

ISSN 1012-2354



ERCIYES ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ

ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

*Erciyes University
Journal of
the
Institute
of
Science and Technology*

Cilt (Vol.): 34

Sayı (No): 2

Morphological and Molecular Diversity Among *Heliotropium greuteri* Samples

Tuğçe Tecirli¹, Akife Dalda-Şekerci², Ömer Faruk Coşkun³, Osman Gülşen^{*4}

^{1,2,3,*4} Erciyes University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, KAYSERİ, TURKEY

(Alınış / Received: 21.03.2018, Kabul / Accepted: 30.08.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 31.08.2018)

Keywords

Heliotropium greuteri,
Characterization,
ISSR,
Potential Ornamental Plant

Abstract: The aims of this study were to characterize *Heliotropium greuteri* H. RIEDL plants for some selected morphological characters, and to investigate their diversity and relationships by using inter-simple sequence repeat (ISSR) markers. Forty-seven *H. greuteri* and one *H. lasiocarpum* genotypes as control were used in this study. The plant materials were collected from the sites of Erciyes University and city of Develi, Kayseri, Turkey, and characterized for plant structure, flower structure, seed characteristics and molecular marker diversity. Plant heights ranged from 13 to 110 cm, averaging 28 cm. Flower diameters ranged from 1.35 to 18.5 mm, averaging 9.78 mm. All traits studied indicated variations, which were indicated potential for improvement as ornamental plant. For ISSR analysis, 13 ISSR primers selected based on initial screening with 20 primers were applied to all samples, which produced 90 polymorphic markers. Dice's genetic similarity values varied between 0.81 and 0.99, which was relatively narrow. Probably this species faced a recent bottleneck or speciation has arisen recently resulting in narrowed diversity. Overall, *H. greuteri* plants indicated potential for ornamental use due to their relatively drought tolerance, fragrance, extended flowering time and honeybee attraction.

Heliotropium greuteri Örnekleri Arasındaki Morfolojik ve Moleküler Çeşitlilik

Anahtar Kelimeler

Heliotropium greuteri,
Karakterizasyon,
ISSR,
Süs Bitkisi Potansiyeli

Öz: Bu çalışmada *Heliotropium greuteri* H. RIEDL bitkisinde seçilen bazı morfolojik karakterler bakımından karakterizasyonunu yapmak, ISSR markırları vasıtasıyla akrabalık ve çeşitliliklerini belirlemek amaçlanmıştır. Bu çalışmada kırk yedi *H. greuteri* genotipi ile kontrol olarak bir *H. lasiocarpum* genotipi kullanılmıştır. Bitki materyalleri Erciyes Üniversitesi ve Kayseri-Develi çevresinden toplanmıştır. Bitki yapısı, çiçek yapısı, tohum özellikleri ile moleküler markır çeşitlilikleri karakterize edilmiştir. Bitki yüksekliği 13-100 cm (ort:28 cm), çiçek çapı 1,35-18,5 mm (ort: 9,78 mm) olarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda; tüm özellikler bakımından varyasyon tespit edilmesi bu bitkinin süs bitkisi olarak geliştirilebilir bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. ISSR analizlerinde, seçilen 13 primer ile 90 polimorfik bant elde edilmiştir. Dice genetik benzerlik değerleri 0,81-0,99 arasında bulunmuştur. Bu bağlamda bu tür bir darlaşma ile karşı karşıya kalmıştır ya da daralan çeşitlilikle sonuçlanan bir türleşme ortaya çıkmıştır. Genel olarak *H. greuteri* bitkileri kuraklık toleranslarının yüksek olması, kokuları, çiçeklenme sürelerinin uzunluğu ve bal arılarını cezbetme gibi özellikleriyle kurakçıl peyzajda süs bitkisi olarak kullanılmalrı için önemli bir potansiyele sahiptir.

1. Introduction

More than 9000 seeded plants are naturally present in Turkey. More than 3.000 of these species are endemic to Turkey [1]. The *Boraginaceae* family is one of the most important among them. This family has 100 genera and 2.000 species in tropical, subtropical and temperate regions. They include herbs, shrubs and trees in the world. Within the *Boraginaceae* family, the *Heliotropium* genus show great differences in many of the biological features including habitat preferences, physiognomy and morphological characteristics. This genus contains almost 300

species [2]. The important diversity center of the genus is South-West and Central Asia. The plants of *Heliotropium* occur in areas with an arid and semi-arid climate, mostly on dry soils, sandy and gravelly deserts, disturbed soils as weeds in cultivated lands and wastelands along riversides [3, 4].

Among the people of Turkey, *Heliotropium greuteri* H. RIEDL is called 'yoghurt otu', bostan otu or 'paslı bambul otu'. This species occurs in few locations of Turkey including Adana, Malatya and Bursa [5]. Based on our observations in the fields of Kayseri province, they benefit from loosened cultivated soils of seed pumpkin fields very common in this region with elevation ranging from 1.000 to 2.200 meter from the sea level in the slopes of Erciyes Mountain. Their plants form very showy larger sized plants in cultivated lands compared to those in non-cultivated areas.

Ornamental, genetic and biochemical properties of the *H. greuteri* plants has not been reported yet. There are several reports of the related species [6, 7]. In example, indicated that *H. europaeum*, a close relative of *H. greuteri*, was host for an important pathogen of tomato causing tomato leaf curl disease and tomato leaf curl Palampur virus [8]. The members of *Heliotropium* L. involved both C-3 and C-4 photosynthetic mechanism, which makes the genus important to elucidate evolution of these mechanisms [9]. In addition, the identification and characterization of ornamental plants with high resistance to drought is very important due to changing climate conditions. It is very important to characterization of alternative ornamental plants that have high resistance to drought and arid conditions. The aims of this study were to characterize *Heliotropium greuteri* H. RIEDL plants for some selected morphological characters and to investigate their diversity and relationships by using ISSR markers.

2. Material and Method

2.1. Plant materials

Forty-seven *Heliotropium greuteri* H. RIEDL and one *H. lasiocarpum* samples were obtained from the two sites of Kayseri, Develi and Kayseri in 2015. These two sites are divided by Erciyes Mountains. The evaluations were performed in-site or in the laboratory of Erciyes University (Table 1).

Table 1. The plants used in this study, the latitudes, longitudes and the regions where they are collected

Plant number	Latitude	Longitude	Region
1	38'41.859	35'32.249	KAYSERİ
2	38'41.897	35'32.238	KAYSERİ
3	38'41.938	35'32.207	KAYSERİ
4	38'41.938	35'32.203	KAYSERİ
5	38'41.935	35'32.191	KAYSERİ
6	38'41.955	35'32.194	KAYSERİ
7	38'41.933	35'32.102	KAYSERİ
8	38'41.924	35'32.104	KAYSERİ
9	38'41.892	35'32.094	KAYSERİ
10	38'41.981	35'32.043	KAYSERİ
11	38'41.959	35'32.191	KAYSERİ
12	38'41.933	35'32.197	KAYSERİ
13	38'41.932	35'32.196	KAYSERİ
14	38'42.327	35'32.017	KAYSERİ
15	38'42.327	35'32.020	KAYSERİ
16	38'42.328	35'32.019	KAYSERİ
17	38'42.301	35'32.051	KAYSERİ
18	38'42.279	35'32.048	KAYSERİ
19	38'42.276	35'32.051	KAYSERİ
21	38'42.274	35'32.022	KAYSERİ
22	38'42.215	35'32.152	KAYSERİ
23	38'42.216	35'32.155	KAYSERİ
24	38'42.228	35'32.169	KAYSERİ
25	38'42.228	35'32.169	KAYSERİ
26	38'42.226	35'32.171	KAYSERİ
27	38'42.225	35'32.172	KAYSERİ
28	38'42.227	35'32.172	KAYSERİ

29	38'42.227	35'32.173	KAYSERİ
30	38'42.227	35'32.174	KAYSERİ
31	38'42.236	35'32.179	KAYSERİ
32	38'42.233	35'32.181	KAYSERİ
33	38'41.956	35'32.187	KAYSERİ
34	38'41.957	35'32.191	KAYSERİ
35	38'41.957	35'32.188	KAYSERİ
36	38'41.956	35'32.190	KAYSERİ
37	38'22.871	35'27.239	DEVELİ
38	38'22.087	35'27.024	DEVELİ
39	38'22.871	35'27.234	DEVELİ
40	38'22.886	35'27.346	DEVELİ
41	38'22.889	35'27.348	DEVELİ
42	38'22.876	35'27.315	DEVELİ
43	38'22.879	35'27.312	DEVELİ
44	38'22.880	35'27.310	DEVELİ
45	38'22.885	35'27.263	DEVELİ
46	38'22.883	35'27.258	DEVELİ
47	38'22.853	35'27.254	DEVELİ
48	38'22.873	35'27.245	DEVELİ
50	38'42.279	35'32.193	KAYSERİ

2.2. Morphological characterization

The plants were evaluated for different phenotypic characteristics such as general appearance by using a likert scale of 1 (not good) to 5 (very good), branching by using a likert scale of 1 (not good) to 5 (very good), plant height (cm) leaf width (mm), leaf length (mm), leaf color measured by using a Konica Minolta Chroma Meter CR-400, flower top diameter (mm), flower bottom diameter (mm), spike length (cm), seed width (mm), seed length (mm), 1000-seed weight (gr).

