar ve tek başına yüzmeler görülmüştür. Yapmış olduğumuz çalışmada, düşük konsantrasyonlarda aynı şekilde kümelenme görülürken artan konsantrasyonlarda kümelenmenin dağılıp yapraklarda solmalar olduğu tarafımızca gözlenmiştir. Prasad et al (2001) yapmış oldukları çalışmada, *Lemna trisulca L.* üzerinde Cu ve Cd' un etkilerini araştırmışlardır. Yapılan çalışma sonucuna göre Cu' nun Cd' ye oranla 1000 kat daha düşük konsantrasyonlarda toksik etki gösterdiği gözlenmiştir.

Karışım içerisinde bulunan metaller birbirlerinin etkilerini arttırıcı, azaltıcı veya ihmal edilebilir düzeyde etki gösterebilirler (Paustenbach 2000). Bu çalışmada Cd ve Pb' nin kombine toksik etkileri incelendiğinde en düşük doz olan 0,1 mg/L'de Cd' nin antagonistik ve sinerjistik etki göstermediği buna karşın 0,5 mg/L' de iki metalinde en yüksek sinerjistik etkiyi gösterdiği gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Artan konsantrasyonlarda sinerjistik etkinin azalma eğilimi maksimum konsantrasyona yaklaştıkça artma eğilimine döndüğü görülmektedir (Çizelge 2.).

**Çizelge 1. Cd ve Pb'nin *Lemna minor* üzerindeki etkileri**

*Table 1. The effect of Cd and Pb on Lemna minor*

	<b>Test Konsantrasyonu (mg/L)</b>	<b>Yaprak Büyüme Ortalamaları</b>
<b>Cd</b>	0,1	6,08
	0,5	7,5
	1	7,25
	2	7,5
	4	7,91
<b>Pb</b>	0,1	5,41
	0,5	6
	1	5,5
	2	5
	4	4,16

**Çizelge 2. Cd ve Pb'nin *Lemna minor* üzerindeki kombine toksik etkisi**Table 2. Combine toxic effects of Cd and Pb on *Lemna minor*

Kullanılan dozlar		Deney sonucu ortalaması	Hesaplanan değerler ortalaması	Fark	İstatistiksel Anlamlılık (p)	Etki
Cd	Pb					
0,1	4	6,58±3,26	5,08±1,66	-1,5	0,121	ADD
0,1	2	4,66±2,29	6,08±1,91	1,42	1,268	ADD
0,1	1	5,5±2,89	6,68±1,94	1,18	0,827	ADD
0,1	0,5	5,25±2,86	7,29±2,21	2,04	0,513	ADD
0,1	0,1	5,58±3,16	6,57±1	0,99	0,827	ADD
0,5	4	4,5±2,18	6,24±2,04	1,74	0,05	SIN
0,5	2	3,5±1,50	7,5±3,06	4	0,046	SIN
0,5	1	3,58±1,65	8,25±3,39	4,67	0,05	SIN
0,5	0,5	3,75±1,88	9±3,69	5,25	0,05	SIN
0,5	0,1	3,75±2	8,11±3,15	4,36	0,05	SIN
1	4	4,91±2,05	6,03±2,05	1,12	0,127	ADD
1	2	4,41±1,75	7,25±2,75	2,84	0,05	SIN
1	1	4,08±1,78	7,97±3,13	3,89	0,05	SIN
1	0,5	4,76±2,33	8,7±3,22	3,94	0,05	SIN
1	0,1	4,16±2,13	7,84±2,89	3,68	0,05	SIN
2	4	5,33±1,68	6,24±2,42	0,91	0,127	ADD
2	2	3±0,58	7,5±3,51	4,5	0,05	SIN
2	1	4,66±1,89	8,25±3,19	3,59	0,127	ADD
2	0,5	5,58±2,61	9±3,20	3,42	0,127	ADD
2	0,1	5,08±2,51	8,11±2,80	3,03	0,05	SIN
4	4	4,16±0,09	6,58±3,28	2,42	0,05	SIN
4	2	4,41±1,29	7,91±3,31	3,5	0,05	SIN
4	1	5,16±2,15	8,7±3,28	3,54	0,127	ADD
4	0,5	5±2,36	9,49±3,60	4,49	0,05	SIN
4	0,1	5,75±2,40	8,55±3,08	2,8	0,05	SIN

ADD: Etkisiz, SIN: Arttırıcı yönde etki

Ghiani et al (2014) biyoindikatör olarak kullanılan *Trifolium repes L.* üzerinde Cd ve As' in kombine toksik ve genotoksik etkisini araştırmışlardır. Yapmış oldukları çalışmada iki farklı metal tarafından kirletilen toprakta, toksik etkinin bitki üzerinde daha yoğun olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Verilen dozlardan As 5 mg/L, Cd 60 mg/L - As 10 mg/L, Cd 60 mg/L - As 20 mg/L, Cd 60 mg/L konsantrasyonları kök ve sürgünlerdeki büyümeye etkileri sinerjistik olmuştur. Yapmış olduğumuz çalışma ile benzerlik gösteren bu sonuç metallerin karışım içerisinde birbirini etkilediği anlamını taşımaktadır. Üçüncü et al (2013) ise yapmış oldukları çalışmada farklı ağır metal karışımlarının *L. minor* üzerindeki büyümeye etkilerini gözlemlemiştir. Cr+Pb 20,8-02 (mg/L) konsantrasyonlu karışımın, kontrol grubundan daha yüksek büyüme oranı gösterdiği gözlenirken Cr+Pb+Cu 10,4-0,2-3 (mg/L) ve Pb+Cu 0,4-3 mg/L konsantrasyonlu karışımların kontrol grubu ile eşdeğer büyüme oranı gösterdiği gözlemlenmiştir. Farklı konsantrasyonlardaki karışımların büyümeye etkisinin negatif yönlü olabileceği gibi pozitif yönlüde olacağı sonucu bizim kurmuş olduğumuz çalışmada da gözlemlediğimiz bir sonuç olmuştur. Dirilgen (2011) yapmış olduğu çalışmada Pb ve Hg etkileşiminin *L. minor* üzerindeki büyümeye etkisini istatistiki olarak anlamlı bulmuştur. Yapmış olduğumuz çalışmada Cd ve Pb etkileşiminin büyümeye etkisi değişkenlik göstermesi ile paralellik göstermektedir. Megateli et al (2009) yapmış oldukları çalışmada, *L. gibba'* da Cd, Cu, Zn toksisitesi ve akümülyasyonunu incelemişlerdir. Cd, Cu ve Zn için artan dozlarda bitkinin büyümesinde yavaşlama gözlenen çalışmada toksisite etkisi en fazla Cd' de görülmüş olup Cu ve Zn olarak takip etmiştir. Çalışmamızda toksik etki Pb>Cd olup Pb' nin artan dozları *L. minor* büyümesinde negatif etkiyi doğrusal olarak göstermekte iken Cd' nin artan dozlarında büyüme dalgalanma göstererek azalış göstermiştir.

Hou et al (2007) yapmış oldukları fitoremediasyon çalışmasında Cd ve Cu' nun *L. minor'* de toksik etkilerini incelemişlerdir. Yapmış oldukları çalışma sonucunda Cd, Cu' dan daha toksik bulunmuştur.

Naumann et al (2007) yapmış oldukları çalışmada *L. minor'* de on farklı ağır metalin büyümeye etkisini incelemişlerdir. Ağır metallerin bitkiye göstermiş olduğu toksik etkileri  $Ag^+ > Cd^{2+} > Hg^{2+} > TI^+ > Cu^{2+} > Ni^{2+} > Zn^{2+} > Co^{2+} > Cr(VI) > As(III) > As(V)$  şeklinde sıralamışlardır.

Uysal et al (2007) yapmış oldukları çalışmada 0,005-20,5 ppm dozundaki Cd iyonunun *L. minor'* deki büyüme hızına olan etkisini çalışmışlardır. Yaptıkları çalışma neticesinde

Cd iyonunun *L. minor* için toksik etki gösterdiği ve büyüme hızını düşürdüğü sonucuna ulaşılmıştır. Yapmış olduğumuz çalışma bulunan sonuçları destekler niteliktedir.

#### 4. Sonuç

Çalışmada Pb ve Cd' un *Lemna minor* üzerindeki kombine toksik etkisi incelenmiş olup Pb' nin Cd' ye göre uygulanan deney şartları altında *Lemna minor* için daha toksik olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bununla beraber Cd artan dozlarda toksik etkisini dalgalanma şeklinde gösterirken Pb' de hormesis etkisi gözlenmiş ve ardından artan dozlara paralel artan bir büyüme inhibisyonu saptanmıştır. Kombine toksik etkilerde de her iki metal arasında da farklılıklar gözlendiği gibi benzer taraflarda saptanmıştır. Cd düşük dozlarda additif etki gösterirken artan dozlarla beraber etki sinerjistik olarak kendini gösterir. Pb de ise her doz için sinerjistik etki gözlenmektedir. Ancak gruplarda oluşan toplam sinerjistik etki sayısının gözlenen trendi, paralel dalgalanmalar göstererek Cd' de ve Pb için benzerlik ortaya koymaktadır. Ayrıca gerçekleştirilen çalışma kapsamında, bu iki metalin *Lemna minor* üzerinde antagonistik etkisi gözlenmemiştir.

#### Teşekkür

Bu çalışma Ordu Üniversitesi BAP birimi TF-1525 no'lu yüksek lisans tez projesi kapsamında desteklenmiştir.

#### Kaynaklar:

Alcorlo P, Otero M, Crehuet M, Baltanás A & Montes C (2006). The use of the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*, Girard) as indicator of the bioavailability of heavy metals in environmental monitoring in the River Guadiamar (SW, Spain). *Science of the Total Environment*, **366**: 380–390.

Alloway B J & Ayres D C (1993). *Chemical principles of Environmental Pollution*. Blackie Academic, London ; New York : Blackie Academic & Professional 140-149.

Anonymous (2002). Guidelines for the testing of chemicals. *Lemna* sp. Growth Inhibition Test, Draft guideline 221.

Antunes P M C, Scornaienchi M L & Roshon H D (2012). Copper toxicity to *Lemna minor* modelled using humic acid as a surrogate for the plant root. *Chemosphere* **88**: 389-394

Antón A, Serrano T, Angulo E, Ferrero G & Rallo A (2000). The Use of Two Species of Crayfish as Environmental Quality Sentinels: The Relationship Between

Heavy Metal Content, Cell and Tissue Biomarkers and Physicochemical Characteristics of the Environment. *The Science of the Total Environment*. **247**:239-251.

Basile A, Sorbo S, Conte B, Cobianchi R C, Trinchella F, Capasso C & Carginale V (2012). Toxicity, accumulation, and removal of heavy metals by three aquatic macrophytes. *International Journal of Phytoremediation* **14**: 374-387

Benaduce A P S, Kochhann D, Flores E M M, Dressler V L & Baldisserotto B (2008). *Toxicity of Cadmium for Silver Catfish Rhamdia quelen (Heptapteridae) Embryos and Larvae at Different Alkalinities*, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* **54**:274–282.

Conti E M & Cecchetti E M (2003). A biomonitoring study: Trace metals in algae and mollusks from Tyrrhenian coastal areas. *Environmental Research* **93** 99-112.

Demim S, Drouiche N, Aouabed A, Benayad T, Dendene-Badache O & Semsari S (2013). Cadmium and nickel: Assessment of the physiological effects and heavy metal removal using a response surface approach by *L. gibba*. *Ecological Engineering* **61**: 426-435

Dirilgen N (2011). Mercury and lead: assessing the toxic effects on growth and metal accumulation by *Lemna minor*. *Ecotoxicological and environmental Safety* **74**:48-54.

Doğru M G (2007). Ağır Metal ve Adrenomedullin Uygulamasının Bazı Sıçan Dokularında Antioksidan Savunma Sistemi Üzerine Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya,

Ercal N, Gurer-Orhan H & Aykin-Burns N(2001). Toxic metals and oxidative stress Part I:Mechanisms involved in metal induced oxidative damage. *Current Topics in Medicinal Chemistry*. **1**:529-539.

Ghiani A, Fumagalli P, Nguyen Van T, Gentili R & Citterio S (2014). "The combined toxic and genotoxic effects of Cd and As to plant bioindicator *Trifolium repens* L", *Plos One*, **9**:e99239

Horvat T, Vidakovic-Cifrek Z, Orescanin V, Tkalec M & Pevalek-Kozlina B (2007). Toxicity Assessment of Heavy Metal Mixtures by *Lemna minor*. *Science of The Total Environment* **384**:229-238.

Hou W, Chen X, Song G, Wang Q & Chang C C (2007). Effects of Copper and Cadmium on Heavy Metal Pollut Waterbody Restoration by Duckweed (*Lemna minor*). *Plant Physiology and Biochemistry* **45**:62-69

Khellaf N, Zerdaoui M, Faure O & Leclerc J C (2010). Tolerance to Heavy Metals in the Duckweed, *Lemna minor*. *Ecotoxicology*. **19**:1363–1368.

Megateli S, Semsari S & Couderchet M (2009). Toxicity and removal of heavy metals cadmium, copper, and zinc) by *Lemna gibba*. *Ecotoxicological and Environmental Safety* **72**:1774-1780

Megateli S, Dosnon-Olette R, Trotel-Aziz P, Geffard A, Semsari S & Couderchet M (2013). Simultaneous effects of two fungicides (copper and dimethomorph) on their phytoremediation using *Lemna minor*. *Ecotoxicology* **22**: 683-692

Mudgal V, Madaan N, Mudgal A, Singh R B & Mishra S (2010). Effect of Toxic Metals on Human Health. *The Open Nutraceuticals Journal* **3**: 94-99.

Naumann B, Eberius M & Appenroth K J (2007) Growth rate based dose–response relationships and EC-values of ten heavy metals using the duckweed growth inhibition test (ISO 20079) with *Lemna minor* L. clone St. *Journal of Plant Physiology* **164**:1656–1664

Obermeier M, Schröder C A, Helmreich B & Schröder P (2015). The enzymatic and antioxidative stress response of *Lemna minor* to copper and a chloroacetamide herbicide. *Environmental Science and Pollution Research* **22**:18495-19507

Oukarroum A, Barhoumi L, Pirastru L, Dewez D (2013). Silver nanoparticle toxicity Effect on growth and cellular viability of the aquatic plant *Lemna gibba*. *Environmental Toxicology and Chemistry* **32**: 902-907

Paustenbach D J (2000). The Practice of Exposure Assessment: A State-of-the-art Review. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part b* **3**:179-291

Piston G, Allinson G, Stagnitti F & Colville S (1999). Effect of Selenium on the Growth of *Lemna minor*. *Toxicological & Environmental Chemistry* **71**: 271 – 277.

Prasad M N V, Malec P, Waloszek A, Bojko M & Strzałka K (2001). Physiological Responses of *Lemna trisulca* L. (duckweed) to Cadmium and Copper Bioaccumulation. *Plant Science* **161**:881-889

Tunca E Aydın M & Şahin Ü (2016) Interactions and accumulation differences of metal(loid)s in three sea cucumber species collected from the Northern Mediterranean Sea. *Environmental Science and Pollution Research* **23**:21020–21031

27-Uysal Y, Taner F (2007) The Effect of Cadmium Ions on the Growth Rate of the Freshwater Macrophyte Duckweed *Lemna minor*. *Ekoloji* 16 (62): 9-15.

Uysal Y & Taner F (2009) Effect of Ph, Temperature, and Lead Concentration on The Bioremoval of Lead From Water Using *Lemna Minor*. *International Journal of Phytoremediation* (11): 591–608

Üçüncü E (2011) Su mercimeği kullanarak farklı konsantrasyonlardaki ağır metal karışımlarının laboratuvar ortamında biyoremediasyonu. A.Ü. Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi. Ankara.

Üçüncü E, Tunca E, Fikirdeşici S, Ozkan A D & Altındağ A (2013). Phytoremediation of Cu, Cr and Pb Mixtures by *Lemna minor*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* **91**:600-604

Üçüncü E, Özkan A D, Kurşungöz C, Ülger Z E, Ölmez T T, Tekinay T, Ortaç B & Tunca E (2014). Effects of laser ablated silver nanoparticles on *Lemna minor*. *Chemosphere* 108:251-257

Varga M, Horvatić J & Čelić A (2013). Short term exposure of *Lemna minor* and *Lemna gibba* to mercury, cadmium and chromium. *Central European Journal of Biology* **8**:1083-1093



## ON DISTRIBUTION OF A SEMI-MARKOV RANDOM WALK PROCESS WITH TWO DELAYING BARRIERS

Selahattin MADEN

Ordu University, Faculty of Arts and Sciences,  
Department of mathematics, 52200, Ordu, TURKEY  
(Received April 3, 2017; Accepted June 8, 2017)

### ABSTRACT

---

In this paper, a step process of semi-Markovian random walk with delaying barrier on the zero-level from below and  $a(a > 0)$ -level from upper is constructed mathematically and the Laplace transformation for the distribution function of this is given. Also, the expectation and standard diversion of a boundary functional of the process are given.

**Mathematics Subject Classification:** 60A10, 60J25, 60G50

**Keywords:** Semi-Markov random walk process, Delaying barrier, Laplace transformation.

---

[maden55@mynet.com](mailto:maden55@mynet.com)

### 1. Introduction

In recent years, random walks with one or two barriers are being used to solve a number of very interesting problems in the fields of inventory, queues and reliability theories, mathematical biology etc. Many good monographs in this field exist in literature (see references Afanas'eva et al. 1983; Feller 1968 and etc.).

In particular, a number of very interesting problems of stock control, queues and reliability theories can be expressed by means of random walks with two barriers. These barriers can be reflecting, delaying, absorbing, elastic, etc., depending on concrete problems at hand. For instance, it is possible to express random levels of stock in a warehouse with finite volumes or queuning systems with finite waiting time or sojourn time by means of random walks with two delaying barriers. Furthermore, the functioning of stochastic systems with spare equipment can be given by random walks with two barriers, one of them is delaying and the other one is any type barrier.

It is known that the most of the problems of stock control theory is often given by means of random walks or random walks with delaying barriers (see Afanas'eva et al. 1983; Borovkov 1972 , etc.). Numerous studies have been done about step processes of

semi-Markovian random walk with two barriers of their practical and theoretical importance. But in the most of these studies the distribution of the process has free distribution. Therefore the obtained results in this case are cumbersome and they will not be useful for applications (Afanas'eva et al. 1983; Gihman 1975 and etc.). For the problem considered in this study, it is considered a semi-Markov random walk with two delaying barriers, and the process representing the quantity of the stock has been given by using a random walk and a renewal process. Such models were rarely considered in literature. The practical state of the problem mentioned above is as follows.

Suppose that some quantity of a stock in a certain warehouse is increasing or decreasing in random discrete portions depending to the demands at discrete times. Then, it is possible to characterize the level of stock by a process called the semi-Markovian random walk process. But sometimes some problems occur in stock control theory such that in order to get an adequate solution we have to consider some processes which are more complex than semi-Markovian random walk processes. For example, if the borrowed quantity is demanded to be added to the warehouse immediately when the quantity of demanded stock is more than the total quantity of stock in the warehouse then, it is possible to characterize the level of stock in the warehouse by a stochastic process called as semi-Markovian random walk processes with delaying barrier at zero-level. Also since the volume of warehouse is finite in real cases, the supply coming to the warehouse is stopped until the next demand when the warehouse becomes full. In order to characterize the quantity of stock in the warehouse under these conditions it is necessary to use a stochastic process called as semi-Markovian random walk process with two delaying barriers. Note that semi-Markovian random walk processes with two delaying barriers, have not been considered enough in literature. This type problems may occur, for example, in the control of military stocks, refinery stocks, reserve of oil wells, and etc.

## **2. Construction of the Process**

Suppose  $\{(\xi_i, \eta_i)\}$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots$  is a sequence of identically and independently distributed pairs of random variables, defined on any probability space  $(\Omega, \mathcal{F}, P)$  such that  $\xi_i$ 's are positive valued, i.e.,  $P\{\xi_i > 0\} = 1$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots$ . In addition, the random

variables  $\xi_i$  and  $\eta_i$  are mutually independent as well. Also let us denote the distribution function of  $\xi_1$  and  $\eta_1$

$$\Phi(t) = P\{\xi_1 < t\}, F(x) = P\{\eta_1 < x\}, t \in \mathbb{R}^+, x \in \mathbb{R},$$

respectively.

By using the random pairs  $(\xi_i, \eta_i)$ , we can construct a step process of a semi-Markov random walk

$$X_1(t) = \sum_{i=1}^n \eta_i, \text{ if } \sum_{i=0}^{n-1} \xi_i \leq t < \sum_{i=0}^n \xi_i, n \geq 1$$

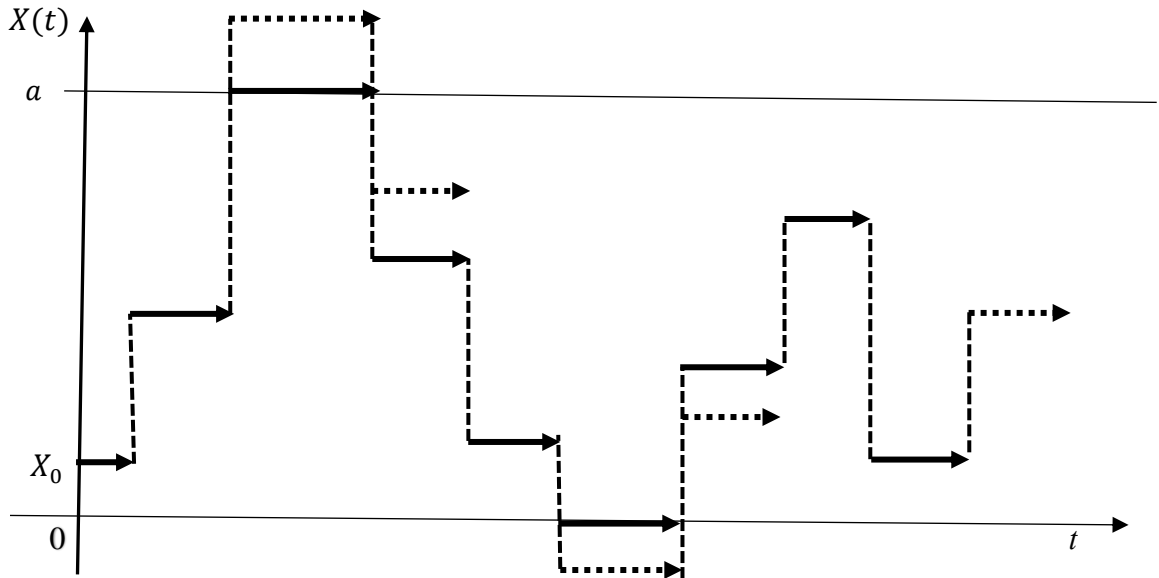
where  $\xi_0 = 0$  and  $\eta_0 = z \in (0, a)$ . Now, let us delay this process by a delaying barrier at zero level as follows:

$$X_2(t) = X_1(t) - \inf_{0 \leq s \leq t} \{0, X_1(s)\}.$$

This process forms a step process of semi-Markovian random walk with delaying barrier on the zero-level. Then, the process  $X_2(t)$  is delayed by a delaying barrier on  $a(a > 0)$ -level:

$$X(t) = X_2(t) - \sup_{0 \leq s \leq t} \{0, X_2(s) - a\}.$$

The process  $X(t)$  forms a step process of semi-Markovian random walk with delaying barriers on the zero-level and on the  $a(a > 0)$ .



**Fig. 1.** A View of a Step Process of Semi-Markov Random Walk with Two Delaying Barriers

Now, the process  $X(t)$  is restated by means of the sequence of identically and independently distributed random pairs  $\{(\xi_i, \eta_i)\}$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots$ , as follows:

$$X(t) = X_n, \text{ if } \sum_{i=0}^{n-1} \xi_i \leq t < \sum_{i=0}^n \xi_i, n \geq 1,$$

where

$$X_n = \min\{a, \max\{0, X_{n-1} + \eta_n\}\}, n \geq 1,$$

and  $X_0 = z \in (0, a)$ .

Note that a lot of very interesting problems of stock control theory are expressed and solved by using this type processes.

The aim of this study is to determine the Laplace transform for the distribution function with one dimensional of this process when the random variable  $\eta_1$  has the Laplace distribution. For this reason, let us introduce the following notations: Let us denote the conditional distribution function with one dimensional of this process by

$$R(t, x|z) = P[X(t) < x | X(0) = z].$$

The Laplace transformation with the time of the conditional distribution function of the process is denoted by

$$\tilde{R}(\theta, x|z) = \int_{t=0}^{\infty} e^{-\theta t} R(t, x|z) dt, \theta > 0.$$

Also, let us denote the Laplace transformation with the time and the Laplace - Stieltjes transformation by the phase of the conditional distribution function of the process is denoted by

$$\tilde{\tilde{R}}(\theta, \alpha|z) = \int_{x=0}^{\infty} e^{-\alpha x} d_x \tilde{R}(\theta, x|z).$$

In order to convenient, let us denote the Laplace transformation of random variable  $\xi_1$  by

$$\varphi(\theta) = E[e^{-\theta \xi_1}].$$

Finally, let us denote that  $\mathcal{E}(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$ .

### 3. The Integral Equation for $\tilde{R}(\theta, \alpha|z)$

In this section we give an integral equation for the Laplace transformation with the time and the Laplace - Stieltjes transformation by the phase of the conditional distribution function  $R(t, x|z)$  of the process  $X(t)$ . For this, we can state the following theorem:

**Theorem 1.** Under above representations, we have

$$\begin{aligned} \tilde{R}(\theta, \alpha|z) &= \frac{1-\varphi(\theta)}{\theta} \mathcal{E}(x-z) + \varphi(\theta) \left[ \tilde{R}(\theta, \alpha|a) P\{\eta_1 > a-z\} \right. \\ &\quad \left. + \tilde{R}(\theta, \alpha|0) P\{\eta_1 < -z\} + \int_{y=0}^a \tilde{R}(\theta, \alpha|y) d_y P\{\eta_1 < y-z\} \right] \end{aligned} \quad (3.1)$$

**Proof:** According to the total probability formula, it is obvious that

$$\begin{aligned} R(t, x|z) &= P[X(t) < x|X(0) = z] \\ &= P\{X(t) < x; \xi_1 > t|X(0) = z\} + P\{X(t) < x; \xi_1 < t|X(0) = z\} \\ &= P\{z < x; \xi_1 > t\} + \int_{s=0}^t P\{\xi_1 \in ds\} \\ &\quad \times \int_{y=0}^a P\{\min\{a, \max\{0, z + \eta_1\}\} \in dy\} P\{X(t-s) < x|X(0) = y\} \\ &= \mathcal{E}(x-z) P\{\xi_1 > t\} + \int_{s=0}^t P\{\xi_1 \in ds\} \\ &\quad \times \int_{y=0}^a P\{\min\{a, \max\{0, z + \eta_1\}\} \in dy\} R(t-s, x|y) \end{aligned} \quad (3.2)$$

By applying the Laplace transformation on the both side of (3.2) with respect to  $t$ , i.e., multiplying both sides of (3.1) by  $e^{-\theta t}$ , integrating with respect to  $t$  from 0 to  $\infty$ , and taking into account the definition of  $\tilde{N}(\theta|z)$ , we have

$$\begin{aligned} \tilde{R}(\theta, x|z) &= \int_{t=0}^{\infty} e^{-\theta t} R(t, x|z) dt \\ &= \mathcal{E}(x-z) P\{\xi_1 > t\} + \int_{t=0}^{\infty} e^{-\theta t} P\{\xi_1 > t\} dt \\ &\quad + \int_{y=0}^a P\{\min\{a, \max\{0, z + \eta_1\}\} \in dy\} \\ &\quad \times \int_{t=0}^{\infty} e^{-\theta t} \int_{s=0}^t P\{\xi_1 \in ds\} R(t-s, x|y) dt. \end{aligned} \quad (3.3)$$

We note that

$$\varphi(\theta) = \int_{t=0}^{\infty} e^{-\theta t} P\{\xi_1 < t\} dt.$$

Thus, we can write

$$\begin{aligned}
 \tilde{R}(\theta, \alpha|z) &= \int_{t=0}^{\infty} e^{-\alpha x} d_x \tilde{R}(\theta, x|z) \\
 &= \frac{1-\varphi(\theta)}{\theta} \mathcal{E}(x-z) + \varphi(\theta) \int_{y=0}^a P\{\min\{a, \max\{0, z + \eta_1\}\} \in dy\} \tilde{R}(\theta, x|y) \\
 &= \frac{1-\varphi(\theta)}{\theta} \mathcal{E}(x-z) + \varphi(\theta) \left[ \tilde{R}(\theta, \alpha|a) P\{\eta_1 > a-z\} \right. \\
 &\quad \left. + \tilde{R}(\theta, \alpha|0) P\{\eta_1 < -z\} + \int_{y=0}^a \tilde{R}(\theta, \alpha|y) d_y P\{\eta_1 < y-z\} \right],
 \end{aligned}$$

and therefore, the Theorem is proved.

The integral equation (3.1) can be solved by method of successive approximations for arbitrarily distributed random variables  $\xi_i$  and  $\eta_i$ ,  $i \geq 1$ , but it is unsuitable for applications. On the other hand, this equation has a solution in explicit form in the class of Laplace distributions. For example, let the random walk follow the compound Laplace distribution. We introduce random variable  $\eta_1 = \eta_1^+ - \eta_1^-$  in which random variables  $\eta_i^+$  and  $\eta_i^-$  are distributed as follows:

$$F_{\eta_1^+}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1 - e^{-\lambda x}, & x > 0, \quad \lambda > 0, \end{cases}$$

and

$$F_{\eta_1^-}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1 - e^{-\mu x}, & x > 0, \quad \mu > 0, \end{cases}$$

respectively. Then it is easy to see that the distribution function of random variable  $\eta_1$  has the form

$$F_{\eta_1}(x) = P\{\eta_1 < x\} = \begin{cases} \frac{\lambda}{\lambda+\mu} e^{\mu x}, & x < 0, \quad \lambda > 0, \quad \mu > 0, \\ 1 - \frac{\mu}{\lambda+\mu} e^{-\lambda x}, & x > 0, \quad \lambda > 0, \quad \mu > 0, \end{cases} \quad (3.4)$$

and the probability density function of its has the form

$$f_{\eta_1}(t) = \frac{d[F_{\eta_1}(t)]}{dt} = \begin{cases} \frac{\lambda\mu}{\lambda+\mu} e^{\mu t}, & t < 0, \\ \frac{\lambda\mu}{\lambda+\mu} e^{-\lambda t}, & t > 0, \end{cases} \quad (3.5)$$

(see, Nasirova et al. 2009). The distribution function given by (3.4) is called the compound Laplace distribution function of order (1,1) and denote by  $L(1^+, 1^-)$ . In this case, the integral equation (3.1) can be rewritten as follows:

$$\begin{aligned}
 \tilde{R}(\theta, \alpha|z) &= \int_{t=0}^{\infty} e^{-\alpha x} d_x \tilde{R}(\theta, x|z) \\
 &= \frac{1-\varphi(\theta)}{\theta} e^{-\alpha z} + \frac{\mu}{\lambda+\mu} \varphi(\theta) \tilde{R}(\theta, \alpha|a) e^{-\lambda(a-z)} \\
 &\quad + \frac{\lambda}{\lambda+\mu} \varphi(\theta) \tilde{R}(\theta, \alpha|0) e^{-\mu z} + \frac{\lambda\mu}{\lambda+\mu} \varphi(\theta) e^{-\mu z} \int_{y=0}^z \tilde{R}(\theta, \alpha|y) e^{\mu y} dy \\
 &\quad + \frac{\lambda\mu}{\lambda+\mu} \varphi(\theta) e^{\lambda z} \int_z^a \tilde{R}(\theta, \alpha|y) e^{-\lambda y} dy
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

By using the integral equation (3.6), we obtain the ordinary differential equation with constant coefficients

$$\begin{aligned}
 \tilde{R}''(\theta, \alpha|z) - (\lambda - \mu) \tilde{R}'(\theta, \alpha|z) - \lambda\mu[1 - \varphi(\theta)] \tilde{R}(\theta, \alpha|z) \\
 = \frac{1-\varphi(\theta)}{\theta} (\lambda - \mu)(\alpha + \lambda) e^{-\alpha z}.
 \end{aligned} \tag{3.7}$$

This equation has a characteristic equation

$$k^2(\theta) - (\lambda - \mu)k(\theta) - \lambda\mu[1 - \varphi(\theta)] = 0. \tag{3.8}$$

and so, it has a general solution in the form

$$\tilde{R}(\theta, \alpha|z) = C_1(\theta) e^{k_1(\theta)z} + C_2(\theta) e^{k_2(\theta)z} + \frac{(1-\varphi(\theta))(\alpha-\mu)(\alpha+\lambda)}{\theta(\alpha+k_1(\theta))(\alpha+k_2(\theta))} e^{-\alpha z} \tag{3.9}$$

where  $k_1(\theta)$  and  $k_2(\theta)$  are roots of the characteristic equation (3.8).

Now, we should find  $C_i(\theta), i = 1, 2$ . The following system is obtained from the initially boundary conditions for differential equation (3.7) from integral equation (3.6), by taking zero instead of  $z$ :

$$\begin{cases}
 \tilde{R}(\theta, \alpha|0) = \frac{1-\varphi(\theta)}{\theta} + \frac{\mu}{\lambda+\mu} \varphi(\theta) \tilde{R}(\theta, \alpha|a) e^{-\lambda a} \\
 \quad + \frac{\lambda}{\lambda+\mu} \varphi(\theta) \tilde{R}(\theta, \alpha|0) + \frac{\lambda\mu}{\lambda+\mu} \varphi(\theta) \int_0^a \tilde{R}(\theta, \alpha|y) e^{-\lambda y} dy \\
 \tilde{R}'(\theta, \alpha|0) = -\alpha \frac{1-\varphi(\theta)}{\theta} + \frac{\lambda\mu}{\lambda+\mu} \varphi(\theta) \tilde{R}(\theta, \alpha|a) e^{-\lambda a} \\
 \quad - \frac{\lambda\mu}{\lambda+\mu} \varphi(\theta) \tilde{R}(\theta, \alpha|0) + \frac{\lambda^2\mu}{\lambda+\mu} \varphi(\theta) \int_0^a \tilde{R}(\theta, \alpha|y) e^{-\lambda y} dy
 \end{cases} \tag{3.10}$$

By substituting these expressions on the left hand of (3.9) instead of the desired function under the integral into (3.10), we obtain the system of algebraic equations in relation to  $C_i(\theta), i = 1, 2$ . Thus we have

$$\begin{cases} \tilde{\tilde{R}}(\theta, \alpha|0) = C_1(\theta) + C_2(\theta) + \frac{(1-\varphi(\theta))(\alpha-\mu)(\alpha+\lambda)}{\theta(\alpha+k_1(\theta))(\alpha+k_2(\theta))} \\ \tilde{\tilde{R}}'(\theta, \alpha|0) = k_1(\theta)C_1(\theta) + k_2(\theta)C_2(\theta) - \alpha \frac{(1-\varphi(\theta))(\alpha-\mu)(\alpha+\lambda)}{\theta(\alpha+k_1(\theta))(\alpha+k_2(\theta))} \end{cases} \quad (3.11)$$

Now, by multiplying the first equality by  $\alpha$  and then adding these equalities side by side, we have

$$\tilde{\tilde{R}}'(\theta, \alpha|0) + \alpha\tilde{\tilde{R}}(\theta, \alpha|0) = (\alpha + k_1(\theta))C_1(\theta) + (\alpha + k_2(\theta))C_2(\theta). \quad (3.12)$$

By using (3.12) and the definition of  $\tilde{R}(\theta, \alpha)$ , we get

$$\tilde{R}(\theta, \alpha) = \int_0^\alpha \tilde{\tilde{R}}(\theta, \alpha|x) dP\{\min\{a, \eta_1\} < x\}.$$

Therefore, we can write

$$\begin{aligned} \tilde{R}(\theta, \alpha) &= \frac{1}{(k_1(\theta)-\lambda)} [k_1(\theta) e^{-(\lambda-k_1(\theta))a} - \lambda] C_1(\theta) \\ &+ \frac{1}{(k_2(\theta)-\lambda)} [k_2(\theta) e^{-(\lambda-k_2(\theta))a} - \lambda] C_2(\theta) \\ &+ \frac{(1-\varphi(\theta))(\alpha-\mu)}{\theta(\alpha+k_1(\theta))(\alpha+k_2(\theta))} [\alpha e^{-(\alpha+\lambda)a} + \lambda]. \end{aligned} \quad (3.13)$$

and from this, we have

$$\lim_{\theta \rightarrow 0} \theta \tilde{R}(\theta, \alpha) = \frac{(\lambda-\mu)}{\lambda^2-\mu^2} e^{-(\lambda-\mu)a} \left[ \frac{\lambda(\alpha+\lambda)}{\alpha+\lambda-\mu} + \frac{\mu(\alpha-\mu)}{\alpha+\lambda-\mu} e^{-(\alpha+\lambda-\mu)a} \right].$$

On the other hand, the process  $X(t)$  is ergodic since  $P\{\eta_1 > 0\} > 0$  and  $P\{\eta_1 < 0\} > 0$  (see Nasirova 1984.). Hence the Tauberian Theorem can be used:

$$\tilde{R}(\alpha) = \lim_{\theta \rightarrow 0} \theta \tilde{R}(\theta, \alpha).$$

So, we get

$$\tilde{R}(\alpha) = \frac{(\lambda-\mu)}{\lambda^2-\mu^2} e^{-(\lambda-\mu)a} \left[ \frac{\lambda(\alpha+\lambda)}{\alpha+\lambda-\mu} + \frac{\mu(\alpha-\mu)}{\alpha+\lambda-\mu} e^{-(\alpha+\lambda-\mu)a} \right], \quad \lambda > \mu. \quad (3.14)$$

Now we can derive  $E[X]$  and  $D[X]$ , expectation and standard diversion of the the ergodic distribution of the process  $X(t)$  from (3.14). We use  $X$  to denote the random variable, for which the following equality holds:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} P\{X(t) < x\} = P\{X < x\}.$$

Since  $\tilde{R}(\alpha)$  is a Laplace transformation, it is known that



$$E[X] = -\tilde{R}'(0) \text{ and } D[X] = \tilde{R}''(0) - [\tilde{R}'(0)]^2.$$

Thus, by considering (3.14), it is obtained that

$$E[X] = -\frac{\mu}{(\lambda-\mu)(\lambda^2-\mu^2e^{-(\lambda-\mu)a})} [\lambda - \lambda e^{-(\lambda-\mu)a} - \mu a(\lambda - \mu)e^{-(\lambda-\mu)a}], \quad \lambda > \mu,$$

and

$$D[X] = \frac{1}{(\lambda^2 - \mu^2 e^{-(\lambda-\mu)a})^2} [-\mu^2 a^2 \lambda^2 e^{-(\lambda-\mu)a} - 2\mu a \lambda (\lambda + \mu) e^{-(\lambda-\mu)a}] \\ - \frac{2\lambda\mu^2}{(\lambda - \mu)} e^{-(\lambda-\mu)a} - \frac{2\lambda\mu(\lambda^2 + \mu^2 + \lambda\mu)}{(\lambda - \mu)^2} e^{-(\lambda-\mu)a} - \frac{\lambda^2\mu(2\lambda - \mu)}{(\lambda - \mu)^2}.$$

## REFERENCES

- Afanas'eva, L. G., Bulinskaya, E. V., 'Some asymptotical results for random walks in a strip' *Teor. Veroyatn. Primen.* 29, 4, 658-668 (1983).
- Borovkov, A. A., *Stochastic Processes in The Theory of Queues*, Nauka, Moscow 1972.
- Feller, W., *An Introduction to Probability Theory and Its Applications*, Vol. I, Wiley, New York 1968.
- Gihman, I. I., Skorohod, A. V., *The Theory of Stochastic Processes II*, Springer-Verlag, 1975.
- Lotov, V. I., 'On the asymptotics of distributions in two-sided boundary problems for random walks defined on a Markov chain', *Sib. Adv. Math.* 1, 3, 26-51 (1991).
- Nasirova, T. I., *Processes of Semi-Markov Walk*, ELM, Baku, 1984.
- Nasirova, T. I., and Sadikova, R. I., 'Laplace Transformation of the Distribution of the Time of System Sojourns within a Band', *Automatic Control and Computer Sciences*, Vol. 43, No. 4, 190–194 (2009).
- Nasirova, T. I., and Shamilova, B. G., 'Investigation of Some Probabilistic Characteristics of One Class of Semi Markov Wandering with Delaying Screens', *Automatic Control and Computer Sciences*, Vol. 48, No. 2, 109–119 (2014).
- Nasirova, T. I., Sadikova, R. I., and Ibaev, E. A., 'Determination of the Mean and Mean Square Deviations of the System Level', *Automatic Control and Computer Sciences*, Vol. 49, No. 1, 37–45 (2015).
- Prabhu, N. U., *Stochastic Storage Processes*, New York, Heidelberg: Springer-Verlag, 1981.
- Spitzer, F., *Principles of Random Walk*, Van Nostrand, Princeton, 1969.

# WAVELET ANALİZ TEKNİĞİ VE UYGULAMA ALANLARI

İlhan Volkan ÖNER<sup>1\*</sup>, Muhammet Kaan YEŞİLYURT<sup>1</sup>, Efe Çetin YILMAZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi Pasinler Meslek Yüksekokulu Teknik Programlar

(Geliş Tarihi: 20.09.2016; Kabul Tarihi: 18.01.2017)

## Özet

Deneysel çalışmalardan elde edilen veriler çeşitli yöntemlerle analiz edilmektedir. Bu yöntemlerin başında Wavelet (dalgacık) analizi gelmektedir. Bu yöntemin en önemli özelliği sinyali yerel olarak analizinin yapılabilmesidir. Tekniğin bu özelliği ile büyük bir sinyal küçük bir alanda analiz edilebilmektedir. Bu analiz metodu sinyali zaman ölçek alanında analiz edilmesine olanak tanır ve böylece hem uzun zaman aralığında alçak frekans bilgisi, hem de kısa zaman aralığında yüksek frekans bilgisi tanımlanır. Bu avantajlarından dolayı, Wavelet analiz tekniği zaman serilerinin analizinde içten yanmalı motorlarda silindir içi basınç verilerinin analizinden Parkinson hastalarının veri analizine kadar birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, wavelet analiz tekniği ve uygulama alanları hakkında detaylı bir bilgi verilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Wavelet Analiz tekniği, Zaman Serisi.

## WAVELET ANALYSIS TECHNIQUES AND APPLICATION AREAS

### Abstract

The data obtained from experimental studies are analyzed using various methods. The main method among all is the wavelet analysis. The most important feature of this method is that signals can be locally analyzed, whereby a large signal can be analyzed in a small area. This analysis method enables signals to be analyzed on time domain and thus both low frequency information at a long time interval and high frequency information in short time interval can be defined. Because of these advantages; wavelet analysis method is used in the analysis of time series and in a large variety of fields from the cylinder pressure data of internal combustion engines to data from Parkinson disease. This study aims to provide information on wavelet analysis method and its applications.

**Keywords:** Wavelet analysis technique, Time Series.

---

[\\*ivoner@atauni.edu.tr](mailto:ivoner@atauni.edu.tr)

## 1.Giriş

Bir sinyal, fiziksel bir büyüklüğü veya değişkeni temsil eden bir fonksiyondur, ve tipik olarak olgunun doğası veya davranışı hakkında bilgi içerir. Sinyalleri; sürekli-ayrık, analog-dijital, gerçek-karmaşık, belirli-rastgele, tek-çift, periyodik-periyodik olmayan, enerji ve güç sinyalleri olarak gruplandırabiliriz (Hsu 1995).

Bir sinyal sonlu ve sonsuz aralıktaki bütün değerleri alabiliyorsa buna sürekli sinyal veya analog sinyal denir. Sinyal değerleri sonlu değer kümesindeki değerleri alabiliyorsa buna da ayrık ya da dijital sinyal denir. Bir sinyalin işlenebilmesi için sinyalin, sayısal sinyal olması gerekmektedir. Eğer sinyal sürekli sinyal ise önce örnekleme, sonra niceleme yapılarak sayısal sinyale dönüştürülmesi gerekir. (Oppenheim et al 1997)

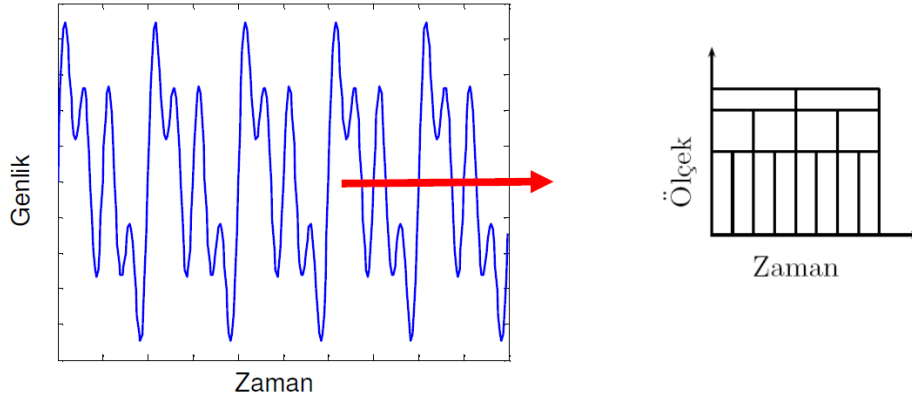
Bir fiziksel büyüklüğün bir veya birden çok bağımsız değişkene göre durumunu izah eden gözlemler topluluğuna zaman serisi denir. Zaman serilerinde bağımsız değişken genellikle zamandır. Matematiksel olarak tanımlandığında (t) ye bağlı bir  $g(t)$ fonksiyonu şeklinde tanımlanır. Veriler sürekli bir şekilde kaydediliyorsa elde edilen seriler sürekli seriler, belirli aralıklarda kaydediliyorsa ayrık seriler adını alır. Sürekli serilerdeki veri boyutunun fazla olması nedeniyle, içinden örnekleme yapılarak ayrık diziler oluşturulur. Günümüzde, birçok fiziksel büyüklük sürekli ve ayrık sinyal olarak gösterilmekte ve bu sinyallerin analizinde yaygın olarak Wavelet (dalgacık) analizi kullanılmaktadır. Bu çalışmada; sinyal analizinde sıkça kullanılan Wavelet dönüşümü ve uygulama alanları hakkında bilgi verilecektir.

## 2.Wavelet Dönüşümü

Wavelet (Dalgacık) dönüşümü, bir işaretin zaman-frekans analizi için kullanılan bir dönüşüm türüdür. Özellikle sismik verilerin incelenmesi sırasında yaşanan problemler “Sürekli Dalgacık Dönüşümünün” gelişmesine olanak sağlamıştır. Daha sonraları ise dalgacık analizinin çok çeşitli sinyal tiplerine uygulanabilir olduğu görülmüştür (Durand &Froment, 2001; Yong et all, 2009). Yapılan çalışmalarda sinyallerde süreksizlik tanısında (kalp grafiklerinin yorumlanması örnek verilebilir) ve sinyalden gürültü temizlemede dalgacık dönüşümünden önemli ölçüde yararlanılmıştır (Taswell 1999) Adından da anlaşıldığı gibi wavelet (dalgacık) dönüşümü dalgacıklar yardımı ile yapılmaktadır. Kısa zamanlı Fourier dönüşümüne (KZFD) benzer olarak dalgacık

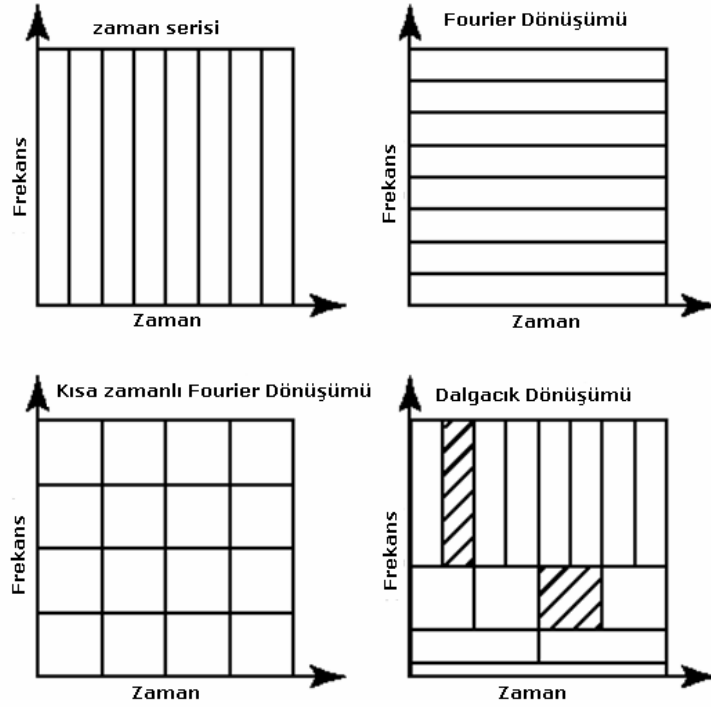
dönüşümünde pencere görevini ana dalgacık denilen bir fonksiyon üstlenir, fakat bu ana dalgacık dönüşüm işlemi süresince hem ölçeklenir hem de ötelenir. Ölçekleme dalğanın genişletilip daraltılmasına, öteleme ise zaman ekseninde dalğanın kaydırılmasına karşılık gelir (Arı et al 2008).

KZFD'de dönüşüm boyunca sabit kalan pencere fonksiyonunun genişliği wavelet (dalgacık) dönüşümünde sürekli değiştiğinden, hem zaman hem de frekans domeninin çözünürlüğü artmaktadır, bu da wavelet (dalgacık) dönüşümünü Fourier dönüşümünden daha üstün kılmaktadır. Dalgacık analizi; kısa zamanlı Fourier analizinin aksine zaman frekans alanını değil, zaman-ölçek alanını kullanır. Şekil 2.1 dalgacık analizi sonucunda sinyalde ölçek ve zaman değişimini göstermektedir.



**Şekil 2.1.** Dalgacık analizinde ölçek-zaman alanı.

Diğer taraftan Şekil 2.2'de Fourier, kısa zamanlı Fourier ve wavelet (dalgacık) dönüşümlerinin zaman-frekans domeninde çözünürlükleri göstermektedir. Kısaca özetlemek gerekirse; Fourier dönüşümü bize frekans bilgisini verir ama bu frekansların ne zaman oluştuğunu belirtemez. Kısa Zamanlı Fourier dönüşümünde zaman-frekans çözünürlüğü sabittir yani KZFD'de zaman penceresi bütün frekanslarda değişmeyen büyüklüktedir. Wavelet (dalgacık) dönüşümünde ise bu çözünürlük ayarlanabilmektedir.



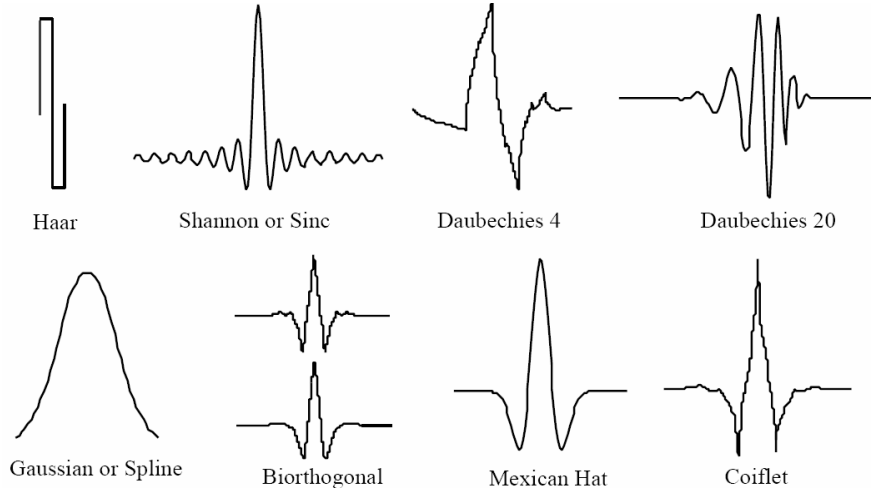
Şekil 2.2. Dönüşümlerin zaman-frekans çözünürlüğü bakımından karşılaştırma

Wavelet (dalgacık) dönüşümünün en önemli parametresi dalgacıktır. Fourier dönüşümündeki pencere fonksiyonunun görevini, wavelet (dalgacık) dönüşümünde ana dalgacık fonksiyonları yerine getirir. Bir fonksiyonun dalgacık olabilmesi, süresinin sınırlı ve ortalama değerinin sıfır olması koşullarına bağlıdır. Bu nedenle dalgacık fonksiyonu genlik ekseninin pozitif ve negatif yönlerinde salınım yapmalı ve bu salınım, zaman ekseninde ilerledikçe genlik ekseninde sifıra oturarak sona ermelidir. Sinüs ve kosinüs gibi normal bir dalga fonksiyonu ise genlik ekseninde salınım yapar ve sonsuz süreye sahiptir, yani  $\pm\infty$  arasında sürekli salınım yapar. Bu nedenle de dalga ve dalgacık farklı kavramlardır. Farklı özellik ve kullanım amaçlarına sahip birçok ana dalgacık mevcuttur. Dalgacık terimi, küçük dalga anlamında dalgacık olarak ifade edilir. Buradaki küçüklük belirli uzunlukta pencere fonksiyonu olarak tanımlanabilir. Buradaki ana kelimesi ise bir ana fonksiyondan dönüşüm tekniği ile türetilip değişik alanları desteklemek için oluşturulan fonksiyonlardır. Diğer bir ifade ile ana dalgacık bir prototiptir. Dalgacık nitelik yönünden ele alınacak olursa aşağıdaki iki koşulu sağlayan bir gerçek değerli  $\psi(x)$  fonksiyonu olması gerekir.

$$\left(\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(x) dx = 0\right) \quad (1)$$

$$\left(\int_{-\infty}^{+\infty} \psi^2(x) dx = 1\right) \quad (2)$$

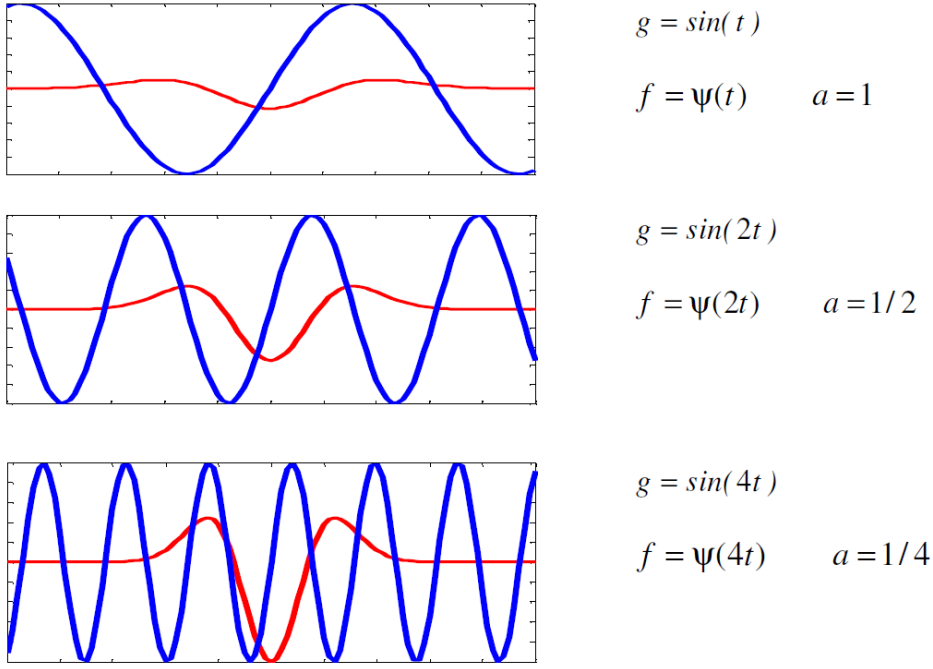
Dalgacık dönüşümünde kullanılan bazı ana dalgacık fonksiyonları Şekil 2.3'te verilmiştir. Şekil 2.3'ten de görüldüğü gibi ana dalgacıklar genlik ekseninde salınım yaparak sıfıra oturmaktadır.



**Şekil 2.3.** Örnek dalgacık şekilleri (Fugal 2016)

Wavelet (dalgacık) dönüşümünde ölçek parametresi 'a' ile gösterilir ve frekans ile ilişkilidir. Büyük ölçekler düşük frekanslara, küçük ölçekler de yüksek frekanslara karşılık düşerler. Dalgacık dönüşümü ile işaret analizi yapıldığında kullanılan ölçek küçük değerde ise bu durumda üzerinde çalışılan işaretle bulunan yüksek frekanslı bileşenler daha rahat ayırt edilebilirler. Bunun tersine ise ölçek büyük tutulduğunda düşük frekanslı işaretler daha kolay ayırt edilebilecektir.

Bu parametreler Şekil 2.4'de bir örnek üzerinde dalgacığa nasıl etki ettiği açıklanmaya çalışılmıştır. İlgili şekilde bir dalgacık üzerinde ölçeklemeyi belirleyen 'a' parametresinin 1, 1/2 ve 1/4 olarak seçimi durumunda dalgacık fonksiyonu gösterilmiştir. Aynı zamanda sinüsoidal bir sinyalde frekansın artırılması ile dalgacıkta ölçek azaltılmasının benzer olduğu da gösterilmeye çalışılmıştır.



**Şekil 2.4.** Ölçek  $\alpha$  parametresinin 1, 1/2 ve 1/4 olarak seçimi.

Öteleme parametresi, Fourier dönüşümündeki pencerenin kaydırılması işlemi gibi düşünülebilir. KZFD'de işaretin seçilen pencere genişliği içinde kalan kısmının durağan olduğu kabul edilip işaretin sadece bu kısma Fourier dönüşümü uygulanmaktadır. Daha sonra pencere, genişliği bozulmadan  $k$  süresi kadar kaydırılıp bu kısım için Fourier dönüşümü uygulanarak işaretin sonuna kadar aynı süreç tekrar edilmektedir. Dalgacık dönüşümünde pencere görevini gören ana dalgacık fonksiyonu uygulamaya bağlı olarak seçildikten sonra işaretin başlangıç noktasına konumlandırılır. İşaretin ana dalgacık fonksiyonu tarafından kaplanan kısmı için dalgacık dönüşümü yapılır. Daha sonra ana dalgacık fonksiyonu kaydırılarak işaretin diğer kısımları için wavelet (dalgacık) dönüşümü uygulanır. Bu işlemler sinyal sonuna kadar tekrarlanır. Özetle, ölçekleme parametresi ana dalgacığı genişletip sıkıştırarak şeklini değiştirirken, öteleme parametresi zaman ekseninde kaydırarak konumunu değiştirir. Ölçekleme ve öteleme sırasında ana dalgacık enerjisi korunur. Bir ana dalgacığın başlangıçtaki enerjisi, ölçeklenmeye ve ötelenmeye tabi tutulmasının ardından aynı kalır (Altay 2010).

## **2.1. Sürekli Dalgacık Dönüşümü (SDD)**

SDD, dalgacık fonksiyonunun kaydırılıp bir ölçek ile çarpılmasından sonra, zaman alanı boyunca toplanmasıyla elde edilir ve aşağıdaki gibi hesaplanır (Arı et al 2008).

$$SDD_{(s,\tau)} = \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) \cdot \psi_{s,\tau}^*(t) dt \quad (3)$$

\* : Kompleks eşleniği temsil eder.

$g(t)$  : dönüşümü yapılacak fonksiyon

$\psi_{s,\tau}(t)$  : Dalgacık ya da ana dalgacık fonksiyonu

$\tau$  : Kaydırma Parametresi

( $\tau > 0$ : zaman ekseninde sağa doğru kayma,  $\tau < 0$ : sola doğru kayma)

$s$  : Ölçek Parametresi

( $s > 1$ : zaman ekseninde fonksiyon genişler ve genliği düşer)

( $s < 1$ : zaman ekseninde fonksiyon daralır ve genlik büyür)

( $s < 0$ :  $t=0$  noktasına göre simetri alınır)

Dalgacık fonksiyonları, bir ana dalgacık fonksiyonundan ölçek ve kaydırma faktörlerinin kullanılmasıyla elde edilir, matematiksel olarak;

$$\psi_{s,\tau}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right) \quad (4)$$

şeklinde tanımlanır. Burada  $1/\sqrt{s}$  faktörü, farklı ölçeklere sahip normalizasyon faktörü olarak açıklanır. Bu eşitlik (32) eşitliğinde yerine konursa; (Arı et al 2008)

$$SDD_{(s,\tau)} = \frac{1}{\sqrt{s}} \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) \cdot \psi_{s,\tau}^*\left(\frac{t-\tau}{s}\right) dt \quad (5)$$

## **2.2. Ayrık Dalgacık Analizi (ADD)**

Elde edilen tüm zaman dizilerinin veri sayısı arttığı zaman, analizin süresi ve hassasiyeti artar. Bunu engellemek için belirli ölçekte gruplar oluşturularak analiz yapılır. Genel olarak (en pratik ve en kullanışlı olan)  $s$  ve  $\tau$  değerlerini ikinin kuvveti olacak şekilde tanımlamaktır. Bu şekilde yapılan dalgacık tanımlanması Ayrık Dalgacık Dönüşü (ADD) olarak adlandırılır. Matematiksel olarak sürekli dalgacık dönüşümünden hiçbir farkı



yoktur. Sadece hesap sınırı, dizinin zaman aralığına, ölçek-kaydırma değerleri de analistin tercihine bağlıdır. Bir zaman dizisinin ADD değeri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Arı et al 2008).

$$ADD_{\tau,s} = \psi(2^s t + \tau) \quad (6)$$

**2.2.1. Dalgacık güç spektrumu (WPS-Wavelet Power Spectrum);** belirli bir ölçek ve bölgedeki sinyal enerjisinin miktarı olarak tanımlanır ve SDD değerinin karesi  $(SDD_{(s,\tau)})^2$  ile ifade edilir. Hem ölçeğe, hem zamana bağlı olan WPS değeri, bir yüzey tarafından gösterilir. Bu yüzeyin konturlarının alınarak bir düzleme çizilmesi, zaman-ölçek gösterimli dalgacık güç spektrumunu oluşturur.

WPS değeri, değişimin baskın modlarını tanımlamaktadır. Bu değer her ölçek için hesaplanmalıdır. Genellikle skolagram olarak ifade edilir ve farklı ölçek veya frekanslardaki değişimin dalgalanmasını iyi bir şekilde ifade tanımlar (Öner et al 2011).

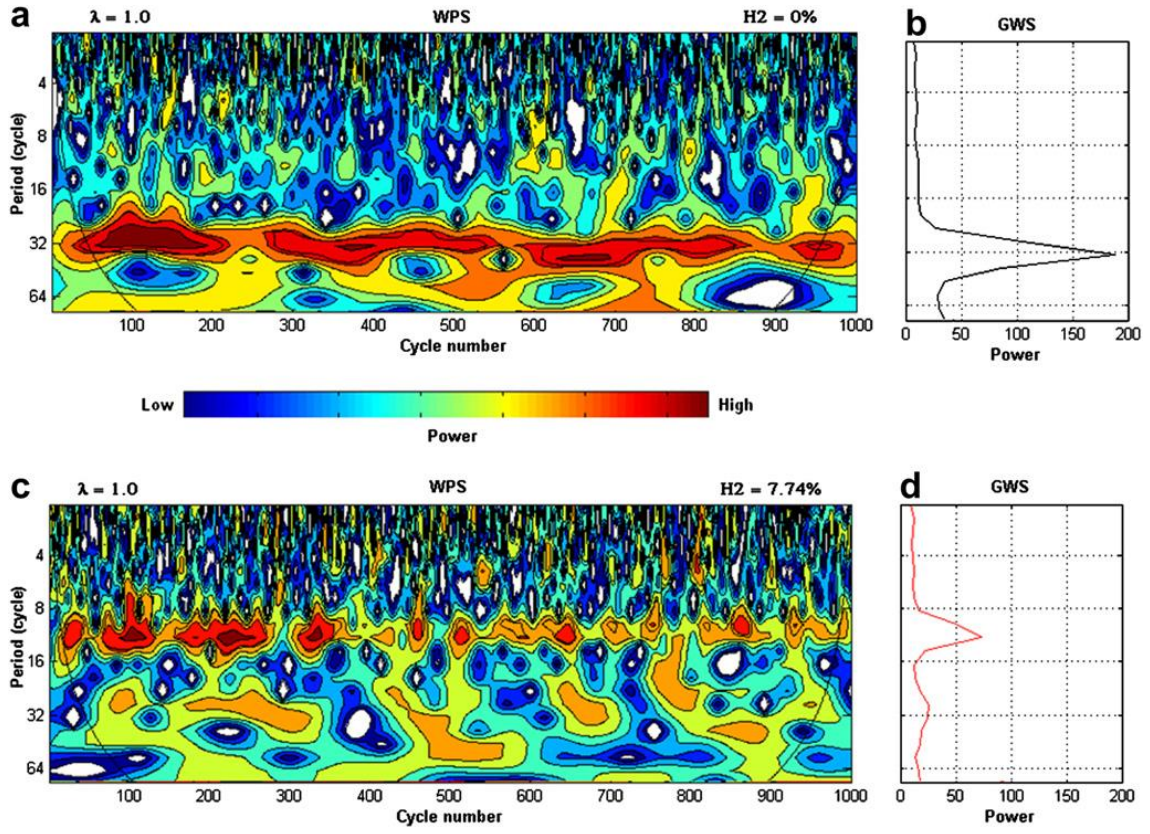
**2.2.2. Global Dalgacık Spektrumu (GWS-Global Wavelet Spectrum);** Zaman dizilerinin spektral özellikleri hakkındaki ilave bilgi, global dalgacık spektrum ile açıklanabilir. GWS tüm motor çevrimleri üzerindeki her bir ölçekteki WPS'nin ortalaması hesaplanarak elde edilmektedir. GWS aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\bar{W}_s^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |W_n(s)|^2 \quad (7)$$

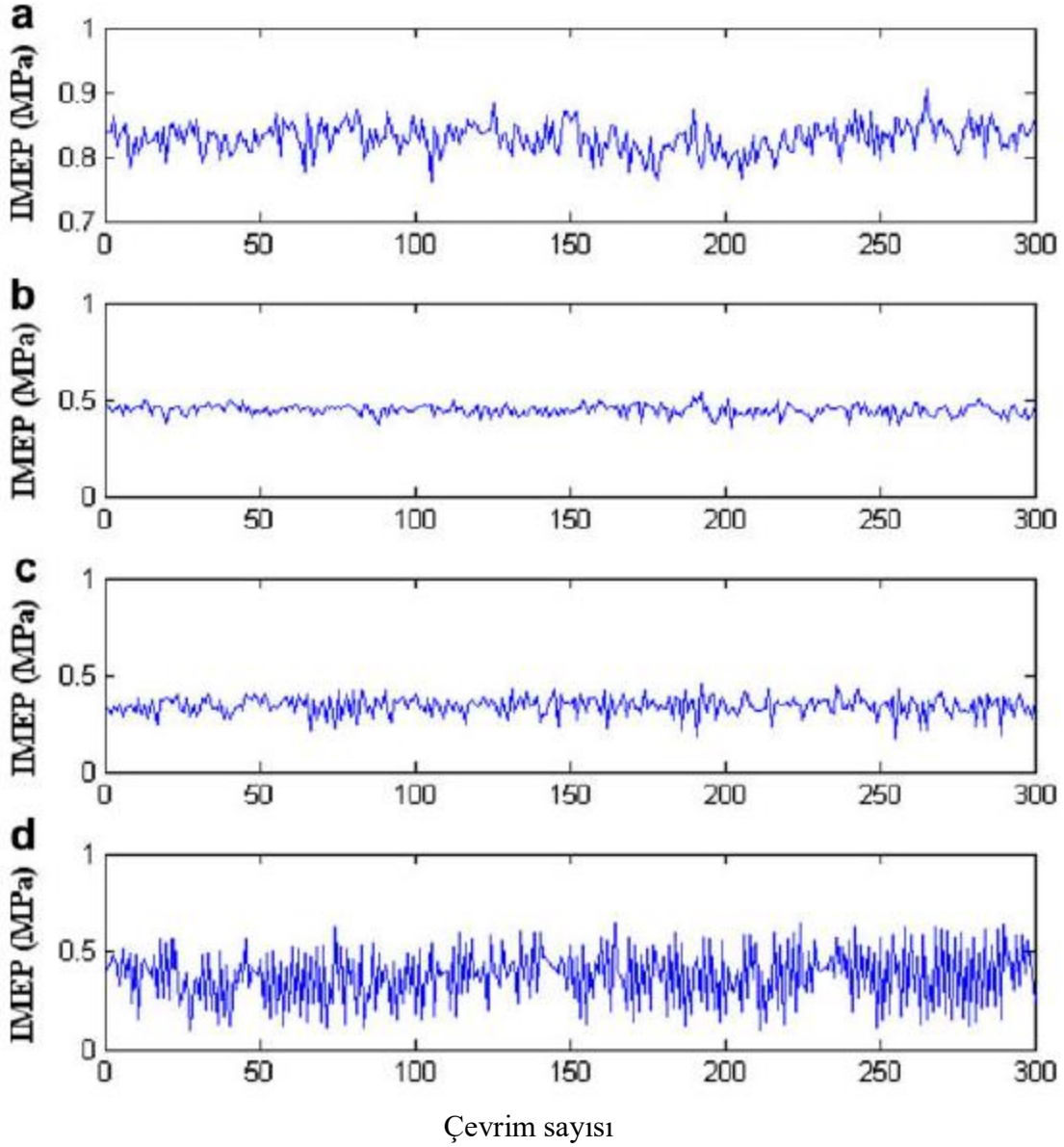
GWS, frekansın veya periyodun bir fonksiyonu olarak gücü gösterir ve zaman dizilerinin hassas Fourier spektrumuna bir örnektir. Değişimin baskın modlarının periyotları, GWS'nin değişken piklerinden tahmin edilmektedir (Öner et al 2011).

### 3. Wavelet Analiz Tekniğinin Farklı Uygulama Alanları

Ceviz et al (2012) çalışmalarında; fakir çalışma şartlarında benzin-hidrojen karışımının egzoz emisyonları, motor performansı ve çevrimsel farklara olan etkilerini araştırmışlardır. Hava fazlalık katsayısı (HFK)  $\lambda = 1$ ,  $\lambda = 1.1$ ,  $\lambda = 1.2$  ve  $\lambda = 1.3$  için kütleli olarak % 0, % 2.14, % 5.28 ve % 7.74 H<sub>2</sub> ilavesinin çevrimsel farklara etkileri incelenmiş ve %5.28 ve %7.74 hidrojen-benzin kütleli karışım oranlarında çevrimsel farkların, HFK'nın artması ile çok fazla değişmediği izlenmiş olup, yapılan bu hidrojen ilavelerinde çevrimsel farkların neredeyse HFK'dan bağımsız hale geldiği gözlenmiştir. (Şekil 3.1)

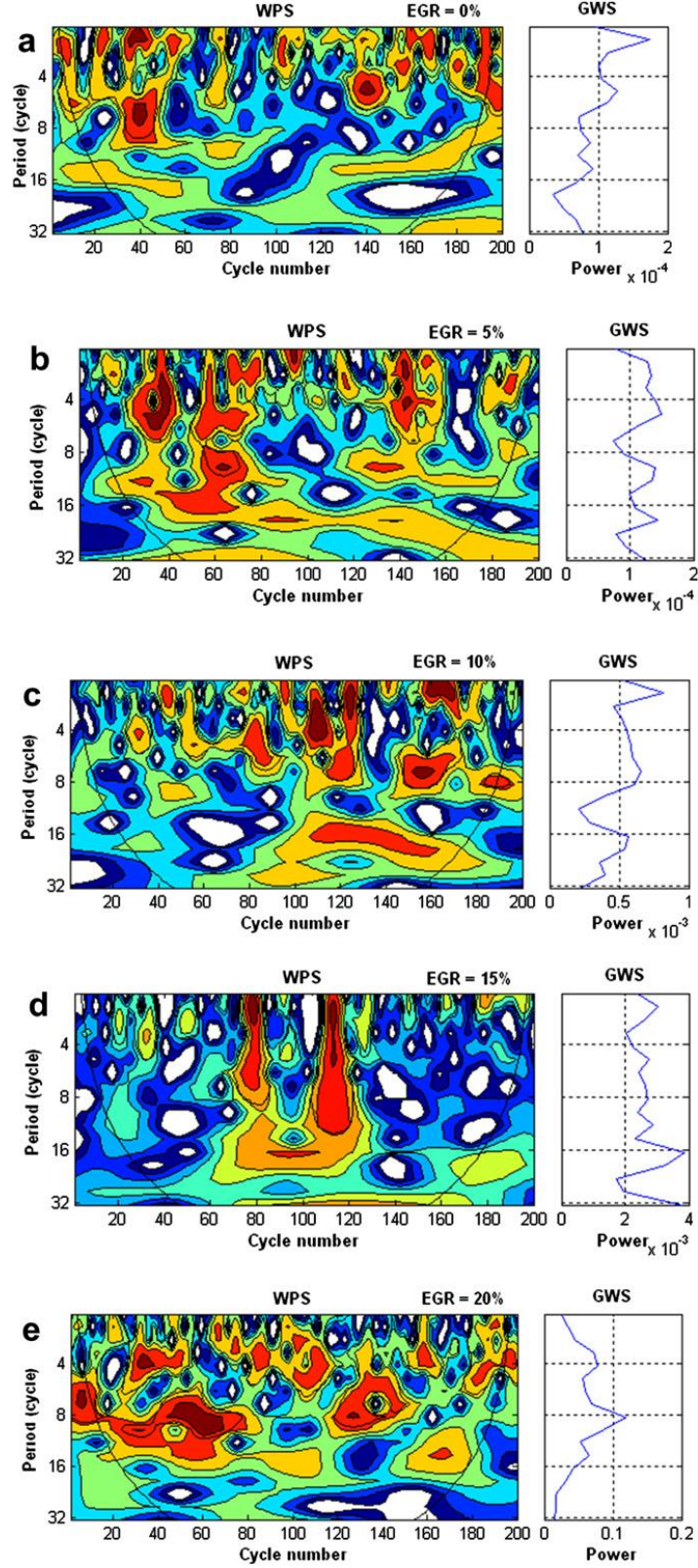


**Şekil 3.1.** (a) Hidrojen ilavesiz (b) % 7.74 Hidrojen ilaveli stokiyometrik yakıt hava karışımı için indike ortalama efektif basıncı zaman serisinin Wavelet güç spektrumu (WPS) ve global wavelet spektrumu (WPS)



**Şekil 3.2.** 4 ekivelans oranı için indike ortalama efektif basıncına ait zaman serileri (a)  $\phi = 0.781$ , (b)  $\phi = 0.677$ , (c)  $\phi = 0.595$  ve (d)  $\phi = 0.588$

Sen et al (2010) çalışmalarında; fakir yanma şartlarında bir doğalgaz motorunun basınç dalgalanmalarının analizini yapmışlar ve farklı ekivelans oranları için çevrimden çevrime olan indike ortalama efektif basınçtaki (IMEP) değişimleri incelemişlerdir. Bu çalışmada, her bir ekivelans oranı için, sürekli wavelet transformu kullanılarak dominant spektral modlar ve bu modların var olabileceği çevrim sayıları tespit edilmiştir. (Şekil 3.2)



**Şekil 3.3.** IMEP zaman serilerinin Wavelet güç spektrumu (WPS) ve global wavelet spektrumu (GWS) a. EGR'siz, b. EGR seviyesi %5, c. EGR seviyesi %10, d. EGR seviyesi %15, e. EGR seviyesi %20

Sen et al (2011) alışmalarında; bir doğalgaz motorunda çevrimsel farklar üzerine egzoz gazı resirklasyonunun (EGR) etkilerini araştırmışlardır. %5, %10, %15 ve %20'ye kadar değişen EGR seviyeleri için deneyler yapılmış ve 200 çevrim için indike ortalama efektif basıncına (IMEP) ait zaman serilerinin analizini yapmak için sürekli wavelet transformu kullanılmıştır. EGR seviyesi %20 olduğunda çevrimsel farkların önemli derecede arttığı gözlemlenmiştir.(şekil 3.3)

Sen et al (2007) alışmalarında; Sürekli wavelet transformunu kullanarak, Parkinson hastalığına sahip hastaların subtalamik çekirdeğinden kaydedilen yerel alan potansiyellerinin beta dalgalanmalarındaki kesikliğin varlığını tespit ettiler. Kesiklik davranışı bir zaman –frekans düzleminde yerel alan potansiyellerinin wavelet g sprekturumu yazdırarak tanımladılar.

Sen (2009) alışmasında; Güney okyanusundan elde edilen tarih öncesi kayıtların Wavelet analizini yapmışlardır. Bu analizi yaparlarken, Okyanus Sondaj programının 1089 ve 1094 mevkiilerinden 600.000 yıl boyunca biriken fosfor ve titanyum oranından elde edilen verilere sürekli wavelet dönüşümünü uygulamışlardır. Bu çalışmanın sonuçları; 1089 nolu okyanus sondaj kuyusundan alınan en güçlü fosfor çıktısının verileri en baskın tarihsel dönemin 100.000 yıl olduğunu gösterirken, 1094 nolu okyanus sondaj kuyusundan alınan fosfor çıktısı verileri ise en baskın tarihsel dönemin yaklaşık 82.000 yıl civarında olduğunu göstermiştir.

Demir (2008) alışmasında; kafa travması geçirmiş hastalardan elde edilen EEG sinyallerinin dalgacık dönüşümünü metoduyla hastaların travma derecesini belirleyecek bir metod geliştirilmiştir. Çalışmamızda 10 hastadan elde edilen toplam 192 adet EEG verisi kullanılmıştır. EEG verilerinin işlenmesinde ve dalgacık dönüşümünü metodunun uygulanmasında Matlab paket programı kullanılmıştır. Yapılan deneysel değerlendirmeler sonucunda geliştirilen metodun hekimlerin değerlendirmesi ile %73.96 oranında benzerlik gösterdiği bulunmuştur ( $p < 0.001$ ). Bu sonuçlar doğrultusunda geliştirilen metod hekimlerin travma derecesini belirlemede bir destek sistem olarak kullanılabileceğini değerlendirdiler.

olak (2006) alışmasında; sinyal analizinde kullanılan en önemli metotlardan biri olan wavelet dnşmnn kullandı. Sismik sinyallerin yapısı ve bulunduğu frekans bandı dalgacık dönüşümünü uygulamaları için bu sinyal tipini önemli bir aday haline dönüştürmektedir. Özellikle alınan kayıtlarda gürültünün varlığı, bu sinyaller kullanılarak

yapılacak çözümlerde sismologlar için büyük bir problem teşkil etmektedir. Bu çalışmada özellikle sismolojide iki önemli parametre olan P ve S dalgalarının varış zamanlarının alınan gerçek kayıtlarda tespiti için dalgacık dönüşümü tabanlı bir çözüm gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ile ilk defa, sinyalin frekans değişimi ve buna bağlı olarak yüksek frekans bantlarında enerjisinde meydana gelen değişimi temel alan bir çözüm algoritması geliştirilmiştir. Alınan sonuçlarla tasarlanan algoritmanın ne kadar etkili olduğu ve sismologlar tarafından deprem çözümünde kullanılmayan verilerde bile oldukça başarılı olduğu kanıtlanmıştır.

Coşkun & Çömlekçi (2007) çalışmalarında; EKG sinyali kaydedilirken cep telefonundan meydana gelen gürültünün Wavelet analizi yöntemi ile süzülmesi incelenmiştir. EKG sinyalinin zaman-frekans karakteristiğinin tanımlanması için verimli bir metot olan Wavelet metodu sayesinde EKG sinyalin tüm özelliklerini, filtrelenmiş gürültüyü ve veri sıkıştırılmayı gözleyebildiler.

Vatansever et al (2009) çalışmalarında; güç kalitesi, günümüzde enerji sistemlerindeki en önemli parametrelerden biri olan ve bunu belirleyen faktörlerin başında gelen harmonikler üzerine çalıştılar. Harmonik analizi için Fourier dönüşümlerine dayanan klasik yöntemler kullanılmakta iken, bu çalışmada ise güç işaretlerine ait harmoniklerin genliklerinin hesaplanması için wavelet paket dönüşümü kullanılmıştır. Bunun yanında harmoniklere ait toplam harmonik bant distorsiyon (THBD), biçim faktörü (BF) ve tepe faktörü (TF) gibi parametrelerin de dalgacık paket tabanlı olarak hesaplanması için analitik ifadeler sunularak harmonik analizleri karşılaştırmalı olarak tasarlanan ve eğitim amaçlı da kullanılabilir grafiksel arayüz programıyla gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde uygun filtreler kullanılarak, güç işaretlerinin harmonik dağılımının dalgacık paket tabanlı olarak büyük doğrulukla, hızlı ve etkin bir şekilde hesaplanabileceği gösterilmiştir.

#### **4. Sonuç ve Öneriler**

Yukarıda örneklerde de görüleceği üzere doğadaki sinyallerin büyük bir çoğunluğu, her an değişimin olduğu, durağan olmayan sinyallerdir. Bu sebeple, Fourier analizi, frekans bileşenlerinin hepsini kapsamaz. Wavelet dönüşümü veya wavelet analizi, şu ana kadar uygulanan analiz yöntemlerindeki noksanlıkları ortadan kaldırmak için kullanılan en son çözümdür (Valens 1999). Fourier dönüşümündeki zaman bilgisinin kaybolması problemini ortadan kaldıran wavelet analizi, bir sinyalin içerisindeki tüm frekans

bileşenlerinin hangi zamanlarda ve hangi genliklerde olduğunu tespit edebilir (Fidan 2006). Bütün bu avantajlarından dolayı Wavelet analizi yaygın olarak kullanılmakta ve pek çok alana uygulanmaktadır.

## Kaynakça

Altay Ö (2010). Dalgacık analizi ile yüksek gerilim aygıtlarından Alınan işaretlerin değerlendirilmesi. Doktora tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Arı N, Özen S & Çolak Ö H (2008). Dalgacık Teorisi, Palme Yayıncılık, Ankara.

Coşkun Ö & Çömlekçi S (2007). Wavelet Teorisinin Medikal Alana Uygulanması Üzerine Bir Ön Çalışma, IX. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 317-320.

Ceviz M A, Sen A K, Küleri A K & Öner İ V (2012). Engine performance, exhaust emissions, and cyclic variations in a lean-burn SI engine fueled by gasoline/hydrogen blends. *Applied Thermal Engineering* 36: 314-324.

Çolak Ö H (2006). Dalgacık Dönüşümü Kullanılarak Sismik Sinyallerin Analizi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Demir Ö (2008). EEG Dalgalarının Wavelet (Dalgacık) Dönüşümü İle Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Durand S & Froment J (2001). Artifact Free Signal Denoising With Wavelets. IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Salt Lake City, UT, USA, 07-11 May, pp. 3685 - 3688.

Fidan H (2006). Dalgacık Dönüşüm Tekniği ile Arıza Tespiti, Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Fugal D L (2016). Conceptual Wavelets In Digital Signal Processing, <http://www.conceptualwavelets.com> (Erişim tarihi: 16.06.2016)

Hsu H P (1995). Theory and Problems of Signals and Systems, McGraw-Hill,

Oppenheim A V, Willsky A S & Nawab S H (1997). Signals & Systems. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Öner İ V, Sen A K & Ceviz M A (2011). Wavelet Analiz Tekniği İle Zaman Serisi Analizi. ULİBTK'11 18. Ulusal Isı Bilim ve Tekniği Kongresi, 07-10 Eylül, Zonguldak, TÜRKİYE.

Sen A K & Dostrovsky J O (2007). Evidence of intermittency in the local field potentials recorded from patients with Parkinson's disease: a wavelet-based approach. *Computational and Mathematical Methods in Medicine* 8(3):165-171.

Sen A K (2009). Temporal Variations of Submillennial Periodicities in Sedimentary Endogenic Calcite from Lake Edward (Central Africa) During the Late Holocene. *International Association for Mathematical Geology* 41: 43-49.

Sen A K, Litak G, Yao B-F & Li G-X (2010). Analysis of pressure fluctuations in a natural gas engine under lean burn conditions. *Applied Thermal Engineering* 30: 776-779.

Sen A K, Ash S K, Huang B & Huang Z, (2011). Effect of exhaust gas recirculation on the cycle-to-cycle variations in a natural gas spark ignition engine. *Applied Thermal Engineering* 31: 2247-2253.

Taswell C (1999). The What, How, and Why of Wavelet Shrinkage Denoising. Technical Report CT-1998-09, original: 10/13/98, revision: 01/25 /99.

Valens C (1999). A Really Friendly Guide to Wavelets. <http://perso.wanadoo.fr/polyvalens/clemens/wavelets/wavelets.html>(Erişim tarihi: 16.06.2016)

Vatansever F, Uyaroğlu Y & Özdem A (2009). Dalgacık Paket Tabanlı Harmonik Analizi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, 13-15 Mayıs, (IATS'09)

Yong-xiang Z, Xiao-xu Z, Hui-mei Y & Wei-gong Z (2009). Wavelet Packet Threshold Approach to Denoising Piezoelectricity Gyro Signal. International Conference on Computer Engineering and Technology ICCET 09, Singapore, 22-24 January, pp. 266 - 269.



## TÜRKİYE’DE SU ÜRÜNLERİ BİLGİ SİSTEMİ (SÜBİS)’NE GENEL BİR BAKIŞ

Naciye ERDOĞAN SAĞLAM<sup>1\*</sup>, Selcen SOYER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi,52400 Fatsa/ORDU

<sup>2</sup>Ordu İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü

(Geliş Tarihi: 15.06.2016; Kabul Tarihi: 23.02.2017)

### Özet

Bu çalışmada, Türkiye’de Su Ürünleri Bilgi Sistemi (SÜBİS)’nin işleyiş ve çalışma prensibi hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır. Balıkçılık ile ilgili verilerin toplandığı bu sistem, avcılıktan satışa kadar olan süreçte, faaliyetlerin kayıt altına alınması, kontrol edilmesi ve izlenmesi esasına dayanmaktadır. SÜBİS balıkçı gemilerine ilişkin bilgiler ile gemi izleme sisteminden alınan bilgileri içerir.

SÜBİS kapsamındaki bilgiler, karar alma süreçlerinde, balıkçılık yönetiminde karşılaşılan sorunlara en akılcı çözümlerin üretilmesi, kaynakların sürdürülebilirliği ve uygun politikalar oluşturulabilmesine önemli katkılar sağlamaktadır

**Anahtar kelimeler:** Su ürünleri bilgi sistemi; Balıkçılık; Türkiye

## OVERVIEW OF FISHERIES INFORMATION SYSTEM IN TURKEY

### Abstract

This study provides information about the functioning and operational principles of the Fisheries Information System (FIS) in Turkey. This system contains fisheries data on catch by species and regions, by fishing methods from the sea until the sales, control and monitoring activities. FIS includes the information received from the fishing vessels and vessel monitoring system.

FIS provides information to the decision-making process for the management of our national fisheries, to solve any problems in the current fisheries, to develop new policies and strategies for the sustainable use of the natural resources.

**Key Words:** Fisheries Information System; Fisheries; fisheries management: Turkey

---

\*nes-34@hotmail.com

## **1. GİRİŞ**

Türkiye'nin su ürünleri politikası alanında Avrupa Birliği (AB) müktesebatına yasal ve kurumsal uyumunu destekleyen eşleştirme programı adı altında başlatılan proje SÜBİS'in temelini oluşturmaktadır. Eşleştirme programı ile beraber tüm bu amaçları gerçekleştirebilmek için 2006 yılında Türkiye'de 30 adet karaya çıkış noktası belirlenerek teçhizatla donatılmıştır. Buradan karaya çıkan su ürünlerini kontrol etmek ve kayıt altına almak için 2008 yılında SÜBİS yürürlüğe girmiştir (Anonim 2005). SÜBİS’te kullanılan veriler çeşitli kaynaklardan toplanır. Bütün bu veriler, su ürünleri sektörüne yönelik güvenilir, yüksek nitelikli istatistikler elde edilecek şekilde işlenir ve doğrulama işleminden geçirilir.

Deniz Balıkları ve Diğer Deniz Ürünleri Avcılık İstatistikleri aylık ve yıllık olmak üzere yüz yüze görüşme yöntemiyle kıyı şeridindeki 28 ilde derlenmektedir. Ankette büyük balıkçılarda tam sayım, küçük balıkçılarda örnekleme yöntemi kullanılmaktadır. Büyük balıkçı; tekne boyu 10 m ve 10 m'den büyük olan balıkçılar, küçük balıkçı ise tekne boyu 10 m'den küçük olan balıkçılardır.

Tatlısu ve yetiştiricilik istatistikleri ise GTHB elemanları tarafından her yıl düzenli olarak Tarım İl Müdürlüklerine gönderilen tatlı su ve yetiştiricilik anket formları; su ürünleri kooperatifi, su ürünleri müstahsilleri ve yetiştiricilik müteşebbisleri ile görüşülerek derlenen anket formları, illere ve türlere göre düzenlendikten sonra TÜİK’e gönderilmektedir.

Balıkçı filosu özelliklerinin düzenli şekilde kayıt altına alınması balıkçılık kapasitesi ve av gücünün belirlenmesi açısından önemlidir. Yıllık su ürünleri istatistikleri, diğer tüm istatistikler gibi Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından toplanmaktadır (Anonim 2015e).

## **2. MATERYAL VE YÖNTEM**

Araştırma materyalini, GTHB tarafından 2008 yılında kullanıma açılan ve balıkçılık faaliyetlerinin kayıt altına alınmasını sağlayan SÜBİS oluşturmaktadır. Çalışma, Türkiye’de kullanılan SÜBİS’in kuruluşu, alt yapısı, içeriği, veri tabanı, veri giriş modülleri, çalışma esasının incelenmesi ve bu verilerin TÜİK ile bağlantısı gösterilerek yürütülmüştür. Bahsi geçen SÜBİS modülleri ile bağlantılı; BSGM istatistikleri, Tarım İl

Müdürlüğü çalışmaları, SGK istatistikleri, UDHB istatistikleri, FAO yayınları ve araştırma sonuçlarından faydalanılmıştır.

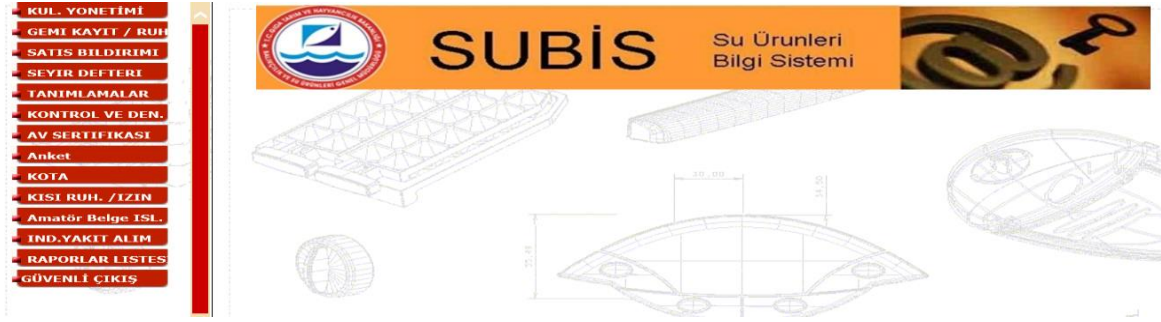
SÜBİS içeriğinde bulunan modüllerin giriş durumları ve veri tabanında toplanan bilgiler BSGM personeli ve Tarım İl Müdürlüğü çalışanlarından alınarak çizelge ve şekillerle açıklanmıştır. Ayrıca BSGM ile ortak çalışma yürüten TÜİK'in SÜBİS'ten elde edilen verileri yayımladığı internet sitesi kullanılarak çizelgelerle açıklanmıştır.