2.3. Molecular marker analysis

Genomic DNA was isolated from young leaves of field grown plants using modified CTAB method [10]. The quality and quantity of DNA isolated from these leaf samples were determined by agarose gel electrophoresis. The genomic DNAs were subjected to PCR amplification using 13 ISSR primers selected from 20 primers. PCR reaction was performed in a 15 ul volume containing 1.5 ul Taq buffer A (10 mM Tris-HCl, pH 8.3 with 15 mM MgCl₂), 1.2 ul of 2.5 mM dNTPs, 0.2 ul of 3 unit of Taq DNA polymerase, 2 ul (20 ng) of template genomic DNA and 1 ul (5 pM) each of ISSR primers. Cycling conditions used for ISSR PCR amplifications were as follows: initial denaturation at 94°C for 5 min followed by 30 cycles of 94°C for 1 min, 55°C for 1 min, 72°C for 2 min and a final extension step at 72°C for 5 min. The amplified products were resolved on 2% agarose gel at 70–80 V for 3.5–4 h, using TBE (Tris-Boric acid-EDTA) buffer, visualized under UV light after staining with ethidium bromide and photographed using gel documentation system (Kodak EL Logic 200). The size (bp) of the amplicons was determined by comparing their mobility with 100 bp DNA ladder as size standard.

2.4. Data analysis

Morphological data were created based on averages of 10 repetitions. Shapiro-Wilk test was used to test whether the samples had normal distribution, and Levene's test was used to test variance homogeneity. One-way analysis of variance was performed to compare the samples by using SPSS 15.0 package program. For molecular data, only clear and reproducible DNA fragments were scored as 1–0 binary data matrix for the presence and absence of a band, respectively. The cluster analysis among the 48 plants of *Heliotropium* species for morphological and molecular data was performed based on correlation matrix for morphological data and the Dice' similarity matrix for molecular data [11], and unweighted pair-group with arithmetic average method (UPGMA) algorithms nested in NTSYS-pc software (Numerical Taxonomy Multivariate Analysis System) version 2.1 [12].

3. Results

3.1. Morphological characterization

The 48 plant samples including 47 *H. greuteri* and one *H. lasiocarpum* were characterized for their several morphological properties described above. The germination time was between late May and early June. The time of flowering was recorded as mid-June, and lasted until the first frost, usually mid-October. This has great value because this time of year usually lacks actively growing plants in Central Anatolia due to insufficient level of precipitation. It appeared that the flowering period of *H. greuteri* was significantly long, which was important for ornamental purpose and beekeeping. The plant height was measured as 13 cm minimum in plant number 19 in Kayseri and 110 cm maximum in plant number 39 in Develi (Table 2). General plant appearance and branching were scored using a scale 1 (not good) to 5 (very good), with averages of 3.34 and 3.58, respectively. Regarding branching, the least branching value (1) was observed in 4 of the plants while the highest scale (5) was present in 15 of the samples. Branching characteristics differed probably because of plants of different ages and environmental conditions. In some areas, despite removal of upper plant parts by gardeners, the plants was able to reproduce branches. This may indicate presence of cutting tolerance in these potential ornamental plants.

For general appearance of the plants, considerable diversity was observed among the samples, which also indicated potential for selection. 4 of 48 plants had very poor appearance (1), 7 had a rate of 2, 14 of medium, 13 indicated 4, and 10 had the best appearance (5).

Data of leaf size, leaf height, leaf width were presented in Table 2. The minimum value in the measurements made from the leaf blade was measured at the number 40 (5.2 mm), while the maximum value was found at the number 9 (28.9 mm) and the average was found to be 18.6 mm (Table 2). The highest number of leaves was observed in the plant number 9, while the numbers 2, 6, 7, 9, 16, 23, 30 and 32 were not statistically different. No statistically significant difference was observed among the samples 18, 21, 22, 33, 36, 37, 42 and 44 while the lowest value belong to plant number 40.

Leaf length was found to be 8.2 mm minimum in plant number 44 sampled from Develi, maximum 65.3 mm from plant number 9 from Kayseri and the average was 27.5 mm (Table 2). Plant number 9, having the highest value for leaf length, was not statistically different from 2, 14, 15, 17 and 32.

The minimum leaf width was found to be 3.35 mm in plant number 37 from Develi, the maximum value was 27.6 mm in plant number 30 from Kayseri, averaging 12.3 mm (Table 2). Flower upper diameter, flower lower diameter, spike length measurements were also studied. However, no statistically significant differences for these traits were observed among the plants. *Heliotropium greuteri* were also evaluated for seed properties. The largest seed size (2.24 mm) recorded in plant 43, and the smallest seed (1.68 mm) were measured in plant 3.

Correlation analysis among the phenotypic characteristics indicated few meaningful results. A positive correlation was observed between leaf length and leaf blade ($r = 0.89$). Similarly, there was a moderate correlation between the flower lower diameter and the flower upper diameter ($r = 0.55$). There was a positive moderate correlation between general appearance and branching ($r = 0.65$), but no correlation was found between the other morphological characters.

Table 2. The minimum, maximum, mean and standard deviations of the population for the morphological characters studied

	Minimum	Maximum	Mean	Standard Deviation
Leaf blade (mm)	5.16	38.65	18.62	5.46
Leaf width (mm)	3.33	27.61	12.25	3.74
Leaf height (mm)	8.17	65.28	27.45	8.41
internode (cm)	0.50	9.10	2.74	1.21
Plant width (cm)	13.00	110.00	28.59	15.8
Flower upper diameter (mm)	1.35	18.54	9.78	1.73
flower lower diameter (mm)	1.73	8.98	5.14	1.00
spike length (cm)	0.80	10.60	4.39	1.74
Seed width (mm)	0.75	1.68	1.11	0.10
Seed length (mm)	0.99	2.24	1.78	0.17
L*	36.42	68.66	44.86	4.69
a*	-14.70	-2.63	-7.97	2.09
b*	-4.11	-77.5	-14.87	34.31

'L', 'a', 'b' values for leaf color were measured. 'L' has a maximum value of 100 and corresponds to the white color. In the measurements, 'L' value was found to be minimum of 36 and maximum of 69, averaging 45. We can interpret the measurements as medium brightness. Positive and negative 'a' represents red and green colors, respectively. No positive 'a' value was observed among the samples. 'a' values ranged from -14.70 to -2.63, with

the average of -7.97. 'b' values were between -4.11 and -77.5 with the average of -14.87. The negative 'a' value corresponded dark green and bluish gray color due to the negative 'b' values.

3.2. UPGMA analyses of morphological and molecular data

The UPGMA analysis was performed for estimating genetic diversity and relationships among the samples based on morphological and molecular data. Morphological characters (general appearance, branching, plant height, internode, leaf width, leaf length, leaf color, flower upper diameter, flower lower diameter, spike length, seed width, seed length, 1000 seed weight) among the 48 samples were analyzed. The UPGMA dendrogram based on the correlation matrix indicating similarity values between each pair of the samples was generated for the forty-eight samples. This yielded two large groups at the similarity value of 0.43 to 1.00 (figure not shown). There were 20 and 28 individuals in group A and B, respectively.

For molecular analyses of the samples, 13 ISSR primers out of 20 primers produced 101 scorable bands, of which 90 was polymorphic. The most productive primer was (CA)₈R yielding 13 bands while the least productive was (AG)₈YC primer with 4 bands, averaging 7.76 bands per primer. The UPGMA dendrogram based on Dice' similarity matrix resulted in two groups at the similarity level of 0.65 (Fig. 1). The most distinctive one was plant 48, *H. lasiocarpum*. The plants 40 and 48 were sampled from Develi city and very similar with the value of 0.91. Two *H. greuteri* samples, 8 and 31, were clustered separately from the rest of *H. greuteri* samples. These two samples were collected from the same area in Kayseri. The similar results were also observed between 2 and 3 and between 10 and 11, both pairs were sampled from the same location of Kayseri. The Mantel correlation coefficient (*r*) between Dice' similarity and ultrametric distance (obtained from conversion of dendrogram to distance matrix) matrices was 0.82, meaning sufficient representation of the similarity matrix. Morphological and molecular data resulted in different grouping patterns. Probably, the first are affected/ modified by environmental factors such as water availability and nutrients [13].

4. Discussion and Conclusion

In this study, ornamental plant characteristics of forty-eight samples of the *Heliotropium* genus belonging to *Boraginaceae* family, 47 *H. greuteri* and one *H. lasiocarpum* were investigated. All samples were distinguished from each other based on morphological and molecular data. Based on the observations made in this study, *H. greuteri* had good ornamental characteristics because of 1) extended flowering period up to four months, 2) showy plants harmonizing white and green plant parts, 3) fragrant flowers, and 4) considerable drought tolerance after young seedling stage (Fig. 2). They also attract honeybees, particularly during poor vegetation at the end of summer and in the first half of fall season. They can be used as cover plant. We think that it can be successfully used in open areas as well as under trees (in semi-shaded). Particularly, they can produce healthy plants in the borders where they are often exposed to drought stress. On the other hand, due to their non-hairy root structure, they may not be successful in avoiding soil erosion in sloppy areas. Enlargement of flower and leaf sizes may be potential research topics for *H. greuteri*. These characters can be improved by selecting promising genotypes among the collections or applying colchicine for polyploidization. Another research area would be improving germination time and rate, which was poor in our preliminary studies. The effects of seed treatment practices such as priming, hydration and vernalization on germination should be investigated.

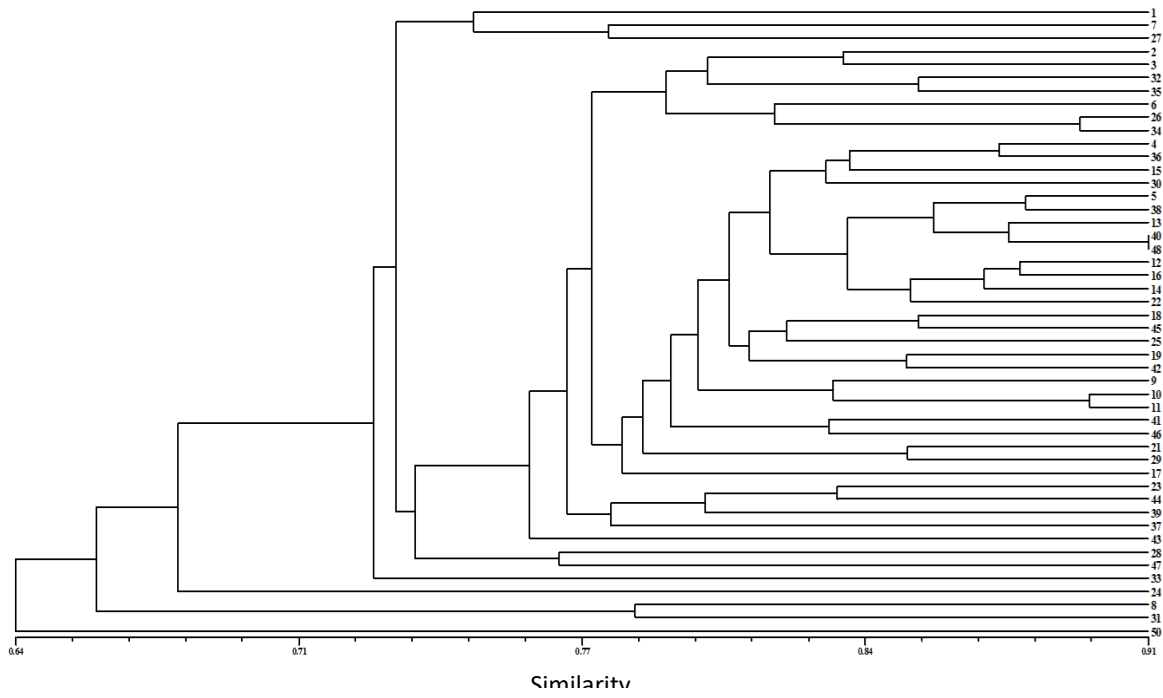


Figure 1. The UPGMA dendrogram of 47 *Heliotropium greuteri* and one *H. lasiocarpum* plants based on the similarity matrix by using 13 ISSR markers



Figure 2. Naturally growing *Heliotropium greuteri* plant in the Kayseri province of Turkey.

Acknowledgement

This study was financially supported by The Scientific Research Unit of Erciyes University under the project code FYL-2016-6432. The authors also thank Prof. Dr. Ahmet Aksoy for identification of *Heliotropium greuteri* and *H. lasiocarpum*.

References

- [1] Kence, A. 1992. Biyolojik zenginlikler, sorunlar ve öneriler (in Turkish). Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Dergisi, Sayı: 74. Ankara.
- [2] Al-Turki, T.A., Omer, S., Ghafoor, A. 2001. Two new species of *Heliotropium* L. (*Boraginaceae*) from Saudi Arabia. Botanical J. Linnean Society, 137: 215-220.
- [3] Collenette, S. 1999. Wild flowers of Saudi Arabia. Riyadh: National Commission for Wildlife Conservation and Development, p. 89-92.
- [4] Akhani, H. 2007. Diversity, biogeography, and photosynthetic pathways of *Argusia* and *Heliotropium* (*Boraginaceae*) in South-West Asia with an analysis of phytogeographical units. Botanical J. Linnean Society, 155: 401-425.
- [5] http://www.tubives.com/index.php?sayfa=1&tax_id=6420 (14.06.2016).
- [6] Reddy, J.S., Rao, P.R., Reddy, M.S. 2002. Wound healing effects of *Heliotropium indicum*, *Plumbago zeylanicum* and *Acalypha indica* in rats. J Ethnopharmacology, 79: 249-251.
- [7] Tosun, F., Tamer, U. 2004. Determination Of Pyrrolizidine Alkaloids In The Seeds Of *Heliotropium europaeum*. Bygc-MS. J. Fac. Pharm, 33: 7-9.
- [8] Heydarnejad, J., Hesari, M., Massumi, H. 2013. Incidence and natural hosts of Tomato Leaf Curl Palampur Virus in Iran. Australasian Plant Pathology, 42: 195-203.
- [9] Muhaidat, R., Sage, T., Frohlich, M. 2011. Characterization of C-3-C-4 intermediate species in the genus *Heliotropium* L. (*Boraginaceae*): anatomy. Ultrastructure and enzyme activity. Plant Cell and Environment, 34:1723-1736.
- [10] Doyle, J.J. 1990. Isolation of Plant DNA from fresh tissue. Focus, 12: 13-15.
- [11] Dice, L.R. 1945. Measures of the Amount of Ecologic Association Between Species. Ecology, 26: 297-302.
- [12] Rohlf, J.F. 2000. NTSYS-pc: numerical taxinomy and multivariate analysis system. Exeter software, Stauket, NY, USA.
- [13] Gulsen, O., Sherman, R.C., Vogel, K.P., Lee, D.J., Paenziger, P.S., Heng-Moss, T.M., Budak, H. 2009. Nuclear genome diversity and relationships among naturally occurring buffalograss genotypes determined by sequence- related amplified polymorphism. Hortscience, 40: 537-541.

The Effect of Data and Object Types on Java Virtual Machine

Abdullah Talha Kabakus

Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Duzce University, DUZCE

(Alınış / Received: 20.03.2018, Kabul / Accepted: 30.08.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 31.08.2018)

Keywords

Java,
Java virtual machine,
variable type,
data storage

Abstract: How the data is stored in the memory becomes more critical when the size of data increases. The programming languages define data and object types that can be used while programming. Most programming languages provide more than one data and object type in order to let developers use more sensitive types which address their needs. Memory management is a key concept for the data-intensive systems. Also, the NoSQL databases, which are alternatives to relational database management systems, tend to store the data in memory and serve the data from memory. In this study, the effect of data and object types on Java Virtual Machine is evaluated in order to reveal its effect in terms of consumed memory on Java programming language. Experimental results reveal some key points for developers to use memory more efficiently.

Veri ve Nesne Türlerinin Java Sanal Makinasına Olan Etkisi

Anahtar Kelimeler

Java,
Java sanal makinası,
değişken tipi,
veri depolama

Öz: Verinin nasıl depolandığı verinin boyutu arttıkça daha kritik hale gelmektedir. Programlama dilleri, program geliştirirken kullanılacak veri ve nesne tiplerinin tanımlamaktadırlar. Çoğu programlama dili birden çok veri ve nesne tipi sağlayarak geliştiricilerin ihtiyaçlarını karşılayacak daha hassas tipler sağlamaktadır. Bellek yönetimi veri-odaklı sistemler için anahtar bir kavramdır. Ayrıca ilişkisel veritabanı yönetim sistemlerine alternatif olan NoSQL veritabanları, verilerin bellekte depolanıp, bellekten servis edilmesine yönelik eğilim göstermektedirler. Bu çalışmada, veri ve nesne tiplerinin Java sanal makinasına olan etkisi değerlendirilerek Java programlama diline olan bellek tüketim etkisi ortaya çıkarılmıştır. Deneysel sonuçlar, belleğin daha efektif bir şekilde kullanılabilmesine yönelik geliştiricilere anahtar bilgiler sunmaktadır.

1. Introduction

Memory management becomes more critical with the rise of NoSQL (Not-only-SQL) databases which do not only serve the data from memory, also store the data on the memory too. Usage of too much memory may lead to poor cache utilization, and eventually, need to use of disk instead of memory which is expensive in terms of the required time to access and manipulate data [1]. Java virtual machine (JVM), which is actually a stack machine that executes the compiled Java programs (also known as bytecodes), assures the security, integrity, and portability of Java applications [2], [3]. In order to free objects which are stored in memory and are no longer referenced by the program that is executed on JVM a process named garbage collector is used by Java. This process is automatically handled by JVM in order to relieve programmers of the burden of having to keep track of when to free allocated memory by detecting objects that are no longer required [2], [3]. Java provides various primitive types and in-built reference types to enrich the way of data definition. Despite that the same data can be defined in various ways, the performance in terms of consumed memory and provided methods vary through the selection of (1) the data type of elements of array/list, and (2) the object type of list. Therefore, in this study, how the data and object types of array/lists which are provided by Java programming language affect memory consumption is experimented in order to give an idea to programmers to be away from the memory overhead which is a common issue for the garbage collector [4], [5]. The less consumption of memory means the less requirement of garbage collection which is slow and expensive [6], and even sometimes it is the performance bottleneck [7] as historical data shows that garbage collection may even occupy 20% or more of an application's

total running time [8]. This paper deals with the way of efficient memory consumption in terms of data storage to be away from this slow and expensive garbage collection. The rest of the paper is structured as follows: Section 2 describes the experiments and the method used to evaluate them. Section 3 presents the experimental result and discussion. Finally, Section 4 concludes the paper with findings.