Çalışmada, SÜBİS'in içerdiği modüller; gemi kayıt ruhsat işlemleri, satış bildirim, seyir defteri, tanımlamalar, kontrol ve denetim kayıtları, av sertifikası kayıtları, anket, kota bilgileri, kişi ruhsat/izin bilgileri, amatör belge işlemleri, indirimli akaryakıt alımı ve raporlama listesi kullanım şekilleri anlatılmıştır (Anonim 2015a).

SÜBİS'in alt yapısı ilişkili kurumların sistemleri ile bağlantılıdır. Örneğin ruhsat tezkeresi girişinde kişilerin ya da kurumların sahiplik bilgileri Mernis sisteminden aktarılmaktadır. SÜBİS'in içerisinde yer alan gemi kayıt güncelleme sistemi, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı (UDH)'na bağlı Denizcilik Müsteşarlığı sistemiyle karşılaştırma yapılabilmesi için de bir alan bulunmaktadır. Denizcilik Müsteşarlığı sistemi UDHB tarafından kullanılmakta olup balıkçı gemisi indirimli akaryakıt kullanım verilerine UDHB'nin sitesinden ulaşılmıştır (Anonim 2015f). Ayrıca 1380 sayılı Su Ürünleri Kanunda belirtilen İdari Para Cezaları (İPC) uygulamaları Sahil Güvenlik Komutanlığı (SGK)'nın iş kollarından biridir. SGK resmi sitesinde yayımlanan 2014 yılında uygulanan IPC miktarı SÜBİS kayıtları ile karşılaştırılmıştır (Anonim 2015d).

### **3. BULGULAR VE TARTIŞMA**

Balıkçılık yönetiminde; analiz yapmak, planlamak, karar almak, kaynakları paylaşmak, kaynakların verimliliğinin devamını sağlamak ve diğer balıkçılık hedeflerinin başarılması için, gerektiğinde yaptırım uygulayarak, balıkçılık aktivitelerini yöneten kuralları ve düzenlemeleri uygulamak ve düzene sokmak için yapılan uygulamalar SÜBİS'in temelini oluşturmuştur. Bu nedenle SÜBİS su ürünleri sektöründe kullanılan en güncel bilgi kaynağıdır. Sisteme daha önceden tanımlanmış kullanıcılar, kullanıcı adı ve şifre girişi yaparak sisteme ulaşır. Sisteme giriş yapıldığında ekranın sol tarafında sistemin içeriğine ilişkin alanlar görüntülenmektedir (Şekil 1).

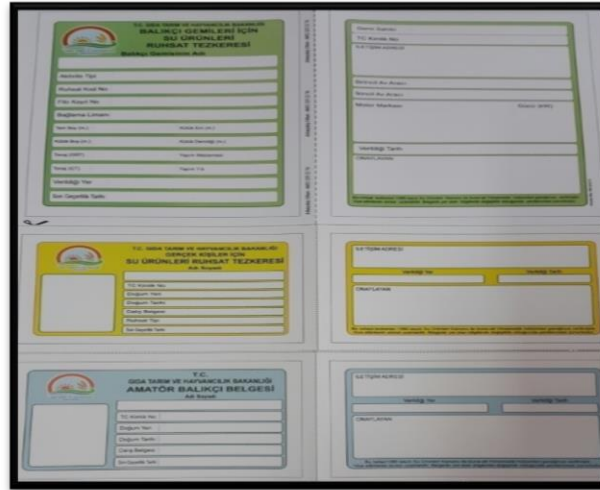


Şekil 1. Su ürünleri bilgi sistemi içeriği

Figure 1. Web site of Fisheries Information System

### 3.1. Gemi kayıt/Ruhsat Sistemi

Ticari amaçlı avcılıkta bulunan ruhsatlı tekne sahiplerinin alması zorunlu belgelerden biri de gemi ruhsat tezkeresidir (Şekil 2).



Şekil 2. Gemi ruhsat tezkeresi

Figure 2. Vessel registry certificate

2014 yılı BSGM verilerine göre Türkiye’de toplam 18.942 adet ruhsatlı balıkçı teknesinden 15.877 adedi denizde, 3.065 adedi ise içsuda faaliyet göstermektedir. En fazla gemi sayısı 5-7.9 m boy gurubunda dağılım göstermekte ve 67 adet kontrol teknesi bulunmaktadır (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** 2014 yılı balıkçı gemilerinin boy dağılımı (m) (Anonim, 2015c)**Table 1.** Overall length distribution of fishing vessels (m) (Anonymous, 2015c)

Faaliyet Alanı	Boy Grubu (m)									Toplam (Adet)
	0-4,9	5-7,9	8-9,9	10-11,9	12-14,9	15-19,9	20-29,9	30-49,9	50+	
Deniz	794	9.883	2.978	802	435	284	462	233	6	15.877
İçsu	306	2.431	223	30	60	15	0	0	0	3.065
Toplam	1.100	12.314	3.201	832	495	299	462	233	6	18.942

Ayrıca GTHB tarafından 2012 yılında “Balıkçı Gemisini Avcılıktan Çıkaranlara Yapılacak Destekleme Tebliği” yayımlanmıştır. 2013-2015 yılları arasında yapılan geri alımlarla 1.011 adet ruhsatlı balıkçı gemisi filodan çıkartılarak, 138.5 milyon TL ödeme yapılmıştır. Av filosundan çıkarılarak GTHB tarafından geri alınan balıkçı gemilerinden 35’i araştırma ve eğitimlerde kullanılmak üzere, Su Ürünleri Fakültelerine ve Araştırma Kuruluşlarına hibe edildiği kaydedilmiştir (Anonim 2015b).

BSGM tarafından balıkçı gemilerinin kodlandırılmasında boy uzunluğunu esas alınan kodlama sistemi kullanılmaktadır. Yardımcı gemilerdeki kod ise bağlı olduğu ana geminin kod numarasını alacak şekilde verilmektedir.

**3.2. Özel Avcılık İzinleri**

Tarım İl Müdürlükleri tarafından 2014 yılında 2597 adet tekne sahibine özel avcılık izni verilmiştir. Çizelge 2’de 2011-2012 ve 2012-2013 sezonlarında özel avcılık izni alan tekne sayıları incelendiğinde 2012-2013 sezonunda bir artış olduğu dikkat çekmektedir. Bu artış o dönemdeki artan deniz salyangozu ihracat miktarından kaynaklanmaktadır (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Özel avcılık izni alan tekne sayısı (adet) (Anonim, 2015a)

İzin Tipi	2011-2012	2012-2013
Ortasu trolü ile avcılık	144	160
Akdeniz'de uluslararası sularda avcılık	115	148
Kılıç avcılığı	144	112
Beyaz kum midyesi istihali	40	43
Hamsi avcılığı	305	299
Deniz patlıcanı avcılığı	88	88
Uluslararası sularda böcek ıstakoz avcılığı	14	2
Ege denizinde uluslararası sularda trol avcılığı	177	187
Işıklı avcılık	153	166
Deniz salyangozu istihali	294	482
Deniz salyangozu istihali (dalma, sepet/tuzak)	386	490
Marmara'da manyatla karides avcılığı	45	48
Marmara'da algarna ile karides avcılığı	349	288
<b>Toplam</b>	<b>2.254</b>	<b>2.513</b>

### 3.3. Seyir defteri

Karaya çıkış noktasına bağlı 12 m'nin üzerindeki tüm tekneler seyir defteri denilen 75 sayfadan oluşan kayıt defteri bulundurmak zorundadır. Seyir defterinin her sayfası üç nüshadan oluşmaktadır. Seyir defteri doldurulduktan sonra ilk sayfası Tarım İl/İlçe Müdürlüklerine teslim edilecek, ikinci sayfası nakil durumunda kullanılacak, üçüncü sayfası balıkçı gemisinde kalacak şekilde düzenlenmektedir (Şekil 3).



**Şekil 3.** Seyir defteri sayfa girişi

**Figure 3.** Vessel registry certificate

### 3.4. Nakil Belgesi

Denizlerde ve iç sularda avcılık yoluyla elde edilen su ürünlerinin karaya çıkış noktalarından itibaren ilk satışının yapıldığı yere, toptan satış merkezi, su ürünleri hali, soğuk hava deposu ve işleme tesisine naklinde “nakil belgesi” düzenlenmesi zorunludur. Nakil belgesi Tarım İl/İlçe Müdürlükleri tarafından düzenlenir. BSGM nakil belgesi düzenleme yetkisini, Tarım İl/İlçe Müdürlüklerinin yetkisi saklı kalmak şartıyla su ürünleri kooperatif, birlik veya üst birliklerine verebilmektedir. Nakil belgelerinin geçerlilik süresi, belge üzerinde belirtilen nakil saatinden başlamak üzere 24 saattir. 50 kg ve daha az miktardaki su ürünleri için nakil belgesi aranmamaktadır.

İl bazında girişi yapılan nakil belgeleri sisteme aktarıldıktan sonra BSGM sorumlu kişileri tarafından derlenmektedir. Çizelge 3’te 2000-2014 yılları arasında avcılığı yapılan su ürünlerinin üretim miktarları verilmiştir. Çizelge incelendiğinde avcılık miktarında dalgalanma olduğu görülmektedir. Toplam avcılık üretimi 2007 yılında 632.450 ton ile en yüksek seviyededir. 2014 yılında ise toplam avcılık miktarı 302.211 ton ile en düşük seviyededir. Aşırı avcılık ve davranış biçimleri dalgalanma nedenleri arasındadır.

**Çizelge 3.** Avcılık üretim miktarı (t) (Anonim, 2015c)

**Table 3.** Marine capture fish production (t) (Anonymous, 2015c)

Yıl	Deniz			İçsu			Genel Toplam
	Balık	Diğer Tür	Toplam	Balık	Diğer Tür	Toplam	
<b>2000</b>	441.634	18.831	460.465	39.474	3.350	42.824	<b>503.289</b>
<b>2001</b>	464.987	19.230	484.217	39.215	4.108	43.323	<b>527.540</b>
<b>2002</b>	493.446	29.298	522.744	39.209	4.729	43.938	<b>566.682</b>
<b>2003</b>	416.126	46.948	463.074	39.873	4.825	44.698	<b>507.772</b>
<b>2004</b>	456.752	48.145	504.897	40.586	4.999	45.585	<b>550.482</b>
<b>2005</b>	334.248	46.133	380.381	42.630	3.485	46.115	<b>426.496</b>
<b>2006</b>	409.945	79.021	488.966	40.990	3.092	44.082	<b>533.048</b>
<b>2007</b>	518.201	70.928	589.129	40.123	3.108	43.321	<b>632.450</b>
<b>2008</b>	395.660	57.453	453.113	38.553	2.458	41.011	<b>494.124</b>
<b>2009</b>	380.636	44.410	425.046	35.604	3.583	39.187	<b>464.233</b>
<b>2010</b>	399.656	46.024	445.680	36.458	3.801	40.259	<b>485.939</b>

<b>2011</b>	432.246	45.412	477.658	34.328	2.769	37.099	<b>514.757</b>
<b>2012</b>	315.637	80.686	396.323	33.787	2.333	36.120	<b>432.443</b>
<b>2013</b>	295.168	43.879	339.047	32.281	2.793	35.074	<b>374.121</b>
<b>2014</b>	231.058	35.019	266.077	39.474	3.350	36.134	<b>302.211</b>

### 3.5. Kontrol ve Denetim

2014 yılında GTHB tarafından 59.796 denetim yapılmış, 1820 t ürüne el koyulmuştur (Çizelge 4). 1380 sayılı Su Ürünleri Kanunu kapsamında BSGM'ye ve ilgili diğer kurumlara yetki verilmiştir. Doğal kaynakları korumak amacı ile usule uygun avcılık yapmayan balıkçılara İdari Para Cezaları (İPC) uygulanmaktadır. Yapılan kontrol ve denetimler SÜBİS'e kaydedilmektedir. Su Ürünleri Kanunu kapsamında, Sahil Güvenlik Komutanlığı (SGK), Jandarma, Deniz Polisi, Emniyet ve Belediye Zabıtası cezai işlem uygulayabilmektedir (Çizelge 5).

#### Çizelge 4. BSGM denetim sayısı (adet) (Anonim, 2015c)

Table 4. Number of inspections conducted by the DC Fisheries and Aquaculture (unit) (Anonymous, 2015c)

<b>Denetim Yeri</b>	<b>Denetim Sayısı</b>
Deniz ve İçsu	11.104
Perakende Satış Yeri	22.408
Karaya Çıkış noktası	6.507
Balık halleri	1560
Nakil araçları	13.735
Balıkçı gemileri	1922
Nakil güzergâhı	1634
İşleme tesisleri	490
Depolar	232
Mezat alanı	204
<b>Toplam</b>	<b>59.796</b>

#### Çizelge 5. 2013-2014 yılında yapılan denetim ve idari para cezası (Anonim, 2015c)



**Table 5. Inspections and administrative financial penalties in 2013-2014 (Anonymous, 2015c)**

Yıl	Kurum	Denetim Sayısı	El Konulan Ürün (t)	Cezai İşlem Sayısı	İdari Para Cezası (TL)
2013	GTHB	64.713	1.328	1.504	1.502.072
	SGK	27.813	375	5.813	6.400.533
	Toplam	92.526	1.703	7.317	7.902.605
2014	GTHB	59.796	566	1.820	1.634.707
	SGK	20.932	133	3.441	5.554.173
	Toplam	80.728	699	5.261	7.188.880

### 3.6. Anket

Tarım İl/İlçe Müdürlüklerinde yapılan anket çalışmasının amacı avcılık ve yetiştiricilik çalışmalarının kontrolünü sağlamaktır. Onaylanmış, beklemede olan ve hepsi butonları mevcuttur. Giriş yapılan veri tipi; iç su avcılığı, iç su yetiştiriciliği, deniz balığı avcılığı, deniz yetiştiriciliği ve diğer deniz ürünleri kısımlarından oluşmaktadır. Türkiye genelinde Tarım İl Müdürlükleri tarafından SÜBİS'e girilen il anket listesi verileri bize üç aylık yetiştiricilik-avcılık miktarlarını, tür ve fiyat bazında vermektedir (Şekil 4). Çizelge 7'de avcılık ve yetiştiricilik miktarları deniz ve içsu grubunda incelenmiştir. Günümüzde yetiştiricilik yoluyla elde edilen su ürünleri miktarı avcılık yoluyla elde edilen su ürünleri miktarına yaklaşmış bulunmaktadır. Bunun en önemli nedeni, ülkemizdeki su kaynaklarını en iyi şekilde kullanarak arz-talep ilişkisini karşılamak amacıyla, çeşitli türlerde üretimin artırılmasıdır. Ayrıca yetiştiricilik yoluyla elde edilen su ürünlerinin, ihracat yoluyla satışının da su ürünleri oranının artışında büyük rolü bulunmaktadır.

Durumu	Yılı	Dönemi	Tipi	Sec.	Yazdır.
Onaylandı	2013	Nisan-Mayis-Haziran Dönemi	İç Su Avcılığı	Sec.	Yazdır.
Onaylandı	2013	Temmuz-Agustos-Eylül Dönemi	Diğer Deniz Ürünleri Avcılığı	Sec.	Yazdır.
Onaylandı	2012	Temmuz-Agustos-Eylül Dönemi	İç Su Yetistircilik	Sec.	Yazdır.
Onaylandı	2012	Nisan-Mayis-Haziran Dönemi	İç Su Yetistircilik	Sec.	Yazdır.
Onaylandı	2012	Ekim-Kasım-Aralık Dönemi	İç Su Yetistircilik	Sec.	Yazdır.
Onaylandı	2012	Nisan-Mayis-Haziran Dönemi	İç Su Avcılığı	Sec.	Yazdır.
Onaylandı	2012	Ekim-Kasım-Aralık Dönemi	İç Su Avcılığı	Sec.	Yazdır.
Onaylandı	2012	Temmuz-Agustos-Eylül Dönemi	Deniz Balıkları Avcılığı	Sec.	Yazdır.
Onaylandı	2012	Ocak-Subat-Mart Dönemi	Deniz Yetistircilik	Sec.	Yazdır.
Onaylandı	2012	Nisan-Mayis-Haziran Dönemi	Deniz Yetistircilik	Sec.	Yazdır.

Şekil 4. Anket listesi (Anonim, 2015a)

Figure 4. Questionary list (Anonymous, 2015a)

### 3.7. İndirimli Akaryakıt Alımı

Çizelge 7’de 2013 ve 2014 yılında düzenlenen ÖTV’siz yakıt alım defteri sayısı verilmektedir. Genel av yasağının uygulandığı 15 Nisan – 1 Eylül tarihleri arasındaki dönemde 3/1 Numaralı Tebliğ’in ilgili hükümlerine göre izin olarak avcılık faaliyetinde bulunacak gemiler ile ruhsat kodu (C) ve (D) olan küçük balıkçı gemilerinin indirimli akaryakıt uygulamasından faydalanabilmeleri için Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığınca düzenlenen “Balıkçı Gemileri için Genel Av Yasağı Döneminde Özel Tüketim Vergisi İndirilmiş Yakıt Alım Belgesi” alması zorunludur. (A) veya (B) ruhsat kodlu 12 m’den büyük birincil ve/veya ikincil av aracı trol/gırgır olan balıkçı gemilerinin BSGM izni haricinde (avcılık izin belgesi veya uluslararası sularda avcılık izni alanlar) başka istihsal vasıtaları ile avcılık yapması yasak olduğundan söz konusu gemiler genel av yasağı döneminde küçük balıkçılık faaliyetinde bulunamamaktadır. Bu teknelere yakıt alım belgesi de düzenlenmemektedir.

2014 yılında balıkçı gemisine verilen yakıt miktarı, toplam yakıt desteğinin % 22’sini oluşturmaktadır. 2013-2014 yılında balıkçı teknesine verilen ÖTV’si sıfırlanmış deniz yakıtı değerinin %’si Çizelge 8’de gösterilmektedir. 2013 yılında bir önceki yıla göre % -14’lük bir düşüş olurken, 2014 yılda ise 2013 yılına göre % -4’lük azalma olmuştur.

Türkiye genelinde SÜBİS’e kayıtlı gemilerin raporlar listesi içeriğinde; gemi genel bilgileri, gemi sahibi genel bilgileri ve karaya çıkış noktasına boşaltılan av miktarı

bulunmaktadır (Çizelge 9). SÜBİS'e girişi yapılan bilgilerden Türkiye'de bulunan liman, çekek yeri, barınma yeri vb. verilere ulaşmak mümkündür. 1965 yılında yapılmaya başlayan balıkçı barınakları, her türlü balıkçı teknelerine hizmet vermek maksadı ile mendireklerle korunmuş, yeterli havuz ve geri saha ile barınacak gemilerin manevra yapabilecekleri su alanı ve derinliğe sahip, yükleme, boşaltma, bağlama rıhtımları ile suyu, elektriği, ağ kurtarma sahası, satış yeri, idare binası, ön soğutma ve çekek yeri bulunan, büyüklüğüne ve sağladığı imkanlara göre balıkçı liman, barınma yeri veya çekek yeri olarak adlandırılan kıyı yapılarıdır (Anonim 1996) (Şekil 5, Çizelge 10). Şekil 5'de balıkçılık yapılarının bölgelere göre yüzdesel dağılımı verilmiştir. Marmara ve Doğu Karadeniz bölgelerinin kıyı yapısı bakımından daha gelişmiş olduğu görülmektedir.

**Çizelge 6.** Yıllar itibarıyla toplam su ürünleri üretimi (t) (Anonim, 2015c)

**Table 6. Total fish production by years (t) (Anonymous, 2015c)**

Yıllar	Avcılık			Yetiştiricilik			Toplam
	Deniz	İçsu	Toplam	Deniz	İçsu	Toplam	
<b>2000</b>	460.521	42.824	503.345	35.646	43.385	79.031	<b>582.376</b>
<b>2001</b>	484.410	43.323	527.733	29.730	37.514	67.244	<b>594.977</b>
<b>2002</b>	522.744	43.938	566.682	26.868	34.297	61.165	<b>627.847</b>
<b>2003</b>	463.074	44.698	507.772	39.726	40.217	79.943	<b>587.715</b>
<b>2004</b>	504.897	45.585	550.482	49.895	44.115	94.010	<b>644.492</b>
<b>2005</b>	380.381	46.115	426.496	69.673	48.604	118.277	<b>544.773</b>
<b>2006</b>	488.966	44.082	533.048	72.249	56.694	128.943	<b>661.991</b>
<b>2007</b>	589.129	43.321	632.450	80.840	59.033	139.873	<b>772.323</b>
<b>2008</b>	453.113	41.011	494.124	85.629	66.557	152.186	<b>646.310</b>
<b>2009</b>	425.275	39.187	464.462	82.481	76.248	158.729	<b>623.191</b>
<b>2010</b>	445.680	40.259	485.939	88.573	78.568	167.141	<b>653.080</b>
<b>2011</b>	477.658	37.097	514.755	88.344	100.446	188.790	<b>703.545</b>
<b>2012</b>	396.322	36.120	432.442	100.853	111.557	212.410	<b>644.852</b>
<b>2013</b>	339.047	35.074	374.121	110.375	123.019	233.394	<b>607.515</b>
<b>2014</b>	266.078	36.134	302.212	126.894	108.239	235.133	<b>537.345</b>

**Çizelge 7.** Yıllar itibarıyla düzenlenen ÖTV'siz yakıt alım defteri (adet) (Anonim, 2015f)**Table 7. Number of tax free fuel registry log boks by years (unit) (Anonymous, 2015f)**

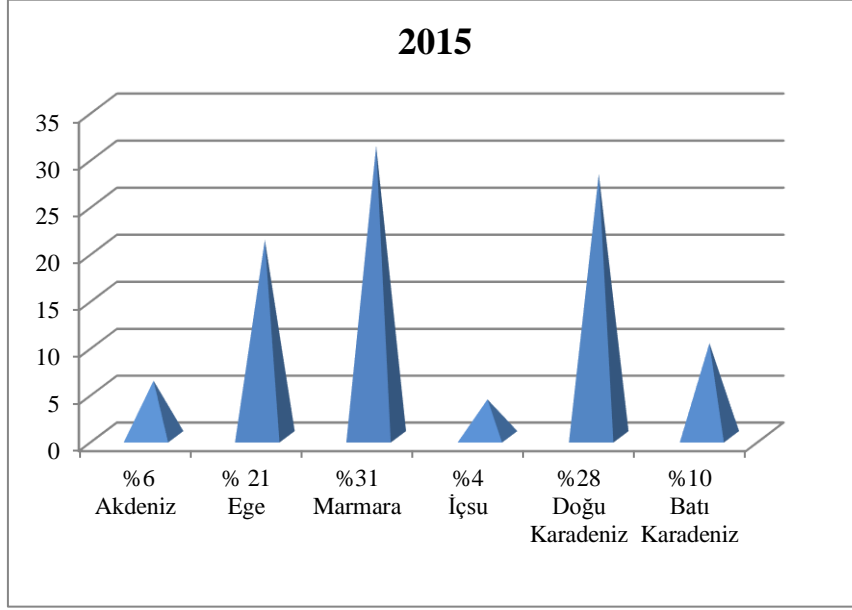
Yıl	Düzenlenen Yakıt Alım Defteri
2013	5.714
2014	5.430

**Çizelge 8.** Balıkçı teknesine verilen ÖTV'si sıfırlanmış deniz yakıtı (mton) (Anonim, 2015f)**Table 8. Quantity of tax free fuel allocated to the fishing vessels (mt) (Anonymous, 2015f)**

Yıl	Yakıt miktarı	Önceki yıllara göre % değişimi
2013	78.667	-14
2014	75.648	-4

**Çizelge 9.** 2015 yılı Ordu iline ait karaya çıkış noktalarından boşaltılan balık türleri miktarı (kg) (Anonim, 2015a)**Table 9. Fish landings in Ordu city in 2015 (kg) (Anonymous, 2015a)**

İl	Karaya Çıkış Noktası	Türler (Kg)						
		İstavrit (Kraça)	Hamsi	Palamut	Sardalya (Çiroz)	Barbunya	Mezgit	Tekir
Ordu	Fatsa	6.915	0	0	0	0	0	0
	Kumbaşı (Merkez)	2.400	0	0	0	0	0	0
	Medreseönü	34.047	106.800	30.000	15.000	0	0	0
	Mersin Köyü	11.250	63.000	0	0	0	0	0
	Ünye	25.980	18.000	115.920	0	66,5	2.063	699
<b>Toplam</b>		80.592	187.800	145.920	15.000	66,5	2.063	699



Şekil 5. Balıkçılık yapılarının bölgelere göre dağılımı (%)

Figure 5. Distribution of port infrastructure by seas (%)

Çizelge 10. Balıkçılık kıyı yapılarının bölgesel dağılımı (Anonim, 2015c)

Table 10. Fishing port facilities by regions (Anonymous, 2015c)

Bölgeler	Balıkçı Barınağı	Barınma Yeri	Çekek Yeri	Doğal Barınma Yeri	*Diğer	Toplam
Doğu Karadeniz	35	9	57	4	2	107
Batı Karadeniz	27	0	2	5	3	37
Marmara	69	27	11	8	0	115
Ege	62	7	0	4	4	77
Akdeniz	17	2	0	3	2	24
İçsu	2	14	0	0	0	16
<b>Toplam</b>	<b>212</b>	<b>84</b>	<b>45</b>	<b>24</b>	<b>11</b>	<b>376</b>

\*Diğer: Liman, yanaşma yeri ve niteliği belirlenmeyen kıyı yapılarını içermektedir.

### 3.8. Türkiye İstatistik Kurumu

Ülkenin ekonomi, sosyal konular, demografi, kültür, çevre, bilim ve teknoloji alanları ile gerekli görülen diğer alanlardaki istatistiklerini derlemek, değerlendirmek, analiz etmek ve yayımlamak TÜİK'in görev tanımıdır. Bu bağlamda TÜİK tarım sektörüne ait verileri GTHB tarafından toplanılan verilerden derlemektedir. TÜİK resmi internet sitesinde her yılbaşında bir önceki yıla ait veriler yayımlanmaktadır (<http://www.tuik.gov.tr/Start.do>). Çizelge 11'de su ürünleri üretim, ithalat, ihracat ve tüketim miktarları verilmiştir. Türkiye toplam üretim bakımından 2007 yılında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. İhracat her geçen yıl artmaktadır, ithalat da ise dalgalanmalar görülmektedir. İç tüketim miktarında son yıllarda düşüş söz konusudur. İşlenen su ürünleri miktarındaki değişim, üretim miktarı ile orantılıdır. Değerlendirilemeyen su ürünleri miktarı 2006 yılında en yüksek seviyededir. Avcılığın çok olduğu yıllarda kişi başına düşen toplam tüketim miktarının da arttığı görülmektedir.

**Çizelge 11.** Su ürünleri üretimi, ihracatı, ithalatı (ton/yıl) ve tüketim miktarları (kg/yıl) (Anonim, 2015c)

**Table 11.** Total fish production, exports, imports (tons/yr) and consumption per capita (kg/yr) (Anonymous, 2015c)

Yıllar	Üretim	İhracat	İthalat	Tüketim		Değerlendirilemeyen	Kişi başı tüketim (kg)
				İç tüketim	*İşlenen		
2000	582.376	14.533	44.230	538.764	71.000	2.309	8,0
2001	594.977	18.978	12.971	517.832	62.755	8.383	7,5
2002	627.847	26.860	22.532	466.289	156.000	1.230	6,7
2003	587.715	29.937	45.606	470.131	120.000	13.253	6,7
2004	644.492	32.804	57.694	555.859	105.000	8.523	7,8
2005	544.773	37.655	47.676	520.985	30.000	3.809	7,2
2006	661.991	41.973	53.563	597.738	60.000	15.843	8,1
2007	772.323	47.214	58.022	604.695	170.000	8.436	8,6
2008	646.310	54.526	63.222	555.275	95.742	3.989	7,8
2009	622.962	54.354	72.686	545.368	90.211	5.715	7,6

<b>2010</b>	653.080	55.109	80.726	505.059	168.073	5.565	6,9
<b>2011</b>	703.545	66.738	65.698	468.040	228.709	5.756	6,3
<b>2012</b>	644.852	74.007	65.384	532.347	94.201	9.682	7,1
<b>2013</b>	607.515	101.063	67.530	479.708	87.896	6.378	6,3
<b>2014</b>	537.345	115.682	77.545	420.361	73.667	5.180	5,4

\*İşlenen : Balık unu ve yağı fabrikalarında işlenen miktar

### 3.8.1. Avcılık İstatistikleri

Aylık uygulanan anketlerde, bir önceki aya ait bilgiler ve yıllık uygulanan ankette bir önceki takvim yılına ait bilgiler yüz yüze görüşme yöntemiyle kıyı şeridimizdeki 28 ilde derlenmektedir. Ankette büyük balıkçılarda tam sayım, küçük balıkçılarda örnekleme yöntemi kullanılmaktadır. Büyük balıkçı; tekne boyu 10 m ve 10 m'den büyük olan balıkçılardır. Küçük balıkçı; tekne boyu 10 m'den küçük olan balıkçılardır (Anonim 2015e) (Çizelge 12, Şekil 6).

Şekil 6'da deniz balıklarının toplam üretim içinde bölgesel dağılımı verilmiştir. Toplam üretime bakıldığında, Doğu Karadeniz %54, Batı Karadeniz %15.2, Ege Bölgesi %13.6, Marmara %13 ve Akdeniz de %4.2'dir.

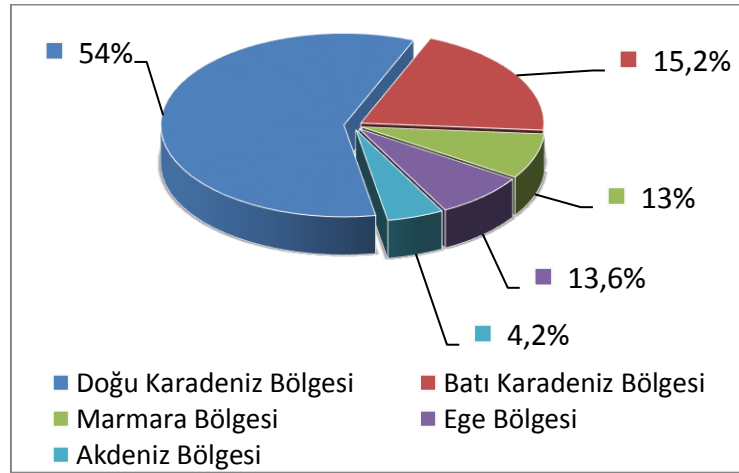
Balık, protein açısından oldukça zengindir. Sadece insan tüketiminde değil yetiştiricilikte kullanılan yemlerin hammaddesini de oluşturmaktadır. Bu nedenle avlanılan hamsi balık unu ve yağı fabrikalarına da gönderilmektedir. 2014 yılında toplam 96,440 ton hamsi avcılığı yapılmıştır. Bu miktarında %38.2'si balık unu ve yağı fabrikalarına gönderilmiştir (Çizelge 13). Türkiye'de denizde avcılık yoluyla elde edilen balık türlerinin başında % 41,38 oranla hamsi gelmektedir. İkinci sırada ise çaça türü yer almaktadır. Çaça insan tüketimi dışında balık unu ve yağı fabrikalarına da gönderilmektedir (Çizelge 14). Avcılığı en çok yapılan diğer deniz ürünlerinin türlere göre dağılımı incelendiğinde % 63,9 ile kum midyesi en yüksek orana sahip olup onu sırasıyla %20,5 ile deniz salyangozu, %12,9 ile karidesler, %2 ile midye izlemektedir. Yurtdışında tüketimi fazla olan kum midyesi ülkemizde gelir kısıtı oluşturması nedeni ile özellikle 1986 yılından sonra aşırı avlanmaya başlanılmıştır. Bu nedenle kum midyesi av kotasına tabii tutulmuştur (Çizelge 15). Su ürünleri, evrensel olarak her ne kadar en yüksek protein değerine sahip olan gıdalardan biri olsa da ülkemizde tüketim miktarı oldukça düşüktür (Çizelge 16). 2013-2014 yılları arasında, avcılık yoluyla elde edilen su

ürünleri %19,2 azalmışken, yetiştiricilik yoluyla elde edilen su ürünleri % 0,7 artmıştır. Genel olarak su ürünleri üretimi 2014 yılında % 11,6 azalmıştır. 2014 yılında yetiştiricilik yoluyla elde edilen su ürünleri üretimi; iç sularda %46, deniz de ise %54 oranındadır (Çizelge 17) (Anonim 2015e).

**Çizelge 12.** Bölgelere göre avlanılan deniz ürünleri miktarı (t) (Anonim, 2015e)

**Table 12. Marine capture fisheries by regions (t) (Anonymous, 2015e)**

Bölgeler	Avcılık Miktarı (t)
Batı Karadeniz	35.162,5
Doğu Karadeniz	124.713
Marmara	30.095,2
Ege	31.405,6
Akdeniz	9.681,9
<b>Toplam</b>	<b>231.058,2</b>



**Şekil 6.** Deniz balıklarının toplam üretim içinde bölgesel dağılımı (%)

**Figure 6.** Production of marine species by seas (%)



**Çizelge 13.** 2014 yılı hamsi avcılığı (t) (Anonim, 2015e)**Table 13.** Anchovy catch in 2014 (t) (Anonymous, 2015e)

Bölgeler	Hamsi Avcılığı
Marmara	15.052,9
Akdeniz	8,8
Ege	10.964,8
Doğu Karadeniz	58.968,8
Batı Karadeniz	11.444,7
<b>Toplam</b>	<b>96.440</b>

**Çizelge 14.** Avcılığı en çok yapılan pelajik türler (t) (Anonim, 2015e)**Table 14.** Major pelajik species (t) (Anonymous, 2015e)

	Hamsi	Sardalya	İstavrit*	Palamut-Torik	Lüfer	Çaça
<b>2011</b>	228.491	34.709	25.010	10.019	3.122	87.141
<b>2012</b>	163.982	28.248	30.946	35.764	7.390	12.092
<b>2013</b>	179.615	23.919	28.424	13.158	5.225	9.764
<b>2014</b>	96.440	18.077	16.324	19.032	8.386	41.648

\*kraça+karagöz

**Çizelge 15.** Avcılığı en çok yapılan diğer deniz ürünleri üretim miktarları (t) (Anonim, 2015e)**Table 15.** Major species in other marine capture fisheries (t) (Anonymous, 2015e)

	Kum Midyesi		Karidesler (Tüm Türler)	Midye (Kara ve Kılı Midye)
	(Akivades ve Beyaz Kum Midyesi)	Deniz Salyangozu		
<b>2011</b>	30.202	6.534	4.770	1.806
<b>2012</b>	61.240	9.596	5.038	2.093
<b>2013</b>	28.113	8.655	4.028	887
<b>2014</b>	21.836	7.004	4.416	204

**Çizelge 16.** Avcılığı en çok yapılan bazı deniz ürünleri fiyatları (TL) (Anonim, 2015e)

**Table 16. Prices of the main fish species (TL)**

Balık Türleri	2013	2014
Hamsi	2,39	3,29
İstavrit (kraça)	4,3	5,13
Lüfer	14,24	12,5
Mezgit	6,8	6,67
Palamut	6,49	5,93

**Çizelge 17.** Denizlerde gerçekleştirilen balık avcılığının yapısı (t) (Anonim, 2015e)

**Table 17. Shares of some important species in the total catch (t) (Anonymous, 2015e)**

Türler	2012	%	2013	%	2014	%
Hamsi	163.982	41,38	179.615	52,98	96.440	36,25
*İstavrit	30.946	7,81	28.424	8,38	16.324	6,14
Sardalya	28.248	7,13	23.919	7,05	18.077	6,79
Palamut Torik	35.764	9,02	13.158	3,88	19.032	7,15
Lüfer	7.390	1,86	5.225	1,54	8.386	3,15
Çaça	12.092	3,05	9.764	2,88	41.648	15,65
Diğer Türler	117.900	29,75	78.942	23,28	66.171	24,87
Toplam	396.322	100	339.047	100	266.078	100

\*İstavrit: Kraça+Karagöz

### 3.8.2. Yetiştiricilik İstatistikleri

Su ürünleri istihsalinde avcılığın olduğu kadar yetiştiriciliğinde azımsanmayacak ölçüde payı vardır ve her geçen yıl bu miktar artmaktadır. FAO'ya göre gelişmekte olan ülkeler 1970 yılında su ürünleri üretiminin %59'unu sağlarken bu rakam 2002 yılında % 90'a ulaşmıştır. 2030 yılında 85 milyon ton gıda olarak su ürünleri (2005 yılında kaydedilen rakamların üzerine 37 milyon ton artış ile) üretimi tahmininde bulunmaktadırlar (Yavuzcan et al., 2010). Su ürünleri üretimini yıllara göre avcılık ve yetiştiricilik bazında değerlendirdiğimizde; avlanma filosu birim tekne başına düşen av miktarını arttırmak için aşırı avcılığa yönelmiş olmasına rağmen, avcılık üretiminde yükseliş değil aksine bir düşüş gözlenmiştir. Bu nedenle artan su ürünleri talebini karşılamak için son yıllarda yapılan yetiştiricilik üretimi her geçen gün artmıştır. 2013 yılı itibarıyla ülkemiz, dünyanın en büyük çipura-levrek üreticisi unvanına sahip olmuştur (Yazıcıoğlu 2015). Özellikle; alabalık, çipura ve levrek üretimindeki hızlı büyüme eğiliminin devam edeceği öngörülmektedir. Ülkemiz balıkçılık sektörünün doğrudan 47 bin kişiye, dolaylı olarak da 200 bin kişiye, sadece kültür balıkçılığının ise 25 bin kişiye istihdam sağladığı bilinmektedir (Çizelge 18). 2000-2014 yılları arasında yetiştiriciliği en çok yapılan balık türlerinin başında alabalık yetiştiriciliği gelmektedir (Çizelge 19). Çizelge 20 incelendiğinde 2003 yılından sonra deniz üretim miktarı içsu üretim miktarından daha fazla olmuştur. Denizlerde bulunan tesis sayısı içsuya göre az olsa da kapasiteleri fazla olduğu için üretim miktarı da artmaktadır. Yetiştiricilikte ilk sırada Ege bölgesi gelmektedir. En yoğun yetiştiricilik yapılan il ise Muğla'dır. 2014 yılında toplam üretim miktarı 235.133 tondur. Denizde su ürünleri yetiştiriciliği %54, içsularda ise %46'dır.

**Çizelge 18.** Türkiye'de su ürünleri yetiştiricilik tesisleri (t) (Anonim, 2015c)

**Table 18. Aquaculture farms and their capacities in Turkey (t) (Anonymous, 2015c)**

Kapasite Grubu(2014)	Deniz		İçsu		Toplam	
	Adet	Kapasite	Adet	Kapasite	Adet	Kapasite
<b>0-50</b>	171	4.036	1.397	22.431	1.568	26.467
<b>51-100</b>	20	1.700	110	9.710	130	11.410
<b>101-250</b>	18	3.385	172	34.050	190	37.435
<b>251-500</b>	74	25.098	126	55.003	200	80.101
<b>501-1000</b>	71	59.784	137	119.861	208	179.645
<b>1001+</b>	66	129.670	3	7.400	69	137.070
<b>Toplam</b>	420	223.673	1.945	28.455	2.365	472.128

**Çizelge 19.** Yetiştiriciliği en çok yapılan türlerin üretim miktarları (t) (Anonim, 2015c)

**Table 19. Quantity of some species in aquaculture (t) (Anonymous, 2015c)**

Yıllar	Alabalık (İçsu)	Alabalık	Alabalık	Çipura	Levrek
		(Deniz)	(Toplam)		
<b>2000</b>	42.572	1.961	44.533	15.460	17.877
<b>2001</b>	36.827	1.240	38.067	12.939	15.546
<b>2002</b>	33.707	846	34.553	11.681	14.339
<b>2003</b>	39.674	1.194	40.868	16.735	20.982
<b>2004</b>	43.432	1.650	45.082	20.435	26.297
<b>2005</b>	48.033	1.249	49.282	27.634	37.290
<b>2006</b>	56.026	1.633	57.659	28.463	38.408
<b>2007</b>	58.433	2.740	61.173	33.500	41.900
<b>2008</b>	65.928	2.721	68.649	31.670	49.270
<b>2009</b>	75.657	5.229	80.886	28.362	46.554
<b>2010</b>	78.165	7.079	85.244	28.157	50.796
<b>2011</b>	100.239	7.697	107.936	32.187	47.013
<b>2012</b>	111.335	3.234	114.569	30.743	65.512
<b>2013</b>	122.873	5.186	128.059	35.701	67.913
<b>2014</b>	107.983	5.610	113.593	41.873	74.653

**Çizelge 20.** Deniz ve iç su yetiştiriciliği üretim miktarları (t) (Anonim, 2015e)**Table 20. Catch quantities of marine and freshwater fish species (t) (Anonymous, 2015e)**

Yıllar	Yetiştiricilik Üretimi				Toplam (t)
	Deniz	Toplamdaki Payı (%)	İçsu	Toplamdaki Payı (%)	
2000	35.646	45.1	43.385	54.9	79.031
2001	29.730	44.2	37.514	55.8	67.244
2002	26.868	43.9	34.297	56.1	61.165
2003	39.726	49.7	40.217	50.3	79.943
2004	49.895	53.1	44.115	46.9	94.010
2005	69.673	58.9	48.604	41.1	118.277
2006	72.249	56	56.694	44	128.943
2007	80.840	57.8	59.033	42.2	139.873
2008	85.629	56.3	66.557	43.7	152.186
2009	82.481	52	76.248	48	158.729
2010	88.573	53	78.568	47	167.141
2011	88.344	46.8	100.446	53.2	188.790
2012	100.853	47.5	111.557	52.5	212.410
2013	110.375	47.3	123.018	52.7	233.393
2014	126.894	54	108.239	46	235.133

### 3.8.3. Gemi İstatistikleri

Avcılık faaliyetinde kullanılan teknelerin kullanım şekilleri incelendiğinde, en fazla uzatma ağı ile avcılık yapıldığı görülmektedir. Ege bölgesi, uzatma ağı ile avcılık yapan tekne sayısı 2916 adet ile ilk sıradadır (Çizelge 21). Türkiye’de kullanılan balıkçı gemileri yapımında ahşap, sac ve fiber malzemeler kullanılmaktadır. Ahşap malzemenin diğer malzemelere göre maliyetinin düşük olması tercih edilmesinin en önemli nedenidir.

Şekil 7’de Türkiye'nin deniz sularında bulunan balıkçı gemilerinin yapı malzemeleri yüzdesi verilmiştir. Ahşap malzeme kullanımı % 93, sac malzeme kullanımı % 6.5 ve fiber malzeme kullanımı % 0.5'tir. Avcılık çabası açısından Türkiye'deki av miktarı %54 ile Doğu Karadeniz bölgesinden karşılanmaktadır (TÜİK 2015). Çizelge 22

göstermektedir ki Karadeniz bölgesinde çalışan sayısı diğer bölgelerden fazladır. Karadeniz'de toplam çalışan sayısı 15.642, Marmara'da toplam çalışan sayısı 6.743, Ege'de toplam çalışan sayısı 6.488 ve Akdeniz'de toplam çalışan sayısı 3.726'dır (Çizelge 23). Bu farklılıklar bölgelerin gelişmişlik seviyesi ile ilgilidir. Diğer bölgelerde Karadeniz bölgesine göre sanayi, turizm, hizmet vb. sektörler daha çok gelişmiştir. Bu da balıkçılık sektörünü geri plana atmaktadır.

Araştırma doğrultusunda SÜBİS'in içeriğinin geliştirilerek kapsamlı hale getirilmeye çalışıldığını tespit edilmiştir. Avrupa Birliği Bakanlığı tarafından her yıl yayımlanan değerlendirme raporu incelendiğinde; 28 ilde 43 balıkçılık idari binası kurulmuş, 12 m üzerindeki teknelere seyir defteri bulundurma zorunluluğu getirilmiş, GTHB tarafından gemilerin av faaliyetlerini incelemek amacıyla Balıkçı Gemisi İzleme Sistemi (BAGİS) kurulmuştur. Bunun yanı sıra yasal, kurumsal ve yapısal reformlar gerçekleştirilmiştir (Anonim 2000). Ancak 28 kıyı ilinde kurulan balıkçılık idari binaları personel eksikliği ve teknik yetersizliklerden dolayı tam anlamıyla faaliyete geçmemiştir. BAGİS'in 2016 yılı içerisinde kullanıma açılacağı öngörülmektedir. 12 m üzeri teknelerin seyir defteri bulundurması zorunluluğu denetlemenin yetersizliğinden dolayı tam olarak doldurulmamaktadır. Bunun yanı sıra balıkçı teknelerinin balık nakli durumunda alması gereken nakil/menşei belgesini zaman zaman aldıkları yapılan yüz yüze görüşmelerde kaydedilmiştir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler incelendiğinde SÜBİS'e amatör/ruhsatsız balıkçı teknesi kaydedilmemesi, tekne sayısı ve tekne bilgileri hakkında bilgi olmamasına bu da av kapasitesi, avlanılan tür ve tekne istatistiklerinin eksiliğine yol açmaktadır. Avrupa ülkelerinde 10 m ve üzeri teknelerde bulundurulması zorunlu seyir defteri ülkemizde 12 m ve üzeri teknelerde kullanılmaktadır. Ancak GTHB verilerinden alınan gemi boy dağılımı istatistik sonuçları 5-7,9 m arası teknelerin yoğunluğunu göstermektedir. TÜİK tarafından yıllık yayımlanan su ürünleri istatistikleri anket yapılarak balıkçılardan birebir alınmaktadır. Fakat balıkçıların beyanına göre, yasal ve mali uygulamalara maruz kalmamak amacıyla av faaliyetleri hakkında bilgi vermek istemedikleri kaydedilmiştir.