2. Material and Method

It is possible to use various data types to define the same variable on memory as the primitive data types that Java programming language provides are listed in Table 1. Each data type has its own characteristic in terms of how much memory it consumes, what kind of data it represents. Even though the data is stored in the persistent storage as the relational database management systems do, the way it is stored is still critical since it is being served from memory. When the size of data gets bigger, it becomes more critical to consume as less memory as possible. Two experiments are evaluated to reveal the effect of data and object types on memory in terms of consumed memory: (1) The effect of data type, and (2) the effect of the object type.

Table 1. The primitive data types that are defined by Java programming language

Data Type	Size in Bytes	Value Range
int	4	[-2,147,483,648, 2,147,483, 647]
long	8	[-9,223,372,036,854,775,808, 9,223,372,036,854,775,807]
float	4	approximately $\pm 3.40282347E+38F$
boolean	Not precisely defined*	true or false
short	2	[-32,768, 32,767]
double	8	approximately $\pm 1.79769313486231570E+308$
byte	1	[-128, 127]
char	2	[0, 65,536]

Each primitive data type has an object equivalent in Java which extends the base `java.lang.Object`[†] class which is the base class of all classes in Java.

2.1. Experiment #1 – The effect of data type

500 thousand (500K), 5 million (5M), and 10 million (10M) variables are stored respectively in the arrays of primitive and reference types of each data type in order to reveal how the size and type of data affect the memory consumption. The memory consumption is calculated using the methods provided by `java.lang.Runtime`[‡] class. The consumed memory is calculated just before and after storing the data. The difference is set as the size of the consumed memory to store the data. The experimental result is listed in Table 2.

Table 2. The effect of data type on memory consumption

Data Type	Consumed Memory for 500K items (MB)	Consumed Memory for 5M items (MB)	Consumed Memory for 10M items (MB)
int[]	2	19	38
Integer[]	10	93	190
long[]	4	39	77
Long[]	13	134	265
float[]	3	19	38
Float[]	10	94	190
boolean[]	0	4	10
Boolean[]	2	23	38
short[]	1	9	19
Short[]	2	19	38
double[]	3	38	76
Double[]	12	131	266
byte[]	0	8	9
Byte[]	2	19	38
char[]	1	9	19
Character[]	2	19	41

* boolean represents a bit of information, its size is not something that is precisely defined.

[†] <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/lang/Object.html>

[‡] <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/lang/Runtime.html>

2.2. Experiment #2 – The effect of list type on memory

When the type of data is defined, then it is critical to determine which list type is used to store the data. The object type lists that are evaluated in this study are LinkedList and ArrayList. LinkedList is implemented as a doubly-linked list [9], [10]. Alongside these object type lists, the array of the object is also included in experiments in order to compare memory consumptions of different list implementations as the experimental result is listed in Table 3. The method which is used to calculate the consumed memory for the experiment #1 is also used for the experiment #2 in order to ensure consistency.

Table 3. The effect of data type on memory consumption

Data Type	List Type	Consumed Memory for 500K items (MB)	Consumed Memory for 5M items (MB)	Consumed Memory for 10M items (MB)
Integer	LinkedList	12	116	228
	ArrayList	2	19	38
	Array	10	93	190
Double	LinkedList	23	227	456
	ArrayList	2	19	38
	Array	12	131	266
Float	LinkedList	19	190	382
	ArrayList	2	19	38
	Array	10	94	190
Long	LinkedList	12	116	228
	ArrayList	2	19	38
	Array	13	134	265
Short, Character, Byte, Boolean	LinkedList	19	190	228
	ArrayList	2	19	38
	Array	2	20	38

3. Results and Discussion

As the experimental result is listed in Table 2, the reference type of arrays consumes much more than the primitive type arrays. The main reason behind this result is that reference type variables are complex in terms of memory allocation and management compared to primitive type variables since they are extended from Object and when they are stored in a variable or passed to a method, a reference is used to access them [11]. According to the result of experiment #2 which is listed in Table 3, while ArrayList consumes the least memory, LinkedList consumes the memory most. Since the LinkedList is the double-linked implementation of the list interface and provides reserve iterator, it is more complex compared to ArrayList. The advantage of LinkedList over ArrayList is that the insertion and deletion are less expensive in terms of data manipulation. In order to avoid memory overhead, the experimental results clearly indicate that programmers should prefer (1) the primitive types over the reference types, and (2) the array over the object type lists. When these are not possible due to the necessity of the reference and object type lists, the ArrayList should be preferred instead of LinkedList unless clear need for data insertion and deletion. Another finding is that the object types Short, Character, Byte, and Boolean consume the same amount of memory when they are used within arrays and lists.

4. Conclusion

The type of data and the way it is stored in memory are critical for the data-intensive systems as they determine the memory overhead and the processing load. Both various data and list types are interchangeable for the Java programming language. For this reason, the performance of both data and list types in terms of consumed memory are evaluated using two experiments. The experimental result reveals some key points for the programmers in order to avoid memory overhead and need of garbage collection which is slow and expensive. As a future work, the reasons behind these findings may be explained after examining the way Java virtual machine handles data types and reference type lists.

Declaration of Conflicting Interests

The author declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Funding

The author received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

References

- [1] Sestoft, P. 2005. Java performance Reducing time and space consumption. Royal Veterinary and Agricultural University and IT University of Copenhagen.
- [2] Cramer, T., Friedman, R., Miller, T., Seberger, D., Wilson, R., Wolczko, M. 1997. Compiling Java just in time. *IEEE Micro*, 17(3), 36-43.
- [3] Venners, B. 1996. Java's garbage-collected heap. *JavaWorld*.
- [4] Ritzau, T, Fritzon, P. 2002. Decreasing memory overhead in hard real-time garbage collection. Second International Conference (EMSOFT 2002), October 7-9, Grenoble, France, 213-226.
- [5] Prechelt, L. 2000. An empirical comparison of seven programming languages. *IEEE Computer*, 33(10), 23-29.
- [6] Appel, A. W. 1987. Garbage collection can be faster than stack allocation. *Information Processing Letters*, 25(4): 275-279.
- [7] Zhang, X., Seltzer, M. 2001. HBench: JGC-An Application-Specific Benchmark Suite for Evaluating JVM Garbage Collector Performance. 6th USENIX Conference on Object-Oriented Technologies and Systems, January 29 – February 2, San Antonio, Texas, USA.
- [8] Larose, M., Feeley, M. 1998. A Compacting Incremental Collector and its Performance in a Production Quality Compiler. 1st International Symposium on Memory Management, October 17-19, Vancouver, BC, Canada, 1-9.
- [9] González P. A. 2000. Applying knowledge modelling and case-based reasoning to software reuse. *IEE Proceedings – Software*, 147(5), 169-177.
- [10] Mittal, B. 2015. 5 Difference between ArrayList and LinkedList in Java with Example. <http://javahungry.blogspot.com/2015/04/difference-between-arraylist-and-linkedlist-in-java-example.html> (Access Date: 09.04.2018).
- [11] Flanagan, D. 2002. *Java In A Nutshell*. 2nd edition. O'Reilly Media. California, 945s.

DAYANIKLI LİNEER DİSKRİMİNANT ANALİZİ İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM

B. Barış ALKAN*¹, Cemal ATAKAN², Nesrin ALKAN¹

¹ Sinop Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, 57000, SİNOP

² Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, 06100 Tandoğan, ANKARA

(Alınış / Received: 28.07.2018, Kabul / Accepted: 30.08.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 31.08.2018)

Anahtar Kelimeler

Minimum kovaryans
determinant,
Dayanıklı lineer diskriminant
analizi,
Aykırı gözlemler

Öz: Lineer diskriminant analizi, önceden bilinen p sayıda özelliğe sahip birimleri, doğadaki gerçek sınıflarına en doğru şekilde atamayı amaçlayan çok değişkenli istatistiksel bir yöntemdir. Burada hedef, birimleri gerçek sınıfına minimum hatayla atamaktır. Lineer Diskriminant Analizi (LDA), veri kümesinde diğer gözlemlerden farklı hareket eden ve aykırı gözlem olarak adlandırılan gözlemlerin varlığında dayanıklı bir yöntem değildir ve güvenilir sonuçlar vermeyebilir. Böyle durumlarda, klasik LDA'nın dayanıklı versiyonlarının kullanımının gerekliliği üzerine literatürde birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Bu çalışmada, jackknife yeniden örnekleme yaklaşımı, minimum kovaryans determinant (MKD) ve LDA yönteminin bir kombinasyonu ile LDA'nın yeni bir dayanıklı versiyonu elde edilmiştir. Önerilen bu yeni yaklaşım ile Croux ve Dehon (2001) tarafından önerilen (Yöntem-1), Hawkins ve McLachlan (1997) tarafından önerilen (Yöntem-2) yaklaşımların aykırı gözlem oranındaki değişimlere göre nasıl etkilendiği yapay veri uygulaması ve benzetim çalışması üzerinden değerlendirilmektedir. Elde edilen bulgular ışığında, önerilen yaklaşımın diğer iki yaklaşıma göre, veri kümesinde aykırı gözlemlerin varlığında performansının bazı durumlarda daha iyi, bazı durumlarda ise en az onlar kadar iyi olduğu görülmektedir.

A NEW APPROACH FOR ROBUST LINEAR DISCRIMINANT ANALYSIS

Keywords

Minimumcovariance
determinant,
robust linear
discriminant analysis,
outliers

Abstract: Linear Discriminant Analysis is a multivariate statistical method aiming to allocate individuals with known p properties by minimizing the probability of misclassification to real groups (classes) in the natural environment. Linear Discriminant Analysis (LDA) is not a robust method against the presence of outliers in the dataset, and the consequences of using conventional LDA in the presence of outliers in the dataset are far from real. For this reason, it is appropriate to use robust versions of linear discriminant analysis in the presence of outliers. In this study, a new robust version of the LDA is obtained with a combination of the Jackknife resampling approach, minimum covariance determinant (MCD) and LDA method. Proposed new approach is compared with Method-1 proposed by Croux ve Dehon (2001) and Method-2 proposed by Hawkins and McLachlan (1997). These methods will be evaluated through artificial data application and simulation. In the light of the findings the proposed DLDA seemed to give better (or at least as good as them) results in the presence of outliers in the dataset when we compared to the other two approaches based on the classical MCD.

1. Giriş

Lineer diskriminant analizi, önceden bilinen p sayıda özelliğe sahip birimleri, doğadaki gerçek sınıflarına en doğru şekilde atamayı amaçlayan çok değişkenli istatistiksel bir yöntemdir [1]. Burada hedef, birimleri gerçek sınıfına minimum hatayla atamaktır. Sınıflar arasındaki ayrımı tanımlayan kurallar, Lineer Diskriminant Analizi (LDA) kullanılarak elde edilir. LDA'da kitlelerin eşit varyans-kovaryans matrisine sahip olma varsayımları vardır [2],[3]. Bu nedenle LDA, veri kümesinde diğer gözlemlerden farklı hareket eden ve aykırı gözlem olarak adlandırılan gözlemlerin varlığında dayanıklı bir yöntem değildir ve bu durumda klasik LDA'nın güvenilir sonuçlar vermesi beklenemez. Böyle durumlarda, klasik LDA'nın dayanıklı versiyonlarının kullanımının önemi üzerine literatürde birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Hawkins ve McLachlan (1997) çalışmalarında aykırı gözlemlerin etkisini azaltmak için yüksek bozulma kriteri geliştirmişlerdir. Croux vd. (2008) klasik LDA ile dayanıklı yaklaşımların sınıflandırma etkinliklerini araştırmışlardır. Rousseeuw (1984) Minimum kovaryans determinant (MKD) yöntemini geliştirmiştir. Rousseeuw ve Driessen (1999) tarafından aykırı gözlemlerin gözlemlenmesinde oldukça iyi ve dayanıklı özelliklere sahip hızlı minimum kovaryans determinant isminde yeni bir tahmin edici geliştirmişlerdir. Todorov (2007), aykırı gözlem problemini önlemek için kontamine olmuş verilerden etkilenmeyen minimum kovaryans determinantını temel alan dayanıklı Wilks lambda istatistiğinin kullanımını önermiştir. Zaman içerisinde farklı yöntemler ve yaklaşımların parametre tahmininin dayanıklılığını artırmak için MKD'nin özelliklerini kullanmaktadır. Bu yöntem çok değişkenli ortalama vektörü ve varyans-kovaryans matrisinin dayanıklı tahminlerini bulmak için kullanılmıştır. MKD algoritması Wiegand vd. (2009) tarafından genetik bir algoritma için kullanılmıştır. Hubert vd. (2012) çalışmalarında deterministik minimum kovaryans determinantı olarak adlandırılan dayanıklı konum ve ölçek parametreleri için yeni bir tahmin edici önermiştir ve önerdikleri bu tahmin edicinin performansını Maronna ve Zamar (2002)'in önerdiği iki tahmin edici ile karşılaştırmışlardır. Alkan (2016) çalışmasında, jackknife yeniden örnekleme yaklaşımı kullanılarak MKD yönteminin bir uyarılmasını elde etmiştir. Bu uyarlanmış MKD yöntemine dayanan temel bileşenler analizinin sonuçlarının klasik MKD'ya göre aykırı gözlemlere karşı daha dayanıklı bir performans sergilediğini göstermiştir.

Bu çalışmada, jackknife yeniden örnekleme yaklaşımı, minimum kovaryans determinant (MKD) ve LDA yönteminin bir kombinasyonu ile LDA'nın yeni bir dayanıklı versiyonu elde edilmiştir. Önerilen bu yeni yaklaşım ile Croux ve Dehon (2001) tarafından önerilen (Yöntem 1), Hawkins ve McLachlan (1997) tarafından önerilen (Yöntem-2) yaklaşımlarının aykırı gözlem oranındaki değişimlerden nasıl etkilendiği yapay veri uygulaması ve benzetim çalışması üzerinden değerlendirilmektedir. Önerilen yaklaşım ve diğer yöntemler görünüşte hata oranı (APER) tahmin edicisi ve toplam varyans açıklama oranı açısından karşılaştırılmaktadır. Ayrıca çalışmada, ortak varyans-kovaryans matrisi ve grup ortalamaları tahminlerinin diskriminant fonksiyonları ve skorlarının kalitesini etkileyeceğinden hareketle, ortak varyans-kovaryans matrisi tahmininden elde edilecek toplam varyans açıklama oranının, karşılaştırma kriteri olarak kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde lineer diskriminant analizi için temel teorik kavramlar, üçüncü bölümünde minimum kovaryans determinant yöntemi, dördüncü bölümünde dayanıklı diskriminant analizi ve beşinci bölümünde önerilen yeni yaklaşım için gerekli matematiksel teori kısaca özetlenmiştir. Altıncı bölümde, önceki bölümlerde ele alınan yöntemler gerçek ve yapay veri kümeleri üzerinden değerlendirilmektedir. Yedinci bölümde ise bulgular üzerinden genel bir değerlendirme yapılmaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Lineer diskriminant analizi

Diskriminant analizi, bir bireyin ya da bir nesnenin ölçülen özelliklerine göre sonlu miktarda bilinen farklı kitlelerden birine atanmasını sağlayan çok değişkenli istatistiksel bir yöntemdir (Atakan, 2003). Diskriminant analizinde, ayırma fonksiyonu kitleler üzerine oluşturulan birtakım varsayımlara göre elde edilir. Örneklemelerin alındığı kitlelerin, varyans-kovaryans matrislerinin eşit ya da eşit olmadığına göre farklı diskriminant fonksiyonları bulunur. Kitlelerin varyans kovaryans matrisleri eşit olduğunda lineer diskriminant fonksiyonu elde edilirken, farklı olması durumunda karesel diskriminant fonksiyonu elde edilir.

$\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_g$, g tane farklı kitle olsun. x , p -boyutlu bir gözlem vektörü f_k yoğunluğu ile π_k kitesinden gelsin. $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_g$ bireyin sırasıyla $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_g$ kitlelerine ait olması olasılıkları olsun. Burada $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_g$ lara önsel olasılıklar denmektedir ve $\sum_{k=1}^g \alpha_k = 1$ dir. Genellikle, π_k , ortalama vektörü μ_k , varyans-kovaryans matrisi Σ_k olan çok değişkenli bir kitledir. Tüm grupların varyans-kovaryans matrisleri eşit ($\Sigma_1 = \Sigma_2 = \dots = \Sigma_k = \Sigma$) olduğunda, π_k kitesine yeni bir x gözleminin atanması için $d_k(x)$ ile gösterilen

$$d_k(x) = x^T \Sigma^{-1} \mu_k - \frac{1}{2} \mu_k^T \Sigma^{-1} \mu_k + \ln(\alpha_k) \quad , \quad k = 1, \dots, g. \quad (1)$$

sınıflandırma fonksiyonunun değeri diğer kitlelere göre maksimum olması gerekir [4]. (1) eşitliği ile verilen $d_k(x)$ fonksiyonu, x' 'de doğrusal olduğu için lineer diskriminant fonksiyonu olarak ifade edilir.