**Çizelge 21.** Balıkçı gemilerinin kullanım şekilleri (adet) (Anonim, 2015e)**Table 21.** Classification of fishing vessels in numbers (unit) (Anonymous, 2015e)

Kullanım Şekli	Bölgeler				
	Batı Karadeniz	Doğu Karadeniz	Marmara	Ege	Akdeniz
Trol Gemisi	221	124	110	48	149
Gırgır Gemisi	86	109	118	58	44
Taşıyıcı Gemi	2	40	40	19	3
Diğer	31	30	123	109	-
Uzatma Ağları	855	2043	915	2916	836
Algarna ve Dreçler	82	166	168	16	8
Paraketa ve Olta	542	783	645	885	706
Çevirme ve Voli Ağları	307	327	439	294	114
Sürütme Ağları	-	7	32	13	-
Çökertme	-	7	1	13	-
Pinter	-	6	4	1	-

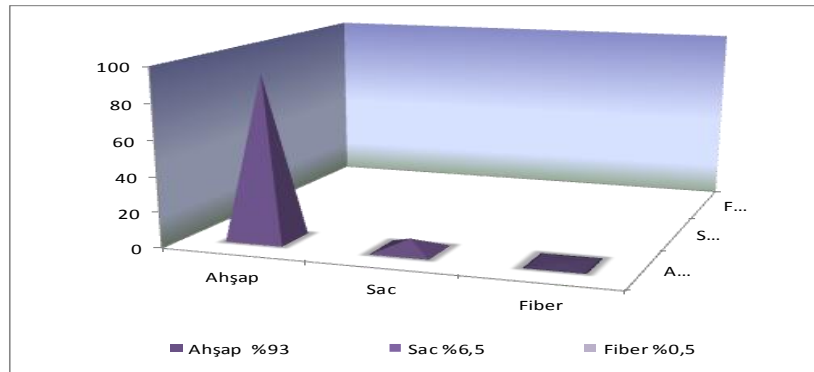
**Çizelge 22.** Bölgelere göre balıkçılıkla uğraşan kişi sayısı (Anonim, 2015e)**Table 22.** Number of people engaged in fisheries (Anonymous, 2015e)

Bölgeler	Toplam çalışan sayısı
Doğu Karadeniz	8.369
Batı Karadeniz	7.273
Marmara	6.743
Ege	6.488
Akdeniz	3.726

**Çizelge 23.** Balıkçılıkla uğraşan kişilerin ücret tarifesi dağılımı (Anonim, 2015e)

**Table 23.** Salaries of fishers by various criteria (Anonymous, 2015e)

	Batı Karadeniz	Doğu Karadeniz	Marmara	Ege	Akdeniz
<b>Balıkçının Kendisi</b>	1.640	2.622	2.068	3.295	1.603
<b>Ücretsiz Çalışan Ortaklar</b>	249	307	419	164	108
<b>Ücretsiz Çalışan Hane Halkı Fertleri</b>	616	985	567	716	239
<b>Ücretli Tayfa</b>	2.445	2.420	832	445	1.248
<b>Diğer</b>	33	113	29	23	8
<b>Pay Karşılığı Çalışan</b>	1.563	1.631	2.709	1.731	455
<b>Ücretli Çalışan Ortaklar</b>	329	110	58	57	23
<b>Ücretli Çalışan Hane Halkı Fertleri</b>	398	181	61	57	42
<b>Toplam Kişi Sayısı</b>	<b>7.273</b>	<b>8.369</b>	<b>6.743</b>	<b>6.488</b>	<b>3.726</b>



**Şekil 7.** Teknelerde kullanılan yapım malzemesi (Anonim, 2015e)

**Figure 7.** Vessel categorization by their raw materials (Anonymous, 2015e)



#### 4. SONUÇ

SÜBİS'in içeriğinin geliştirilme çalışmaları AB uyum sürecinde atılan en önemli adımlardan olmasına rağmen tam anlamıyla hayata geçirilmemiştir.

Bireysel anlamda düzenli ve doğru bilgi akışı sağlanırsa gerek resmi gerek araştırma alanında gerekse yabancı ülkelerin bilgi taleplerini karşılamak amacıyla önemli bir adım atılmış olacaktır.

Su Ürünleri Mühendisi ve Balıkçılık Teknolojisi Mühendisi alımı arttırılarak; kayıtlı/kayıtsız balıkçı tekneleri daha yakından izlenmeli, kayıt altına alınmalı ve ilgi/güven tesisi oluşturulmalıdır.

Balıkçı teknelerine verilen seyir defteri bulundurma zorunluluğunun yoğunluğun olduğu boy grubuna indirilmesi av çabası hakkında daha fazla bilgi verecektir.

İstatistik alma ve derleme işlemi tamamen GTHB bünyesinde toplanmalı yayımlama işlemi TÜİK tarafından yapılmalıdır. Bu sistemin hayata geçirilmesi balıkçılık işleyişi hakkında bilgi sahibi olan personeller tarafından kesin sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır.

İstatistiklere bakıldığında her geçen yıl balık popülasyonunda azalma olduğu görölmektedir. Her balığa en az bir kez üreme şansı verilmesi açasından Su Ürünleri Kanunu gözden geçirilmeli ve avcılıkla alakalı yaptırımlar arttırılmalıdır. Gelecek nesillere su ürünleri aktarımı sağlanması açasından önemli bir adım olacaktır.

Özellikle Karadeniz bölgesinin geçim kaynağının büyük bir kısmını balıkçılık oluşturmaktadır. Ancak ülkemizde balıkçılıkla uğraşan kişilerin refahı ve çalışma koşulları hakkında kanunlar yetersizdir. Su ürünleri sektörünün devamlılığı açasından öncelikle bu sektörde çalışanlara sosyal güvence sağlanmalıdır.

Halen kullanılmakta olan SÜBİS yakın zamanda yerini Hayvancılık Bilgi Sistemi (HBS)'ne bırakacaktır. Amaç, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı bünyesinde bulunan tüm genel müdürlükler ile 1380 sayılı Su Ürünleri Kanununun 33. maddesinde adı geçen kuruluşları aynı çatı altında toplamaktır. Bu sayede bütün kuruluşların balıkçılık alanında yaptığı gelişmelerden haberdar olunacaktır. SÜBİS'in eksiklikleri giderilerek kapsamlı hale getirilmesiyle ve bu kuruluşlara ait kayıtların da sisteme aktarılmasıyla eksiksiz bir şekilde su ürünlerine ait bilgilere ulaşılması mümkün olacaktır.

## 5. KAYNAKLAR

- Anonim (1996). Balıkçı Barınakları Yönetmeliği. Resmi Gazete. Sayı: 22846.  
<http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.4997&MevzuatIlski=0&sourceXmlSearch->(Erişim tarihi: 30.12.2015).
- Anonim (2000). Türkiye’nin Avrupa Birliğine Katılım Sürecine İlişkin Düzenli İlerleme Raporları. Avrupa Birliği Bakanlığı (ABB).  
<http://www.ab.gov.tr/index.php?p=46224->(Erişim tarihi: 01.12.2015).
- Anonim (2005). Türkiye’nin Su Ürünleri Politikası Alanında AB Müktesebatına Yasal ve Kurumsal Uyumunu Destekleyen Eşleştirme Programı, Tanıtım Broşürü. (TR-03-AG-01). TKB. Ankara.
- Anonim (2015a). Su Ürünleri Bilgi Sistemi Resmi İnternet Sitesi. GTHB.  
<http://subis.tarim.gov.tr/>-(Erişim tarihi: 04.05.2015).
- Anonim (2015b). 2015-2016 Su Ürünleri Av Sezonu Açıldı. GTHB. Sayı: 2167.  
<http://www.tarim.gov.tr/BSGM/Haber/47/2015-2016-Su-Urunleri-AvSezonu-Acildi->(Erişim tarihi: 03.09.2015).
- Anonim (2015c). Su Ürünleri İstatistikleri. GTHB. <http://www.tarim.gov.tr/>(Erişim tarihi: 05.12.2015).
- Anonim (2015d). İstatistikler, Yasa Dışı Su Ürünleri Avcılığı. SGK.  
[http://www.sgk.tsk.tr/baskanliklar/harekat/faaliyet\\_istatistikleri/faaliyet\\_istatistikleri.asp-](http://www.sgk.tsk.tr/baskanliklar/harekat/faaliyet_istatistikleri/faaliyet_istatistikleri.asp-)(Erişim tarihi:20.12.2015).
- Anonim (2015e). Su Ürünleri İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu. TÜİK. Ankara. Sayı: 18731. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18731->(Erişim tarihi: 25.12.2015).
- Anonim (2015f). 2003-1014 İstatistiklerle Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme. UDHB. s:59. <http://www.ubak.gov.tr/>-(Erişim tarihi: 26.12.2015).
- Yavuzcan H, Pulatsü S, Demir N, Kırkağaç M, Berkcan S, Topçu A, Doğanakaya L & Başçınar N (2010). Türkiye’de Sürdürülebilir Su Ürünleri Yetiştiriciliği.  
[http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/1a94cef23357f68\\_ek.pdf](http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/1a94cef23357f68_ek.pdf)
- Yazıcıoğlu N (2015). Su Ürünleri Sektörüne Genel Bakış Tüketici Davranışları ve Su Ürünlerinin Sağlık Açısından Faydaları. Yüksek Lisans Tezi, Gediz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bölümü, İzmir.

# SİĞ BİR GÖLDE SEDİMAN KALİTESİNİN TROFİK DURUMA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ; BALIK GÖLÜ ÖRNEĞİ (KIZILIRMAK DELTASI)

Hüseyin CÜCE <sup>1\*</sup>, Gülfem BAKAN <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Nevşehir.

<sup>2</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Samsun.

(Geliş Tarihi: 21.02.2017; Kabul Tarihi: 14.04.2017)

## Özet

Bu araştırma, sediman tabakasının sığ göllerin trofik seviyesi üzerinde oluşturabileceği etkileri incelemek ve göl sedimanının fiziko-kimyasal kalitesini değerlendirmek için yürütülmüştür. Standart yöntemlere göre Balık Gölü üzerindeki 6 istasyondan 2 yıl boyunca (2010-2011) sediman ve su örnekleri toplanmıştır. Gölde üç sezon için gerçekleştirilen alan çalışmalarında örneklenen yüzey sedimanlarından elde edilen analiz sonuçları, sedimanların yüksek fosfat (yıllık ortalama 663 mg/kg PO4-P, kuru ağırlıkta) ve organik karbon içeriklerine (yıllık ortalama 24,4 g/kg TOC, kuru ağırlıkta) sahip olduklarını göstermiştir. Verilerin istatistiksel analizi için ANOVA kullanılmıştır. ArcGIS ile oluşturulan dağılım haritalarından izlenen periyodik bulgular, kirlenmiş göl sediman tabakasının gölün trofik seviyesinde oldukça etkili olabileceğini göstermiş bu nedenle ötrofikasyona yönelik önlemlerin alınması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Göl sedimanı; trofik durum; coğrafi bilgi sistemi (CBS); Balık Gölü; Kızılırmak Deltası

## A EVALUATION OF THE EFFECTS OF SEDIMENT QUALITY ON TROPHIC STATUS IN A SHALLOW LAKE; THE CASE OF BALIK LAKE (KIZILIRMAK DELTA)

### Abstract

The study was conducted to assess the lake sediment physico-chemical quality and to examine the effects on trophic level of shallow lakes constituted by sediment layer. Sediment and water samples were collected for two years (2010-2011) at six stations on Balık Lake according to standard methods. The results of analysis obtained from surface sediments sampled from the field studies for three seasons in Balık lake showed that high-phosphate (annual average of 541 mg / kg PO4-P, dry weight) and high-organic carbon content (annual average 22.4 g / kg TOC, dry weight) in the sediments. Analysis of variance (ANOVA) was used to statically analyse the data. Findings, periodically monitored distribution maps created with ArcGIS showed that the contaminated lake sediment layer would be highly effective in trophic level of the lake therefore it has revealed the necessity of taking measures for eutrophication.

**Key Words:** Lake sediment, trophic level, geographic information system (GIS), Balık Lake, Kızılırmak Delta

\*[huseyincuce@nevsehir.edu.tr](mailto:huseyincuce@nevsehir.edu.tr)

## **1.Giriş**

Göl ekosistemlerinin biyojeokimyasının ve doğasının tümüyle belirlenmesinde bazı değişim proseslerinin önemi, gölün derinliği ile azalmaktadır. Sığ göl sedimanları, erozyona ve partikül maddelerin yeniden süspanse olmasına neden olabilen rüzgar dalgalarının sürekli fiziksel hareketine maruz kalırlar. İnce taneli silt ya da kil sedimanlar yüksek sorblama potansiyeline sahiptir, başka bir anlamda, daha geniş yüzey alanları olduğundan kum boyutlu sedimanlardan daha büyük kirlilik türü miktarlarını tutarlar (Vicente et al 2010).

Göl ekosistemlerine olan sürekli ve artan fosfor girdileri birçok gölde ötrofikasyonun hızlanmasına yol açmaktadır (Christophoros & Fytianos 2006). Bu çevrelerde, inorganik nutrient artışına olan ekolojik tepkilerin (ötrofikasyon gibi) büyüklüğünün ve yöneliminin tahmin edilmesi zordur (Pusceddu 2007). Sığ göllerde, sedimanlarda anaerobik parçalanma olurken sediman-su arayüzeyinde ve su sütununda aerobik parçalanma meydana gelir. Anoksik sedimanlardaki organik madde, sürekli olarak, çözülmüş inorganik azot ve reaktif fosforun sediman üstü suya doğru salınmasıyla ayrışmaktadır (Smolders et al 2006). Büyük havzaya sahip sığ göller, genellikle geniş drenaj alanından gelen nutrient girdilerinin bir sonucu olarak açıkça ötrofikasyona doğru bir yönelim gösterirler (Tsagli 2006).

Göllerin dip tabakalarında bulunan sedimanlar, uzun periyotlarda çeşitli kirleticileri bünyelerinde biriktirebilirler ve yıllar boyunca yüzey suyuna etki edecek yeni bir kirletici kaynak gibi rol oynayabilirler (Brzozowska et al 2007).

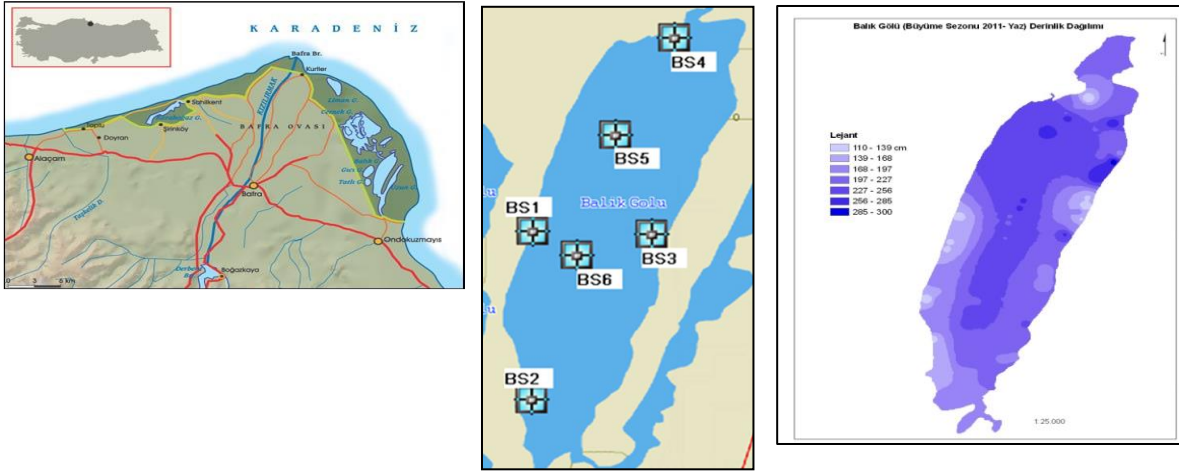
Bu araştırma, göl sedimanlarının göl içi besin seviyesinde oluşturabileceği etkileri izlemek ve karakterize etmek amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla, Kızılırmak Deltasında sığ göller bölgesinde önemli bir yere sahip olan Balık Gölü'nün su ve sediman kalitesinin tespiti yapılarak gölün trofik yapısındaki periyodik değişimi coğrafi bilgi sistemi ile konumsal olarak analiz edilmiştir. Göl yüzey sedimanının taşıdığı mevcut kirliliğinin yüzey suyu kalitesi üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi için CBS yazılımı kullanılarak parametrik konumsal dağılım haritaları hazırlanmış ve göl yüzey suyu besi maddesi seviyelerinde meydana gelen sezona bağlı değişim hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Alanının Tanıtılması ve Örneklem

Kızılırmak Deltası 1182 km'lik uzunluğa ve 78000 km<sup>2</sup> lik havzaya sahip, Kızılırmak'ın Karadeniz'e döküldüğü yerde doğal olarak oluşmuş Türkiye'nin en büyük sulak alanlarından biridir. Kızılırmak Deltası, doğu kıyılarında, gerek ekolojik gerekse sosyo-kültürel açıdan bölge halkı için önemli olan ve özellikle kıyı kordonları vasıtasıyla birbirinden ayrılmış sığ göller bünyesinde barındırmaktadır. İlçe merkezine yaklaşık 10 km uzaklıkta yer alan bu göllerin deltada kapladıkları alanlar mevsime göre değişkenlik göstermektedir (yağışlı dönemde ortalama 2780 hektar, kurak dönemde ise ortalama 980 hektar). Günümüzde, ANTROPOJENİK değişime uğrayan delta sulak alanları birçok tehditle de karşı karşıya kalmaktadır. Kızılırmak Deltasındaki ekolojik bozulma insanın doğal ortam özellikleri üzerindeki olumsuz etkilerinin bir sonucudur. Doğuya doğru hareket eden Karadeniz kıyı akıntısının oluşturduğu dalga erozyonunun Kızılırmak'ın getirdiği alüvyonları sürüklemesi sonucu, deltanın doğu kıyılarındaki sığ göllerin giderek dolmasına sebep olduğu ve deltanın morfolojik yapısının nasıl değişim gösterdiği geçmiş ve günümüz alansal fotoğraflarından açıkça görülmektedir (Turoğlu 2005; Sertel et al 2008).

Kızılırmak Deltası'ndaki ornitolojik ve balıkçılık açısından delta içindeki en önemli doğal sığ göllerden biri olan Balık Gölü (Ulu Göl), deltanın doğu yakasında yer alan 19 Mayıs beldesi (Bafra-Samsun) sınırları içerisinde deniz seviyesinde yaklaşık 1380 ha'lık alanı kaplar. Şekil 1'de Balık Gölü'nde 6 bölgesel sediman ve yüzey suyu örneklem noktasının konumu ve kurak sezon derinlik dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 1. Gölde Örnekleme İstasyonlarının Konumu ve Derinlik Haritası (Yaz dönemi)  
Figure 1. Sampling Stations in the Lake and Map of Depth

Balık Gölü'nde coğrafi koordinatları GPS (Magellan Triton 1500) ile kayıt altına alınan 6 istasyonda 3 periyot (sonbahar, ilkbahar ve yaz) süren arazi çalışmalarında göl yüzey suyu ve göl yüzey sedimanı örneklenmiştir. Sediman örnekleri *Eijkelkamp Beeker tipi kolon sediman örnekleme* ile alınmıştır. Yüzey suyu kalite parametreleri arasında; sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, redoks potansiyeli, iletkenlik ve tuzluluk değerleri *Consort C535* ile ölçülürken, yüzey suyu klorofil-a derişimleri flourometrik olarak (*Turner-Design Aquafloor*) yerinde test edilmiştir.

Gölden 3 dönemde 6 adet stratejik noktadan alınan yüzey suyu örneklerinde trofik durumunu belirlemek üzere yerinde yapılan ölçümlere ek olarak, nitrit (kat no: 14547) ve nitrat azotu (kat no:14542; 0,5 – 18 mg/L NO<sub>3</sub>-N aralığında), toplam azot (DIN EN ISO 11905-1, kat no: 14537; 0,5–15 mg/L N aralığında), toplam fosfat (EPA 365.2+3, US Standard Metots 4500-PE ve ISO 6878, kat no: 14543; 0,05–5 mg/L PO<sub>4</sub>-P aralığında), toplam sertlik (kat no: 00961; 5-215 mg/L Ca<sup>+2</sup> aralığında) ve klorür (kat no: 14897; 10-250 mg/L Cl<sup>-</sup> aralığında) konsantrasyonları laboratuvarında test kitleri (MERCK ve WTW firmalarında temin edilmişlerdir) ile standart yöntemlere uygun olarak belirlenmiştir.

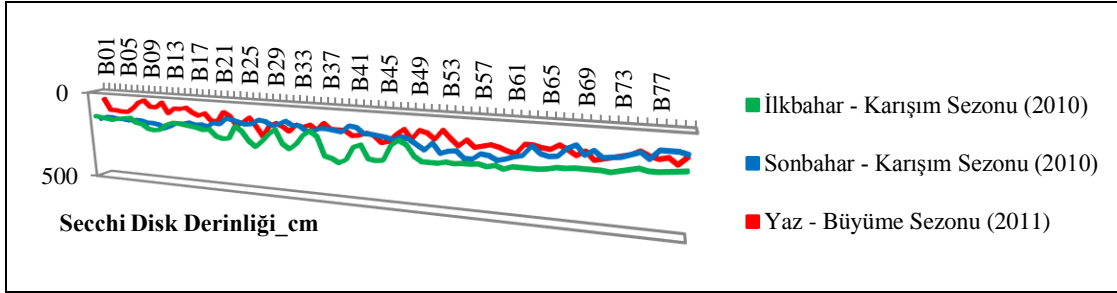
İstasyonlardan kolon örnekleme ile alınan sediman örnekleri yaş ve kuru analizler için laboratuvar ortamına soğutucu kutular içinde getirilmiştir. Sediman gözenek suyunda pH ve Eh, % nem (103 °C'de 12 saat), % organik madde içeriği (550 °C'de 2 saat), kuru sediman örneklerinde ise tane boyutu analizinden sonra toplam fosfor (TP) ve toplam organik karbon

(TOC) konsantrasyonları tespit edilmiştir. Gölün su ve sediman örneklerinde Toplam fosfor derişimleri, laboratuvarda test kitleri ile standart yöntemlere göre (APHA AWWA WPCE Std. Methods 1998) analiz edilirken, Toplam karbon ve Toplam organik karbon ölçümleri Teledyn Tekmar APOLLO 9000 karbon analizörü ile gerçekleştirilmiştir.

### 3.Bulgular ve Tartışma

#### 3.1.Göl Yüzey Suyu Kalitesinin Değerlendirilmesi

Göl aynası üzerinde belirlenen 6 istasyondan alınan yüzey suyu örneklerinin mevsimsel analizleri hem yerinde ve hem laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Gölde yapılan fiziki ölçümler esas alındığında ilkbahar döneminde 370 cm ile en yüksek su seviyesine ulaşılırken (ort. yüzey suyu derinliği bu dönemde  $248\pm 61,15$ cm) en düşük su seviyesi 110 cm ile yaz sezonunda tespit edilmiştir. Secchi derinliği sonuçları incelendiğinde ise, en düşük 45 cm ile yaz döneminde en kritik seviye sonuçlarına ulaşıldığı ve  $127\pm 32,38$ cm ortalama değeri ile önceki iki döneme göre (ilkbaharda  $195\pm 38,01$  cm iken sonbaharda  $145\pm 29,95$  cm) Balık Gölü berraklığının oldukça azaldığı görülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. Gölde Mevsimsel Secchi Disk Derinliği Değişimi

Figure 2. Variaton of Seasonal Secchi Disc Depth in the Lake

ÇO derişiminin yaz mevsimi gereği en düşük ort. 4,6 mg/L seviyelerine kadar düşmesi, göldeki seviye alçalması ve denizden olan komşu Uzun Göl tarafından penetrasyon sebebiyle tuzluluğun ort. 1,8 g/L'den daha yüksek değerlere doğru artış göstermesi olağan sonuçlar olarak değerlendirilebilir. Gölde azot ve fosfor konsantrasyonlarının değişiminde mevsimlerin istatistiki olarak anlamlı bir fark oluşturduğu (sırasıyla,  $p_N = 0,001$  ve  $p_P = 0,000$

$p < 0,01$ ) fakat 6 bölgesel istasyonun arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı ( $p_N = 0,268$  ve  $p_P = 0,393$ ) bulunmuştur. Benzer olarak yüzey suyu toplam organik karbon içerikleri de gölde artış göstermiştir. Göldeki klorür ve sertlik konsantrasyonunun değişiminde mevsimlerin oldukça etkili olduğu ( $p = 0,000$ ) görülürken klorür açısından ölçüm yapılan istasyonlar arasında istatistiksel açıdan öneme rastlanmazken ( $p = 0,097$ ) sertlik açısından durum farklıdır ( $p = 0,003$ ). Ortalama klorofil-a konsantrasyonu bakımından bu dönem alınan sonuçlar sonbahar ortalamalarına göre gölde azalma yönünde olduğunu fakat konumsal yöneliminin değiştiğini göstermiştir. Gölün yüzey suyu kalitesinin özellikle toplam azot ve fosfor yönünden doğal koruma alanlarının sınır değerlerinin üzerinde olduğunu lakin göl doğal olarak tuzlu göller sınıfında kabul edildiğinde nispeten ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri bazında su kalitesinin kabul edilebilir düzeyde seyrettiği söylenebilir. Kıta içi su kaynakları sınıflandırma kriterlerine (Yüzeysel Su Kalitesi Yönetmeliği 2012) göre ise fiziko-kimyasal parametreler genelinde göl suyu II. Sınıf su kalitesinde iken organik parametreler bakımından III. Sınıf su kalitesine yaklaştığını söylemek mümkündür (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Göl Yüzey Suyunda Yerinde ve Laboratuvarda Ölçülen Parametreler

*Table 1. Parameters measuring for In situ and Laboratory in the Lake Surface Water*

PARAMETRE	BALIK GÖLÜ		
	İlkbahar Karışım Sezonu (2010)	Sonbahar Karışım Sezonu (2010)	Yaz - Büyüme Sezonu (2011)
Su sıcaklığı, °C	22	17	27
pH	8,6	8,5	9,6
Redoks Potansiyeli, (Eh) mV	-95	-71	-148
Elektriksel İletkenlik, (EC) mS/cm	1,7	2,0	2,5
Çözülmüş Oksijen, (DO) mg/L O <sub>2</sub>	5,8	5,0	4,6
Toplam Çöz. Katılar, (TDS) g/L	0,91	1,06	1,33
Tuzluluk, (SAL) g/L	0,87	1,37	1,80
Klorofil -a µg/L	20	57	34
Nitrit Azotu, mg/L NO <sub>2</sub> -N	0,034	0,037	0,064
Nitrat Azotu, mg/L NO <sub>3</sub> -N	0,397	0,516	0,782
Toplam Azot, mg/L N	0,95	1,7	2,98
Toplam Fosfat, mg/L PO <sub>4</sub> P	0,033	0,020	0,093
Toplam Karbon/ TOK mg/L C	70/12	68/13	50/32
Toplam Sertlik, mg/L CaCO <sub>3</sub>	422	392	251
Klorür, mg/L Cl <sup>-</sup>	532	700	510

Not: Çizelgedeki değerler, gölde 6 bölgesel noktadan sedimanla aynı zamanda alınan yüzey suyu örnekleri analiz sonuçlarının ortalamasıdır



### 3.2. Göl Sediman Kalitesinin Değerlendirilmesi

İstasyonlardan kolon örnekleyici yardımıyla 3 dönemde alınan sediman örneklerinin genel fiziko-kimyasal özelliklerini veren yaş analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Balık Gölü’nden alınan 6 adet sediman örneği için ortalama pH ve redoks potansiyeli değerlerinin 7,9 ve -54 mV ile yaz döneminde en düşük değerde olduğu görülmüştür. Bu duruma rağmen örneklerdeki ortalama tuzluluk konsantrasyonunun en yüksek seviyeye (1,35 g/L) bu dönemde ulaştığı belirlenmiştir.

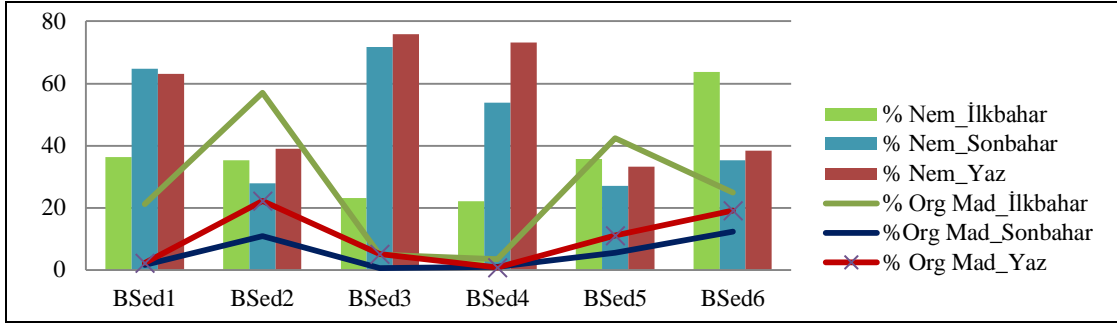
**Çizelge 2.** Göl Sediman Kalitesi Analiz Sonuçları (Ortalama Değerler)

Table 2. Results of Analysis for Quality of Lake Sediment

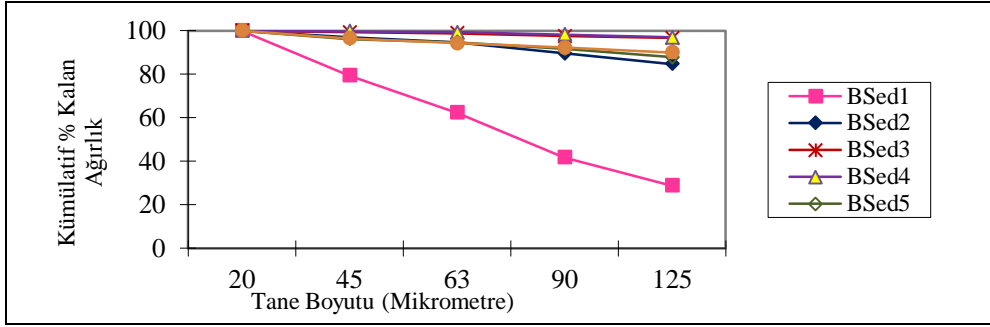
PARAMETRE	İlkbahar Karışım Sezonu (2010)	Sonbahar Karışım Sezonu (2010)	Yaz Büyüme Sezonu (2011)
pH	8,02	8,1	7,94
Redoks Potansiyeli (Eh), mV	-61,2	-63,7	-54,16
Elektriksel İletkenlik (EC), mS/cm	0,947	1,026	1,896
Tuzluluk (SAL), g/L	0,62	0,75	1,35
Nem içeriği, %	36,1	46,7	53,8
Organik Mad. İçeriği, %	25,7	5,3	10,2
Toplam Org. Karbon (TOC), mg/g	17,66	38,53	17,25

Göl sediman örnekleri nem içeriği ortalama değerlerinin ilkbahar karışım sezonunda en düşük (% 36), yazın ise en yüksek (% 54) değeri aldığı tespit edilmiştir. Gölün sediman organik madde içeriğinin ise ilkbaharda ortalama % 26 ile en yüksek değere ulaştığı, sonbaharda ise % 5 ile en düşük değerine ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 3). İlkbahar döneminde en yüksek nem içeriğine sahip sediman örneğinin gölün orta bölümünden alınan 6 nolu örnek olduğu, sonbahar ve yaz dönemlerinde ise 1,3 ve 4 nolu örneklerin diğer 3 noktaya kıyasla daha yüksek nem içeriğine fakat nispeten daha düşük karbon içeriğine sahip oldukları belirlenmiştir.

Balık Gölü’ne ait mevsimsel tane boyutu analiz sonuçları ana tane boyutunun 125 µm üzerinde ve genel yapının yüksek silt içeriğine (özellikle 1 nolu örnek alanında kil oranı da yüksek seviyededir) sahip kum özelliğinde olduğunu göstermiştir (Şekil 4).



**Şekil 3.** Göl Sediman Örneklerinde Mevsimsel % Nem ve % Organik Madde Değişimi  
*Figure 3. Variation of Seasonal Moisture% and Organic Matter% in the Lake Sediment Samples*



**Şekil Error! No text of specified style in document..** Göl Sedimanlarında Tane Boyutu Dağılımı (Yaz dönemi)  
*Figure 4. Distribution of Grain Size in the Lake Sediments*

### 3.3. Gölün Trofik Durumu ve Konumsal Analizlerin Değerlendirilmesi

Periyodik alan çalışmaları ile yerinde ve laboratuvarında göl yüzey suyunda gerçekleştirilen toplam fosfor (TP), klorofil-a (Chl-a) ve Secchi Disk Derinliği (SDD) tespitleri ve bu parametreler arasındaki ilişkiye göre Carlson Trofik Durum (düzey) İndeksi (TDİ) değerleri göl için hesaplanarak değerlendirilmiştir. Carlson TDİ skala değerlerine göre;  $TDİ \leq 40$  “oligotrofik”,  $41 \leq TDİ \leq 50$  “mezotrofik”,  $50 \leq TDİ \leq 70$  “ötrofik” ve  $TDİ \geq 70$  “hiper ötrofik” olarak sınıflandırılmıştır. Buna göre, Balık Gölü trofik düzey indeksinin mevsimsel değişimi Çizelge 3’de görülmektedir. Gölün özellikle kurak dönem (yaz) trofik durumundaki değişim incelendiğinde, ortalama klorofil-a konsantrasyonlarına göre hesaplanan Carlson indeksi değerlerinin sonbahara kıyasla bu dönemde nispeten düşüğe geçtiği (70’den 64’e düşmüştür) ancak genel itibariyle gölün halen ötrofik yapısını muhafaza ettiği ve göl statüsünün kritik duruma yaklaştığını bulgular göstermektedir.

**Çizelge 1.** Gölde Trofik Durum İndeksinin Periyodik (İlkbahar-sonbahar-yaz) Değişimi  
 Table 3. Variaton of Periodically Trophic State Index of the Lake

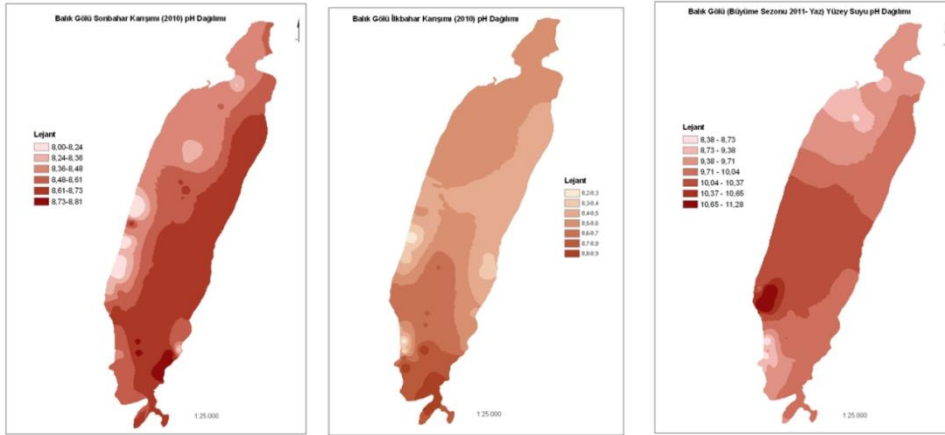
İndeks Değişkeni	TDİ <sub>(SDD)</sub>	TDİ <sub>(TP)</sub>	TDİ <sub>(Chl-a)</sub>
Göl trofik değeri	51 / 54 / 55	55 / 48 / 70	60 / 70 / 64

Göl yüzeyi, 1:25000 ölçekli Standart Topografik Haritadan (STH) sayısallaştırılarak ArcMap ortamına alınmıştır. Görüntü üzerinde Balık Gölü'nün sınırları ve anlık numune noktalarının el GPS'i yardımıyla belirlenen coğrafi koordinatları 6° lik UTM (ED50 37) koordinatlarına dönüştürüldükten sonra vektör veri olarak ArcGIS 9.3.1 yazılımına aktarılmıştır. Öznitelik verisi olarak ArcMAP'te göl üzerinde yapılan sayısallaştırılmış vektör veri üzerine aktarılan Çizelgeler kullanılarak ArcMAP'te tematik haritalar oluşturulmuştur. Sediman örneklerinde belirlenen toplam fosfat ve toplam organik karbon değerleri için ArcGIS 9.3.1 *Spatial Analyst*'de ters mesafe ağırlıklandırma (IDW) yöntemine göre tematik haritalandırma yapılmıştır.

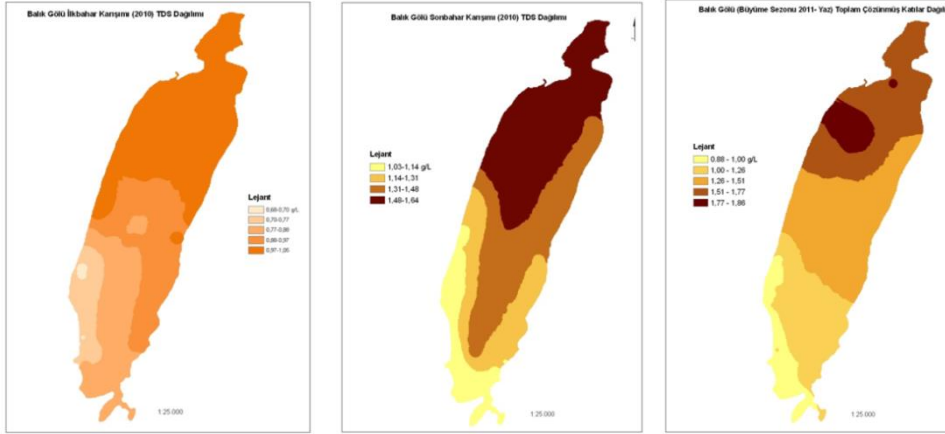
Büyüme sezonunda elde edilen sonuçların haritalardan yansıması göstermektedir ki, gölün güney batı kıyılarında pH değeri daha fazla artmış ve sonbahar dönemine kıyasla güney doğu kıyılarındaki pH değişimi nispeten az olmuştur (Şekil 5). Bu dönemde de yine gölün kuzey batı kıyılarından mineral girişi izlenmiş fakat sonbahardaki gibi geniş yayılım göstermemesine rağmen genel olarak en yüksek değerleri (minimum 0,88 ve maksimum 1,86 g/L) yaz döneminde izlenmiştir. Bu duruma etken olan kuzey-batı kanal bağlantılarından gelen sular olduğu harita üzerinde noktasal dağılım olarak kendini göstermiştir (Şekil6). Aynı zamanda bu durum gölün kuzeyinden güneyine doğru bir tuzluluk akışının etkisinde olduğunu (minimum 1,10 ve maksimum 2,60 g/L ) göstermiştir (Şekil 7). Yaz döneminde tuzluluğun artmasında yüksek su sıcaklığına bağlı aşırı buharlaşmanın etkisi de önemli bir rol oynamıştır (bu dönemde su seviyesi ort. 205 cm ile en düşük seviyede). pH değerinin yükseldiği güney batı kıyılarında Secchi derinliğinin azaldığı ve klorofil-a konsantrasyonlarının önemli ölçüde arttığı haritalardan (Şekil 8) açıkça görülmektedir. Göldeki Secchi derinliğinin ortalama 145±29,95 cm ile gölün kuzey batısından güney doğusuna doğru azaldığı, ortalama klorofil-a konsantrasyonlarının ilkbaharda 20,2±10,6 µg/L iken sonbaharda 61,2±12,0 µg/L'ye kadar artış gösterdiği gölde iki yönlü ANOVA test sonuçları mevsim değişiminin istatistiksel olarak önemli bir farklılık gösterdiğini (p=0.000 ve

$p < 0.001$ ) fakat istasyonlar arasında benzer bir durumun olmadığı görülmüştür ( $p = 0.790$  ve  $p > 0.05$ ). Trofik seviyenin güney batı ve orta kesimlerde ötrofik düzeyde olduğu gözlenirken özellikle güney doğu kıyılarında hiperötrofik bir görünümde olduğu belirlenmiştir.

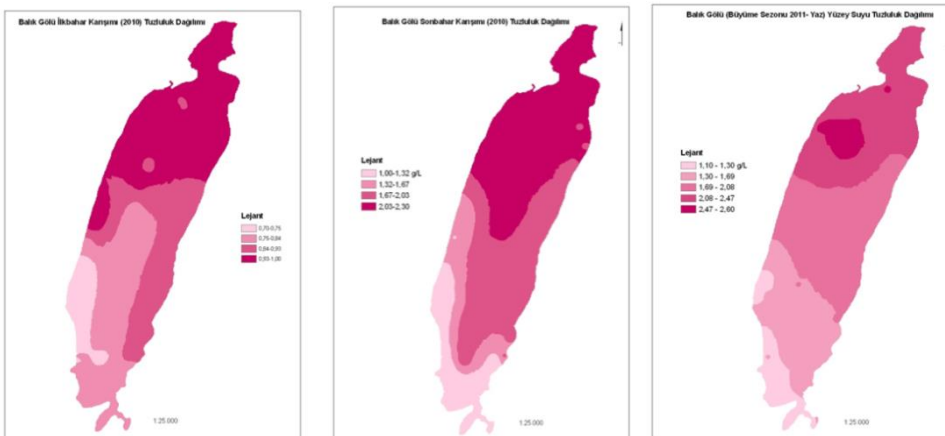
Oluşturulan dağılım haritaları incelendiğinde, sedimandaki organik karbon içeriklerinin gölün genelinde yaz döneminde azalma gösterdiği (ort. 38 g/kg C'dan 17 g/kg'a) görülürken özellikle gölün güneybatı kıyılarında sediman fosfat içeriğinin nispeten daha fazla azalma eğiliminde (ort. 896 mg/kg P'den 675 mg/kg'a) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 9 ve Şekil 10). İki yönlü ANOVA sonuçlarına göre, sedimanlardaki toplam fosfatın mevsimsel ve istasyonel olarak anlamlı bir fark göstermediği aynı şekilde sediman-su matriksinde fosfat konsantrasyonlarının anlamlı bir fark gösterdiği ( $p = 0,033$ ) ve mevsimlerin sediman-su arasında fosfat bakımından istatistiksel olarak önemli bir değişime neden olduğu ( $p = 0,006$ ) izlenmiştir. Bununla birlikte, organik maddenin sedimandaki fosfat sorpsiyonunda temel faktörlerden biri olduğu bilinmektedir (Jensen ve Andersen, 1992). Sedimandan çözünmüş organik fosfatın salınımı organik madde içeriğine bağlı olarak zenginleşmektedir. Özellikle, gölün güney batı bölgesinden alınan 2 nolu sediman örneklerinin 3 sezon süresince organik madde açısından zengin yapıda olması dikkat çekmektedir. Test sonuçlarına göre, mevsimsel değişimin sediman-su arasındaki TOC konsantrasyonunun değişiminde etkili olduğu ( $p = 0,008$ ) fakat mevsimsel ( $p = 0,081$ ) ve istasyonel ( $p = 0,528$ ) olarak TOC konsantrasyonunun anlamlı bir fark göstermediği ve sediman-su arasında istatistiksel olarak önemli bir bulgu olmadığı ( $p = 0,442$ ) anlaşılmaktadır. Ancak bu noktalarda, yaz mevsimi boyunca yüzey suyunda belirlenen fosfat artışı (maksimum 0,09 mg/L) beraberinde suda klorofil-a kons. artışını ( $> 90 \mu\text{g/L}$ ) da sağlamış olabilir. Bununla birlikte, yüzey suyu toplam fosfat ve klorofil-a kons. arasında 6 bölgesel istasyona bağlı mevsimsel korelasyonun 0,734 ile nispeten yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu değişimlerin etkisi ile sediman gözenek suyu pH artışına (maksimum 8,42) bağlı sediman üstü suya nutrient salınımı vb. dinamiklerin gölde mevsimsel olarak etkili olduğunu gösteren önemli bir bulgudur.