2.2. Minimum kovaryans determinant (MKD) yöntemi

Hızlı bir hesaplama algoritmasına sahip olan MKD yöntemi, çok değişkenli ortalama vektörü ve varyans-kovaryans matrisinin dayanıklı bir tahmin edicisidir. Varyans-kovaryans matrisini tahmin etmek çok değişkenli istatistiksel yöntemlerin çoğunun temeli olduğundan eğer dayanıklı bir istatistiksel yöntem geliştirilecekse de MKD yönteminin kullanımı oldukça önemlidir. MKD yöntemi ayrıca veri kümesindeki aykırı gözlemlerin tespiti için de kullanılabilir. MKD, temel bileşen analizi, faktör analizi ve diskriminant analizi gibi birçok çok değişkenli istatistiksel yöntemin dayanıklı versiyonlarının geliştirilmesi için kullanılmıştır [5]. MKD yöntemi ile elde edilen tahmin ediciler, veri kümesinde yer alabilecek aykırı gözlemlerden kaynaklanan %50'ye kadar bir bozulmaya karşı dayanıklı duruş sergilemektedirler.

MKD yönteminin amacı, n tane gözlem üzerinden varyans-kovaryans matrisinin determinantı minimum olacak şekilde h tane gözlemden oluşan alt kümeyi bulmaktır. h değeri n ve $[(n + p + 1)/2]$ arasında bir değerdir. Burada p , değişken sayısıdır. $h = [(n + p + 1)/2]$ olarak alındığında, MKD mümkün olan en büyük bozulma noktasına sahip olur. Sadece $h > p$ olduğunda MKD tahmin edicisi hesaplanabilir. Bu yüzden $n > 2p$ olmalıdır [6]. MKD hesaplaması için gerekli algoritma aşağıda özet bir şekilde verilmiştir.

MKD Algoritması

Adım1. h sayısını elde edilir.

Adım2. n 'in h 'li kombinasyonunu kadar h boyutlu alt küme elde edilir.

Adım3. Bulunan tüm h boyutlu alt kümeler için ayrı ayrı Adım 3.1 uygulanır.

Adım 3.1. Her bir h boyutlu alt küme için Örneklem varyans-kovaryans matrisini ve ilgili örneklem varyans-kovaryans matrisine karşılık gelen örneklem varyans-kovaryans matrisi determinantı bulunur.

Adım 4. Adım 3.1'de hesaplanan n 'in h 'li kombinasyonunu kadar örneklem varyans-kovaryans matrisi determinantından minimum olan determinantı veren alt küme bulunur.

Adım 5. Adım 4'de elde edilen örneklem varyans-kovaryans matrisi determinantı minimum olan alt kümenin çok değişkenli ortalama vektörü ve varyans-kovaryans matrisleri örneklemin MKD dayanan dayanıklı tahminleridir.

2.3. Dayanıklı lineer diskriminant analizi

Klasik LDA, veri kümesinde aykırı gözlemlerin olması durumuna karşı dayanıklı olmadığından, bulunan sonuçlar gerçekte olması gerekenden oldukça farklı elde edilir. Bu nedenle, böyle durumlarda, lineer diskriminant analizinin dayanıklı versiyonunun kullanılması güvenilir çıktılar elde edilmesi açısından hayati önem taşımaktadır. LDA'nin dayanıklı versiyonu, kitle ortalama vektörü μ_k ve kitle varyans-kovaryans matrisi Σ_k parametrelerinin, $\hat{\mu}_k$ ve $\hat{\Sigma}_k$ dayanıklı tahmin edicileriyle yer değiştirilmesi ile bulunabilir [4]. Çok değişkenli veri kümesi için ortalama vektörü ve varyans-kovaryans matrisi parametrelerinin dayanıklı tahmini yüksek bozulma değeri sağlayan MKD yöntemi ile bulunabilir.

Ortak varyans-kovaryans matrisini tahmin etmek için ise en kolay yol, bireysel gruplardan elde edilen varyans-kovaryans matrislerinin tahmin edicilerinin birleştirilmesiyle

$$\hat{\Sigma} = \frac{\sum_{k=1}^g n_k \hat{\Sigma}_k}{\sum_{k=1}^g n_k - g} \quad (2)$$

elde edilmesidir [7],[8].

Yüksek bozulma değeri tahmin edicisine dayanan ortak varyans-kovaryans matrisini tahmin etmek için birçok yöntem vardır. Bu çalışmada yüksek bozulma nokta tahmin edicisine dayanan ortak varyans-kovaryans matrisinin tahmini için aşağıda açıklamaları verilen yöntemler ve sonraki bölümde tanıtılacak önerilen yeni bir yaklaşım kullanılmıştır.

Yöntem-1: Croux ve Dehon (2001) tarafından önerilen bu yöntem S tahminlerine dayanan lineer diskriminant analizini sağlamlaştırmak için uygulanmıştır.

Yöntem-2: Hawkins ve McLachlan (1997) tarafından önerilen bu yöntem FSA'ya (Feasible Solution Algorithm) dayanan en küçük grup içi kovaryans determinantı tahmin edicisidir.

Yukarıda verilen yöntemlerden biri ile elde edilen $\hat{\mu}_k^0$ ve $\hat{\Sigma}_0$ tahminleri kullanılarak başlangıç dayanıklı uzaklıkları,

$$RD_{ik}^0 = \sqrt{(x_{ik} - \hat{\mu}_k^0)' \hat{\Sigma}_0^{-1} (x_{ik} - \hat{\mu}_k^0)} \quad (3)$$

ile hesaplanabilir. Burada x_{ik} , k ıncı kitlenin i inci birimidir [9].

Bu başlangıç dayanıklı uzaklıklar ile, x_{ik} , $i=1,2,\dots,n_k$; $k=1,2,\dots,g$, gözlemi için bir ağırlık tanımlanabilir.

Eğer, $RD_{ik}^0 \leq \sqrt{\chi_{p,0.975}^2}$ ise $w_{ik} = 1$, aksi takdirde $w_{ik} = 0$ alınır.

Bu ağırlıklar ile dayanıklı sınıflandırma kurallarını yapılandırmak için gerekli olan en son yeniden ağırlıklandırılmış ortak varyans-kovaryans matrisi, $\hat{\Sigma}$ ve grup ortalamaları vektörü $\hat{\mu}$ nün ağırlıklandırılmış tahminleri

$$\hat{\mu}_k = \frac{\sum_{i=1}^{n_k} w_{ik} x_{ik}}{v_k}$$

$$\hat{\Sigma} = \frac{1}{v - g} \sum_{k=1}^g \sum_{i=1}^{n_k} w_{ik} (x_{ik} - m_k)(x_{ik} - m_k)^T$$

olarak hesaplanır. Burada v_k , k . grup için ağırlıkların toplamı ve v ağırlıkların genel toplamı olup,

$$v_k = \sum_{i=1}^{n_k} w_{ik} , v = \sum_{k=1}^g v_k$$

biçimindedir.

2.4. LDA'nın Yeni Bir Dayanıklı Yaklaşımı

MKD yönteminin Jackknife yeniden örnekleme yaklaşımına göre modifiye edilmiş versiyonuna dayanan önerilen dayanıklı LDA algoritması aşağıda sunulmuştur.

Önerilen yeni bir dayanıklı LDA algoritması

Adım1. Her bir sınıfta yer alan j-inci gözlem dışarda bırakılır.

Adım2. Her bir sınıfta yer alan için (n-1) gözlem için h sayıları elde edilir.

Adım3. Her bir sınıf için (n-1)'in h'lı kombinasyonu kadar h boyutlu alt küme elde edilir.

Adım3.1. Her bir sınıf için elde edilen h gözlemi bulunan alt kümeler için,

Adım 3.1.1. Her bir h boyutlu alt küme için Örneklem varyans-kovaryans matrisini ve ilgili örneklem varyans-kovaryans matrisine karşılık gelen örneklem varyans-kovaryans matrisi determinantını bulunur.

Adım 4. Her bir sınıf için minimum determinanta sahip olan alt küme seçilir. Bu alt kümelerin her sınıf için örneklem ortalama vektörü ve örneklem varyans-kovaryans matrisi bulunur.

Adım 5. Adım 1-4, $j=1,2,\dots,n$ ve $k=1,2,\dots,g$ için tekrarlanır ve buradan elde edilen her bir sınıf için örneklem ortalama vektörlerinin ortalamasından ve örneklem varyans-kovaryans matrislerinin ortalamasından sırasıyla, çok değişkenli ortama vektörü ve varyans-kovaryans matrisi tahminleri elde edilir.