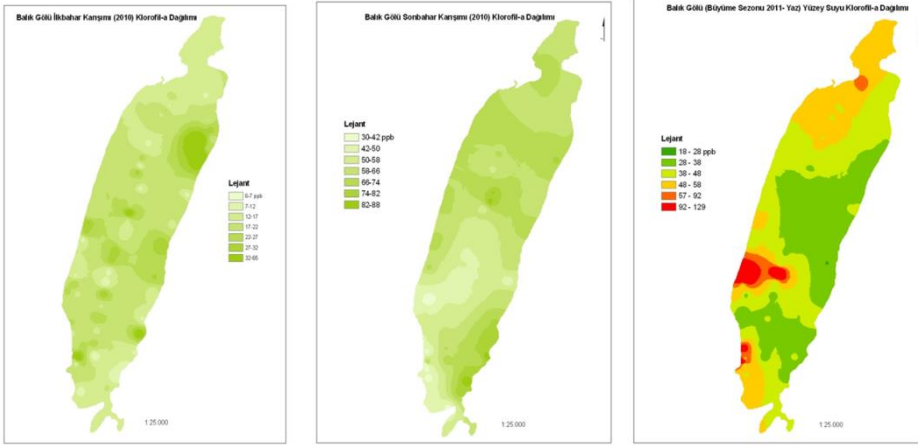
Şekil 5. Göl Yüze Suyu Mevsimsel pH Dağılımı  
Figure 5. Distribution of Seasonal PH of the Lake Surface Water



Şekil 6. Göl Yüze Suyu Mevsimsel Toplam Çözünmüş Katılar Dağılımı  
Figure 6. Distribution of Seasonal TDS of the Lake Surface Water

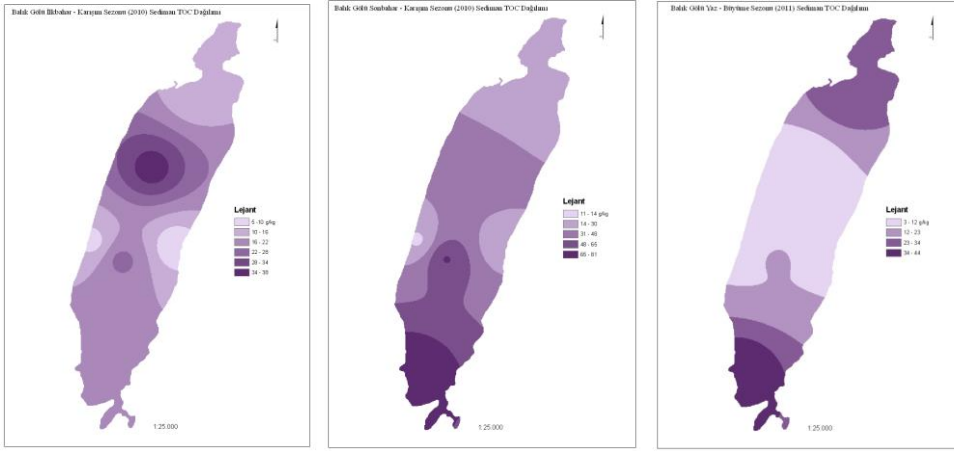


Şekil 7. Göl Yüze Suyu Mevsimsel Tuzluluk Dağılımı  
Figure 7. Distribution of Seasonal SAL of the Lake Surface Water



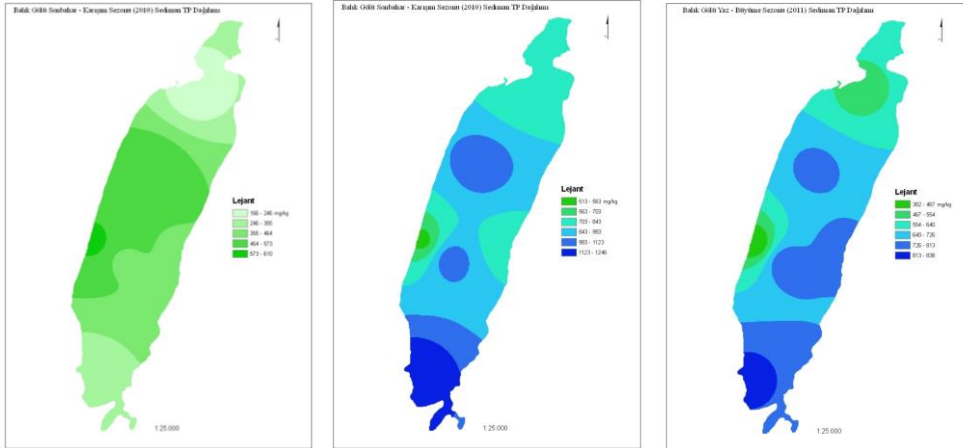
Şekil 8. Göl Yüzey Suyu Mevsimsel Klorofil-a Dağılımı

Figure 8. Distribution of Seasonal CHL-a of the Lake Surface Water



Şekil 9. Sediman Toplam Organik Karbon Dağılımı (ilkbahar-sonbahar-yaz; g/kg C)

Figure 9. Distribution of Seasonal TOC of the Lake Sediments



Şekil 10. Sediman Toplam Fosfat Dağılımı (ilkbahar-sonbahar-yaz; mg/kg PO<sub>4</sub>-P)

Figure 10. Distribution of Seasonal TP of the Lake Sediments

#### 4.Sonuç

Bu araştırma süresince incelenen Kızılırmak deltası balık gölü yüzey sedimanlarından elde edilen bulgular, yüksek fosfat (yıllık ortalama 663 mg/kg PO<sub>4</sub>-P, kuru ağırlıkta) ve organik karbon konsantrasyonları yıllık ortalama 24,4 g/kg TOC, kuru ağırlıkta) sahip göl sedimanlarının oldukça kirlendiğini göstermiştir. ArcGIS ile oluşturulan dağılım haritalarından da izlenen yüzey suyu nutrient akış oranları ve biyokütle yönelimlerinin mevsimsel durumları, kirlenmiş göl sediman tabakasının gölün trofik seviyesinde de ne kadar etkili olabildiklerini gösterir niteliktedir. Sedimanlardaki yoğun besin maddelerinin gölde mevcut makro-alg yosunlarının daha fazla büyümesini sağlamak için önemli bir nutrient kaynağı olarak rol aldıklarını ve bazı durumlarda, sedimandan nutrient salınımlarının, bahar karışım dönemlerinde makro-algsel büyümenin başlamasını tetikleyecek kadar da yeterli düzeyde olabildiğini gösterir niteliktedir. Balık Gölü'ne doğrudan ve dolaylı olarak karışan suların, deltada yoğun olarak işlenen alanlardan (çeltik tarlaları gibi), belde kanalizasyon atıksularının iyi ıslah edilmemesi sonucu göllere kadar ulaştığı tahmin edilmektedir. Dolayısıyla çevresel akışlar, yüzey sedimanlarında depolanan azot, fosfor ve karbon yükünden sorumlu temel dışsal kaynaklar olarak tespit edilmiş ve bölgede kontrolsüz atık boşaltımı örnekleriyle karşılaşılmıştır. Arıtılmadan derelere ve kanallara deşarj edilen atıksular ile tarımsal sulama sularının göl ve çevre sulak alanlar için önemli bir besin girdisine neden olduğu saha çalışmalarında da gözlenmiştir. Çeşitli olumsuz çevre koşullarının baskısı altında varlığını sürdürmeye devam eden Kızılırmak Deltası'nda insan kaynaklı çevresel kirliliğin önüne geçilebilmesi için yerel yönetim ve sivil toplum kuruluşlarının entegre havza yönetimi yaklaşımı çerçevesinde konuyu ele alması, bölgede yaşamını sürdürmekte olan tüm canlı popülasyonlarının korunması amacıyla çevresel farkındalığın artırılması yönünde çalışmalar yapılması önem taşımaktadır. Deltanın biyoçeşitliliğinin ve diğer tüm zenginliklerinin sürdürülebilir bir şekilde korunması ancak bütüncül bir anlayışla sağlanabilecektir.

## **Teşekkür**

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO.MUH.1904.10.001 numaralı bilimsel araştırma projesi ile desteklenmiş olup doktora tezinden (YÖK Tez No: 316332) türetilmiştir.

## **Kaynaklar**

APHA/AWWA/WEF: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th edn, Washington DC, USA

Brzozowska R Dunalska J & Zdanowski B (2007). Chemical Composition of the Surficial Sediments in Lake Lichenskie. *Arc. Pol. Fish.* Vol.15, 4:445-455

Christophoros C & Fytianos K (2006). Conditions Affecting the Release of Phosphorus from Surface Lake Sediments, *J. Of Environmental Quality*; 35:4, 1181-1192

Jensen HS & Andersen FO (1992). Importance of temperature, nitrate, and pH for phosphate release from aerobic sediments of four shallow, eutrophic lakes. *Limnol Oceanogr* 3:577- 89

Pusceddu A Gambi C Manini E & Danovaro R (2007). Trophic state, ecosystem efficiency and biodiversity of transitional aquatic ecosystems: analysis of environmental quality based on different benthic indicators, *Chemistry and Ecology*, Vol. 23, No. 6, 505–515

Sertel E Fındık N Kaya S & Şeker DZ (2008). Samsunlu A., Assessment of Landscape Changes in the Kizilirmak Delta, Turkey, Using Remotely Sensed Data and GIS. *Environmental Engineering Science*, 25 (3); 353-361

Smolders AJP Lamers LPM Lucassen E Van Der Velde G & Roelofs JGM (2006). Internal eutrophication: how it works and what to do about it—a review. *Chemistry and Ecology* 22: 93–111

Tsagli J A (2006). Spatial Distribution of Water Quality and Eutrophication Levels of Wetlands; A Case Study of Lake Cuitzeo-Mexico, A Thesis for The Degree of Master's



of Science (Supervisor: Vekerdy Z.) International Ins. for Geo-Information Sci. and Earth Observation, NL

Turoğlu H(2006). Kızılırmak Deltası ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojik Özellikleri ve İnsan Yaşamındaki Etkileri, [www.iudergi.com/tr//anadolu/article/view/2117/0](http://www.iudergi.com/tr//anadolu/article/view/2117/0) (Erişim tarihi: 06.01.2015)

Vicente I Cruz-Pizarro L & Rueda FJ (2010). Sediment resuspension in two adjacent shallow coastal lakes: controlling factors and consequences on phosphate Dynamics, *Aquat. Sci.* 72:21–31

## L-BULANIK ESNEK GRUPLAR

Yıldıray ÇELİK<sup>1\*</sup>, Sevgi DEMİR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Ordu

(Geliş Tarihi: 21.02.2017; Kabul Tarihi: 13.04.2017)

### ÖZET

Bu çalışmada, L-bulanık esnek küme ve L-bulanık esnek grup kavramları verildi. Ayrıca L-bulanık esnek grupların cebirsel yapısı, temel özellikleri ve sonuçları arasındaki ilişkiler değerlendirildi.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık küme, esnek küme, bulanık esnek küme.

### L-FUZZY SOFT GROUPS

### ABSTRACT

In this paper, the concepts of L-fuzzy soft set and L-fuzzy soft group are given. Also, the algebraic structure, the basic properties and relationship between results of L-fuzzy soft groups are introduced.

**Key Words:** Fuzzy set, soft set, fuzzy soft set.

\*ycelik61@gmail.com

### 1.GİRİŞ

Ekonomi, mühendislik, çevre, sosyal bilim, tıp bilimi ve diğer birçok alandaki birçok karmaşık problemler kesin olmayan bilgiler içerir. Günlük yaşamda sürekli karşı karşıya geldiğimiz bu problemler klasik matematik metotları kullanılarak çözülemez. Klasik matematikte, bir objenin matematiksel modeli tasarlanır ve bu modelin tam çözümünün ifadesi kararlaştırılır. Bu yüzden klasik matematiksel model çok karmaşıktır ve kesin çözüm bulunamaz. Belirsizlikleri tanımlamak için birkaç tane iyi bilinen teoriler vardır. Örneğin, bulanık küme teorisi (Zadeh 1965), kaba küme teorisi (Pawlak 1982) ve diğer matematiksel araçlar. Fakat bütün bu teorilerin kendi içerisinde birtakım zorluklara

sahip olduğu Molodtsov (Molodtsov 1999) tarafından işaret edildi. Molodtsov belirsizliklerle başa çıkabilmek için mevcut metotların sahip olduğu zorluklardan uzak yeni bir matematiksel araç olarak esnek küme kavramını ortaya koydu.

Esnek küme teorisi birçok yönü ile zengin bir uygulama potansiyeline sahiptir. Bu uygulamalardan bazıları Molodtsov (Molodtsov 1999) tarafından kendi öncü çalışmasında gösterilmiştir. Son zamanlarda esnek küme teorisi üzerindeki çalışmalar hızlı bir şekilde ilerleme göstermiştir. Maji, Biswas ve Roy (Maji et al. 2003) esnek küme teorisinin uygulamalarını tanımladılar ve esnek küme teorisi üzerinde birçok işlemle çalıştılar. Chen, Tsang, Yeung ve Wang (Chen et al. 2005) esnek kümelerin parametre dönüşümleriyle ilgili yeni tanımlar ortaya koydular ve bu tanımların kaba küme teorisi ile olan ilişkisini incelediler. Pei ve Miao (Pei & Miao 2005) esnek kümelerle bilgi sistemleri arasındaki ilişkiyi tartıştılar. Maji, Biswas ve Roy (Maji et al. 2001) tarafından esnek kümeler bulanık alt kümelerle taşınarak bulanık esnek kümeler tanımlandı. Bu şekilde esnek kümeler için daha önceden bilinen tanım ve teoremler bulanık yapısına uyarlanmış oldu.

Esnek kümelerin cebirsel yapısı bazı bilim adamları tarafından incelendi. İlk olarak Aktaş ve Çağman (Aktaş & Çağman 2007) esnek grupların yapısını inceleyerek, esnek grupların bulanık alt kümeler ve rough kümelerle olan ilişkisini değerlendirdiler. Ayrıca Molodtsov (Molodtsov 1999)'un esnek kümelerle ilgili tanımını kullanarak esnek grupların bazı özelliklerini ortaya koydular. Jun (Jun 2008) esnek BCK-BCI cebirlerini tanımladı ve bununla ilgili çalışmalar yaptı. Feng, Jun ve Zhao (Feng et al. 2008) esnek yarı halka kavramını ifade ettiler ve esnek kümeler için mevcut olan özellikleri yarı halka yapısına uyarladılar. Ali, Feng, Liu, Min ve Shabir (Ali et al. 2009) esnek kümeler için bilinen  $\cap$ ,  $\cup$  gibi cebirsel yapıları yeniden düzenleyerek esnek kümelerde yeni ifadeleri oluşturdular.

Bu çalışmada biz L-bulanık esnek küme kavramını vererek, L-bulanık esnek grupların yapısını inceledik. Ayrıca L-bulanık esnek grupların temel özellikleri ve sonuçları arasındaki ilişkileri değerlendirdik.

## 2. GENEL BİLGİLER

**Tanım 2.1.** (Birkhoff 1967)  $L$  boştan farklı bir küme " $\leq$ "  $L$ 'de bir bağıntı olsun.  $L$ 'ye bir sıralı küme denir.  $\Leftrightarrow$

- i)  $\forall a \in L$  için  $a \leq a$
- ii)  $\forall a, b \in L$  için  $a \leq b$  ve  $b \leq a$  ise  $a = b$
- iii)  $\forall a, b, c \in L$  için  $a \leq b$  ve  $b \leq c$  ise  $a \leq c$

$L$  sıralı kümesi  $(L, \leq)$  notasyonu ile gösterilir.

**Tanım 2.2.** (Birkhoff 1967)  $(L, \leq)$  bir sıralı küme olsun.

- (i)  $L$ 'ye bir kafes denir.  $\Leftrightarrow \forall a, b \in L$  için  $\text{Sup}\{a, b\} = a \vee b$  ve  $\text{Inf}\{a, b\} = a \wedge b$  mevcuttur.
- (ii)  $L$ 'ye bir zincir denir.  $\Leftrightarrow \forall a, b \in L$  için  $a \leq b$  veya  $b \leq a$ .

- (iii)  $L'$ 'ye bir tam kafes denir.  $\Leftrightarrow \forall T \subseteq L$  için  $\text{Sup}T$  ve  $\text{Inf}T$  mevcuttur.
- (iv)  $L'$ 'ye bir modular kafes denir.  $\Leftrightarrow L$  kafes ve  $\forall a, b, c \in L, a \leq b$  için  $a \vee (b \wedge c) = b \wedge (a \vee c)$ .
- (v)  $L'$ 'ye bir dağılımlı kafes denir.  $\Leftrightarrow L$  kafes ve  $\forall a, b, c \in L$  için  $a \vee (b \wedge c) = (a \vee b) \wedge (a \vee c)$  ve  $a \wedge (b \vee c) = (a \wedge b) \vee (a \wedge c)$ .
- (vi)  $L'$ 'ye sonsuz  $\vee$ -dağılımlı kafes denir.  $\Leftrightarrow L$  bir tam kafes ve  $\forall a, b_i \in L, i \in \Lambda$  için  $a \wedge (\bigvee_{i \in \Lambda} b_i) = \bigvee_{i \in \Lambda} (a \wedge b_i)$ .

**Tanım 2.3.** (Kaufmann 1975)  $X$  bir küme olmak üzere  $\mu : X \rightarrow L$  fonksiyonuna  $X$ 'in  $L$ - bulanık alt kümesi denir.  $X$ 'in bütün  $L$ - bulanık alt kümeleri  $L^X$  ile gösterilir.  $L=[0,1]$  ise  $L$ -bulanık alt kümelerine  $X$ 'in bulanık alt kümeleri denir.  $\mu \in L^X$  için,  $\text{Res } \mu = \{ \mu(x) : x \in X \}$  ve  $\mu^* = \{ x \in X : 0 < \mu(x) \}$  kümelerine sırasıyla  $\mu$ 'nün görüntüsü ve desteği denir.

**Tanım 2.4.** (Kaufmann 1975)  $Y \subseteq X$  ve  $a \in L - \{0\}$  için  $a_Y \in L^X$  aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$a_Y(x) = \begin{cases} a, & x \in Y \\ 0, & x \notin Y \end{cases}$$

Özel olarak  $a=1$  alınırsa  $1_Y$   $L$ - bulanık alt kümesine  $Y$ 'nin karakteristik fonksiyonu denir. Bu durum  $\chi_Y$  notasyonu ile gösterilir.

**Tanım 2.5.** (Kaufmann 1975)  $\mu, \nu \in L^X$  olmak üzere  $\forall x \in X$  için  $\mu(x) \leq \nu(x)$  ise  $\nu$ 'ye  $\mu$ 'yü kapsar denir ve  $\mu \leq \nu$  ile gösterilir.

**Tanım 2.6.** (Kaufmann 1975)  $\mu, \nu \in L^X$  ve  $x \in X$  olsun.

$$(\mu \vee \nu)(x) = \mu(x) \vee \nu(x)$$

$$(\mu \wedge \nu)(x) = \mu(x) \wedge \nu(x)$$

ile tanımlanan  $L$ -bulanık alt kümelerine sırasıyla  $\mu$  ile  $\nu$ 'nün birleşimi ve kesişimi (arakesiti) denir.

**Tanım 2.7.** (Mordeson & Malik 1998)  $\mu \in L^X$  ve  $\nu \in L^Y$  olsun.  $\forall x \in X$  ve  $\forall y \in Y$  için  $\mu \times \nu(x, y) = \mu(x) \wedge \nu(y)$  ile tanımlanan  $L$ -bulanık alt kümesine  $\mu$  ve  $\nu$   $L$ -bulanık alt kümelerinin kartezyen çarpımı denir.

**Tanım 2.8.** (Bhattacharya & Jain 1972)  $\emptyset \neq G$  bir küme ve  $\cdot$   $G$  üzerinde bir ikili işlem olsun.  $G$ 'ye bir grup denir.  $\Leftrightarrow$

i)  $\forall x, y, z \in G$  için  $x.(y.z) = (x.y).z$

ii)  $\exists e \in G$  öyle ki  $\forall x \in G$  için  $e.x = x.e$

iii)  $\forall x \in G$  için  $\exists y \in G$  öyle ki  $y.x = x.y = e$

Burada  $e$  elemanına  $G$ 'nin birim elemanı denir.  $y.x=x.y=e$  eşitliğini sağlayan  $y$  elemanına  $x$ 'in tersi denir ve  $y=x^{-1}$  veya  $y=-x$  ile gösterilir.  $G$  bir grup ise  $(G,.)$  ile gösterilir.

**Tanım 2.9.** (Bhattacharya & Jain 1972)  $(G,.)$  bir grup olsun.  $G$ 'ye değişmeli grup denir  $\Leftrightarrow \forall x,y \in G$  için  $x.y=y.x$ 'dir.

**Tanım 2.10.** (Bhattacharya & Jain 1972)  $(G,.)$  bir grup ve  $\emptyset \neq H \subseteq G$  olsun.  $H$ 'ye  $G$ 'nin bir alt grubu denir  $\Leftrightarrow \forall a, b \in H$  için  $a.b^{-1} \in H$ 'tır. Bu durum  $H < G$  notasyonu ile gösterilir.  $G$  grubunun bütün alt gruplarının kümesi  $S(G)$  ile gösterilecektir.

**Tanım 2.11.** (Mordeson & Malik 1998)  $\mu, \nu \in L^G$  olmak üzere  $\forall x \in G$  için  $(\mu.\nu)(x) = \bigvee \{ \mu(y) \wedge \nu(z) \mid y, z \in G, y.z = x \}$  ve  $\mu^{-1}(x) = \mu(x^{-1})$  şeklinde tanımlanan  $\mu.\nu, \mu^{-1}$  L-bulanık alt kümelerine sırasıyla  $\mu$  ile  $\nu$ 'nün çarpımı ve  $\mu$ 'nün tersi denir.

**Tanım 2.12.** (Mordeson & Malik 1998)  $\mu \in L^G$  olsun.  $\mu$ 'ye  $G$ 'nin bir L-bulanık alt grubu denir.  $\Leftrightarrow$

$$(G_1) \quad \forall x, y \in G \text{ için } \mu(xy) \geq \mu(x) \wedge \mu(y)$$

$$(G_2) \quad \forall x \in G \text{ için } \mu(x^{-1}) \geq \mu(x)$$

Eğer  $L=[0,1]$  ise L-bulanık alt grup, bulanık alt grup olarak adlandırılır.  $G$  nin bütün L-bulanık alt gruplarının kümesi  $FL(G)$  ile gösterilir.

**Teorem 2.1.** (Mordeson & Malik 1998)  $\{ \mu_i \mid i \in I \} \subseteq FL(G)$  olsun. Bu takdirde,  $\bigcap_{i \in I} \mu_i \in FL(G)$ 'dir.

**Teorem 2.2.** (Mordeson & Malik 1998)  $L$  bir tam kafes,  $(G,.)$  bir grup,  $\emptyset \neq H \subseteq G$  ve  $\mu \in L^G$  olsun. Bu takdirde  $\forall x \in G$  ve  $\forall t \in L$  için  $\mu(x) = \begin{cases} t, & x \in H \\ 0, & x \notin H \end{cases}$  L-bulanık alt gruptur  $\Leftrightarrow H < G$ 'dir.

**Teorem 2.3.** (Mordeson & Malik 1998)  $(G, \cdot)$  bir grup  $\mu$  ve  $\nu$   $G$ 'nin L-bulanık alt grupları olmak üzere  $\mu \cdot \nu$   $G$ 'nin bir L-bulanık alt grubudur  $\Leftrightarrow \mu \cdot \nu = \nu \cdot \mu$

**Tanım 2.13.** (Mordeson & Malik 1998)  $A \neq \emptyset$  bir küme ve  $P(U)$ ,  $U$ 'nun güç kümesini gösterebilir.  $F: A \rightarrow P(U)$  bir dönüşüm olmak üzere  $(F,A)$  ikilisine  $U$  üzerinde bir esnek küme denir. Başka bir ifadeyle,  $U$  üzerinde bir esnek küme  $U$  kümesinin alt kümelerinin bir parametreler ailesidir.  $\varepsilon \in A$  için  $F(\varepsilon)$ ,  $(F,A)$  esnek kümesinin  $\varepsilon$ -elemanlarının bir kümesi yada  $\varepsilon$ -yaklaşımli elemanlarının bir kümesi olarak adlandırılır. Esnek küme kavramı ile ilgili aşağıdaki örnekleri verebiliriz.

**Örnek 2.1.**  $F: A \rightarrow P(U)$  bir dönüşüm olmak üzere  $\forall x \in A$  için  $F(x) = \emptyset$  şeklinde tanımlanan  $(F,A)$  ikilisi bir esnek kümedir.

**Örnek 2.2.**  $f : A \rightarrow U$  bir fonksiyon ve  $F: A \rightarrow P(U)$  bir dönüşüm olmak üzere  $\forall x \in A$  için  $F(x) = \{f(x)\}$  şeklinde tanımlanan  $(F,A)$  ikilisi  $U$  üzerinde bir esnek kümedir.

**Örnek 2.3.**  $(G,.)$  grup olsun.  $H: G \rightarrow P(G)$  bir dönüşüm olmak üzere  $\forall g \in G$  için  $H(g) = \langle g \rangle = \{g^n \mid n \in \mathbb{Z}\}$  şeklinde tanımlanan  $(H,G)$  ikilisi  $G$  üzerinde bir esnek kümedir.

### 3. L-BULANIK ESNEK KÜMELER

Bu bölümde bir  $L$  tam kafesi üzerinde  $L$ -bulanık esnek küme tanımı verilerek bazı temel özellikleri ve sonuçları arasındaki ilişkiler değerlendirilecektir. Bu şekilde bulanık esnek kümelerin mevcut yapısı herhangi bir  $L$  kafesi üzerinde incelenecektir.

Bu bölüm boyunca,  $U$  bir küme,  $E$  parametreler kümesi,  $A \subset E$  ve  $L$  bir tam kafes olarak ele alınacaktır.

**Tanım 3.1.**  $F:A \rightarrow L^U$  bir dönüşüm olmak üzere  $(F,A)$  ikilisine  $U$  üzerinde  $L$ -bulanık esnek küme denir. Eğer  $L=[0,1]$  alınırsa  $L$ -bulanık esnek küme yerine bulanık esnek küme denir.

**Örnek 3.1.**  $L=[0,1]$  ve  $F: \mathbb{Z} \rightarrow L^{\mathbb{Z}}$  olmak üzere  $\forall n, x \in \mathbb{Z}$  için  $F(n): \mathbb{Z} \rightarrow L$  dönüşümü

$$F(n)(x) := \begin{cases} 1, & 3 \mid n-x \\ \frac{1}{2}, & 3 \mid n-x+1 \\ 0, & 3 \mid n-x+2 \end{cases}$$

şeklinde tanımlanmış olsun. Bu takdirde  $(F,\mathbb{Z})$   $\mathbb{Z}$  kümesi üzerinde  $L$ -bulanık esnek kümedir.

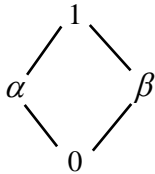
**Tanım 3.2.**  $(F,A)$  ve  $(G,B)$   $U$  üzerinde iki  $L$ -bulanık esnek küme olsun.  $(F,A)$ 'ya  $(G,B)$ 'nin  $L$ -bulanık esnek alt kümesi denir.  $\Leftrightarrow$

(i)  $A \subseteq B$

(ii)  $\forall x \in A$  için  $F(x) \leq G(x)$ .

Bu durum  $(F,A) \tilde{\subseteq} (G,B)$  notasyonu ile gösterilir.

**Örnek 3.2.**  $L=\{0,\alpha,\beta,1\}$  kafesinde sıralama bağıntısı aşağıdaki şekilde verilsin.



**Şekil 1.**  $L=\{0,\alpha,\beta,1\}$  kafesi

$F: \mathbb{N} \rightarrow L^{\mathbb{Z}}$ ,  $G: \mathbb{Z} \rightarrow L^{\mathbb{Z}}$  olmak üzere  $\forall n \in \mathbb{N}$ ,  $\forall x \in \mathbb{Z}$  için  $F(n): \mathbb{Z} \rightarrow L$ ,  $G(n): \mathbb{Z} \rightarrow L$  dönüşümleri

$$F(n)(x) = \begin{cases} 0, & x < n \\ \alpha, & x \geq n \end{cases} \quad G(n)(x) = \begin{cases} \beta, & x < n \\ 1, & x \geq n \end{cases}$$

şeklinde tanımlanmış olsun. Bu takdirde  $(F, \mathbb{N}) \tilde{=} (G, \mathbb{Z})$ 'dir.

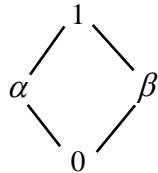
**Tanım 3.3.**  $(F, A)$  ve  $(G, B)$   $U$  üzerinde iki L-bulanık esnek küme olsun.  $(F, A)$  ve  $(G, B)$ 'ye eşittir denir.  $\Leftrightarrow (F, A) \tilde{=} (G, B)$  ve  $(G, B) \tilde{=} (F, A)$ .

**Tanım 3.4.**  $(F, A)$   $U$  üzerinde bir L-bulanık esnek küme olmak üzere  $(F, A)$ 'ya boş L-bulanık esnek küme denir.  $\Leftrightarrow \forall x \in A$  için  $F(x) = 0_U$ . Bu durum  $\Phi_A$  notasyonu ile gösterilir.

**Tanım 3.5.**  $(F, A)$   $U$  üzerinde bir L-bulanık esnek küme olmak üzere  $(F, A)$ 'ya tam L-bulanık esnek küme denir.  $\Leftrightarrow \forall x \in A$  için  $F(x) = 1_U$ . Bu durum  $\Omega_A$  notasyonu ile gösterilir.

**Tanım 3.6.**  $(F, A)$  ve  $(G, B)$   $U$  üzerinde L-bulanık esnek kümeler olsun.  $C = A \cap B$  ve  $\forall x \in C$  için  $H(x) = F(x) \wedge G(x)$  şeklinde tanımlanan  $(H, C)$  L-bulanık esnek kümesine  $(F, A)$  ve  $(G, B)$  L-bulanık esnek kümelerinin arakesiti denir. Bu durum  $(F, A) \tilde{\cap} (G, B)$  notasyonu ile gösterilir.

**Örnek 3.3.**  $G$  herhangi bir küme olmak üzere  $L = \{0, \alpha, \beta, 1\}$  kafesinde sıralama bağıntısı aşağıdaki şekilde verilsin.



**Şekil 2.**  $L = \{0, \alpha, \beta, 1\}$  kafesi

$F: \mathbb{N} \rightarrow L^G$  olmak üzere  $\forall a \in \mathbb{N}$ ,  $x \in G$  için  $F(a): G \rightarrow L$  dönüşümü

$$F(a)(x) = \begin{cases} 1, & x = a \\ \beta, & x \neq a \end{cases}$$

$H: \mathbb{Z} \rightarrow L^G$  olmak üzere  $\forall b \in \mathbb{Z}$ ,  $x \in G$  için  $F(b): G \rightarrow L$  dönüşümü

$$H(b)(x) = \begin{cases} \alpha, & x = b \\ 0, & x \neq b \end{cases}$$

şeklinde tanımlansın. Bu takdirde  $(F, \mathbb{N})$  ve  $(H, \mathbb{Z})$  L-bulanık esnek kümeler olup bu kümelerinin arakesiti  $(F, \mathbb{N}) \tilde{\cap} (H, \mathbb{Z}) = (K, \mathbb{N})$  ise  $\forall a \in \mathbb{N}$ ,  $x \in G$  için

$$K(a)(x) = \begin{cases} \alpha, & x = a \\ 0, & x \neq a \end{cases}$$

şeklindedir.

**Tanım 3.7.**  $(F,A)$  ve  $(G,B)$   $U$  üzerinde L-bulanık esnek kümeler olsun.  $C=A \cup B$  ve  $\forall x \in C$  için,

$$H(x) = \begin{cases} F(x), & x \in A-B \text{ ise} \\ G(x), & x \in B-A \text{ ise} \\ F(x) \vee G(x), & x \in A \cap B \text{ ise} \end{cases}$$

şeklinde tanımlanan  $(H,C)$  L-bulanık esnek kümesine  $(F,A)$  ve  $(G,B)$  L-bulanık esnek kümelerinin birleşimi denir. Bu durum  $(F,A) \tilde{\cup} (G,B)$  notasyonu ile gösterilir.

**Önerme 3.1.**  $(F,A)$   $U$  üzerinde L-bulanık esnek küme olsun. Bu takdirde aşağıdaki özellikler gerçekleşir.

- (i)  $(F,A) \tilde{\cup} (F,A) = (F,A)$
- (ii)  $(F,A) \tilde{\cap} (F,A) = (F,A)$
- (iii)  $(F,A) \tilde{\cup} \Phi_A = (F,A)$
- (iv)  $(F,A) \tilde{\cap} \Phi_A = \Phi_A$
- (v)  $(F,A) \tilde{\cup} \Omega_A = \Omega_A$
- (vi)  $(F,A) \tilde{\cap} \Omega_A = (F,A)$

**Tanım 3.8.**  $(F,A)$  ve  $(G,B)$   $U$  üzerinde L-bulanık esnek kümeler olsun.  $C=A \times B$  ve  $\forall (x,y) \in A \times B$  için  $H(x,y) = F(x) \wedge G(y)$  şeklinde tanımlanan  $(H,C)$  L-bulanık esnek kümesine  $(F,A)$  ve  $(G,B)$  L-bulanık esnek kümelerinin  $\wedge$ -arakesiti denir. Bu durum  $(F,A) \tilde{\wedge} (G,B)$  notasyonu ile gösterilir.

**Tanım 3.9.**  $(F,A)$  ve  $(G,B)$   $U$  üzerinde L-bulanık esnek kümeler olsun.  $C=A \times B$  ve  $\forall (x,y) \in A \times B$  için  $H(x,y) = F(x) \vee G(y)$  şeklinde tanımlanan  $(H,C)$  L-bulanık esnek kümesine  $(F,A)$  ve  $(G,B)$  L-bulanık esnek kümelerinin  $\vee$ -birleşimi denir. Bu durum  $(F,A) \tilde{\vee} (G,B)$  notasyonu ile gösterilir.

**Tanım 3.10.**  $(F,A)$   $G_1$  üzerinde  $(H,B)$   $G_2$  üzerinde L-bulanık esnek kümeler olsun.  $C=A \times B$  ve  $\forall (x,y) \in A \times B$  için  $G(x,y) = F(x) \times H(y)$  şeklinde tanımlanan  $(G,C)$  L-bulanık esnek kümesine  $(F,A)$  ve  $(H,B)$  L-bulanık esnek kümelerinin kartezyen çarpımı denir. Bu durum  $(F,A) \tilde{\times} (H,B)$  notasyonu ile gösterilir.

**Örnek 3.4.**  $L=[0,1]$  kafesinde  $F: \mathbb{Z} \rightarrow L^{\mathbb{Z}}$  ve  $H: \mathbb{Z} \rightarrow L^{\mathbb{Z}}$  iki dönüşüm olmak üzere  $\forall x, y, a, b \in \mathbb{Z}$  ve  $k \in \mathbb{Z} - \{0\}$  için

$$F(x)(a) = \begin{cases} \frac{1}{3}, & 2 \mid x-a \\ \frac{1}{2}, & x-a = 2k+1 \end{cases} \quad H(y)(b) = \begin{cases} \frac{1}{3}, & 4 \mid y-b \\ \frac{1}{2}, & 4 \mid y-b+1 \\ 1, & 4 \mid y-b+2 \\ 0, & 4 \mid y-b+3 \end{cases}$$

şeklinde tanımlanan  $(F,\mathbb{Z})$  ve  $(H,\mathbb{Z})$  L-bulanık esnek kümeler olup bu kümelerinin kartezyen çarpımı  $(G, \mathbb{Z} \times \mathbb{Z}) = (F, \mathbb{Z}) \tilde{\times} (H, \mathbb{Z})$  ise  $\forall (a,b) \in \mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$  ve  $k \in \mathbb{Z} - \{0\}$  için



$$G(x,y)(a,b) = \begin{cases} \frac{1}{3}, & 2 \mid x-a, 4 \mid y-b, 4 \mid y-b+1, 4 \mid y-b+2 \text{ veya } x-a=2k+1, 4 \mid y-b \\ \frac{1}{2}, & x-a=2k+1, 4 \mid y-b+1, 4 \mid y-b+2 \\ 0, & 2 \mid x-a, 4 \mid y-b+3 \text{ veya } x-a=2k+1, 4 \mid y-b+3 \end{cases}$$

şeklindedir.

**Tanım 3.11.**  $(G, \cdot)$  bir grup,  $(F, A)$  ve  $(H, B)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek kümeler olsun.  $C=A \times B$  ve  $\forall (x, y) \in A \times B$  için  $K(x, y) = F(x) \cdot H(y)$  şeklinde tanımlanan  $(K, C)$  L-bulanık esnek kümesine  $(F, A)$  ve  $(H, B)$  L-bulanık esnek kümelerinin çarpımı denir. Bu durum  $(F, A) \tilde{\cdot} (H, B)$  notasyonu ile gösterilir.

**Tanım 3.12.**  $(G, \cdot)$  bir grup,  $(F, A)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek küme olsun.  $\forall x \in A$  için  $E(x) = F(x)^{-1}$  şeklinde tanımlanan  $(E, A)$  L-bulanık esnek kümesine  $(F, A)$  L-bulanık esnek kümesinin tersi denir. Bu durum  $(F, A)^{-1}$  notasyonu ile gösterilir.

**Tanım 3.13.**  $(G, \cdot)$  bir grup,  $(F, A)$  ve  $(H, B)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek kümeler olsun.  $C=A \cap B$  ve  $\forall x \in A \cap B$  için  $K(x) = F(x) \cdot H(x)$  şeklinde tanımlanan  $(K, C)$  L-bulanık esnek kümesine  $(F, A)$  ve  $(H, B)$  L-bulanık esnek kümelerinin arakesit çarpımı denir. Bu durum  $(F, A) \tilde{\cap} (H, B)$  notasyonu ile gösterilir.

**Tanım 3.14.**  $(G, \cdot)$  bir grup,  $(F, A)$  ve  $(H, B)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek kümeler olsun.  $C=A \cup B$  ve  $\forall x \in A \cup B$  için

$$K(x) = \begin{cases} F(x), & x \in A-B \\ H(x), & x \in B-A \\ F(x) \cdot H(x), & x \in A \cap B \end{cases}$$

şeklinde tanımlanan  $(K, C)$  L-bulanık esnek kümesine  $(F, A)$  ve  $(H, B)$  L-bulanık esnek kümelerinin birleşim çarpımı denir. Bu durum  $(F, A) \tilde{\cup} (H, B)$  notasyonu ile gösterilir.

#### 4. L-BULANIK ESNEK GRUPLAR

Aktaş ve Çağman (2007) tarafından esnek gruplar için yapılmış olan mevcut çalışma göz önüne alındığında esnek grupların, bulanık alt gruplarla ilişkilendirilebileceği gözlemlendi. Bu bölümde esnek gruplar için yapılmış olan çalışma da göz önüne alınarak ve L-bulanık esnek kümeler yardımıyla yeni bir kavram olarak L-bulanık esnek grup ve L-bulanık esnek alt grup tanımları verilerek L-bulanık esnek grupların yapısı, temel özellikleri ve sonuçları arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir.

**Tanım 4.1.**  $G$  bir grup,  $(F, A)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek küme ve  $L$  bir tam kafes olmak üzere  $\forall x \in A$  için  $F(x)$   $G$ 'nin L-bulanık alt grubu ise  $(F, A)$ 'ya  $G$  üzerinde bir L-bulanık esnek grup denir. Eğer  $L=[0,1]$  ise  $(F, A)$ 'ya  $G$  üzerinde bulanık esnek grup denir.

**Teorem 4.1.**  $(L, \leq)$  bir tam kafes,  $(G, \cdot)$  bir grup,  $\emptyset \neq H \subseteq G$  ve  $t \in L$  olsun.  $(F, A)$  L-bulanık esnek kümesi  $\forall x \in G$  ve  $a \in A$  için  $F(a)(x) = \begin{cases} t, & x \in H \\ 0, & x \notin H \end{cases}$

şeklinde tanımlansın. Bu takdirde  $(F, A)$  G üzerinde L-bulanık esnek gruptur  $\Leftrightarrow H \triangleleft G$

**İspat:**

" $\Rightarrow$ "  $(F, A)$  kümesi G üzerinde L-bulanık esnek grup olduğundan  $\forall a \in G$  için  $F(a)$  G'nin L-bulanık alt grubudur. Teorem 2.2 ile  $H \triangleleft G$  'dir.

" $\Leftarrow$ "  $H \triangleleft G$  ve Teorem 2.2 ile  $\forall a \in A$  için  $F(a)$ , G'nin L-bulanık alt grubudur. Buradan  $(F, A)$  kümesi G üzerinde L-bulanık esnek gruptur.

**Örnek 4.1.**  $(L, \leq)$  bir tam kafes,  $(G, \cdot)$  bir grup ve  $e \in G$ , G'nin birim elemanı olsun.

$F: G \rightarrow L^G$ ,  $F(g): G \rightarrow L$  olmak üzere  $\alpha \in L$  ve  $\forall x \in G$  için  $F(g)(x) = \begin{cases} 1, & x = e \\ \alpha, & x \neq e \end{cases}$

şeklinde tanımlanan  $(F, G)$  kümesi G üzerinde L-bulanık esnek gruptur.

**Çözüm:**  $(F, G)$  kümesinin G üzerinde L-bulanık esnek grup olduğunu göstermek için  $\forall g \in G$  için  $F(g)$  'nin G'nin L-bulanık alt grubu olduğunu göstermemiz gerekir.  $\forall x, y \in G$  için  $F(g)(x^{-1}) = F(g)(x)$  olduğu açıktır.  $F(g)(x) \wedge F(g)(y) \leq F(g)(x \cdot y)$  olduğunu gösterelim. Eğer  $x = e$  veya  $y = e$  ise eşitsizlik doğrudur. Eğer  $x \neq e$  ve  $y \neq e$  ise  $F(g)(x) \wedge F(g)(y) = \alpha \wedge \alpha \leq \alpha \leq F(g)(x \cdot y)$  olur. Yani  $\forall g \in G$  için  $F(g)$  G'nin L-bulanık alt grubudur ve buradan  $(F, A)$  G üzerinde L-bulanık esnek gruptur.

**Örnek 4.2.**  $L = \{0, \alpha, \beta, 1\}$  kafesinde  $0 < \alpha < \beta < 1$  sıralaması verilsin.  $F: A \rightarrow L^{\mathbb{Z}_2 \times \mathbb{Z}_2}$  olmak üzere  $\forall a \in A$  için  $F(a)(\bar{0}, \bar{0}) = 1$ ,  $F(a)(\bar{1}, \bar{0}) = F(a)(\bar{0}, \bar{1}) = \alpha$ ,  $F(a)(\bar{1}, \bar{1}) = \beta$  şeklinde tanımlanan  $(F, A)$  L-bulanık esnek kümesi  $\mathbb{Z}_2 \times \mathbb{Z}_2$  üzerinde L-bulanık esnek gruptur.

**Teorem 4.2.**  $(F, A)$  ve  $(H, B)$  G üzerinde L-bulanık esnek gruplar ise  $(F, A) \tilde{\cap} (H, B)$  G üzerinde L-bulanık esnek gruptur.

**İspat:**  $(F, A)$  ve  $(H, B)$  G üzerinde L-bulanık esnek gruplar olduğundan  $\forall x \in A \cap B$  için  $F(x)$  ve  $H(x)$  G'nin L-bulanık alt grubudur. Teorem 2.1 ile  $\forall x \in A \cap B$  için  $F(x) \wedge H(x)$  G'nin L-bulanık alt grubudur. Buradan  $(F, A) \tilde{\cap} (H, B)$  G üzerinde L-bulanık esnek gruptur.

**Teorem 4.3.**  $(F, A)$  ve  $(H, B)$  G üzerinde L-bulanık esnek gruplar olsun. Eğer  $A \cap B = \emptyset$  ise  $(F, A) \tilde{\cup} (H, B)$  G üzerinde L-bulanık esnek gruptur.

**İspat:** Tanım 3.7 ile  $(F, A) \tilde{\cup} (H, B) = (K, C)$  olmak üzere  $A \cap B = \emptyset$  ise  $\forall x \in C$  için  $x \in A - B$  veya  $x \in B - A$  şeklindedir. Eğer  $x \in A - B$  ise  $K(x) = F(x)$  G'nin L-bulanık alt grubudur. Eğer  $x \in B - A$  ise  $K(x) = H(x)$  G'nin L-bulanık alt grubudur. Buradan  $(F, A) \tilde{\cup} (H, B)$  G üzerinde L-bulanık esnek gruptur.

**Teorem 4.4.**  $(F,A)$  ve  $(H,B)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek gruplar olsun. Eğer  $\forall x \in A \cap B$  için  $F(x) \leq H(x)$  veya  $H(x) \leq F(x)$  ise  $(F,A)\tilde{\cup}(H,B)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek gruptur.

**İspat:** Tanım 3.7 ile  $(F,A)\tilde{\cup}(H,B)=(K,C)$  ve  $C=A \cup B$  olmak üzere  $\forall x \in C$  için

$$K(x) = \begin{cases} F(x), & x \in A-B \\ H(x), & x \in B-A \\ F(x) \vee H(x), & x \in A \cap B \end{cases}$$

şeklinindedir.  $(F,A)$  ve  $(H,B)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek gruplar olduğundan dolayı  $\forall x \in C$  için  $F(x)$  ve  $H(x)$   $G$ 'nin L-bulanık alt gruplarıdır. Eğer  $F(x) \leq H(x)$  veya  $H(x) \leq F(x)$  olursa  $F(x) \vee H(x)$ 'in  $G$ 'nin L-bulanık alt grubu olduğu açıktır. Dolayısıyla  $\forall x \in C$  için  $K(x)$   $G$ 'nin L-bulanık alt grubudur. Buradan  $(F,A)\tilde{\cup}(H,B)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek gruptur.

Teorem 4.3 ve Teorem 4.4'de özel şartlar altında iki L-bulanık esnek grubun birleşiminin L-bulanık esnek grup olduğu görüldü. Fakat bu şartlar kaldırıldığında iki L-bulanık esnek grubun birleşimi L-bulanık esnek grup olmayabilir. Yani  $(F,A)$  ve  $(H,B)$   $G$  üzerinde herhangi iki L-bulanık esnek gruplar ise  $(F,A)\tilde{\cup}(H,B)$   $G$  üzerinde her zaman L-bulanık esnek grup olmayabilir. Bu durumu aşağıdaki örnekle görebiliriz.