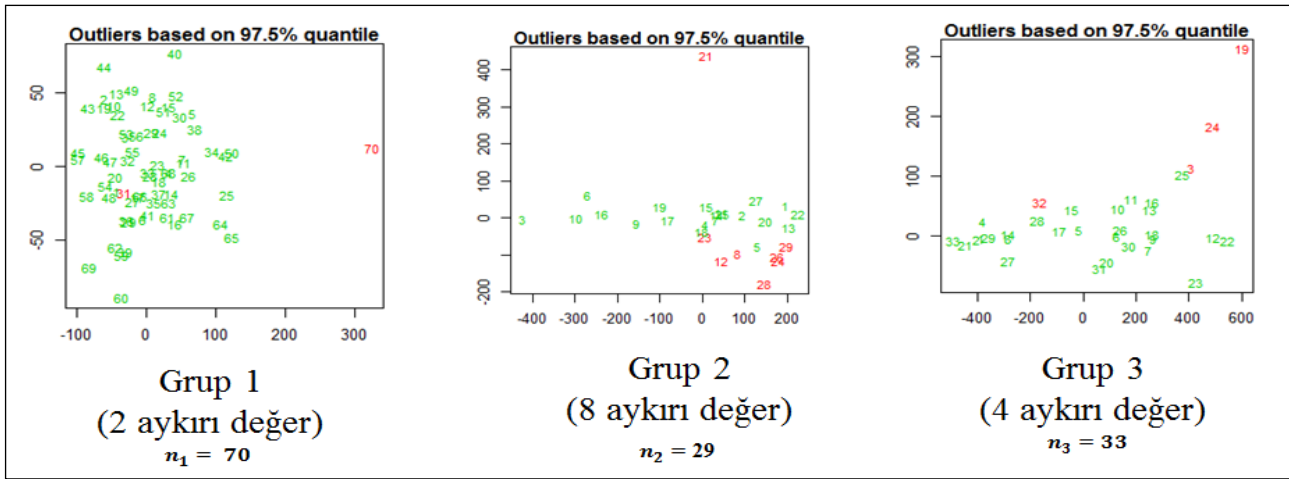
Adım 6. Adım 5'den elde edilen tahminler kullanılarak ortak varyans-kovaryans matrisi tahmini elde edilir ve sınıflandırma fonksiyonları bulunur.

Bu çalışmada, veri kümesinde aykırı gözlemlerin varlığında, önerilen dayanıklı LDA'nın kullanılmasının, klasik yöntemlere göre nasıl sonuçlar verdiği gözlenecektir. Bu çalışmada yapılan tüm hesaplamalar ve analizler için R istatistik paketi içerisinde yer alan *robustbase*, *rrcov* ve *MASS* kütüphanelerinden faydalanarak yazılan R programı kullanılmıştır

3. Bulgular

3.1. Yapay veri uygulaması için elde edilen bulgular

Yapay veri kümesi olarak üç grup ve her bir grupta beş değişkenin farklı gözlem sayılarıyla (70, 29 ve 33) yer aldığı bir veri kümesi oluşturulmuştur. Bu yapay veri kümesi her bir grup için farklı oranlarda aykırı gözlem içermektedir. Önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi veri kümesinde aykırı gözlemlerin varlığında klasik istatistik yöntemlerin yani dayanıklı olmayan yöntemlerin kullanımı oldukça sıkıntılı ve yanlış sonuçlara sebebiyet vermektedir. Veri kümesinde bulunan aykırı gözlemlerin tespit edilmesi için literatürde güvenilir sonuçlar verdiği yapılan çalışmalarla vurgulanmış uyarlanmış kuantil (adjusted quantile) metodu kullanılmıştır. Bu metod ile 14 gözlem aykırı gözlem olarak belirlenmiştir. Ayrıca Grup 1'deki gözlemlerin %2'si, Grup 2'deki gözlemlerin %27'si ve Grup 3'deki gözlemlerin %12'si aykırı gözlem olarak belirlenmiştir. Aykırı gözlemler Şekil 1'de kırmızı renkle gösterilmektedir.



Şekil 1. Uyarlanmış kuantil grafiğine göre aykırı gözlemlerin (kırmızı noktalar) dağılımları

Bu yapay veri kümesi sırasıyla önerilen yaklaşım, Yöntem-1 ve Yöntem-2 ile değerlendirilmiş ve bulgular Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde, görünüşte hata oranı tahmini açısından önerilen yaklaşım ve Yöntem-1'in aynı tahmin oranına sahip olduğu görülmüştür. En düşük görünüşte hata oranı tahmini 0.04 oranı ile Yöntem-2'ye aittir. En büyük özdeğerin toplam varyans açıklama oranına katkısı açısından Tablo 1 incelendiğinde sırasıyla, önerilen yaklaşım %73, Yöntem-1'in %72 ve Yöntem-2'ün %70 olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Önerilen ve diğer iki yöntem için görünüşte hata oranı (APER: Apparent Error Rate) tahmini

Yöntem	Görünüşte Hata Oranı (APER: Apparent Error Rate) Tahmini	En Büyük Özdeğerin Toplam Varyans Açıklama Oranı
Önerilen Yaklaşım	0.08	0.73
Yöntem-1	0.08	0.72
Yöntem-2	0.04	0.70

3.2. Benzetim çalışması için elde edilen bulgular

Benzetim çalışması için çok değişkenli normal dağılımdan sayı üretilmiştir. Çalışmanın tasarımı %10, %20, %40 aykırı gözlem oranları için Matlab program kodları kullanılarak aşağıda sunulan şekilde oluşturulmuştur.

%10 Aykırı gözlem durumu:

Grup 1: `mvnrnd (-ones(3,1),eye(3),90)`
`mvnrnd (10*ones(3,1),eye(3),10)`
Grup 2: `mvnrnd (ones(3,1),eye(3),90)`
`mvnrnd (-10*ones(3,1),eye(3),10)`

%20 Aykırı gözlem durumu:

Grup 1: `mvnrnd (-ones(3,1),eye(3),80)`
`mvnrnd (10*ones(3,1),eye(3),20)`
Grup 2: `mvnrnd (ones(3,1),eye(3),80)`
`mvnrnd (-10*ones(3,1),eye(3),20)`

%40 Aykırı gözlem durumu:

Grup 1: `mvnrnd (-ones(3,1),eye(3),60)`
`mvnrnd (10*ones(3,1),eye(3),40)`
Grup 2: `mvnrnd (ones(3,1),eye(3),60)`
`mvnrnd (-10*ones(3,1),eye(3),40)`

Bu tasarıma göre elde edilen veri kümeleri üzerinden benzetim çalışması yapılmış ve üç yöntem için elde edilen sonuçlar Tablo 2'de sunulmuştur. Tablo 2 incelendiğinde, %10 aykırı gözlem oranı durumunda, görünüşte hata oranı tahmini açısından, önerilen yaklaşım en küçük hata oranına sahip olduğu görülmüştür. Yöntem-1 ve Yöntem-2 için bu tahmin oranının aynı olduğu görülmektedir. En büyük özdeğerin toplam varyans açıklama oranına katkısı açısından Tablo 2 incelendiğinde, önerilen yaklaşımın %43.83 ile diğer iki yönteme göre daha iyi bir performansa sahip olduğu görülmektedir. %20 aykırı gözlem oranı durumunda, görünüşte hata oranı tahmini açısından, tüm yöntemlerin aynı tahmin oranına sahip olduğu görülmüştür. En büyük özdeğerin toplam varyans açıklama oranına katkısı açısından Tablo 2 incelendiğinde, önerilen yaklaşım ve Yöntem-1 sırasıyla %40.66 ve %40.11 oranlarına sahipken, Yöntem-2 ise %39.66 oranlarını aldıkları görülmektedir. %40 aykırı gözlem oranı durumunda, görünüşte hata oranı tahmini açısından, önerilen yaklaşım en küçük hata oranına sahip olduğu görülmektedir. Yöntem-1 ve Yöntem-2 için bu tahmin oranının aynı olduğu görülmektedir. En büyük özdeğerin toplam varyans açıklama oranına katkısı açısından Tablo 2 incelendiğinde, önerilen yaklaşımın %41.41 ile diğer iki yönteme göre daha iyi bir performansa sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Önerilen ve diğer iki yöntem için görünüşte hata oranı (APER: Apparent Error Rate) tahmini simülasyon denemesi sonuçları

Yöntem	Görünüşte Hata Oranı (APER: Apparent Error Rate) Tahmini			En Büyük Özdeğerin Toplam Varyans Açıklama Oranı		
	%10 Aykırı Gözlem	%20 Aykırı Gözlem	%40 Aykırı Gözlem	%10 Aykırı Gözlem	%20 Aykırı Gözlem	%40 Aykırı Gözlem
Önerilen Yaklaşım	0.1400	0.2150	0.4250	0.4383	0.4066	0.4141
Yöntem-1	0.1450	0.2150	0.4300	0.4094	0.4011	0.4112
Yöntem-2	0.1450	0.2150	0.4300	0.4382	0.3966	0.4124

4. Tartışma ve Sonuç

Diskriminant analizi gibi çoğu çok değişkenli istatistiksel yöntem, veri kümesinde aykırı gözlemlerin olması durumundan oldukça fazla etkilenir. Böyle durumlarda klasik istatistiksel yöntemler yerine onların dayanıklı versiyonları olan yöntemler bir alternatif olarak kullanılabilir. Bu yöntemlerden bazıları S tahmin edicilerini, bazıları M tahmin edicilerini ve bazıları da en küçük kovaryans determinant yöntemiyle elde edilen tahmin edicilere dayanmaktadır. Son yıllarda dayanıklı çok değişkenli istatistik yöntemlerden, minimum kovaryans determinant tahmin edicisi (MKD) oldukça yaygın kullanılmaktadır. Bu nedenle MKD'nin sonuçlarının çeşitli modifikasyonlarla iyileştirilmesi ve dolayısıyla MKD'ye dayanan yöntemlerin de sonuçlarının böyle modifikasyonlardan pozitif olarak etkilenip etkilenmediğinin araştırılması önemlidir.