**Örnek 4.3.**  $G=\{1,2,3,4\}$  grubu

$\cdot$	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	2	1	4	3
3	3	4	1	2
4	4	3	2	1

**Tablo 1.**  $(G, \cdot)$  grubu

ikili işlemi ile dikkate alınıyor.  $(F,A)$  ve  $(H,A)$  L-bulanık esnek grupları  $\forall x \in A$  için

$$F(x)(1)=\frac{3}{4}, F(x)(2)=\frac{5}{8}, F(x)(3)=F(x)(4)=\frac{3}{8}$$

$$H(x)(1)=\frac{7}{8}, H(x)(2)=\frac{1}{4}, H(x)(3)=\frac{5}{8}, H(x)(4)=\frac{1}{4}$$

şeklinde tanımlanırsa  $(F,A)\tilde{\cup}(H,B)$ 'nin  $G$  üzerinde L-bulanık esnek grup olmadığı görülür.

**Çözüm:**  $\forall x \in A$  için  $F(x)$  ve  $H(x)$  L-bulanık alt kümeleri  $G$ 'nin L-bulanık alt gruplarıdır. Buradan  $(F,A)$  ve  $(H,A)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek gruplardır. Fakat  $F(x) \vee H(x)$  L-bulanık alt kümesini göz önüne alırsak,  $4 \in G$  için

$$(F(x) \vee H(x))(4)=\frac{3}{8} \leq (F(x) \vee H(x))(2) \wedge (F(x) \vee H(x))(3)=\frac{5}{8}$$

elde edilir. Buradan  $F(x) \vee H(x)$ 'in  $G$ 'nin L-bulanık alt grubu olmadığı görülür. Buradan  $(F,A)\tilde{\cup}(H,B)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek grup değildir.

**Teorem 4.5.**  $(F,A)$  ve  $(H,B)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek gruplar ise  $(F,A)\tilde{\wedge}(H,B)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek gruptur.

**İspat:**  $(F,A)$  ve  $(H,B)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek gruplar olduğundan  $\forall x \in A$  ve  $\forall y \in B$  için  $F(x)$  ve  $H(y)$   $G$ 'nin L-bulanık alt gruplarıdır. Teorem 2.1 ile  $F(x)\wedge H(y)$   $G$ 'nin L-bulanık alt grubudur. Tanım 3.8 ile  $(F,A)\tilde{\wedge}(H,B)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek gruptur.

**Teorem 4.6.**  $(F,A)$  ve  $(H,B)$  sırasıyla  $G$  ve  $K$  üzerinde L-bulanık esnek gruplar ise  $(F,A)\tilde{\times}(H,B)$   $G \times K$  üzerinde L-bulanık esnek gruptur.

**Teorem 4.7.**  $(F,A)$  ve  $(H,A)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek gruplar olsun. Bu takdirde,  $(F,A)\tilde{\cdot}(H,A)$   $G$  üzerinde bir L-bulanık esnek gruptur  $\Leftrightarrow (F,A)\tilde{\cdot}(H,A)=(H,A)\tilde{\cdot}(F,A)$

**İspat:**

" $\Rightarrow$ "  $(F,A)$  ve  $(H,A)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek gruplar olduğundan  $\forall x \in A$  için  $F(x)$  ve  $H(x)$   $G$ 'nin L-bulanık alt gruplarıdır. Teorem 2.3 ile  $F(x)\cdot H(x)$   $G$ 'nin L-bulanık alt grubu ise  $F(x)\cdot H(x)=H(x)\cdot F(x)$ 'dir. Buradan  $(F,A)\tilde{\cdot}(H,A)=(H,A)\tilde{\cdot}(F,A)$  olur.

" $\Leftarrow$ " Teorem 2.3 ile  $\forall x \in A$  için  $F(x)\cdot H(x)=H(x)\cdot F(x)$  ise  $F(x)\cdot H(x)$   $G$ 'nin L-bulanık alt grubudur. Buradan  $(F,A)\tilde{\cdot}(H,A)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek gruptur.

**Tanım 4.2.**  $(G,\cdot)$  bir grup,  $A$  bir küme ve  $\forall x \in A$  için  $F(x)=1_{\{e\}}$  ise  $(F,A)$  L-bulanık esnek kümesine  $G$  üzerinde birim L-bulanık esnek küme denir.

**Teorem 4.8.**  $L$  sonsuz  $\vee$ -dağılımlı bir kafes,  $(G,\cdot)$  bir grup ve  $(F,A)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek küme olsun. Bu takdirde  $(F,A)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek gruptur  $\Leftrightarrow$

i)  $(F,A)\tilde{\cdot}_{\cap}(F,A)\tilde{\cong}(F,A)$

ii)  $(F,A)\tilde{\cong}(F,A)^{-1}$

**İspat:**

" $\Rightarrow$ "  $(F,A)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek grup olduğundan  $\forall a \in A$  için  $F(a)$   $G$ 'nin L-bulanık alt grubudur. Dolayısıyla  $\forall x \in G$  için  $(F(a)\cdot F(a))(x) \leq F(a)(x)$  dir. Buradan  $(F,A)\tilde{\cdot}_{\cap}(F,A)\tilde{\cong}(F,A)$  dir. Diğer yandan  $\forall x \in G$  için  $F(a)(x) \leq F(a)(x^{-1})=F(a)^{-1}(x)$  olduğundan  $(F,A)\tilde{\cong}(F,A)^{-1}$  elde edilir.

" $\Leftarrow$ "  $\forall x, y, z \in G$  için  $z = x \cdot y$  olsun.

$(F,A)\tilde{\cdot}_{\cap}(F,A)\tilde{\cong}(F,A)$  olduğundan  $\forall a \in A$  için  $F(a):G \rightarrow L$  dönüşümü

$$F(a)(z) \geq (F(a)\cdot F(a))(z) = \bigvee \{F(a)(x) \wedge F(a)(y) \mid y, z \in G, y \cdot z = x\} \\ \geq F(a)(x) \wedge F(a)(y) \text{ şeklindedir.}$$

Buradan  $F(a)(z) \geq F(a)(x) \wedge F(a)(y)$  olur. Diğer taraftan  $(F,A)\tilde{\cong}(F,A)^{-1}$  olduğundan  $\forall x \in G$  için  $F(a)(x) \leq F(a)^{-1}(x)=F(a)(x^{-1})$  dir. Dolayısıyla  $\forall a \in A$  için  $F(a)$   $G$ 'nin L-bulanık alt grubudur. Buradan  $(F,A)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek gruptur.

**Teorem 4.9.**  $(G, \cdot)$  bir grup ve  $(F, A)$   $G$  üzerinde birim L-bulanık esnek küme ise  $(F, A)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek gruptur.

**Tanım 4.3.**  $(F, A)$  ve  $(H, K)$   $G$  üzerinde L-bulanık esnek gruplar ve  $(H, K) \cong (F, A)$  ise  $(H, K)$ 'ya  $(F, A)$ 'nın L-bulanık esnek alt grubu denir. Bu durum  $(H, K) \cong (F, A)$  notasyonu ile gösterilir.

**Örnek 4.4.**  $G$  bir grup ve  $e \in G$  olmak üzere  $\forall x \in A$  için  $F(x) = 0_G$ ,  $H(x) = \chi_{\{e\}}$  şeklinde tanımlanan  $(F, A)$  ve  $(H, A)$  L-bulanık esnek kümeleri için  $(F, A) \cong (H, A)$ 'dır.

**Çözüm:**  $\forall x \in A$  için  $F(x)$  ve  $H(x)$   $G$ 'nin L-bulanık alt grubudur. Dolayısıyla  $(F, A)$  ve  $(H, A)$  L-bulanık esnek kümeleri  $G$  üzerinde L-bulanık esnek gruplardır. Üstelik  $\forall a \in G$  için  $F(x)(a) \leq H(x)(a)$ 'dır. Buradan  $(F, A) \cong (H, A)$  olur.

**Teorem 4.10.**  $(F, A)$   $G$  üzerinde bir L-bulanık esnek grup,  $\{(H_i, K_i) \mid i \in I\}$   $(F, A)$ 'nın L-bulanık esnek alt gruplarının boştan farklı bir ailesi olsun. Bu takdirde  $\bigcap_{i \in I} (H_i, K_i)$   $(F, A)$ 'nın L-bulanık esnek alt grubudur.

**İspat:** Açık olarak  $\bigcap_{i \in I} K_i \subseteq A$ 'dır.  $\forall i \in I$  için  $(H_i, K_i) \cong (F, A)$  olduğundan dolayı  $\bigcap_{i \in I} (H_i, K_i)$   $(F, A)$ 'nın L-bulanık esnek alt grubudur.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada L-bulanık esnek grup tanımı verilerek esnek gruplar için bilinen önemli tanım ve teoremler bu alana taşınmaya çalışılmıştır. Literatürde mevcut çalışmaların bu tanımlarla yeniden yapılandırılabilmesi bakımından katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Zadeh L. A., Fuzzy Sets, Information and Control, 8, 338-353, 1965.  
Pawlak Z., Rough sets, Int. J. Inform. Comput. Sci., 11, 341-356, 1982.  
Molodtsov D., Soft set theory-first results, Comput. Math. Appl., 37, 19-31, 1999.  
Maji P.K., Biswas R. and Roy A.R., Soft set theory, Comput. Math. Appl., 45, 555-562, 2003.  
Chen D., Tsang E.C.C., Yeung D.S. and Wang X, The parameterization reduction of soft sets and its applications, Comput. Math. Appl., 49, 757-763, 2005.  
Pei D. and Miao D., From Soft Sets to Information Systems, IEEE International Conference on Granular Computing, 2, 617-621, 2005.  
Maji P.K., Biswas R. and Roy A.R., Fuzzy Soft Sets, The Journal of Fuzzy Mathematics, 9, 589-602, 2001.  
Aktaş H. and Çağman N., soft sets and soft groups, Information Science, 177, 2726-2735, 2007.  
Jun Y.B., Soft BCK/BCI-algebras, Computers and Mathematics with Applications, 56, 1408-1413, 2008.

Feng F., Jun Y.B. and Zhao X, Soft semirings, *Computers and Mathematics with Applications*, 56, 2621-2628, 2008.

Ali M.I., Feng F., Liu X., Min W.K. and Shabir M., On some new operations in soft set theory, *Computers and Mathematics with Applications*, 57, 1547-1553, 2009.

Birkhoff G., *Lattice Theory*, American Mathematical society, Providence, Rhode Island, 1967.

Kaufmann A., *Introduction to the Theory Of Fuzzy Subsets, Volume I*, Academic Press, London, 1975.

Mordeson, J.N. and Malik, D.S., *Fuzzy Commutative Algebra*, World Scientific Publishing Co., Singapore, 1998.

Bhattacharya P.B. and Jain S.K., *First Course in Group Theory*, New Delhi, 1972.

## AYNI ORTAMDA YAYILIŞ GÖSTEREN BAZI GEOFİT BİTKİLER ÜZERİNE EKOLOJİK BİR ÇALIŞMA

Tuğba BAYRAK ÖZBUCAK<sup>1\*</sup>, Öznur ERGEN AKÇİN<sup>1</sup>, Gülaycan POLAT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Ordu, Türkiye

<sup>2</sup>Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı, Ordu, Türkiye

(Geliş Tarihi: 13.03.2017; Kabul Tarihi: 15.05.2017)

### Özet

Bu çalışmada aynı ekolojik ortamda yayılış gösteren üç farklı familyaya ait *Ornithogalum sigmaideum* Freyn Et Sint (Asparagaceae), *Cyclamen coum* subsp. *coum* Mill.(Primulaceae) ve *Galanthus ikariae* Baker (Amaryllidaceae) geofit bitkilerinin toprak üstü (çiçek ve yaprak) ve toprak altı (yumru) kısımlarının N(azot) konsantrasyonları ve bazı üreme gücü değerleri karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmaya göre bitkilerin toprak üstü ve toprak altı kısımlarındaki N içeriklerinin değiştiği görülmektedir. Generatif dönemdeki her üç türde toprak üstü kısımlarındaki N içeriği toprak altı kısımlarınkinden yüksek çıkmıştır. Türlerin çiçek, yaprak ve yumru N içerikleri istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Toprak üstü kısımlarının azot değerlerine göre belirlenen üreme gücü değeri (RE<sub>3</sub>) değeri de istatistiksel olarak önemli çıkmıştır. Bitki örneklerinin alındığı alanların toprakları kumlu-tınlı, orta asit, azot ve organik madde açısından zengindir.

**Anahtar Kelimeler:** *Ornithogalum sigmaideum*; *Cyclamen coum* subsp. *coum* Mill.; *Galanthus ikariae* Baker; N konsantrasyonu

## AN ECOLOGICAL STUDY ON GEOPHYT PLANTS DISTRIBUTED IN SAME ENVIRONMENT

### Abstract

In this study, N concentration and some reproductive effort values of above ground parts (flower and leaf) and below ground part (tuber) were compared in *Ornithogalum sigmaideum* Freyn Et Sint (Asparagaceae), *Cyclamen coum* subsp. *coum* Mill.(Primulaceae) and *Galanthus ikariae* Baker (Amaryllidaceae) geophyt plants which were belong to three different families and found same ecological habitat. According to the study, N contents of above ground parts (flower and leaf) and below ground part (tuber) were changed. N contents of above ground parts were found higher than below ground part in each species which in generative period. The N contents of flower, leaf and tuber were found statistically significant. Reproductive effort value (RE<sub>3</sub>) which was determined according to N content of above ground parts was found statistically significant also. The soil properties of localities where collected the plant sample are sandy-loamy, moderate acid, rich in nitrogen and organic matter.

**Key Words:** *Ornithogalum sigmaideum*; *Cyclamen coum* subsp. *coum* Mill.; *Galanthus ikariae* Baker; N concentration

\*tsiozbucak@hotmail.com

## **1. GİRİŞ**

Anadolu bitki çeşitliliği açısından orta enlem kuşağında yer alan en zengin bölgelerden birisidir. Sahip olduğu farklı iklimsel, jeomorfolojik ve toprak özellikleri ile üç floristik bölgenin kesişim noktasında olması bu çeşitliliğin başlıca nedenleridir (Avcı 2005). Ülkemiz 10036 tür ve tür altı taksonu (alt tür ve varyete) ile oldukça zengin bir flora sahiptir. Yurdumuzun bu zengin florası içinde bulunan bitki türleri gıda, tıbbi, endüstriyel ve ekonomik amaçlarla uzun yıllardan beri kullanılmaktadır (Ekim & Koyuncu 1992; Koyuncu 1994). Bitkilerin bu şekilde farklı amaçlar için kullanılışı onlara olan ilgiyi daha da arttırmıştır. Türkiye florası soğanlı, rizomlu, tuberli, bitki türleri açısından da çok zengindir. Yılım büyük bir kısmını toprak altında soğan, yumru ve rizom halinde geçiren bitkilere Geofit (yer bitkileri) veya Kriptofit (saklı bitkiler) adı verilir. Bu grup bitkilerin çoğu baharın ilk günlerinde, bir kısmı ise sonbaharda güzel ve gösterişli çiçekler açar (Özslu & İskender 2009). Geofitler toplam 8 familya altında toplanmışlardır. Bu familyalar ve toplam tür sayıları ise; Amaryllidaceae 30, Ranunculaceae 222, Primulaceae 48, Araceae 31, Geraniaceae 76, Liliaceae 419, Iridaceae 117, Oxalidaceae 4 tanedir (Avcu 2011).

Geofit bitkiler, ilginç ekofizyolojik özelliklere sahip olduklarından diğer gelişme formları arasında özel bir yer tutarlar. Geofit bitkilerde vejetatif üreme ile eşeyli üreme arasında negatif ilişkiler bulunmuştur (Kılınç & Kutbay 2004). Geofit bitkiler üreme gücü ve üreme allokasyonu (dağıtımı) yönünden özel bir yer tutarlar. Üreme gücü, vejetatif gelişim sırasında sentez edilen ve üreme sırasında kullanılan fotosentetik ürünler olup üreme maliyetine önemli ölçüde katkıda bulunurlar (Obeso 2002). Geofitler, aşırı gölge, kuraklık gibi olumsuz koşulları toprak altı organları ile atlatırlar. Bunlarda fotosentetik ürünler, vejetatif gelişme döneminde toprak üstü organlarına, generatif gelişme döneminde ise toprak altı organlarına taşınırlar. Bu duruma ‘‘Top Senesens’’ denilmektedir. Top senesens, geofit bitkilerin ortam koşullarına uyması ve besin elementlerini etkili ve ekonomik bir şekilde kullanmaları için çok önemli bir stratejidir (Polat 2016). Bitkiler yaşamlarını devam ettirebilmek için makro besin elementlerine büyük miktarda ihtiyaç duyarlar. Yaprak besin elementi içeriği, tüm bitkinin besin elementi durumunu belirlemede çok önemlidir. Çünkü yapraklar fotosentez, solunum, transpirasyon, gaz değişimi ve besin elementlerinin depolanmasını kapsayan fizyolojik aktiviteyi idare eden primer organlardır (Xue & Luo 2002). Bitkilerdeki önemli makro elementler arasında bulunan azot, proteinlerin, nükleik asitlerin ve diğer önemli organik moleküllerin önemli yapıtaşı olup bitkilerin büyümesini ve verimliliğini sınırlayan elementlerden birisidir. Azot aynı zamanda



toprak ekosisteminde de önemli bir sınırlayıcı faktördür (Teklay 2004). Bitkilerin N kullanımı yönünden önemli farklılıklar bulunmaktadır (Chapin 1980)

Bu çalışmanın amacı aynı ortamda yayılış gösteren üç farklı familyaya ait *Ornithogalum sigmaideum* Freyn Et Sint (Asparagaceae), *Cyclamen coum* subsp. *coum* Mill.(Primulaceae) ve *Galanthus ikariae* Baker (Amaryllidaceae) geofit bitkilerinin toprak üstü (çiçek ve yaprak) ve toprak altı (yumru) N(azot) konsantrasyon değerlerini ve bazı üreme gücü değerlerini karşılaştırmaktır.

## 2.MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1.Materyal

Bu çalışma Ordu İli Boztepe lokalitesinde aynı habitatta bulunan *Ornithogalum sigmaideum*, *Cyclamen coum* subsp. *coum* ve *Galanthus ikariae* taksonlarına ait örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma materyallerini topladığımız bu lokalite yaklaşık 100 m. yükseklikte, 40°59'25.04" kuzey paralelleri ile 37°51'34.93" doğu meridyenleri arasındadır

***Ornithogalum sigmaideum* Freyn Et Sint (Asparagaceae):** Bitki çok yıllık, Mart-Haziran aylarında çiçeklenen, ormanlık ve çayırliklarda bulunabilen 0-2600 m arasında yayılabilen ülkemizde Kuzey Anadolu'da dağılış gösteren bir taksondur (Davis 1984; Güner et al 2012) (Şekil 1).



Şekil 1. *O. sigmaideum* türünün genel görünüşü

***Galanthus ikariae* Baker (Amaryllidaceae):** Tür Şubat-Nisan aylarında çiçeklenen, 1500 m rakımına kadar yayılış gösterebilen, sık yaprak dökken koruluklarda ve kayalık alanlarda yayılış gösterebilen çok yıllık bir geofittir (Davis 1984; Güner et al 2012). Tubives kayıtlarına göre ülkemizdeki dağılımı Kuzey Doğu Anadolu bölgesindedir (Şekil 2).



Şekil 2. *Galanthus ikariae* türünün genel görünüşü

***Cyclamen coum* Mill. sub.sp. *coum* Mill. (Primulaceae):** Takson Şubat-Mayıs ayları arasında çiçeklenen, 0-2000 m rakımları arasında yayılış gösterebilen, çok yıllık, geofit hayat formunda *Pinus brutia*, *Abies* ve *Quercus-Fagus* ormanları ile kayalık tepelerdeki çalılık habitatları tercih eden bir bitkidir (Davis 1984; Güner et al 2012). Ülkemizde Tubives kayıtlarına göre Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde yayılış göstermektedir (Şekil 3).



Şekil 3. *C. coum* sub.sp. *coum* türünün genel görünüşü

## 2.2. Metot

Bitki örnekleri 2015 yılı Şubat sonunda türlerin bir arada doğal yayılış gösterdiği 3 farklı parselden alınmıştır. Örnek parsellerin seçiminde yükseklik, yön, vejetasyonun örtü durumu ile parsellerde çalışma materyalini oluşturan geofitlerden en az 15 tane bireyin bulunmasına dikkat edilmiştir. Toplanan bitki örneklerinin tayini Davis'in "Flora of Turkey and East Aegan Island" adlı eserine göre yapılmıştır (Davis 1984). Laboratuara getirilen örnekler toprak üstü (çiçek ve yaprak) ve toprak altı kısımlarına (yumru) ayrılıp temizlendikten sonra 70°C de sabit ağırlığa ulaşana kadar etüvde bırakılmıştır. Bitki numunelerinin toprak altı ve üstü kısımlarındaki azot konsantrasyonları Mikro Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir (Kaçar 2010). Ayrıca azot konsantrasyon değerleri kullanılarak bitkilerde bazı üreme gücü değerleri de belirlenmiştir. Azot değerlerinin kullanıldığı Üreme Gücü (RE) değerleri RE<sub>3</sub> ve RE<sub>4</sub> değerleridir ve aşağıdaki şekilde belirlenir:

RE<sub>3</sub>=çiçek azot konsantrasyonu/toprak üstü bitki kısımlarının azot konsantrasyonu

RE<sub>4</sub>=çiçek azot konsantrasyonu/toplam azot konsantrasyonu

Ayrıca örneklerin alındığı parsellerden alınan toprak örneklerinde organik madde (%) Walkkey – Black metodu ile, N (%) mikro-Keldal metodu ile, P (%) amonyum-molibdat- Stannus klorid metodu ile belirlenmiştir. Topraktaki % nem miktarı ise toprağın yaş ve kuru ağırlık farkının belirlenmesi ile ortaya konulmuştur. Toprak tekstür analizi Bouyoucus hidrometre metodu ile toprak pH'sı pH metre ile ölçülmüştür (Kaçar 1984). İstatistiksel analizler Minitab 17 paket programında yapılmıştır.

Ordu ilinde tipik Karadeniz iklimi hüküm sürer. Ordu İl'inde SKYİ (Sonbahar, Kış, Yaz, İlkbahar) Doğu Karadeniz Oseyanik yağış rejiminin 1.tipi görülür. Bu iklim tipi Türkiye'nin kuzeyinde Karadeniz kıyıları boyunca, özellikle Karadeniz dağlarının denize bakan yamaçlarında, batıda Bulgaristan sınırından doğuda Rusya sınırına kadar 1500 km'lik bir alanda yayılmaktadır. Oseyanik iklim kurak mevsimin bulunmayışı ile karakterize edilir (Akman 2011).

## 3.BULGULAR

Toplanan bitki örneklerinin çiçek, yaprak ve yumru kısımlarının % azot içerik değerleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. Çizelge 2'de ise bu değerler için yapılan tanıtıcı istatistikler ve varyans analiz sonuçları verilmiştir.

**Çizelge 1.** 3 farklı türün çiçek, yaprak ve yumru kısımlarının N (%) değerleri

Bitki Adı	Parsel No	Çiçek N (%)	Yaprak N (%)	Yumru N (%)
<i>Ornithogalum sigmoideum</i>	1	2.576	2.52	0.504
	2	2.352	2.072	0.56
	3	1.736	1.848	1.008
<i>Galanthus ikariae</i>	1	3.36	3.304	1.344
	2	2.296	3.136	0.952
	3	2.968	2.856	1.146
<i>Cyclamen coum</i> subsp. <i>coum</i>	1	1.624	2.576	0.56
	2	1.68	2.408	0.58
	3	1.4	2.632	0.392

**Çizelge 2.** Çiçek N (%) değerleri için tanıtıcı istatistik değerleri, Varyans analizi ve Tukey Testi sonuçları

Bitki	n	Ortalama±Std.Hat a	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	P- Değeri
<i>O. sigmoideum</i>	3	2.221±0.251ab	0.435	1.736	2.576	
<i>G. ikariae</i>	3	2.875±0.311a	0.538	2.296	3.360	0.022*
<i>C. coum</i> subsp. <i>coum</i>	3	1.568±0.086b	0.148	1.400	1.680	

\*. Varyans analizi sonucuna göre bitkiler arasındaki farklılık istatistik olarak önemli değildir (P<0.05). Tukey testine göre ortak harfi olmayan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (P<0.05).

Çizelge 3 incelendiğinde, aynı bölgede yetişen 3 farklı bitki türünün çiçek N (%) konsantrasyonu için tanıtıcı istatistik değerleri, varyans analizi ve Tukey testi sonuçları görülmektedir. Yapılan varyans analizi sonucunda bitkiler arasındaki farklılığın istatistik olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (P<0.05). Farklı ortalamaların belirlenmesi amacıyla yapılan ve harfli gösterim şeklinde ifade edilen Tukey testi sonucunda ise *C. coum* subsp. *coum* ve *G. ikariae* türleri arasında önemli farklılıklar olduğu fakat *O. sigmoideum* türünün ise her iki türden de farklı olmadığı görülmektedir (p<0.05).

**Çizelge 3.** Yaprak N (%) değerleri için tanıtıcı istatistik değerleri, Varyans analizi ve Tukey Testi sonuçları

Bitki	n	Ortalama±Std.Hata	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	P-Değeri
<i>O. sigmoideum</i>	3	2.147±0.198b	0.342	1.848	2.520	
<i>G. ikariae</i>	3	3.099±0.131a	0.226	2.856	3.304	0.009**
<i>C. coum</i> subsp. <i>coum</i>	3	2.539±0.067ab	0.117	2.408	2.632	

\*\* , Varyans analizi sonucuna göre bitkiler arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir (P<0.01). Tukey testine göre ortak harfi olmayan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (P<0.05).

Aynı bölgede yetişen *O. sigmoideum*, *G. ikariae*, *C. coum* taksonlarının yaprak N (%) konsantrasyonu için tanıtıcı istatistik değerleri, varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 3’de görülmektedir. Yapılan varyans analizi sonucunda türler arasındaki farklılığın istatistik olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (P<0.01). Farklı ortalamaların belirlenmesi amacıyla yapılan ve harfli gösterim şeklinde ifade edilen Tukey testi sonucunda ise *O. sigmoideum* ve *G. ikariae* türleri arasında önemli farklılıklar olduğu fakat *C. coum* subsp. *coum* türünün ise her iki türden de farklı olmadığı görülmektedir (p<0.05).

Çizelge 4 İncelendiğinde, aynı bölgede yetişen 3 farklı bitki türünün yumru N (%) konsantrasyonu için tanıtıcı istatistik değerleri, varyans analizi ve Tukey testi sonuçları görülmektedir. Yapılan varyans analizi sonucunda türler arasındaki farklılığın istatistik olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (P<0.05). Farklı ortalamaların belirlenmesi amacıyla yapılan ve harfli gösterim şeklinde ifade edilen Tukey testi sonucunda ise *C. coum* subsp. *coum* ve *G. ikariae* türleri arasında önemli farklılıklar olduğu fakat *O. sigmoideum* türünün ise her iki türden de farklı olmadığı görülmektedir (p<0.05).

**Çizelge 4.** Yumru N (%) değerleri için tanıtıcı istatistik değerleri, Varyans analizi ve Tukey Testi sonuçları

Bitki	n	Ortalama±Std.Hata	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	P-Değeri
<i>O. sigmoideum</i>	3	0.691±0.159ab	0.276	0.504	1.008	
<i>G. ikariae</i>	3	1.157±0.114a	0.197	0.952	1.344	0.019*
<i>C. coum</i> subsp. <i>coum</i>	3	0.504±0.0560b	0.097	0.392	0.560	

\*, Varyans analizi sonucuna göre bitkiler arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir (P<0.05). Tukey testine göre ortak harfi olmayan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (P<0.05).

Çizelge 5’de toprak üstü ve altı kısımlarının azot değerleriyle hesaplanan RE<sub>3</sub> ve RE<sub>4</sub> değerleri, Çizelge 6 ve 7’de ise bu değerler için yapılan tanıtıcı istatistikler ve varyans analiz sonuçları gösterilmiştir.

**Çizelge 5.** 3 farklı türün RE<sub>3</sub> ve RE<sub>4</sub> değerleri

Bitki Adı	Parsel No	RE <sub>3</sub>	RE <sub>4</sub>
<i>O. sigmoideum</i>	1	0.505	0.460
	2	0.532	0.472
	3	0.484	0.378
<i>G. ikariae</i>	1	0.504	0.420
	2	0.423	0.360
	3	0.510	0.426
<i>C. coum</i> subsp. <i>coum</i>	1	0.387	0.341
	2	0.411	0.360
	3	0.347	0.316

**Çizelge 6.** RE<sub>3</sub> için tanıtıcı istatistik değerleri, Varyans analizi ve Tukey Testi sonuçları

Bitki	n	Ortalama±Std.Hata	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	P-Değeri
<i>O. sigmoideum</i>	3	0.507±0.014 a	0.024	0.048	0.532	
<i>G. ikariae</i>	3	0.479±0.028 a	0.049	0.423	0.510	0.013*
<i>C. coum</i> subsp. <i>coum</i>	3	0.382±0.019 b	0.032	0.347	0.411	

\*, Varyans analizi sonucuna göre bitkiler arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir (P<0.05).

Tukey testine göre ortak harfi olmayan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Çizelge 6 İncelendiğinde, aynı bölgede yetişen 3 farklı bitki türünün RE<sub>3</sub> için tanıtıcı istatistik değerleri, varyans analizi ve Tukey testi sonuçları görülmektedir. Yapılan varyans analizi sonucunda bölgeler arasındaki farklılığın istatistik olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (P<0.05). Farklı ortalamaların belirlenmesi amacıyla yapılan ve harfli gösterim şeklinde ifade edilen Tukey testi sonucunda ise *O. sigmoideum* ve *G. ikariae* türleri arasında önemli farklılıklar olmadığı fakat *C. coum* subsp. *coum* türünün ise her iki türden de farklı olduğu görülmektedir (p<0.05).

**Çizelge 7.** RE<sub>4</sub> için tanıtıcı istatistik değerleri ve Varyans analizi sonucu

Bitki	n	Ortalama±Std.Hata	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	P-Değeri
<i>O. sigmoideum</i>	3	0.437±0.030	0.051	0.378	0.472	
<i>G. ikariae</i>	3	0.402±0.021	0.037	0.360	0.430	0.053 <sup>öD</sup>
<i>C. coum</i> subsp. <i>coum</i>	3	0.340±0.013	0.022	0.317	0.360	

<sup>öD</sup>, Varyans analizi sonucuna göre bitkiler arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir (P>0.05).

Tukey testine göre ortak harfi olmayan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

3 farklı bitki türünün RE<sub>4</sub> için tanıtıcı istatistik değerleri, varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 7’de verilmiştir. Çizelge 7 incelendiğinde, yapılan varyans analizi sonucunda türler arasındaki farklılığın istatistik olarak önemli olmadığı görülmektedir ( $p>0.05$ ).

#### 4.TARTIŞMA

Bu çalışmada aynı ekolojik ortamda yayılış gösteren *O. sigmoideum*, *C. coum* subsp. *coum* ve *G. ikariae* ilkbahar geofit bitkilerinin toprak üstü ve toprak altı kısımlarındaki N(azot) konsantrasyon değerleri ile bazı üreme gücü değerleri karşılaştırılmıştır. Çizelge 1’e bakıldığında bitkilerin toprak üstü (çiçek ve yaprak) ve toprak altı (yumru) kısımlarındaki N değerlerinin değiştiği görülmektedir. Her üç bitkide de toprak üstü kısımlarındaki N içeriği toprak altı kısımlarından yüksek çıkmıştır. Meristematik dokular azot gibi makroelementleri yüksek konsantrasyonda bulundurlar (Werger & Hirose 1991).

Çiçek N konsantrasyonunun en yüksek *G. ikariae*’de, en düşük *C. coum* subsp. *coum*’da olduğu görülmektedir. Yaprak için en yüksek ve en düşük değerler *G. ikariae* ve *O. sigmoideum* şeklindedir. Yumruda ise en yüksek değer *C. coum* subsp. *coum*’da, en düşük değer *O. sigmoideum*’da bulunmuştur. Bu da *G. ikariae* türünün diğer taksonlara göre ortamdaki azottan daha etkin faydalandığını göstermektedir. Ayrıca bu durum türlerin oluşturduğu populasyonlardaki birey sayısı ile ilgili olabilir. Doğal bitki komüniteleri farklı hayat formlarından oluşan dominant ve kodominant türleri bir arada bulundurlar (Boring & Monk 1981). Belirli bir alanda bulunan farklı türler, besin elementlerini farklı konsantrasyonlarda alarak başlıca yaprak dokusu olmak üzere çeşitli dokularında biriktirirler (Pastor & Bochkeim 1984). N değerleri için yapılan istatistikî analizler sonucunda çiçek, yaprak ve bitki kısımları arasındaki fark  $p<0.05$  seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 2,3 ve 4).

Leopold (1980), farklı bitkilerde çeşitli senesens tiplerinin ayırt edildiğini ifade etmiştir. Geofit bitkilerde Top Senesens denilen bir strateji görülür. Bu bitkilerde yukarı kısımlarda senesens tamamlanır ve yeni sürgünler yeni sezonun başlangıcında görünür. Vejetatif organlardaki rezervler başlangıç fazı boyunca hızlı bir gelişme için kullanılır (Berchtold et al 1993; Nooden 1984). Top Senesens yüksek bitkilerin besin elementi kullanımını arttırmak için kullandığı önemli bir stratejidir (Kutbay & Kılınç 2002). Yapılan çalışmalarla geofit bitkilerin çoğunda vejetatif gelişim fazında makro element konsantrasyonları toprak üstü bitki kısımlarında toprak altı bitki kısımlarından, generatif gelişim döneminde ise toprak altı kısımlarında toprak üstü kısımlarından daha yüksek bulunmuştur (Pirdal 1989; Mendez et al 1999; Kutbay 1999; Kutbay & Kılınç 2002). Bizim çalışmamızda çalışılan üç bitki için bu durumun aksine generatif gelişme döneminde toplanan bitki örneklerinin toprak üstü kısımlarındaki azot konsantrasyonu toprak



altı kısımlarındakinden yüksek bulunmuştur. Kutbay & Kılınç (2002), tarafından Amaryllidaceae familyasına ait farklı lokalitelerden toplanan bazı taksonlar üzerine yapılan Top Senesens çalışmasında bizim çalışmamıza benzer sonuçlar bulunmuştur. Çalışılan taksonlardan *Leucojum aestivum* L. da N, P konsantrasyonları, *Pancratium maritimum*'da K konsantrasyonu, *Galanthus rizehensis* Stern 'de ise P konsantrasyonu generatif gelişme döneminde toprak üstü kısımlarda yüksek bulunmuştur. Polat (2016) tarafından bir yükseklik gradienti boyunca yapılan başka bir çalışmada da *C. coum* subsp. *coum* taksonunun farklı yükseltilerindeki örneklerinde N için benzer sonuçlar bulunmuştur. Her makroelementin floem mobilitesinin farklı oluşu bu durumun bir nedeni olabilir (Panvini & Eickmeier 1993). Ayrıca çalışılan taksonlarda vejetatif gelişimden generatif gelişime geçiş çok ani olduğu için vejetatif-generatif ayrımı yapmak zorlaşabilmektedir.

Bizim çalışmamızdaki taksonlardan *O. sigmoideum* ve *G. ikariae* soğanlı monokotiledon, *C. coum* subsp. *coum* ise yumrulu bir dikotiledon türdür. Top Senesense ilave olarak monokotiledonlar dikotiledonlara göre daha adaptif avantajlara sahiptirler. Ayrıca, dikotil otsu bitkilerin yaprakları apikal meristemden gelişirken, geofitlerin yaprakları bazal meristemden gelişmektedir. Bu durum geofitlere başta azot olmak üzere besin elementlerini daha etkili ve ekonomik olarak kullanma, besin elementlerinin toprak üstü ve toprak altı kısımlarına hızla taşınması ve yangına dayanıklılık gibi avantajlar sağlar (Werger & Hirose 1991).

Çizelge 6 ve 7'de her üç bitkiye ait üreme gücü değerleri görülmektedir. Bu değerlere bakıldığında en küçük RE<sub>3</sub> ve RE<sub>4</sub> değerleri *C. coum* subsp. *coum*'da, en büyük değerler ise *O. sigmoideum* taksonunda belirlenmiş olup RE<sub>3</sub> değerleri istatistikî olarak önemli bulunmuştur. RE<sub>3</sub> değerini belirleyen parametre çiçek azotu/ toprak üstü ve altı bitki azotudur. Bitkinin toprak üstü kısımlarındaki azot miktarı yüksek bulunduğundan RE<sub>3</sub> değerleri önemli çıkmış olabilir. Örneklerin toplandığı lokalitelerin toprak analiz sonuçlarına göre toprak kumlu-tınlı özellikte olup, organik madde miktarı %3.43, N içeriği % 0.23, P miktarı % 13.79, nem %9.16 olarak belirlenmiştir. Toprağın N, P ve organik madde açısından zengin olup toprağın pH'sı 5.09 (orta asit) olarak ölçülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Akman Y(2011). *İklim ve Biyoiklim* (Biyoiklim Metodları ve Türkiye İklimleri). Palme Yayıncılık, Yayın No: 597, Ankara, (s: 103-186)
- Avcı, M. (2005). Türkiye Bitki Örtüsünün Çeşitlilik ve Endemizm Açısından Bir Değerlendirmesi. İ.Ü. Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, *Coğrafya Dergisi* 13, 27-55

- Avcu C (2011). Katra Dağı (Çanakale/Bayramiç) ve Çevresindeki Geofit Bitkiler Üzerinde Morfolojik ve Ekolojik Çalışmalar. *Balıkesir Üniversitesi Fen-Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı*. 157 s
- Berchtol, A, Besson J M & Feller U (1993). Effects of fertilization levels in two farming system on senescence and nutrient contents in potato leaves. *Plant and Soil* **78**, 779-783
- Boring, L &, Monk, CD (1981). Early regeneration of clear-cut southern Appalachian forest *Ecology* **62**, 1244-1253
- Chapin F S (1980). The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* **11**, 223-260
- Davis P H (1984). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Edinburgh University Press, Vol. **6,8**, Edinburg
- Ekim T & Koyuncu M (1992). Türkiye'den ihraç edilen çiçek soğanları ve koruma önlemleri, II. *Uluslar arası Ekoloji ve Çevre Sorunları Sempozyumu Bildirileri*, Ankara, s:42-47
- Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M & Babaç M T (2012). Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). *ANG Vakfı/ Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları Flora Dizisi 1*, İstanbul
- Kaçar B (1984). *Bitki Analizleri*. Ankara Üniversitesi Basımevi. Ankara
- Kaçar B & İnal A (2010). *Bitki Analizleri*. Nobel Yayın Dağıtım 2. Baskı, Bölüm:9-31, ISBN: 978-605-395-036-3, Yayın No:1241, Ankara, 171-697
- Kılınç M & Kutbay HG (2004). *Bitki Ekolojisi Kitabı*. Palme Yayıncılık, Ankara, 387s
- Kutbay H G (1999). Top Senescence in *Sternbergia lutea* (L.) Ker-Gawl. ex Sprengel and *Narcissus tazetta* L. subsp. *tazetta*. *Tr. J. of Botany* **23**, 127-131
- Kutbay HG & Kılınç M (2002). Top senescence in some members of Amaryllidaceae family in central and East Black Sea regions of Turkey. *Pakistan Journal of Botany* **34**, 173-190
- Koyuncu M (1994). Geofitler, *Bilim ve Teknik* S: 72-82
- Leopold AC (1980). Aging and senescence in plant development, in *Senescence in Plants*, edited by K. V. Thimann, *CRC Press*, Boca Raton, FL, 1-12
- Mendez M & Karlsson PS (1999). Effects of sexual reproduction on growth and vegetative propagation in the perennial geophyte *Arum italicum* (Araceae). *Plant Biology* **1**, 155-120
- Noodén LD (1984). Integration of soybean pod development and monocarpic senescence. *Physiologia Plantarum* **62**, 273-284
- Özulu E & İskender E (2009). Sof Dağı'nın (Gaziantep) Soğanlı Bitkileri, *Biological Diversity and Conservation, BioDiCon* **2/2**, 78-84
- Panvini AD & Eickmeier WG (1993). Nutrient and water relations of the mistletoe *Phoradendron leucarpum* (Viscaceae): How tightly are they integrated? *American Journal of Botany* **80**, 872-878
- Pastor J & Bockheim JG (1984). Distribution and cycling of nutrients in an aspen-mixed hardwood-spodosol ecosystem in Northern Wisconsin, *Ecology* **65**, 339-353
- Pirdal M (1989). Studies on the autecology of *Asphodelus aestivus*. *Doğa Türk Botanik Dergisi* **13**, 89-101
- Polat G (2016). *Cyclamen coum* subsp. *coum* Mill. Taksonunun Bazı Anatomik ve Ekofizyolojik Karakterlerinin Farklı Yükseltlerdeki Fenotipik Esnekliğinin Karşılaştırılması. *Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı*. 91 s

Teklay T (2004). Seasonal dynamics in the concentrations of macronutrients and organic constituents in green and senesced leaves of three agroforestry species in southern Ethiopia, *Plant and Soil* **267**, 297-307

Xue L & Luo S (2002). Seasonal changes in the nutrient concentrations of leaves and litter in a young *Cryptomeria japonica* stand, *Scandinavian Journal of Forest Research*. **17**, 495-500

Werger MJA & Hirose T (1991). Leaf nitrogen distribution and whole canopy photosynthetic carbon gain in herbaceous stands, *Vegetatio* **97**, 11–20

## NEW TYPE INTEGRAL INEQUALITIES FOR $p$ -QUASI CONVEX FUNCTIONS

Huriye KADAKAL<sup>1</sup>, İmdat İŞCAN<sup>2</sup> and Mahir KADAKAL<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Science, Ordu University, Ordu, Turkey,*

<sup>2</sup>*Department of Mathematics, Faculty of Arts and Sciences, Giresun University, 28200, Giresun, Turkey.*

(Received April 13, 2017; Accepted June 1, 2017)

### Abstract

In this paper, By using an identity for differentiable functions, we obtain some new type integral inequalities for the class of functions whose derivatives in absolutely value at certain powers are  $p$ -quasi convex. Also, we give some applications to special means of positive real numbers

**Mathematics Subject Classification:** 26D15, 26A51

**Keywords:**  $p$ -convex function,  $p$ -quasi convex function, Ostrowski type inequality, hypergeometric function.

### $p$ -QUASI KONVEKS FONKSİYONLAR İÇİN YENİ TİP İNTEGRAL EŞİTSİZLİKLER

### Özet

Bu çalışmada, diferansiyellenebilir fonksiyonlar için bir özdeşlik kullanılarak, türevlerinin mutlak değerlerinin belirli kuvvetleri  $p$ -quasi-konveks olan fonksiyonların sınıfı için bazı yeni tip integral eşitsizlikler elde ediyoruz. Aynı zamanda, pozitif reel sayıların özel ortalamaları için bazı uygulamalar veriyoruz.

**MSC:** 26D15, 26A51

**Anahtar Kelimeler:**  $p$ -konveks fonksiyon,  $p$ -quasi konveks fonksiyon, Ostrowski tip eşitsizlik, hipergeometrik fonksiyon

---

\*mahirkadikal@gmail.com

## 1. Introduction

**Definition 1.1** A function  $f : I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  is said to be convex if the inequality

$$f(tx + (1-t)y) \leq tf(x) + (1-t)f(y)$$

is valid for all  $x, y \in I$  and  $t \in [0, 1]$ . If this inequality reverses, then  $f$  is said to be concave on interval  $I \neq \emptyset$ . This definition is well known in the literature.

**Definition 1.2** A function  $f : I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  is said to be quasi-convex if the inequality

$$f(tx + (1-t)y) \leq \max\{f(x), f(y)\}$$

holds for all  $x, y \in I$  and  $t \in [0, 1]$ .

**Remark 1.1** Clearly, any convex function is a quasi-convex function. Furthermore, there exist quasi-convex functions which are not convex (Ion 2007).

Let  $f : I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  be a convex function defined on the interval  $I$  of real numbers and  $a, b \in I$  with  $a < b$ . The following inequality

$$f\left(\frac{a+b}{2}\right) \leq \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \leq \frac{f(a) + f(b)}{2} \quad (1.1)$$

holds. This double inequality is known in the literature as Hermite-Hadamard integral inequality for convex functions. Note that some of the classical inequalities for means can be derived from (1.1) for appropriate particular selections of the mapping  $f$ . Both inequalities hold in the reversed direction if  $f$  is concave.

In recent years, much attention have been given to theory of convexity because of its great utility in various fields of pure and applied sciences. Many researchers have extended and generalized the classical concepts of convex functions in various directions using novel and innovative techniques. For more information, see (Dragomir et al 1995, Fang & Shi 2014, İşcan 2014; 2016; 2016, Kunt & İşcan 2016, Matkowski 2003/2004, Ostrowski 1938, Varošanec 2007).

In (İşcan 2014), the author gave the definition of harmonically convex function as follow and established Hermite-Hadamard's inequality for harmonically convex functions.

**Definition 1.3** Let  $I \subseteq \mathbb{R} \setminus \{0\}$  be a real interval. A function  $f : I \rightarrow \mathbb{R}$  is said to be harmonically convex, if

$$f\left(\frac{xy}{tx + (1-t)y}\right) \leq tf(y) + (1-t)f(x) \quad (1.2)$$

for all  $x, y \in I$  and  $t \in [0, 1]$ . If the inequality in (1.2) is reversed, then  $f$  is said to be harmonically concave.

**Definition 1.4** Let  $f : I \subseteq \mathbb{R} \setminus \{0\} \rightarrow \mathbb{R}$  be a harmonically convex function and  $a, b \in I$  with  $a < b$ . If  $f \in L[a, b]$  then the following inequalities hold

$$f\left(\frac{2ab}{a+b}\right) \leq \frac{ab}{b-a} \int_a^b \frac{f(x)}{x^2} dx \leq \frac{f(a) + f(b)}{2}.$$

The above inequalities are sharp.

**Definition 1.5** A function  $f : I \subseteq (0, \infty) \rightarrow [0, \infty)$  is said to be harmonically quasi-convex, if

$$f\left(\frac{xy}{tx + (1-t)y}\right) \leq \max\{f(x), f(y)\}$$

for all  $x, y \in I$  and  $t \in [0, 1]$ .

**Remark 1.2** Any harmonically convex function on  $I \subseteq (0, \infty)$  is a harmonically quasi-convex function, but not conversely.

In (İşcan 2016), the definition of  $p$ -convex function is given a different as follows:

**Definition 1.6** Let  $I \subset (0, \infty)$  be a real interval and  $p \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$ . A function  $f : I \rightarrow \mathbb{R}$  is said to be a  $p$ -convex function, if

$$f\left(\left[\alpha x^p + (1-\alpha)y^p\right]^{\frac{1}{p}}\right) \leq \alpha f(x) + (1-\alpha)f(y)$$

for all  $x, y \in I$  and  $\alpha \in [0, 1]$ .

According to Definition 6, It can be easily seen that for  $p=1$  and  $p=-1$ ,  $p$ -convexity reduces to ordinary convexity and harmonically convexity of functions defined on  $I \subset (0, \infty)$ , respectively.

**Definition 1.7** (İşcan 2016)  $I \subset (0, \infty)$  be a real interval and  $p \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$ . A function  $f : I \rightarrow \mathbb{R}$  is said to be  $p$ -quasi-convex, if

$$f\left(\left[\alpha x^p + (1-\alpha)y^p\right]^{\frac{1}{p}}\right) \leq \max\{f(x), f(y)\} \tag{1.3}$$

for all  $x, y \in I$  and  $\alpha \in [0, 1]$ . If the inequality in (1.3) is reversed, then  $f$  is said to be  $p$ -quasi-concave.

In (Fang & Shi 2014, Theorem 5) and (İşcan 2016), Hermite-Hadamard's inequality for  $p$ -convex functions is given as follow:

**Theorem 1.1** Let  $f : I \subset (0, \infty) \rightarrow \mathbb{R}$  be a  $p$ -convex function,  $p \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$ , and  $a, b \in I$  with  $a < b$ . If  $f \in L[a, b]$  then we have

$$f\left(\left[\frac{a^p + b^p}{2}\right]^{\frac{1}{p}}\right) \leq \frac{p}{b^p - a^p} \int_a^b \frac{f(x)}{x^{1-p}} dx \leq \frac{f(a) + f(b)}{2}. \tag{1.4}$$

In order to prove our main results we need the following Lemma (İşcan et al 2017):

**Lemma 1.1** Let  $f : I \subseteq (0, \infty) \rightarrow \mathbb{R}$  be a differentiable function on  $I^\circ$  and  $a, b \in I$  with  $a < b$  and  $p \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$ . If  $f' \in L[a, b]$  then

$$\frac{b^p f(b) - a^p f(a)}{b^p - a^p} - \frac{p}{b^p - a^p} \int_a^b \frac{f(u)}{u^{1-p}} du = \frac{1}{p} \int_0^1 A_{t,p}^{\frac{1}{p}} f' \left( A_{t,p}^{\frac{1}{p}} \right) dt,$$

where  $A_{t,p} = tb^p + (1-t)a^p$ .

By using Lemma 1.1, İşcan obtained some new integral inequalities for  $p$ -convex functions in (İşcan 2016). In this work, we established some new type integral inequalities for the class of functions whose derivatives in absolute value at certain powers are  $p$ -quasi-convex. Therefore we also obtained some new integral inequalities for quasi-convex and harmonically quasi-convex functions in special case of obtained inequalities.

For some results related to  $p$ -convex functions and its generalizations, we refer the reader to see (Fang & Shi 2014, İşcan 2016; 2016, Noor & Noor 2015).

Throughout this paper we will use the following notations: Let  $0 < a < b$ , we will denote with

$$A(a,b) := \frac{a+b}{2}, \quad G(a,b) := \sqrt{ab}, \quad L(a,b) := \frac{b-a}{\ln b - \ln a},$$

$$L_p = L_p(a,b) := \left( \frac{b^{p+1} - a^{p+1}}{(p+1)(b-a)} \right)^{\frac{1}{p}}, \quad p \in \mathbb{R} \setminus \{-1, 0\},$$

the arithmetic, geometric, logarithmic and  $p$ -logarithmic respectively.

## 2. Main results

**Theorem 2.1** Let  $f : I \subseteq (0, \infty) \rightarrow \mathbb{R}$  be a differentiable function on  $I^\circ$ ,  $a, b \in I^\circ$  with  $a < b$ ,  $p \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$  and  $f' \in L[a, b]$ . If  $|f'|^q$  is  $p$ -quasi-convex on  $[a, b]$  for  $q \geq 1$ , then for all  $x \in [a, b]$ , we have

$$\left| \frac{b^p f(b) - a^p f(a)}{b^p - a^p} - \frac{p}{b^p - a^p} \int_a^b \frac{f(u)}{u^{1-p}} du \right| \leq \frac{C_p(a,b)}{|p|} \max \{|f'(a)|, |f'(b)|\}. \quad (2.1)$$

**Proof.** From Lemma 1.1, Power mean integral inequality and the  $p$ -quasi convexity of  $|f'|^q$  on  $[a, b]$ , we have

$$\begin{aligned} \left| \frac{b^p f(b) - a^p f(a)}{b^p - a^p} - \frac{p}{b^p - a^p} \int_a^b \frac{f(u)}{u^{1-p}} du \right| &\leq \frac{1}{|p|} \left( \int_0^1 A_{t,p}^{\frac{1}{p}} dt \right)^{1-\frac{1}{q}} \left( \int_0^1 A_{t,p}^{\frac{1}{p}} |f'(A_{t,p}^{1/p})|^q dt \right)^{\frac{1}{q}} \\ &\leq \frac{1}{|p|} \left( \int_0^1 A_{t,p}^{\frac{1}{p}} dt \right) \max \{|f'(a)|, |f'(b)|\} \\ &= \frac{1}{|p|} C_p(a,b) \max \{|f'(a)|, |f'(b)|\}. \end{aligned}$$

Here, it is easily seen that the following equality holds:

$$C_p(a,b) = \int_0^1 A_{t,p}^{\frac{1}{p}} dt = \begin{cases} A(a,b), & p = 1 \\ G^2(a,b) / L(a,b), & p = -1 \\ L_p^p(a,b) / L_{p-1}^{p-1}(a,b), & p \in \mathbb{R} \setminus \{-1, 0, 1\} \end{cases}$$

Hence, we obtain the desired result. This completes the proof.

**Corollary 2.1** In Theorem 2.1,

(i) If we take  $p = 1$ , then we have the following inequality when  $|f'|^q$  is convex on  $[a, b]$ :

$$\left| \frac{bf(b) - af(a)}{b-a} - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(u) du \right| \leq A(a, b) \max \{ |f'(a)|, |f'(b)| \}$$

(ii) If we take  $p = -1$ , then we have the following inequality when  $|f'|^q$  is harmonically convex on  $[a, b]$ :

$$\left| \frac{af(b) - bf(a)}{a-b} - \frac{ab}{b-a} \int_a^b \frac{f(u)}{u^2} du \right| \leq \frac{G^2(a, b)}{L(a, b)} \max \{ |f'(a)|, |f'(b)| \}$$

**Theorem 2.2** Let  $f : I \subseteq (0, \infty) \rightarrow \mathbb{R}$  be a differentiable function on  $I^\circ$ ,  $a, b \in I^\circ$  with  $a < b$ , and  $f' \in L[a, b]$ . If  $|f'|^q$  is  $p$ -quasi-convex on  $[a, b]$  for  $q > 1$ ,  $\frac{1}{r} + \frac{1}{q} = 1$ , then

$$\left| \frac{b^p f(b) - a^p f(a)}{b^p - a^p} - \frac{p}{b^p - a^p} \int_a^b \frac{f(u)}{u^{1-p}} du \right| \leq \frac{D_{p,r}(a, b)}{|p|} \max \{ |f'(a)|, |f'(b)| \}. \quad (2.2)$$

**Proof.** From Lemma 1.1 and Hölder's inequality and the  $p$ -quasi-convexity of  $|f'|^q$  on  $[a, b]$ , we have

$$\begin{aligned} \left| \frac{b^p f(b) - a^p f(a)}{b^p - a^p} - \frac{p}{b^p - a^p} \int_a^b \frac{f(u)}{u^{1-p}} du \right| &\leq \frac{1}{|p|} \left( \int_0^1 A_{t,p}^{\frac{r}{p}} dt \right)^{\frac{1}{r}} \left( \int_0^1 |f'(A_{t,p}^{1/p})|^q dt \right)^{\frac{1}{q}} \\ &\leq \frac{1}{|p|} \left( \int_0^1 A_{t,p}^{\frac{r}{p}} dt \right)^{\frac{1}{r}} \max \{ |f'(a)|, |f'(b)| \} \\ &= \frac{1}{|p|} \left( \int_0^1 A_{t,p}^{\frac{r}{p}} dt \right)^{\frac{1}{r}} \max \{ |f'(a)|, |f'(b)| \} \\ &\leq \frac{1}{|p|} D_{p,r}(a, b) \max \{ |f'(a)|, |f'(b)| \} \end{aligned}$$

Here, it is easily seen that the following equality holds:

$$D_{p,r}(a, b) = \left( \int_0^1 A_{t,p}^{\frac{r}{p}} dt \right)^{\frac{1}{r}} = \begin{cases} L_r(a, b), & p = 1 \\ G^2(a, b) / L_{-r}(a, b), & p = -1 \\ L_{p+r-1}^{\frac{r}{p}}(a, b) / L_{p-1}^{\frac{p-1}{p}}(a, b), & p \in \mathbb{R} \setminus \{-1, 0, 1\} \end{cases}$$

Hence, we obtain the desired result. This completes the proof. This completes the proof.



**Corollary 2.2** In Theorem 2.2,

(i) If we take  $p = 1$ , then we have the following inequality when  $|f'|^q$  is quasi-convex on  $[a, b]$ :

$$\left| \frac{bf(b) - af(a)}{b-a} - \frac{1}{b-a} \int_a^b f(u) du \right| \leq L_r(a, b) \max \{ |f'(a)|, |f'(b)| \}.$$

(ii) If we take  $p = -1$ , then we have the following inequality when  $|f'|^q$  is harmonically quasi-convex on  $[a, b]$ :

$$\left| \frac{af(b) - bf(a)}{a-b} - \frac{ab}{b-a} \int_a^b \frac{f(u)}{u^2} du \right| \leq \frac{G^2(a, b)}{L_{-r}(a, b)} \max \{ |f'(a)|, |f'(b)| \}$$

### 3. Some applications for special means

**Proposition 3.1** Let  $0 < a < b$  and  $p \in \mathbb{R} \setminus \left\{ -\frac{1}{2}, -1, 0 \right\}$ . Then we have the following inequality

$$\begin{cases} L_{2p}^{2p}(a, b) \leq b^p L_p^p(a, b) & \text{for } p > 0 \\ L_{2p}^{2p}(a, b) \leq a^p L_p^p(a, b) & \text{for } p < 0 \end{cases}$$

**Proof.** The assertion follows from the inequality (2.1) in Theorem 2.1, for  $f : (0, \infty) \rightarrow \mathbb{R}, f(x) = \frac{x^{p+1}}{p+1}$ .

**Proposition 3.2** Let  $0 < a < b, r > 1$  and  $p \in \mathbb{R} \setminus \left\{ -\frac{1}{2}, -r, 1-r, 0, 1 \right\}$ . Then we have the following inequality

$$\begin{cases} \frac{L_{2p}^{2p}(a, b)}{L_{p-1}^{p-1}(a, b)} \leq b^p \frac{L_{p+r-1}^{\frac{p+r-1}{r}}(a, b)}{L_{p-1}^{\frac{p-1}{r}}(a, b)} & \text{for } p > 0 \\ \frac{L_{2p}^{2p}(a, b)}{L_{p-1}^{p-1}(a, b)} \leq a^p \frac{L_{p+r-1}^{\frac{p+r-1}{r}}(a, b)}{L_{p-1}^{\frac{p-1}{r}}(a, b)} & \text{for } p < 0 \end{cases}$$

**Proof.** The assertion follows from the inequality (2.2) in Theorem 2.2, for  $f : (0, \infty) \rightarrow \mathbb{R}, f(x) = \frac{x^{p+1}}{p+1}$ .

## References

- Dragomir, S.S., Pecaric, J. and Persson, L. E. (1995). Some inequalities of Hadamard type, *Soochow J. Math.* 21, 335–341.
- Fang, Z. B. and Shi, R. (2014). On the  $(p, h)$ -convex function and some integral inequalities, *J. Inequal. Appl.*, 2014:(45), 16 pages.
- Ion, D. A. (2007). Some estimates on the Hermite-Hadamard inequality through quasi-convex functions, *Annals of University of Craiova, Math. Comp. Sci. Ser.* Volume 34, p. 82–87.
- İşcan, İ. (2014). Hermite-Hadamard type inequalities for harmonically convex functions. *Hacet. J. Math. Stat.* 43 (6), 935–942.
- İşcan, İ. (2016). Ostrowski type inequalities for  $p$ -convex functions, *New Trends in Mathematical Sciences*, 4 (3), 140-150.
- İşcan, İ. (2016). Hermite-Hadamard type inequalities for  $p$ -convex functions, *International Journal of Analysis and Applications*, Volume 11, Number 2, 137-145.
- İşcan, İ., Kunt, M. and Turhan, S. (2017). Some new type integral inequalities for  $p$ -convex functions, *AIP Conference Proceedings*(Submitted).
- İşcan, İ. and Turhan, S. (2016). Generalized Hermite-Hadamard-Fejer type inequalities for GA-convex functions via Fractional integral, *Moroccan J. Pure and Appl. Anal.*(MJPAA),2(1), 34-46.
- İşcan, İ., Turhan, S. and Maden, S. (2016). Hermite-Hadamard and Simpson-Like Type Inequalities for Differentiable  $p$ -Quasi-Convex Functions, *International Conference on Analysis and its Applications*, 12-15 July, Kırşehir, TURKEY.
- Kunt, M. and İşcan, İ. (2016). On new inequalities of Hermite-Hadamard-Fejer type for GA- $s$ -convex functions via fractional integrals, *Konuralp journal of Mathematics*, 4 (1), 130-139.
- Matkowski, J. (2003/2004). Convex functions with respect to a mean and a characterization of quasi-arithmetic means, *Real Anal. Exchange* 29, 229–246.
- Noor, M. A., Noor, K. I. and Ifikhar, S. (2015). Nonconvex Functions and Integral Inequalities, *Punjab University Journal of Mathematics*, 47 (2), 19-27.
- Ostrowski, A. (1938). Über die Absolutabweichung einer differentiebaren funktion von ihren integralmittelwert, *Comment. Math. Helv.*, 10, 226–227.
- Varošanec, S. (2007). On  $h$ -convexity, *J. Math. Anal. Appl.* 326, 303–311.

## DARBOUX VECTOR FIELD OF THE THIRD ORDER MANNHEIM PARTNER CURVE IN $E^3$

Şeyda KILIÇOĞLU<sup>1</sup>, Süleyman ŞENYURT<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Baskent University, Primary Mathematics Teaching Program Ankara, Turkey

<sup>2</sup>Ordu University, Faculty of Arts and Sciences Department of Geometry, Ordu, Turkey

(Received June 24,2016; Accepted January 25,2017)

### Abstract

In this study we worked on the modified Darboux vector on Mannheim partner curve  $\alpha_3$  which is called the *third order Mannheim partner* of Mannheim curve  $\alpha$ . Further we give the offset property of the *third order Mannheim partner*  $\alpha_3$  based on Frenet apparatus of Mannheim curve  $\alpha$ .

**Mathematics Subject Classification (2010):** 53A04, 53A05.

**Keywords:** Mannheim curves, Frenet apparatus, third order Mannheim curve.

### Özet

Bu çalışmada  $\alpha$  Mannheim eğrisinin  $\alpha_3$  Mannheim partner eğrisine ait modified Darboux vektörünün Mannheim eğrisinin Frenet aparatlarına bağlı ifadesi verildi. Daha sonra  $\alpha_3$  eğrisinin Mannheim eğrisi olma şartı verildi.

**Mathematics Subject Classification (2010):** 53A04, 53A05.

**Keywords:** Mannheim eğrileri, Frenet aparatları, modified Darboux vektörü.

---

\*senyutsuleyman@hotmail.com

## 1 Introduction and Preliminaries

$\alpha : I \rightarrow E^3$  be the  $C^2$ -class differentiable unit speed and the quantities  $\{T, N, B, \kappa, \tau\}$  are collectively Frenet-Serret apparatus of the curve  $\alpha$ . Darboux vector can be expressed as (Gray 1997),

$$D(s) = \tau(s)T(s) + \kappa(s)B(s). \quad (1.1)$$

Let a vector field be

$$\tilde{D}(s) = \frac{\tau}{\kappa}(s)T(s) + B(s) \quad (1.2)$$

along  $\alpha(s)$  under the condition that  $\kappa(s) \neq 0$  and it is called the modified Darboux vector field of  $\alpha$  (Izumiya et al. 2003). A curve is called a Mannheim curve if and only if  $\frac{\kappa}{(\kappa^2 + \tau^2)}$  is a

nonzero constant,  $\kappa$  is the curvature and  $\tau$  is the torsion. Recently, a new definition of the associated curves was given by Liu and Wang ( Liu & Wang 2008) Mannheim curve was redefined by Liu and Wang as ; if the principal normal vector of first curve and binormal vector of second curve are linearly dependent, then first curve is called Mannheim curve, and the second curve is called Mannheim partner curve, see in ( Liu & Wang 2008) . In (Orbay & Kasap 2005) Mannheim offsets of ruled surfaces are defined and characterized. The quantities  $\{T_3, N_3, B_3, \kappa_3, \tau_3\}$  are collectively Frenet-Serret apparatus of the curve  $\alpha_3$  . We called as  $\alpha_3$  is a *third order Mannheim partner* of the curve  $\alpha$  , which has the following parameterizations , *third order Mannheim partner*  $\alpha_3$  can be written as

$$\alpha_3(s) = \alpha + (\lambda_1 \sin \theta + \lambda_2 \sin \theta_1 \cos \theta)T - (\lambda N - \lambda_2 \cos \theta_1)N + (\lambda_1 \cos \theta - \lambda_2 \sin \theta_1 \sin \theta)B \quad (1.3)$$

Also  $|\lambda + \lambda_1 + \lambda_2|$  is the distance between the arclengthed curves  $\alpha$  and  $\alpha_3$  . Since we have

$$d(\alpha(s), \alpha_3(s)) = \|\alpha_3(s) - \alpha(s)\| = \|(\lambda + \lambda_1 + \lambda_2)N(s)\| = |\lambda + \lambda_1 + \lambda_2|.$$

The Frenet apparatus of *third order Mannheim partner*  $\alpha_3$  of a Mannheim curve  $\alpha$  , based on the Frenet apparatus of Mannheim curve  $\alpha$  are

$$\begin{cases} T_3 = (\cos \theta_2 \cos \theta_1 \cos \theta - \sin \theta_2 \sin \theta)T - \cos \theta_2 \sin \theta_1 N - (\sin \theta_2 \cos \theta + \cos \theta_2 \cos \theta_1 \sin \theta)B \\ N_3 = (\sin \theta_2 \cos \theta_1 \cos \theta + \cos \theta_2 \sin \theta)T - \sin \theta_2 \sin \theta_1 N + (\cos \theta_2 \cos \theta - \sin \theta_2 \cos \theta_1 \sin \theta)B \\ B_3 = \sin \theta_1 \cos \theta T + \cos \theta_1 N - \sin \theta_1 \sin \theta B \end{cases} \quad (1.4)$$

$$\kappa_3 = \frac{-\dot{\theta}_2}{\cos \theta \cos \theta_1 \cos \theta_2} \quad \text{and} \quad \tau_3 = \frac{\lambda_1 \kappa \dot{\theta}_1}{\lambda_2 \lambda \tau \dot{\theta} \cos \theta_1} \quad (1.5)$$

are the first and second curvatures of the *third order Mannheim partner*  $\alpha_3$  , respectively ] (Kılıçoğlu & Şenyurt 2017).

## 2 Darboux vector field of the third order Mannheim partner curve in $E^3$

**Theorem 2.1** *The modified Darboux vector of third order Mannheim partner  $\alpha_3$  of a Mannheim curve  $\alpha$  , based on the Frenet apparatus of Mannheim curve  $\alpha$  is*

$$\tilde{D}_3(s) = \left[ \frac{-\lambda_1 \kappa \dot{\theta}_1 \cos \theta \cos \theta_2}{\lambda \lambda_2 \tau \dot{\theta}_2} (\cos \theta_2 \cos \theta_1 \cos \theta - \sin \theta_2 \sin \theta) + \sin \theta_1 \cos \theta \right] T$$

$$+ \left[ \frac{\lambda \kappa \dot{\theta}_1 \cos \theta \cos \theta}{\lambda \lambda_2 \tau \dot{\theta}_2} \cos \theta_2 \sin \theta_1 - \cos \theta_1 \right] N$$

$$+ \left[ \frac{\lambda \kappa \dot{\theta}_1 \cos \theta \cos \theta}{\lambda \lambda_2 \tau \dot{\theta}_2} (\sin \theta_2 \cos \theta + \cos \theta_2 \cos \theta_1 \sin \theta) + \sin \theta_1 \sin \theta \right] B$$

*Proof.* Since  $\tilde{D}_3(s) = \frac{\tau}{\kappa_3} T_3(s) + B_3(s)$ , and we have the proof as in the following way

$$\tilde{D}_3(s) = \frac{\tau}{\kappa_3} T_3(s) + B_3(s),$$

$$= \left[ \frac{-\lambda \kappa \dot{\theta}_1 \cos \theta \cos \theta}{\lambda \lambda_2 \tau \dot{\theta}_2} (\cos \theta_2 \cos \theta_1 \cos \theta - \sin \theta_2 \sin \theta) + \sin \theta_1 \cos \theta \right] T$$

$$- \left[ \frac{-\lambda \kappa \dot{\theta}_1 \cos \theta \cos \theta}{\lambda \lambda_2 \tau \dot{\theta}_2} \cos \theta_2 \sin \theta_1 + \cos \theta_1 \right] N$$

$$- \left[ \frac{-\lambda \kappa \dot{\theta}_1 \cos \theta \cos \theta}{\lambda \lambda_2 \tau \dot{\theta}_2} (\sin \theta_2 \cos \theta + \cos \theta_2 \cos \theta_1 \sin \theta) - \sin \theta_1 \sin \theta \right] B$$

$$\tilde{D}_3(s) = \left[ \frac{-\lambda \kappa \dot{\theta}_1 \cos \theta \cos \theta}{\lambda \lambda_2 \tau \dot{\theta}_2} (\cos \theta_2 \cos \theta_1 \cos \theta - \sin \theta_2 \sin \theta) + \sin \theta_1 \cos \theta \right] T$$

$$+ \left[ \frac{\lambda \kappa \dot{\theta}_1 \cos \theta \cos \theta}{\lambda \lambda_2 \tau \dot{\theta}_2} \cos \theta_2 \sin \theta_1 - \cos \theta_1 \right] N$$

$$+ \left[ \frac{\lambda \kappa \dot{\theta}_1 \cos \theta \cos \theta}{\lambda \lambda_2 \tau \dot{\theta}_2} (\sin \theta_2 \cos \theta + \cos \theta_2 \cos \theta_1 \sin \theta) + \sin \theta_1 \sin \theta \right] B$$

where we use dot to denote the derivative with respect to the arclength parameter of the curve  $\alpha$ .

**Theorem 2.2** *The offset property of the third order Mannheim partner  $\alpha_3$  based on the frenet apparatus Mannheim curve  $\alpha$ , can be given if and only if the curvature  $\kappa$  and the torsion  $\tau$  of  $\alpha$  satisfy the following equation*

$$\lambda_3 = \frac{\lambda^2(\lambda_2)^2 \tau^2 \dot{\theta}^2 \dot{\theta}_2 \cos \theta \cos \theta_1 \cos \theta_2}{\lambda^2(\lambda_2)^2 \tau^2 \dot{\theta}^2 (\dot{\theta}_2)^2 + (\lambda_1 \kappa \dot{\theta}_1)^2 \cos^2 \theta \cos^2 \theta_2} = \text{constant.}$$

*Proof.* The offset property of the *third order Mannheim partner*  $\alpha_3$  is

$$\lambda_3 = \frac{-\kappa_3}{\kappa_3^2 + \tau_3^2} = \text{constant.}$$

Hence

$$\begin{aligned} \lambda_3 &= \frac{-\kappa_3}{\kappa_3^2 + \tau_3^2} = \frac{-\frac{\dot{\theta}_2}{\cos \theta \cos \theta_1 \cos \theta_2}}{\left(\frac{-\dot{\theta}_2}{\cos \theta \cos \theta_1 \cos \theta_2}\right)^2 + \left(\frac{\lambda_1 \kappa \dot{\theta}_1}{\lambda \lambda_2 \tau \dot{\theta} \cos \theta_1}\right)^2} \\ &= \frac{\frac{\dot{\theta}_2}{\cos \theta \cos \theta_1 \cos \theta_2}}{\frac{\lambda^2(\lambda_2)^2 \dot{\theta}^2 (\dot{\theta}_2)^2 \tau^2 + (\dot{\theta}_1 \lambda_1 \kappa)^2 \cos^2 \theta \cos^2 \theta_2}{\lambda^2(\lambda_2)^2 \dot{\theta}^2 \cos^2 \theta \cos^2 \theta_1 \cos^2 \theta_2 \tau^2}} \\ &= \frac{\lambda^2(\lambda_2)^2 \tau^2 \dot{\theta}^2 \dot{\theta}_2 \cos \theta \cos \theta_1 \cos \theta_2}{\lambda^2(\lambda_2)^2 \tau^2 \dot{\theta}^2 (\dot{\theta}_2)^2 + (\lambda_1 \kappa \dot{\theta}_1)^2 \cos^2 \theta \cos^2 \theta_2}. \end{aligned}$$

## References

- Gray, A. *Modern Differential Geometry of Curves and Surfaces with Mathematica*, 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 1997.
- Izumiya, S., Takeuchi, N., Special curves and Ruled surfaces . Beitr age zur Algebra und Geometrie Contributions to Algebra and Geometry, 44 (1) (2003), 203-212.
- Kılıçoğlu S., Şenyurt S., On the second order Mannheim partner curve in  $E^3$ . International J.Math. Combin., 1 (2017), 71-77.
- Liu H. and Wang F., Mannheim partner curves in 3-space, Journal of Geometry, 88 (1-2) (2008), 120-126.
- Orbay K. and Kasap E., On mannheim partner curves, International Journal of Physical Sciences, 4 (5) (2009), 261-264.

## ANALSİM'İN PUZOLANİK AKTİVİTESİ VE PRİZ SÜRELERİNİN BELİRLENMESİ

Yasemin AKGÜN<sup>1\*</sup>, Ömer Fatih YAZICIOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, TBMYO, İnşaat Bölümü, Ordu, TÜRKİYE

<sup>2</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, FBE, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ordu, TÜRKİYE

### ÖZET

Çimento endüstrisinin, dünya CO<sub>2</sub> emisyonlarının yaklaşık %5-8' inden ve yoğun enerji tüketiminden sorumlu olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, çimento endüstrisi inovatif ve sürdürülebilir çimento üretimleri için alternatif çözümlere ihtiyaç duymaktadır. Bu alternatif çözümlerin en kolay olanı, çimento üretimlerinde puzolanik katkı kullanımınıdır. Bu durum, çimento ve beton ürünlerinin performanslarını iyileştirmenin yanı sıra enerji tasarrufu ve dünya CO<sub>2</sub> emisyonlarında azalmaya karşılık gelmektedir. Çimento endüstrisinde doğal zeolitlerin kullanımı bu anlamda oldukça umut vericidir. Bu çalışmanın amacı, doğal zeolit minerali olan analsimin puzolanik aktivitesini belirlemek ve katkılı çimento üretimlerinde kullanılması halinde çimentonun priz süreleri ve hacim genleşmesi parametrelerinin nasıl etkileneceğini incelemektir. Elde edilen verilere göre analsim'in sürdürülebilir katkılı çimento üretimlerinde daha yaygın olarak kullanılan klinoptilolit'e alternatif bir potansiyele sahip olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Analsim; Klinoptilolit; Puzolanik Aktivite; Priz Süreleri; Zeolit.

### DETERMINATION OF POZZOLANIC ACTIVITY AND SETTING TIMES OF ANALCIME

### ABSTRACT

It is known that the cement industry is responsible for 5-8% of world CO<sub>2</sub> emissions and also for intensive energy consumption. For this reason, the cement industry needs alternative solutions to be able to produce innovative and sustainable cement. The easiest of alternative solutions is the use of pozzolanic additives in cement production. This situation corresponds to improved performance of cement and concrete products as well as saving energy, reducing world CO<sub>2</sub> emissions. The use of natural zeolites in the cement industry is quite promising in this meanings. The aim of this study is to determine the pozzolanic activity of analcime which is the natural zeolite mineral and to investigate how the setting time and volume expansion parameters of the cement will be affected when used in cement production. According to the results obtained, analcime has the potential to be an alternative to clinoptilolite which is more widely used in sustainable blended cement productions.

**Key Words:** Analcime; Clinoptilolite; Pozzolanic Activity; Setting Times; Zeolite.

---

\*yakgun@odu.edu.tr

## **1. GİRİŞ**

Dünyada en yaygın kullanılan yapı malzemesi olan çimentonun gelecekte de inşaat sektörü için önemli bir potansiyeli bulunmaktadır. Ancak, çimento yoğun enerji tüketiminden ve insan kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının yaklaşık %5-8' inden sorumlu olması nedeniyle inovatif ve sürdürülebilir çalışmalara ihtiyaç duymaktadır. Bu ihtiyaca yönelik olarak çimentoya belirli oranlarda yer değiştirme malzemesi olarak ilave edilen puzolanların kullanımı sürdürülebilirlik çalışmalarındaki en kolay çözüm olmaktadır. Bu çözüm, azalan porland çimentosu miktarı sayesinde daha az enerji tüketimi ve daha az CO<sub>2</sub> emisyonları anlamına gelmektedir. Böylece daha çevreci, enerji tasarruflu, ekonomik ve sürdürülebilir çimento üretimleri mümkün olabilmektedir. Aynı zamanda aktivitesi yüksek puzolanlar optimum oranlarla çimento üretimlerine dahil edildiklerinde çimentonun mekanik dayanımları, priz süreleri, hidrasyon ısı gibi özellikler üzerinde olumlu yönde değişiklikler yapabilmektedir. Puzolan katkılı çimento kullanımıyla üretilen nihai ürün olan ve amaca uygun tasarlanan harç ve betonların performansları da iyileşmektedir. Böylelikle geleneksel portland çimentosu katkı özellikleri sayesinde “akıllı çimento” etiketine de sahip olabilmektedir.

Puzolanlar, kendi başlarına bağlayıcılık değeri olmayan veya bağlayıcılık değeri çok az olan, fakat ince taneli durumdayken sulu ortamda kalsiyum hidroksitle birleştiğinde hidrolik bağlayıcılık gösterebilme özelliği kazanan silisli veya silikalı ve alüminalı malzemeler olarak tanımlanırlar. Puzolanik aktivite ise, puzolanın içindeki aktif silisin Ca(OH)<sub>2</sub> ve su ile reaksiyona girebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Bu reaksiyon ile puzolan sayesinde yeni CSH jellerinin oluşmasına bağlı dayanım artışı meydana gelmektedir. (Erdoğan 2013). Diğer bir deyişle, bu reaksiyon sonunda portlandit (Ca(OH)<sub>2</sub>) miktarı azalır, kalsiyum hidrat (CSH) miktarı artar (Massazza 1993). Puzolanik aktiviteyi belirlemek için kimyasal ve mekanik çeşitli deneyler standartlarda ASTM C311 (2005), TS 25 (2008) yer almaktadır. Kimyasal deneylerle, silis ve Ca(OH)<sub>2</sub> kalitatif ve kantitatif olarak belirlenir. Mekanik deneylerde ise, kireç veya çimento ile karıştırılan puzolanlarla üretilen harçların eğilme ve basınç dayanımları saptanarak puzolanların aktif silise sahip olup olmadığı saptanır (Kılınçkale 1996).

Puzolanların, özelliklerine göre, çimentonun priz süreleri (priz başı ve priz sonu) ve hacim sabitliği üzerinde değişimler yaptığı bilinmektedir. Çimento için bu parametrelerin



standartlardaki ASTM C191 (2004), TS 197-1 (2012) sınır değerleri aşmaması istenmektedir. Erken ya da geç priz alma sürelerine bağlı olarak çimentoların kullanım yerleri farklılaşmaktadır. Priz olayının başlangıç ve bitiş saatleri, çalışma saatleri açısından da önemlidir. Çimento hamurundaki genleşmelere bağlı olarak ise, harç/betonda iç gerilmeler ve çatlaklar meydana gelebilmektedir.

Puzolanik doğal zeolit mineralleri çimento, harç ve beton üretimlerinde kullanılmaktadır. Vitrik proklastik yatakların alterasyonu ile oluşan doğal zeolitler, puzolanik malzemeler arasında uçucu kül ve fırın cürufalarına göre daha reaktif malzemelerdir (Chan 1999). Zeolitler, çimentonun hidrasyonu sırasında çimento benzeri hidratlı ürünlerin oluşumuna ve hidrasyon sürecinde oluşan  $\text{Ca(OH)}_2$  tüketimine de katkı sağlarlar (Trnı'k 2015). Böylece, zeolitler harç/betonların performanslarını iyileştirirler. Analsim, doğal zeolit grupları içinde klinoptilolitten sonra ikinci değerli mineral olarak bilinir. Analsim, yapısında çok miktarda hidratlı sodyum aluminosilikat ( $\text{Na(AlSi}_2\text{O}_6\text{).H}_2\text{O}$ ) bulunan feldispatoit mineralidir (Kumbasar, 1977). Klinoptilolit ise dünyada en çok ve en yaygın olarak bulunan alkali ve toprak alkali katyonları içeren ve kimyasal formülü  $(\text{Na}_3\text{K}_3)(\text{Al}_6\text{Si}_30\text{O}_{72})24\text{H}_2\text{O}$  olan silika bakımından zengin bir doğal zeolit mineral türüdür.

Literatürde klinoptilolit üzerine yapılan çok sayıda çalışma olmasına rağmen analsim minerali ile ilgili çalışma kısıtlı sayıdadır (Yazıcıoğlu 2016; Akgün 2016). Türkiye'deki doğal zeolitlerin inşaat endüstrisinde optimum değerlerle kullanımına yönelik bilimsel veri sağlamayı amaçlayan bu çalışma öncelikle, sürdürülebilir çimentoya puzolanik anlamda katkıda bulunabilen yerel ve doğal kaynakların aktif olarak kullanımını sağlayabilmek için gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle çalışmanın amacı; analsimin puzolanik özelliklerini belirlemek ve sürdürülebilir katkılı çimento üretimlerinde kullanım potansiyeline sahip olup olmadıklarını incelemektir. Çalışmada klinoptilolit karşılaştırma amacıyla kullanılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında, doğal zeolitlerden olan klinoptilolit ve analsim farklı (%0, %10, %30 ve %50) oranlarda portland çimentosu ile yer değiştirilerek elde edilen katkılı çimento numuneleri üzerinde normal kıvam suyu ihtiyacı, priz süreleri ve hacim sabitliği deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deney sonuçlarının, yer değiştirme oranlarına bağlı olarak değişimleri hangi oranlarda ve ne yönde etkilendiği hususu kendi aralarında ve portland çimentosu ile karşılaştırma yöntemi kullanılarak ele alınmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Deneysel çalışmalarda, çimento ile yer değiştirme malzemesi olarak, doğal zeolit mineralleri olan klinoptilolit (K) ve analsim (A) kullanılmıştır. Klinoptilolit ve analsim, sırasıyla Manisa/Gördes ve Ordu/Perşembe yöresinden elde edilmiştir. İki farklı doğal zeolit numunesi bilyalı değirmende zeolit kayaçlarından öğütülerek elde edilmişlerdir. İncelik parametresi olarak, ASTM C430 (2005) standardı kapsamında 45-µm elekten geçen malzeme yüzdesi kullanılmıştır. Puzolanik aktivite testlerinde, CEN standard kumu olarak anılan, tercihen yuvarlak tanecikli ve silisyum dioksit miktarı en az % 98 olan, doğal silis kumu kullanılmıştır. Kireç-puzolan karışımlarında, TS 25 (2008) 'te belirtildiği gibi sönmüş kireç (Ca(OH)<sub>2</sub>) kullanılmıştır. Çimento deneylerinde ise, Ünye çimento fabrikasından temin edilen CEM I 42.5 R Portland çimentosu (PÇ) kullanılmıştır. Portland çimentosunun fiziksel ve mekanik özellikleri ile kimyasal kompozisyonu Çizelge 1 'de verilmiştir. Tüm numunelerin üretiminde, zararlı olabilecek organik madde ve mineral tuzları içermeyen su kullanılmıştır.

**Çizelge 1: Portland çimentosunun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri**  
*Chart 1: Chemical, physical and mechanical properties of portland cement*

Kimyasal Kompozisyon	Ağırlıkça (%)	Fiziksel ve Mekanik Özellikleri	
SiO <sub>2</sub>	19.53	Özgül ağırlık, (g/cm <sup>3</sup> )	3.12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.33	Priz başlangıcı, dk.	176
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.56	Priz sonu, dk.	238
CaO	62.26	Hacim genleşmesi, mm	2.00
MgO	0.99	Blaine özgül yüzey (cm <sup>2</sup> /g)	3210
SO <sub>3</sub>	3.02	2 gün. basınç dayanımı, MPa	32.3
Kızdırma kaybı	3.06	7 gün. basınç dayanımı, MPa	44.6
Toplam SiO <sub>2</sub>	20.22	28 gün. basınç dayanımı, MPa	53.0

## **2.2. Yöntem**

Puzolan olarak kullanılan malzemelerin özgül yüzeyleri (Blaine), yoğunlukları, kimyasal bileşimleri ve mineralojik yapıları puzolanik aktivite üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Çalışmada kullanılan doğal zeolitlerin puzolanik aktivitesine etki eden bu parametrelerin belirlenmesinde aşağıdaki yöntemler kullanılmıştır. Öncelikle doğal zeolitlerin fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Yoğunluklar TS EN 197-1 (2012) 'ye göre belirlenmiştir. Özgül yüzey (Blaine) TS EN 196-6 (2010)' ya göre belirlenmiştir. Doğal zeolitlerin kimyasal bileşimini belirlemek için X-Işını Kırınımı (XRD) Analizi yapılmıştır. SEM görüntüleri, Taramalı Elektron Mikroskopu kullanılarak elde edilmiştir. Doğal zeolitlerin mineralojik yapıları XRD analizi ile belirlenmiştir. Doğal zeolitlerin puzolanik aktivitelerinin belirleme yöntemi, TS 25' e göre, kireç-puzolan harçların basınç dayanımları ile belirlenen mekanik deney yöntemidir. Normal kıvam suyu ihtiyacı, priz süresi ve hacim sabitliği belirlemelerinde, farklı oranlarda (%0, %10, %30 ve %50) doğal zeolit içeren katkılı çimentoların ve portland çimentosunun normal kıvam su ihtiyacı ve priz süreleri vikat cihazı ile, hacim genişmesi deneyleri ise Le Chatelier deney seti ile TS EN 196-3 (2017) standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, deney serileri içinde öncelikle kendi aralarında daha sonra birbirleriyle olmak üzere karşılaştırılmıştır.

### **2.2.1. Puzolanik aktivite deneyleri ve numunelerin hazırlanışı**

Puzolanik aktivite deneyi, TS 25'de doğal puzolanın belirli bir incelikte öğütülüp su ve kalsiyum hidroksitle karıştırılması ile elde edilen harcın basınç dayanımı cinsinden tespit edilen hidrolik özelliği olarak tanımlanmıştır. Aktivite deneyleri için TS 25' e göre hesaplanan malzeme miktarları ile numuneler hazırlanmış ve hazırlanan numunelere ait kalıpların üstü buharlaşmayı önleyecek şekilde cam plaka ile kapatılmıştır. Numuneler 24 saat  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ ' lik oda sıcaklığında bekletildikten sonra kalıplar sökülmeden  $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$  sıcaklıktaki bir etüv içinde 6 gün daha bekletilmiştir. Numuneler etüvden çıkartılarak oda sıcaklığına gelinceye kadar soğumaya bırakılmış ve TS EN 196-1 (2016)'ya göre basınç dayanımı tayini deneyine tabi tutulmuştur.

### **2.2.2. Çimento deneyleri ve numunelerin hazırlanışı**

Doğal zeolitlerden olan klinoptilolit ve analsim farklı (%0, %10, %30 ve %50) oranlarda portland çimentosu ile yer değiştirilerek elde edilen katkılı çimento numuneleri üzerinde

normal kıvam suyu ihtiyacı, priz süreleri ve hacim sabitliği deneyleri TS EN 196-3 (2017) standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Deney numuneleri PÇ, A10, A30, A50, K10, K30 ve K50 etiket isimleriyle toplam 7 seri olmak üzere üretilmişlerdir.

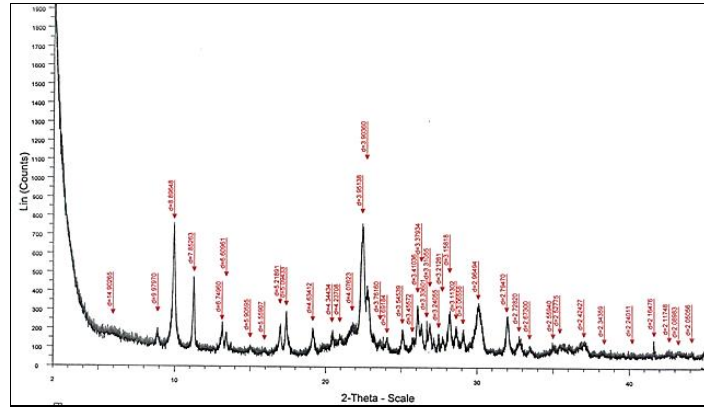
### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Doğal zeolitlerin fiziksel, kimyasal ve puzolanik aktivite özellikleri

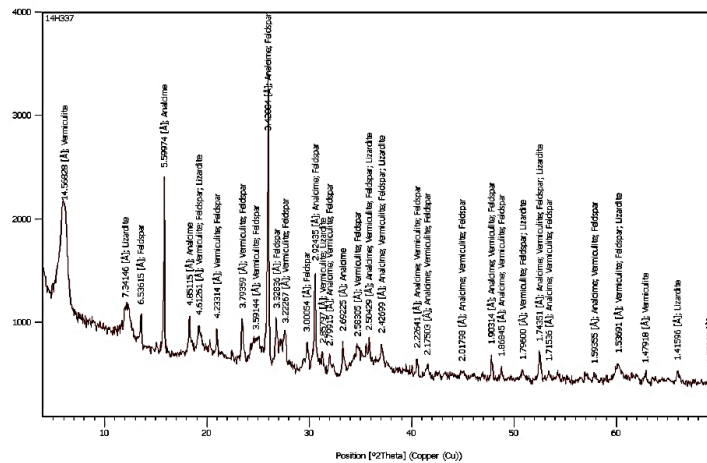
Doğal zeolitlerin fiziksel, kimyasal ve puzolanik aktivite özellikleri Çizelge 2' de verilmektedir. Zeolitlerin XRD kırınım desenleri Şekil 1 ve Şekil 2' de verilmektedir. Çizelge 2' ye göre, TS 25'te puzolanların uygunluk kriterleri tanımlanırken, doğal puzolanın puzolanik aktivite deneyi yapıldığında, kireç-doğal puzolan karışımı ile hazırlanan numunelerin 7 günlük basınç dayanımı göz önüne alınmıştır. Basınç dayanımı için en az 4 MPa sınır değeri verilmiştir. Klinoptilolit ve analsim için yapılan deneysel çalışmalarda, kireç-zeolit karışımı numune için ortalama basınç dayanımı değeri sırasıyla 9.02MPa ve 6.30MPa olarak tespit edilmiştir. Ayrıca yine TS 25'te  $SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3$  toplamının kütlece en az %70 olması gerektiği vurgulanmıştır. Bu toplamın değeri, klinoptilolit için %77.3, analsim için ise %73.16 olarak bulunmuştur. Söz konusu standarda göre puzolanların özgül yüzey alanları en az 3000 cm<sup>2</sup>/gr olmalıdır. Bu çalışmada kullanılan puzolanların özgül yüzeyleri klinoptilolit için 4079 cm<sup>2</sup>/gr ve analsim için 4780 cm<sup>2</sup>/gr olarak tespit edilmiştir. Puzolanik aktivite deneylerinde, doğal zeolitlerin özgül yüzeyleri çimento inceliğinin altında olduğu için puzolan ile kireç arasındaki reaksiyon artmıştır. Bu durumun puzolanik aktivitenin değerinde bir artışa neden olduğu düşünülmektedir. Elde edilen bu değerler çalışmada kullanılan zeolitlerin puzolan olarak kullanılabilir potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Her iki zeolite ait difraktogramlar incelendiğinde ise, zeolitlerin ayrı ayrı yüksek oranda ve baskın mineral olarak klinoptilolit ve analsim içerdiği görülmektedir.

**Çizelge 2: Doğal zeolitlerin fiziksel, kimyasal ve puzolanik aktivite özellikleri**  
 Chart 2: Physical, chemical and pozzolanic activity properties of natural zeolites

Kimyasal kompozisyon	Klinoptilolit ağırlıkça (%)	Analsim ağırlıkça (%)	Fiziksel Özellikleri		
SiO <sub>2</sub>	64.70	46.71		Klinoptilolit	Analsim
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.21	17.24	Özgül ağırlık, (g/cm <sup>3</sup> )	2.11	2.28
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.38	9.21	Blaine inceliği (cm <sup>2</sup> /g)	4079	4780
CaO	2.08	3.03	<b>Puzolanik Aktivite Değerleri</b>		
MgO	0.79	5.29	TS 25 sınır değerleri	Klinoptilolit	Analsim
Na <sub>2</sub> O	0.38	4.84	Kireç-puzolan karışımı 7 gün. bas. day.>4MPa	9.02MPa	6.30MPa
K <sub>2</sub> O	3.78	4.08	SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> toplamının ağırlıkça >%70	%77.30	%73.16
Kızdırma kaybı	11.80	7.00			



**Şekil 1: Klinoptilolit örneğinin XRD kırınım desenleri**  
 Figure 1: XRD diffraction patterns of clinoptilolit samples



**Şekil 2: Analsim örneğinin XRD kırınım desenleri**  
 Figure 2: XRD diffraction patterns of analsime samples

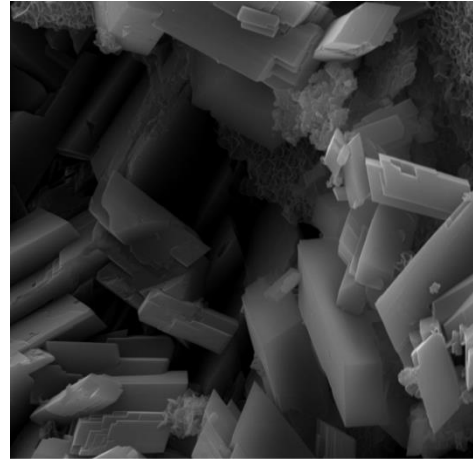
### 3.2. Zeolitlerin mineralojik yapıları

Klinoptilolit' in XRD (X- Işınları Difraksiyon) analizi ve SEM incelemeleri Gördes Zeolit firması tarafından belirlenen analiz sonuç raporlarından elde edilmiştir. Klinoptilolit numunesine ait XRD analizi sonucu belirlenen modal-mineralojik bileşimine göre, numunedeki klinoptilolit oranı % 80-85 oranındadır (Şekil 3). Diğer mineraller olarak; opal-CT, belirli bir oranda, illit mika, kuvars ve feldspat ise düşük ve eser oranlardadır. Buna göre, numune zeolit endüstriyel hammaddesi karakterindedir.

Analsim numunesinin mineralojik karakteristik özellikleri Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği laboratuvarlarında kayaç numuneler üzerinden tespit edilmiştir. Analsim'in SEM görüntüleri ise, MTA' nın Mineraloji ve Petrografi Laboratuvarı ve ' nda belirlenmiştir. Buna göre kayaç vitrik tuf niteliğinde olup cam kıymıkları ve kristal bileşenlerden oluşmaktadır. Cam kıymıkları yoğun olarak altere olmuş zeolit ve klorite dönüşmüştür. Bağlayıcı malzeme içerisinde yer yer kripto kristalen silis oluşumları mevcuttur. Kristal bileşenler yoğun olarak parçalanmış ojit (piroksen) ve çok az oranda biyotitten oluşmaktadır. Opak mineraller kayaç içerisinde %5'ten az oranda bulunmakta olup, öz şekilsiz kristaller görünümündedir (Şekil 4). Her iki zeolite ait SEM görüntüleri incelendiğinde klinoptilolit ve analsim türdeki zeolitın kristal yapıda olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3: Klinoptilolit örneği SEM görünümü  
Figure 3. SEM view of clinoptilolite



Şekil 4: Analsim örneği SEM görünümü  
Figure 3. SEM view of analsime

Doğal zeolitlerin kristal yapılarına rağmen puzolanik aktivite gösterebilmelerinin sebebinin, yüksek pH ortamında kristal yapının belirli ölçülerde bozunması (dissolution)

sonucunda serbest kalan silisli ve alüminli bileşenlerin  $\text{Ca(OH)}_2$  ile reaksiyonu olabileceği düşünülmektedir. Literatürde, doğal zeolitlerin düşük veya yüksek pH ortamlarında kristal yapılarının bozunduğuna dair bazı çalışmalar bulunmaktadır (Yamamoto ve diğ. 1996; Cizmek ve diğ. 1997). Klinoptilolit ve analsim numuneleri, zeolit kullanım alanları için istenen ulusal ve uluslararası standartları karşılar niteliktedir.

### 3.3 Çimento deneyleri (Normal Kıvam, Priz Süreleri ve Hacim Genleşmesi)

Farklı yer değiştirme oranları kullanılarak, öğütülmüş analsim ve klinoptilolit içeren katkılı çimentoların normal kıvam için gerekli su miktarları, priz süreleri ve hacim genleşmesi değerleri Çizelge 3'te, çimentoların priz sürelerine ait değişim grafiği Şekil 5'de ve hacim genleşmesi-su/bağlayıcı ilişkisi Şekil 6'da verilmiştir.

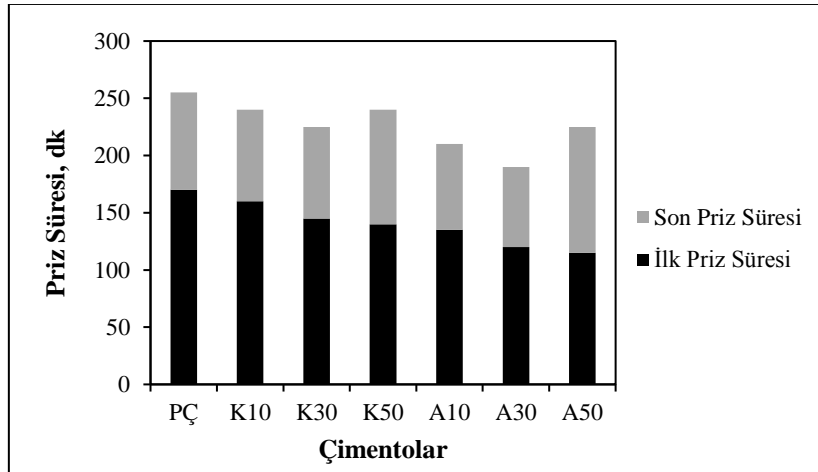
Çizelge 3'e göre doğal zeolit yer değiştirmeli katkılı çimentoların kıvama karşılık gelen su/ çimento oranları (su ihtiyacı), çimento içeriklerindeki doğal zeolit miktarıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. Analsim katkılı çimentoların normal kıvam suyu ihtiyacının, eşit doğal zeolit içerikleri için klinoptilolitli çimentolara kıyasla az bir farkla daha düşük olduğu gözlenmiştir. Deney sonuçlarına göre, her iki doğal zeolit klinoptilolit ve analsim' in incelik artışının su ihtiyacını portland çimentosuna göre çok fazla artırmadığı da görülmektedir.

**Çizelge 3: Çimentoların su/bağlayıcı oranı, priz süresi ve hacim genleşmesi değerleri**

*Chart 3: Water/binder ratio for normal consistency, setting times and volume expansion values of cements*

Çimento Etiketleri	Normal Kıvam için Gerekli Su/Bağlayıcı oranı	İlk Priz Süresi (dk.)	Son Priz Süresi (dk.)	Hacim Genleşmesi (mm)
PÇ	0.30	170	255	2.00
K10	0.36	160	240	3.00
K30	0.39	145	225	4.50
K50	0.42	140	240	5.00
A10	0.32	135	210	4.50
A30	0.34	120	195	6.50
A50	0.36	115	225	7.50

Doğal zeolit katkılı tüm çimentoların zeolit içeriğinin artması ile priz başlangıcı ve bitiş süreleri geleneksel koşullarda üretilen portland çimentosundan daha kısa olduğu tespit edilmiştir. Katkılı sistemlerde mineral yer değiştirme malzemelerinin miktarındaki artış ve portland çimentosu miktarının azalması ile beklenen durum genellikle priz sürelerinin uzamasıdır. Bu ters durum, muhtemelen, hamurun hazırlanmasından sonra zeolit parçacıklarının sürekli su adsorpsiyonundan kaynaklanan çimento hamuru kıvamındaki azalmaya bağlı olduğu ve bu nedenle hamurların tutarlılığında azalmanın başlangıç priz süresinin kısalmasına neden olduğu sonucuna varılmıştır. Deney sonuçlarından görülen bu tür bir mekanizmanın bitiş priz süreleri üzerinde o kadar etkili olmadığıdır. Ancak zeolit katkılı çimentoların bitiş priz sürelerinin portland çimentosunun bitiş priz sürelerinden daha kısa olduğu belirlenmiştir. Doğal puzolan katkılı sistemlerin bu tarz davranışları yayınlanmış literatürlerde de verilmektedir (Turanlı ve diğ. 2007;2005;2004).

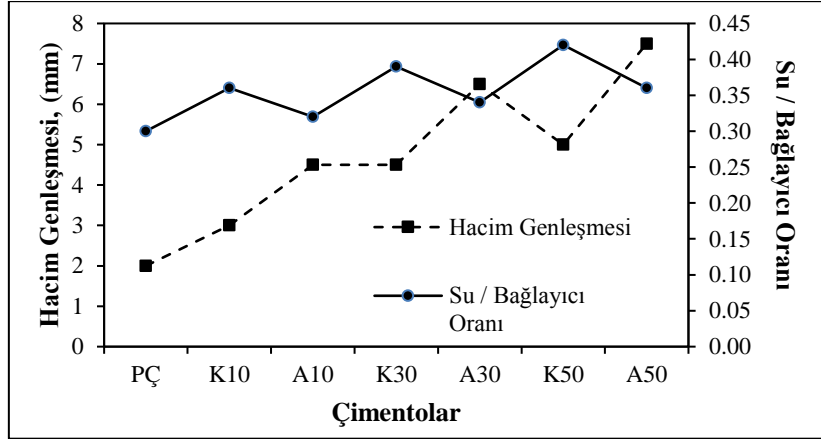


Şekil 5: Çimentoların ilk ve son priz süreleri

Figure 5: Initial and final setting times of cement

Çimentolarda doğal zeolitin miktarı hacim genişmesini doğrudan etkilemiştir. Doğal zeolit oranı arttıkça hacim genişmesi değerleri de artış göstermiştir. Bu değerler analsim içeren çimentolarda klinoptilolit içerenlere göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Buna göre, çalışmada dikkate alınan tüm doğal zeolit yer değiştirmeli çimentoların TS EN 197-1'de verilen priz süresi ve hacim genişmesi limitleri dahilinde olduğu tespit edilmiştir.





Şekil 6: Çimentoların hacim genişmesi ve su / bağlayıcı oranı ilişkisi

Figure 6: Relationship between volume expansion and water / binder ratio of cements

#### 4. SONUÇLAR

- 1) Puzolanik aktivite deneyleri ile belirlenen, kireç-puzolan karışımı 7 günlük ortalama basınç dayanımı değerleri, klinoptilolit için 9.02MPa ve analsim için 6.30MPa' dır.
- 2) Çalışmada kullanılan doğal zeolitlerin toplam  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  içerikleri, TS 25 sınır değerlerine uygun olarak, çimento endüstrisinde kullanılan bazı puzolanik malzemelerle benzerdir.
- 3) Doğal zeolit katkıli çimentoların normal kıvam suyu ihtiyaçları, içeriklerindeki doğal zeolit miktarıyla doğru orantılı olarak artmıştır. Doğal zeolit katkıli çimentoların priz başlangıcı ve bitiş süreleri portland çimentosundan daha kısa olduğu tespit edilmiştir. Doğal zeolit oranı arttıkça hacim genişmesi değerleri de artış göstermiştir. Buna göre, çalışmada dikkate alınan doğal zeolit katkıli çimentoların TS EN 197-1'de verilen priz süresi ve hacim genişmesi limitleri ile uyumludur.
- 4) Çalışmada kullanılan her iki doğal zeolit klinoptilolit ve analsim silis-alümin içerikleri, puzolanik aktivite değerleri, priz süreleri, hacim sabitlikleri, düşük özgül ağırlıkları, yüksek özgül yüzeyleri, camsı yapıları ve mineralojik oluşumları gibi olumlu özelliklerinden dolayı sürdürülebilir katkıli çimento üretimlerinde kullanılabilecek potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir.

5) Çalışma sonucunda elde edilen veriler ile zeolit katkılı çimento üretimlerinin düşük maliyet, enerji etkinliği ve CO2 emisyonlarındaki azalma açısından umut verici olduğu söylenebilmektedir. Ancak, burada yapılan bu değerlendirmenin yalnızca bu çalışmaya konu olan zeolit türler için ve bu çalışma koşullarındaki üretimler için geçerli olduğunu belirtmekte fayda vardır. Bununla birlikte, farklı bölgelerden elde edilecek analsim türü zeolitler ya da farklı zeolit türleri üzerinde yapılacak olan çalışmaların daha yaygın hale getirilmesinin isabetli olacağı da düşünülmektedir.

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışmayı TF-1521 no'lu proje ile destekleyen Ordu Üniversitesi, Bilimsel Araştırmalar Proje birimine, malzeme analizlerindeki desteklerinden dolayı ise MTA Genel Müdürlüğü, Votorantim Çimento, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü ve Gördes Zeolit firmasına teşekkürlerimizi sunarız.

## **KAYNAKLAR**

- Erdoğan T. Y., (2013). Beton. ODTÜ Yayını. Ankara
- Massazza F., (1993) Pozzolanic Cement, Cement and Concrete Composites, v:15, pp: 185-214.
- ASTM C 311, (2005) Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete, American Society for Testing and Materials
- TS 25, (2008) Doğal puzolan (tras) - Çimento ve betonda kullanılan - tarifler, gerekler ve uygunluk kriterleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Kılınçkale F.M., (1996) Çeşitli puzolanların puzolanik aktivitesi ve bu puzolanlarla üretilen harçların dayanımı, İMO Teknik Dergi, 1217-1229.
- ASTM C 191, (2004) Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle, American Society for Testing and Materials
- TS EN 197-1 (2012) Çimento - Bölüm 1: Genel çimentolar - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Chan SYN, Ji X. (1999) Comparative study of the initial surface absorption and chloride diffusion of high performance zeolite, silica fume and PFA concretes. Cem Concr Compos.; 21:293–300.
- Trník, A., Scheinherrova, L., Medved, I., Černý, R., (2015) Simultaneous DSC and TG analysis of high-performance concrete containing natural zeolite as a supplementary cementitious material”, J Therm. Anal. Calorim., 121:67–73.
- Kumbasar, I. 1977. Silikat mineralleri. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını, İstanbul.
- Yazıcıoğlu, Ö.F., (2016) Çimento ve Beton Endüstrisinin Sürdürülebilir Üretimlerinde Doğal Zeolit (Analsim)' in Puzolanik Katkı Malzemesi Olarak

Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı, 85p.

Akgün, Y., Yazıcıoğlu, Ö.F., (2016) İki farklı doğal zeolit katkısının çimento harç aşınma dayanımına etkisi, Ordu Üniversitesi, ODÜ Bilim ve Teknoloji Dergisi, Cilt:6, No: 1, 94-104.

ASTM C 430 (2005) Test method for fineness of hydraulic cement by the 45-µm (No. 325) sieve, American Society for Testing and Materials, United States of America

TS 196-6 (2010) Çimento deney yöntemleri - Bölüm 6: İncelik tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

TS 196-3 (2017) Çimento deney yöntemleri-Bölüm 3: Priz süreleri ve genleşme tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

TS EN 196-1 (2016) Çimento deney metotları - Bölüm 1: Dayanım tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

Yamamoto, S., Sugiyama, S., Matsuoka, O., Kohmura, K., Honda, T., Banno, Y., Nozoye, H., (1996) Dissolution of Zeolite in Acidic and Alkaline Aqueous Solutions As Revealed by AFM Imaging, Journal of Physical Chemistry 100, pp:18474-18472.

Cizmek, A., Subotic, B., Smit, I., Tonejc, A., Aiello, R., Crea, F., Nastro, A., (1997) Dissolution of high-silica zeolites in alkaline solutions II. Dissolution of 'activated' silicate-1 and ZSM-5 with different aluminum content, Microporous Materials 8, pp:159-169.

Turanli, L., Yücel, H., GÖNCÜOĞLU, M. C., Çulfaz, A. Uzal, B., (2007) Doğal Zeolitlerin İnşaat Endüstrisinde Kullanımı, Proje No: 104M393, Ankara

Turanli, L., Uzal, B., Bektas, F., (2005) Effect of Large Amounts of Natural Pozzolan Addition on Properties of Blended Cements, Cement and Concrete Research, Vol.35, No.6, pp.1106-1111.

Turanli, L., Uzal, B., Bektas, F., (2004) Effect of Material Characteristics on the Properties of Blended Cements Containing High Volumes of Natural Pozzolans, Cement and Concrete Research, Vol.34, No.12, pp.2272-2282.

## PATATESTE *RHIZOCTONIA SOLANI*'YE KARŞI *İN VİVO* KOŞULLARINDA GAMA IŞINI UYGULAMASININ ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Aslı KARA<sup>1</sup> Ş.Evrim ARICI<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Isparta

(Geliş Tarihi: 15.05.2017; Kabul Tarihi: 10.06.2017)

### ÖZET

Dünyada ve Türkiye’de patates üretimini sınırlayan, verim ve kalite kaybına neden olan birçok hastalık ve zararlı bulunmaktadır. Bunlardan birisi de kök boğazı nekrozu ve siyah kabukluluk hastalığı [*Rhizoctonia solani*] (telemorph: *Thanatephorus cucumeris*)’dır. Yapılan bu çalışmada Alanso patates çeşidine ait *in-vitro* bitkiciklere farklı dozlarda gama ışını (22 Gy, 33Gy, 54 Gy, 57Gy, 109Gy) uygulanmıştır. Yapılan uygulamanın *Rhizoctonia solani*’ye karşı etkinliğini belirlemek amacıyla; gama ışını uygulanmış bitkilere iklim odası koşullarında *R. solani* inokulasyonu yapılmıştır. *R. solani* inokulasyonu sonrasında bitkilerin canlı kalma oranları belirlenmiş ve canlı kalan bitkilerin; yaprak sayıları, bitki boğum sayıları, bitki boyları belirlenmiş ve kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak; en yüksek canlı kalma oranları %80 ile 22 ve 33 Gy dozlarında, en düşük canlı kalma oranı ise %30 ile kontrol grubu ve 109 Gy dozunda belirlenmiştir. İncelenen parametrelerde en yüksek boğum sayısı ve yaprak sayısı ortalaması 54 Gy dozunda, en yüksek bitki boyu ortalaması 109 Gy dozunda belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Patates, *Rhizoctonia solani*, Gama ışını

## DETERMINATION OF GAMMA RAYS EFFICIENCY *İN VİVO* CONDITION AGAINST *RHIZOCTONIA SOLANI* IN POTATO

### ABSTRACT

There are many diseases and pests in potato that caused loss of quality and yield in the world. One of them is the *Rhizoctonia* stem canker and black scurf of potato caused *Rhizoctonia solani* ( telemorph: *Thanatephorus cucumeris*). In this study’s aim determine to chemical mutagen ethyl methyl sulfonat (EMS) and gamma rays applications efficiency against to *R. solani*. *In-vitro* cultured explants from potato cv. Alanso were irradiated with gamma rays five different doses (22 Gy, 33Gy, 54 Gy, 57Gy, 109Gy). And than *Rhizoctonia solani* inoculation was applied to gamma irradiated potato plants in climate room conditions. In the climate room conditions experiments, the survival rates of the plants were determined after the *R. solani* inoculation and some parameters such as plant size, number of leafs and number of plant nodes were determined and compared with positive control groups (non-irradiated plants and inoculated *R. solani*). In the climate room conditions experiments with gamma irradiation applied plants, the highest survival rate of the plants (80%) were determined at 22 Gy and 33 Gy doses and the lowest survival

rates of the plants (30%) were determined at 109 Gy doses and control groups. The highest number of plant nodes and number of leafs were determined at 54 Gy doses and maximum plant size was determined at 109 Gy doses.

**Keywords:** Potatoes, *Rhizoctonia solani*, Gamma rays

---

\* [evrimarici@sdu.edu.tr](mailto:evrimarici@sdu.edu.tr)

## 1.GİRİŞ

Dünyada 2014 yılında 19.204.609 hektar alanda 385.074.114 ton patates üretimi yapılmıştır (FAO, 2014). En fazla üretim yapan ülkeler; yaklaşık 96 milyon ton ile ilk sırada Çin yer almakta bunu sırasıyla yaklaşık 46 milyon ton ile Hindistan, 31,5 milyon ton ile Rusya, 23,6 milyon ton ile Ukrayna izlemektedir. Türkiye ise 4,16 milyon ton ile 20. sırada yer almaktadır (FAO, 2014). Türkiye'de 2015 yılında ise 1.538.787 dekar alanda 4,76 milyon ton üretim yapılmıştır (TÜİK, 2015).

Patates ucuz olması, birim alandan fazla verim sağlanması, besin değerinin yüksek olması, endüstri hammadde olarak kullanılması, farklı iklimlere, farklı toprak koşullarına kolay uyum sağlayabilmesi ve geniş alanlarda yetiştirilebilmesi gibi nedenlerle dünyada ve Türkiye'de ekonomik olarak büyük öneme sahiptir. Dünyada ve Türkiye'de patates üretimini sınırlayan, verim ve kalite kaybına neden olan birçok hastalık ve zararlı bulunmaktadır. Bunlardan birisi de kök boğazı nekrozu ve siyah kabukluluk hastalığı (*Rhizoctonia solani*; telemorph: *Thanatephorus cucumeris*)'dir. Yumru üzerinde siyah siğiller, çatlamlar ve şekil bozukluklarına neden olarak pazar değeri kayıplarına, bitkinin stolon ve gövdesinde çürüklüklere yol açarak bitkide besin maddelerinin organlara taşınmasını engeller ve gelişme geriliğine neden olur (Anonim, 2000). *Rhizoctonia solani*'nin geniş bir konukçu dizisine sahip olduğu en az 200 bitki türünü enfekte ettiği bildirilmektedir (Lehtonen vd., 2008). *R. solani*'nin başlıca konukçuları arasında arpa, biber, buğday, domates, fasulye, havuç, karanfil, karnabahar, nohut, patates, şeker pancarı, soya fasulyesi, tütün, yonca v.b. kültür bitkilerinin yer aldığı bildirilmiştir (Banville vd., 1996).

Hastalık etmeni fungus, ülkemizde patates üretiminin yoğun olarak yapıldığı İç ve Doğu Anadolu bölgelerinde yaygınlık göstermektedir (Tuncer ve Erdiler, 1990; Demirci ve Döken, 1993). *R. solani* patatesin verim ve kalitesi üzerinde etkili olup, %5-34 arasında

değişen oranlarda verim kayıplarına neden olmaktadır (Hodgson vd., 1974, Turkesteen ve Eraslan, 1985; Banville, 1989; Hide vd., 1989). *R. solani*'nin toprak ve tohum kökenli olması ve yumru ile kolay taşınması nedeniyle hastalığın mücadelesinde zorluklar yaşanmaktadır (Boosalis ve Scharen, 1959). Ayrıca hastalık etmeninin geniş bir konukçu dizisine sahip olması ekim nöbetine girebilecek kültür bitkisi sayısını sınırlamakta, tohum ilaçlamasında kullanılan kimyasalların çevre kirliliğine neden olması gibi hastalık etmeni ile mücadelede dayanıklı veya tolerant çeşitlerin kullanılması gibi alternatif yöntemlerin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Bağımsız genlerde doğal olarak mutasyon oluşma frekansı  $10^{-6}$ 'dır. Mutajenler bitkilerin; kromozom yapılarında ve sayılarında ya da genlerin fiziksel ve kimyasal yapılarında kalıtsal değişikliklere neden olarak bitkilere olumlu veya olumsuz yeni özellikler kazandırabilmektedir. Yapılan birçok araştırma sonucunda mutajenlerin uygun doz ve sürelerde kullanılmasıyla kültür bitkilerinde; verim, dayanıklılık, kalite, erkencilik ve uyum yeteneği konularında olumlu değişimlere neden olabileceği görülmüştür (Şehirli ve Özgen, 2007). Fiziksel mutajenler genel olarak bitkilerde; gen mutasyonu, kromozom-kromatid anormallikleri, hücre bölünmesini önleme çekirdek ya da hücre ölümleri, mitoz bölünmenin artması, kısırlık ve büyüme hızı anormallikleri gibi etkilere neden olurlar (Acquaah, 2007). Gosal vd. (1998), Kufri Jyoti ve Kufri Chandramukhi patates çeşitlerinden aldığı sürgünlere *in-vitro* kültür ortamında farklı dozlarda gama ışını uygulamışlardır (20 ve 40 Gy). M1V3 sürgünlerinden elde edilen mini yumrular *in-vitro*da çoğaltılmış ve saksılara dikilmiştir. Elde edilen bitkiler patates mildiyösüne (*Phytophthora infestans*) karşı dirençlerini ölçmek için bağımsız yaprak metodu kullanılarak taranmıştır. Her iki çeşitte de mildiyöye karşı dirençte 40 Gy uygulaması 20 Gy uygulamasından daha iyi sonuç vermiştir. Li vd. (2005), yapmış oldukları çalışmada; iki patates çeşidinin *in vitro* çoğaltılan bitkilerinden alınan eksplantlara farklı dozlarda (0, 2, 4, 6 ve 8 Gy) uygulanan gama radyasyonu sonucunda 4, 6 ve 8 Gy'lik dozları ile mikroyumru oluşum periyodu 10-15 gün arasında uzamıştır. Radyasyonun düşük dozları (2 ve 4 Gy) mikro yumruların nişasta kapsamını artırırken, yüksek dozlar (6 ve 8 Gy) askorbik asiti yükseltmiş ve şeker kapsamını düşürmüştür. 4 ve 6 Gy'lik dozlar da mikroyumruların protein içeriğini önemli derecede artırmıştır.

Patateslerde bakteriyel solgunluk hastalığına neden olan *R. solanacearum* karşı dayanıklı yeni genotipler elde etmek amacıyla Diamant ve Spunta çeşitlerine farklı dozlarda (20,

30, 40 Gy) gama ışınları uygulanmıştır. Diamond çeşidinde 30 ve 40 Gy'de, Spunta çeşidinde ise 20 Gy'de mutasyona neden olmuş ve hastalığa karşı dayanıklı mutantlar elde edilmiştir (Hassan, 2011).

Yapılan bu çalışmada Alanso patates çeşidine farklı dozlarda gama ışını uygulanarak *R. solani* 'ye karşı etkinliği belirlenmeye çalışılmıştır.

## **2. MATERYAL VE YÖNTEM**

Çalışma 2014-2016 yılları arasında Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü laboratuvarında ve iklim odalarında yürütülmüştür. Çalışmada materyal olarak Alanso patates çeşidi kullanılmıştır. Çalışmada *in-vitro* koşullarda patates bitkisine fiziksel mutajen olarak gama ışını uygulanmıştır. Mutajen uygulaması yapıldıktan sonra bitkiler çoğaltılarak *R. solani* 'ye karşı etkinliklerini belirlemek amacıyla saksı denemeleri kurulmuştur.

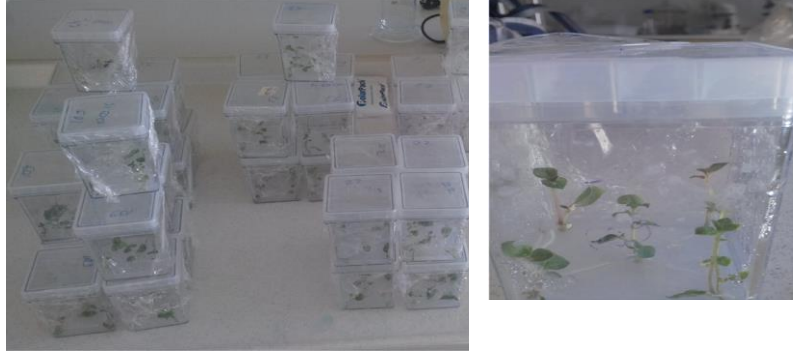
### **2.1. Patates Bitkilerinin Kültüre Alınması**

Hastalığa duyarlı olduğu bilinen Alanso çeşidinin patates yumruları iklim odası koşullarında ( $25^{\circ}\text{C} \pm 2$  sıcaklık ve  $\%60 \pm 5$  nem ) içerisinde 1:1 oranında torf ve perlit içeren plastik saksılara dikilerek çimlenmeleri ve gelişmeleri sağlanmıştır. Gelişen bitkilerden alınan eksplantlar yüzeysel dezenfeksiyonunu yapılmıştır ( %70 etil alkol 30 sn; 1-2 damla tween 20 + %7,5 NaOCl 15 dk). Sterilizasyonu tamamlanan eksplantlar; içerisinde MS besin ortamı bulunan (Murashige ve Skoog, 1969) + 0,5 GA<sub>3</sub> + 30 g sakkaroz +%0,7 agar içeren cam tüplerin her birine bir nod gelecek şekilde aktarılmıştır. Bitkiler iklim odası koşullarında  $24^{\circ}\text{C} \pm 1$  gelişmeye bırakılmış ve aynı ortam üzerinde bitkiler alt kültüre alınarak yeterli sayıda bitkicikler elde edilmiştir.

### **2.2. In-vitro Patates Bitkilerine Gama Işını Uygulaması**

Gama ışınlaması yapılacak olan eksplantlar içerisinde 0,5 mg/l GA<sub>3</sub> içeren MS ortaları bulunan tüplere aktarılmış ve tüplerdeki bitkilere <sup>60</sup>Co kaynağı ile 22 Gy, 33 Gy, 54 Gy, 57 Gy, 109 Gy dozlarında gama ışını uygulaması Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünde yapılmıştır (her bir doz için 25 tüp). Daha sonra ışınlanan bitkiler içerisinde 0,1 mg/l BAP içeren MS besin ortamlarının bulunduğu

tüplere aktarılarak ve iklim odası koşullarında gelişmeleri sağlanmıştır. Gelişen bitkiler daha sonra 0,5 mg/l GA<sub>3</sub> içeren MS besi ortamlarının bulunduğu magenta kutularına aktarılarak 4 kez alt kültüre alınmıştır



Şekil 1. Gama ışını uygulanmış ve alt kültüre alınmış bitkiler

### 2.3. *Rhizoctonia solani* İzolasyonu

Üzerinde *R. solani* sklerotu bulduran yumrular öncelikle su ile yıkanmış ve yüzey sterilizasyonu yapılmıştır ( %70'lik etil alkol 30 sn; %3 NaOCl + 1 damla tween 20 2 dk). Steril edilen parçalar içerisinde PDA (patates dekstroz agar) ortamı bulunan petrilere inokule edilerek 24°C±1'de gelişimi sağlanmış ve gelişen kolonilerden saflaştırılmış ve çoğaltılmıştır. Saflaştırılıp izole edilen izolatın patojen olup olmadığını belirlemek amacıyla patojenite testi yapılmış ve sonucunda %51-75 düzeyinde enfeksiyon görülmüştür. Ayrıca çalışma için uygun olduğu belirlenen *R. solani*'nin anastomosis grubu AG-3 olarak belirlenmiştir.

### 2.4. Mısır Unu–Kum Kültürünün Hazırlanması

Saksı denemelerinde kullanılacak *R. solani* çoğaltılmasında mısır unu kum kültürü (%90 kum + %10 mısır unu) kullanılmıştır. Mısır unu ve kum karışımı %20 oranında nemlendirilip 121°C' de 20 dk otoklavda sterilize edilmiştir (Şekil 3.5.1). Daha sonra PDA besi ortamında geliştirilen *R. solani*'den 5-6 adet fungus diski kum karışımına ilave edilerek ve 3 hafta gelişmeye bırakılmıştır.



## **2.5. Gama Işını Uygulanmış Bitkilerin *R. solani*'ye Karşı Etkinliğini Belirlemek Amacıyla Kurulan Saksı Denemesi**

Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre her bir doz için (22 Gy, 33 Gy, 54 Gy, 57 Gy, 109 Gy) 10 tekerrürlü (10 saksı) olarak, iklim odası koşullarında kurulmuştur. *İn-vitro*'dan çıkarılan bitkiler saksılara şaşırtılarak iklim odası koşullarına adaptasyonu sağlanmış ve 3 hafta gelişmeye bırakılmıştır. Daha sonra gelişen bitkilerin kök boğazına *R. solani* (yaklaşık 1 gr mısır unu-kum karışımı) inokulasyonu yapılmış ve 2 hafta sonra değerlendirmeleri yapılmıştır.



**Şekil 2.** EMS uygulanmış bitkilerde saksı denemesinin kuruluşu

Saksı denemelerinde bitkilerin kök boğazına fungus inokulasyonu yapıldıktan 2 hafta sonra değerlendirmesi yapılmıştır. Değerlendirme parametreleri olarak canlı kalan bitkilerin; boyları ölçülerek, yeşil yaprak sayısı ve bitki boğum sayısı belirlenmiş ve kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. Denemede kontrol grubu olarak gama ışını uygulanmamış ve *R. solani* inokulasyonu yapılmış bitkiler kullanılmıştır.

## **2.6. İstatistik Analiz**

Tüm özellikler faktöriyel düzende varyans analiz tekniği ile analiz edilmiştir. Denemede grup ortalamaları arasındaki farklılıkların değerlendirilmesinde Tukey Testi ( $P \leq 0,05$ ) kullanılmıştır. Pozitif ve negatif kontrol gruplarının ayrı ayrı alt gruplarla karşılaştırılmasında ise Dunnett Testi ( $P \leq 0,05$ ) kullanılmıştır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı dozlarda gama ışını (22, 33, 54, 57, 109 Gy) uygulaması yapılmış bitkilere *R. solani* inokulasyonu yapıldıktan sonra bazı bitkiler hastalıktan dolayı ölüürken bazıları ise canlı kalmıştır (Şekil 3). Hastalık uygulamasından sonra bitkilerin canlı kalma oranları Çizelge 1’de verilmiştir. En yüksek canlı kalma oranı %80 ile 22 ve 33 Gy dozlarında, en düşük canlı kalma oranı ise %30 ile kontrol grubu ve 109 Gy dozunda belirlenmiştir.

**Çizelge 1.** Gama ışını uygulaması yapılmış bitkilere *R. solani* inokulasyonu yapıldıktan sonra bitkilerin canlı kalma oranları

Dozlar	Canlı kalan bitkiler (%)
22 Gy	80
33 Gy	80
54 Gy	40
57 Gy	40
109 Gy	30
Kontrol	30



**Şekil 3.** Ölü kabul edilen bitkiler ve canlı olarak değerlendirilen bitkiler

Grup ortalamaları arasındaki farkların belirlenmesi için yapılan Tukey Testi ( $P < 0,05$ ) Çizelge 2’de verilmiştir. Denemede değerlendirilen özellikler bakımından boğum sayısı ortalamasının kontrol grubu ortalaması ile arasındaki farkın istatistikî olarak önemli

olmadığı belirlenmiştir. Yaprak sayısı özelliği bakımından sadece 54 Gy dozunun ortalaması (3,16) ile kontrol grubu ortalaması arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Bitki boyu özelliği bakımından incelendiğinde ise sadece 109 Gy dozunun ortalaması (17,56 cm) ile kontrol grubu ortalaması arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Gama ışını uygulanan bitkilere *R. solani* uygulamasının boğum sayısına etkisi incelendiğinde en yüksek boğum sayısı ortalaması 54 Gy dozunda, en düşük boğum sayısı ise 22 Gy dozunda belirlenmiştir. Gama ışını uygulanan bitkilere *R. solani* uygulamasının yaprak sayısına etkisi incelendiğinde en yüksek yaprak sayısı ortalaması 54 Gy dozunda, en düşük yaprak sayısı ise 33 Gy dozunda belirlenmiştir (Şekil 4).



**Şekil 4.** Gama ışını uygulanmış bitkilerin *R. solani* uygulaması sonrası kontrol grubu ile karşılaştırılması (A: 54 Gy ışın dozu, B: Kontrol Grubu, C: 109 Gy ışın dozu)

Yapılan çeşitli araştırmalarda benzer dozlarda patateste ve çeşitli bitkilerde farklı hastalıklara karşı dayanıklı bitkiler elde edilmiştir. Al-Safadi ve Arabi (2003), patateste *Phytophthora infestans*'a dayanıklılığı geliştirmek amacıyla; Draga, Diamant ve spunta çeşitlerine ait *in-vitro* bitkiciklere 25 Gy, 30 Gy ve 35 Gy dozlarında gama ışını uygulamışlardır. Çalışma sonucunda *Phytophthora infestan*'a dayanıklı Draga çeşidinden 10 adet, Diamant çeşidinden 1 adet ve Spunta çeşidinden 1 adet mutant bitki seçildiğini bildirmişlerdir. Aydın vd. (2009), AK 71114, ILC 482 ve AKÇİN 91 nohut çeşitlerine ait tohumlarına farklı dozlarda gama ışını ( 0, 50, 100, 150, 200 ve 250 G y ) uygulamışlar ve genetik varyasyon sağlanmış olan M<sub>4</sub> nohut hatlarının *Ascochyta rabiei* (Pass)'nin 1-

4 ve 6 ırklarına karşı reaksiyonlarını araştırdıkları çalışmada dayanıklı, toleranslı ve hassas hatları belirlemişlerdir.

**Çizelge 3.** Gama ışını uygulanmış bitkilerin *R. solani*'ye karşı etkinliğini belirlemek amacıyla kurulan saksı denemesi sonucunda incelenen özellikler bakımından kontrol grubu ortalamaları arasındaki farkın karşılaştırılması

Dozlar	Yaprak sayısı	Boğum sayısı	Bitki boyu
22 Gy	2,10±0,35 a	2,71±0,12 a	10,25±3,85 a
33 Gy	2,08±0,40 a	2,78±0,37 a	13,50±3,98 a
54 Gy	3,16±1,13	3,16±0,21 a	13,67±2,52 a
57 Gy	2,35±0,24 a	2,92±0,32 a	14,13±3,11 a
109 Gy	2,44±0,20 a	3,14±0,46 a	17,56±1,26
Kontrol	2,26±0,39 a	2,88±0,33 a	12,33±3,71 a
** Sütunlarda aynı harfi içeren grupların kontrol grubu ile arasında istatistikî olarak fark yoktur.			

Çalışma sonucunda ILC 482 çeşidinden 126 adet dayanıklı, 94 adet toleranslı; AKÇİN 91 çeşidinden 5 adet dayanıklı, 5 adet toleranslı ve AK 71114 çeşidinden 2 adet dayanıklı, 4 adet toleranslı hat seçildiğini belirtmişlerdir. Kantoğlu vd. (2009), farklı dozlarda (0, 10, 20, 30 Gy) gama ışını uygulanmış *in-vitro* kavun bitkilerinden elde ettikleri V1M2 aşamasındaki mutan bitkilere %7 oranında *Fusarium oxysporum f. sp. Melonis* kültür filtratı uygulamışlardır. Filtrat uygulaması sonrasında; 0 Gy ışın dozu uygulanan bitkilerden 12 bitkinin yaşadığını, 10 Gy ışın dozu uygulanan bitkilerden 30 bitkinin yaşadığını, 20 Gy ışın dozu uygulanan bitkilerden 46 bitkinin yaşadığını ve 30 Gy ışın dozu uygulanan bitkilerden 35 bitkini yaşadığını bildirmişlerdir. Dozlara bakmaksızın elde edilen tüm mutant bitki sayısını, tüm denemede kullanılan bitki sayısına oranladıklarında ise %6,73 bitkinin hastalıklı ortamlarda canlı kaldığı belirtmişlerdir.

#### **4. SONUÇLAR**

Gama ışını uygulaması yapılan bitkilere *R. solani* uygulaması sonucunda en yüksek canlı kalma oranı %80 ile 22 ve 33 Gy dozlarında, en düşük canlı kalma oranı ise %30 ile kontrol grubu ve 109 Gy dozunda belirlenmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırılmasında; yaprak sayısı parametresi bakımından sadece 54 Gy dozunun ortalaması (3,16) ile kontrol grubu ortalaması arasındaki farklılığın önemli olduğu, bitki boyu parametresi bakımından sadece 109 Gy dozunun ortalaması (17,56cm) ile kontrol grubu ortalaması arasındaki farklılığın önemli olduğu belirlenmiştir. Boğum sayısı parametresi bakımından ise tüm uygulamalar ile kontrol grubu arasındaki farklılığın önemli olmadığı belirlenmiştir.

Gama ışınları ile mutasyondan yararlanarak patatesin önemli hastalıkları içerisinde yer alan *R. solani* 'ye karşı dayanıklı hatlar elde etme amaçlanmış olup elde edilen sonuçlara göre uygulamalar arasında hastalığa karşı dayanıklı bitkiler elde edilmiştir. Tüm bu sonuçların doğrultusunda patateste mutasyon oluşturmada ve hastalıklara dayanıklı bitki geliştirmede gama ışını uygulamasının kullanılabilceği düşünülmektedir. İleri çalışmalarda varyasyonu arttırmak için farklı patates çeşitlerinde daha çok sayıda bitkiciklere farklı dozlarda gama ışını uygulanması amaca ulaşılmasında daha etkin sonuçlar verebilir.

#### **TEŞEKKÜR**

Bu çalışma; Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı tarafından **4258-YL1-15 No`lu** proje ile desteklenmiştir.

#### **KAYNAKLAR**

- Acquaah G (2007). Principles of plant genetics and breeding. *Blackwell Publishing Ltd.* 584 p. *United Kingdom.*
- Al-Safadi B & Arabi M I E (2003). *In-vitro* induction, isolation and selection of potato mutants resistant to late blight. *J. Genet. & Breed.* **57**:359-364.
- Anonim (2000). Patates entegre teknik talimatları, *Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü*, Ankara.

- Aydın G, Sağel Z & Katircioğlu Y Z (2009). Mutant nohut hatlarının ülkemizdeki mevcut nohut antraknozu [*Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr.] ırklarına karşı reaksiyonlarının belirlenmesi. X. *Ulusal Nükleer Bilimler Ve Teknolojileri Kongresi*, 6-9 Ekim 2009, Muğla, 347-354.
- Banville G J (1989). Yield losses and damage to potato plants caused by *rhizoctonia solani* Kühn. *Am Potato J* **66**:821–834.
- Banville J B, Carling E C & Otrysko B E (1996). *Rhizoctonia* diseases on potato. pp. 321-330, in *rhizoctonia* species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control, Edited by. B. Sneh., S. Jabaji-Hare., S. Neate and G. Dijst. *Kluwer Academic Publishers*, London.
- Boosalis M G & Scharen A L (1959). Methods for microscopic detection of *aphaanomyces euteiches* and *Rhizoctonia solani* and for İsolation of *Rhizoctonia Solani* Associated With Plant Debris. *Phytopathology*, **49**: 192-198.
- Demirci E & Döken M T (1993). Anastomosis group and pathogenicity of *Rhizoctonia solani* Kühn isolates from potatoes in Erzurum. *J.Turk. Phytopath.* **22**: 95-102.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2014. Erişim Tarihi: 01.11.2016. <http://faostat.fao.org/beta/en/#data/QC>
- Gosal S S, Das A, Gopal J, Minocha J L, Chopra H R & Dhaliwal H S (1998). *In vitro* induction of variability through radiation for late blight resistance and heat tolerance in potato. *Proceedings of a Final Research Co-ordination Meeting*. TECDOC-1227. IAEA, Vienna, pp. 7-13.
- Hassan I O I (2011). biotechnological studies on the irradiated potato (*Solanum tuberosum*) with gamma rays. *Master thesis*. Department of Genetics Faculty of Agriculture. Cairo University, EGYPT.
- Hide G A, Read P J, Firmager J P & Hall S M (1989). Stem canker (*Rhizoctonia solani*) on five early and seven maincrop potato cultivars. II. Effects on Growth and Yield. *Ann. App. Biol.* **114**:267-277.
- Hodgson W A, Pond D D & Munro J (1974). Diseases and Pests of Potatoes. *Department of Agriculture Publication*, Canada, p 64 .
- Kantoğlu Y, Seçer E, Erzurum K, Kunter B, Şekerci S, Kayabaşı N, Özçoban M, Tutluer İ, Peşkircioğlu H, Sağel Z, Maden S & Yanmaz R (2009). Kavun solgunluk etmeni *Fusarium oxysporum f.sp. melonis* Irk 1,2'e karşı doku kültürü ve

- mutasyon teknikleri kullanarak dayanıklı kavun tiplerinin seçilmesi üzerinde araştırmalar. X. *Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi*, 6-9 Ekim 2009, 302-31.
- Li H Z, Zhou W J, Zhang Z J, Gu H H , Takeuchi Y & Yoneyama K (2005). Effect of  $\gamma$ -radiation on development, yield and quality of microtubers *in vitro* in *Solanum tuberosum* L. *Biologia Plantarum*. **49**: 625-628.
- Lehtonen M J, Somervuo P & Valkonen J P T (2008). Infection with *Rhizoctonia solani* Induces defense genes and systemic resistance in potato sprouts grown without light. *Phytopathology*. **11**:1190-1198.
- Şehirali S & Özgen M (2007). Bitki ıslahı. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*:1553. Ders Kitabı:506. 270 s. Ankara.
- Tuncer G & Erdiler G (1990). The identification of *Rhizoctonia solani* Kuhn. anastomosis groups isolated from potato and some other crops in central anatolia. *J. Turk. Phytopathol*, **19**:89-93.
- Turkesteen L J & Eraslan F (1985). Türkiye Fungal Ve Bakteriyel Patates Hastalıkları Surveyi. Ege Bölge Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Yayını. İzmir, 20 p.
- TÜİK (2015). Türkiye İstatistik Kurumu Erişim Tarihi: 01.11 2016. <http://rapory.tuik.gov.tr/01-11-2016-13:52:38-537298833312464561954330866.html>