Bu çalışmada, önerilen dayanıklı LDA yaklaşımı ile Croux ve Dehon (2001) tarafından önerilen (Yöntem 1), Hawkins ve McLachlan (1997) tarafından önerilen (Yöntem-2) yaklaşımların aykırı gözlem sayısındaki değişimlerden nasıl etkilendiği yapay veri uygulaması ve benzetim çalışmaları üzerinden Görünüşte Hata Oranı ve En Büyük Özdeğerin Toplam Varyans Açıklama Oranı kriterleri çerçevesinde değerlendirildiğinde önerilen yaklaşımın performansının biraz daha iyi (ya da en az onlar kadar iyi) olduğu görülmektedir.

Çalışmadan elde edilen bulgular ışığında, diğer çok değişkenli dayanıklı istatistiksel yöntemler için de önerilen yaklaşımın uygunluğunun araştırılabilecek olmasının lisansüstü tez çalışmalarına ve mühendislik gibi uygulama alanlarında yapılacak gelecekteki çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Sinop Üniversitesi tarafından FEF-1901-16-06 proje numarası ile desteklenmiştir.

Kaynakça

- [1] Fisher, R. A. 1936. The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Annals of human genetics*, 7(2), 179-188.
- [2] Johnson, R. A., & Wichern, D. 2002. *Multivariate analysis*. John Wiley & Sons, Ltd
- [3] Alrawashdeh, M. J., Radwan, T. R., & Abunawas, K. A. 2018. Performance of linear discriminant analysis using different robust methods. *European Journal of Pure and Applied Mathematics*, 11(1), 284-298.
- [4] Todorov V. and Filzmoser P. 2009. An object oriented framework for robust multivariate analysis. *Journal of Statistical Software*, Vol. 32(3), pp. 1-47.
- [5] Hubert M, Debruyne M, Rousseeuw PJ. 2017. Minimum covariance determinant and extensions. *WIREs Comput Stat*;e1421.
- [6] Rousseeuw, P. J., & Hubert, M. 2018. Anomaly detection by robust statistics. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 8:e1236.
- [7] Anderson, T.W. 1984. *An introduction to multivariate statistical analysis*. Second edition, New York, John Wiley & Sons Inc.
- [8] Todorov, V. and Pires, A.M. 2007. Comparative Performance of Several Robust Linear Discriminant Analysis Methods, *REVSTAT Statistical Journal*
- [9] Rousseeuw, P.J. and van Zomeren, B.C. 1991. Robust distances: Simulation and cutoff values. In: *Directions in Robust Statistics and Diagnostics, Part II* (W. Stahel and S. Weisberg, Eds.), Springer Verlag, New York.
- [10] Alkan, B. B. 2016. Aykırı Gözlemlerin Varlığında Uyarlanmış En Küçük Kovaryans Determinant Tahminine Dayalı Dayanıklı Temel Bileşenler Analizi. *Alphanumeric Journal*, 4(2), 85-94.
- [11] Atakan, C. 2003. Diskriminant Analizinde Gerçek Hata Oranına İlişkin Güven Aralığı için Bir Simülasyon Çalışması. *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 1(22), 89-96.
- [12] Croux, C. and Dehon, C. 2001. Robust linear discriminant analysis using s-estimators, *The Canadian Journal of Statistics*, 29, 473-492.
- [13] Croux, C., Filzmoser, P. and Joossens, K. 2008. Classification efficiencies for robust linear discriminant analysis. *Statistica Sinica*, 18(2):581-599.
- [14] Hawkins, D.M. and McLachlan, G.J. 1997. High-Breakdown Linear Discriminant Analysis, *Journal of the American Statistical Association*, 92, 136-143.

- [15] Hubert, M., Rousseeuw, P. J., & Verdonck, T. 2012. A deterministic algorithm for robust location and scatter. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 21(3), 618-637.
- [16] Maronna, R. A., & Zamar, R. H. 2002. Robust estimates of location and dispersion for high-dimensional datasets. *Technometrics*, 44(4), 307-317.
- [17] Rousseeuw, Peter J, and Driessen, KV. 1999. A fast algorithm for the minimum covariance determinant estimator. *Technometrics*, 41(3):212-223.
- [18] Rousseeuw, P. J. 1984. Least median of squares regression. *Journal of the American statistical association*, 79(388), 871-880.
- [19] Todorov, V. 2007. Robust selection of variables in linear discriminant analysis. *Statistical Methods and Applications*, 15(3), 395-407.
- [20] Wiegand, P., Pell, R., & Comas, E. 2009. Simultaneous variable selection and outlier detection using a robust genetic algorithm. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 98(2), 108-114.

Cu₃Pd Alaşımın Fonon Spektrumu ve Termoelastik Özelliklerinin Moleküler Dinamik Benzetimi

Sefa Kazanç

Fırat Üniversitesi Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, ELAZIĞ

(Alınış / Received: 22.06.2018, Kabul / Accepted: 30.08.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 31.08.2018)

Anahtar Kelimeler
Moleküler dinamik,
Fonon spektrumu,
Kuantum Sutton-Chen,
Cu₃Pd alaşımı.

Öz: Bu çalışmada, Cu₃Pd düzenli alaşım sisteminin artan sıcaklık ile akustik fonon frekansları ve doğrusal sıcaklık genişleme katsayısı, hacim modülü, ikinci derece esneklik sabitleri gibi termoelastik özelliklerinin değişimi incelendi. Atomlar arasındaki fiziksel etkileşimleri belirlemek için çok cisim etkileşimleri temeline dayanan Gömülmüş Atom Metodu'nun Sutton-Chen (SC) ve Kuantum Sutton-Chen (K-SC) potansiyel fonksiyonları kullanıldı. Hesaplamalar sonucu elde edilen değerler literatürde mevcut deneysel ve teorik sonuçlarla karşılaştırıldı. Kuantum Sutton-Chen fonksiyonunun deneysel sonuçlara daha yakın değerler ürettiği belirlendi.

Molecular Dynamics Simulation of the Phonon Spectrum and Thermoelastic Properties of Cu₃Pd Alloy

Keywords
Molecular dynamics,
Phonon spectra,
Quantum Sutton-Chen,
Cu₃Pd alloy.

Abstract: In this paper, the acoustic phonon frequencies and thermoelastic properties such as linear thermal expansion coefficient, bulk modulus, elastic constants of Cu₃Pd order alloys was calculated by using the molecular dynamics simulation. Physical interactions among atoms in the Cu₃Pd model alloy system were modelled using Sutton-Chen (SC) and Quantum Sutton-Chen (Q-SC) type of the Embedded Atom Method (EAM) based on many-body interactions. The effects of temperature on the physical properties of model alloy system was examined. The simulation results that obtained from this study was compared with the available experimental data and other theoretical calculations. The Quantum Sutton-Chen function was found to produce values closer to the experimental results.

1. Giriş

Maddelerin termodinamik ve fiziksel özellikleri sıcaklık ve basınç gibi dış şartlarla önemli ölçüde değişmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle yeni malzemelerin tasarlanması ve üretilmesi ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Düzenli alaşımlar yüksek sıcaklık uygulamalarında etkili kullanıldıklarından dolayı ilgi çeken çalışma konuları arasındadır [1]. Cu bazlı metallerin atomlararası bağları, uzun mesafe düzeni, kristal kusurları, düzenli-düzensiz geçişleri ve difüzyon gibi temel özellikleri bu alaşımlara duyulan ilgiyi arttırmıştır [2-6]. CuPd alaşımlarının hidrojen taşıma membranı [7-12] ve katalizör [13] olarak kullanılması, ayrıca iyi korezyon direncine sahip olmasından dolayı [14] ilgi çeken alaşımlar arasındadır. Yapılan çalışmalarda [15-17] Cu ve Pd alaşımlarından yapılan membranların teknolojiye kullanımları açısından önemli özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

Simülasyon teknikleri atomik boyutta sistemlerin fiziksel yapısının anlaşılmasını sağlayan etkili araçlardır. Moleküler Dinamik (MD) benzetim teknikleri intermetalik alaşımlar, yarıiletkenler, polimerler, nano yapılar gibi yüksek teknoloji malzemelerinin yapısal ve termodinamik özellikleri incelemek için yaygın olarak kullanılmaktadır [18-21]. Klasik MD benzetim tekniği N atomdan meydana gelen bir sistemin, Lagrange ve Hamiltonyen fonksiyonlarından elde edilen hareket denklemlerinin sayısal olarak çözülerek faz uzayındaki yörüngesinin belirlenmesini içerir [22, 23]. MD benzetimlerinden elde edilen sonuçların deneysel verilerle tutarlı olması, modellenecek sistem için seçilen ve atomlar arasındaki etkileşimleri ifade eden potansiyel enerji fonksiyonunun seçimine bağlıdır. Diğer taraftan alaşım sistemlerinin modellenmesinde farklı atom türleri için potansiyel parametrelerinin belirlenmesi hala bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır [18-21]. Gerek tek atomlu gerekse alaşım sistemlerinin modellenmesinde kullanılan etkili potansiyel fonksiyonlarından biri Daw ve Baskes [24] tarafından öne sürülen çok cisim etkileşmelerini içeren Gömülmüş Atom Metodudur. Bununla birlikte, bu potansiyel fonksiyonun sade bir yapıya sahip olmasından dolayı Vother-Chen [25], Finnis-Sinclair [26] and Sutton-Chen [27] tarafından farklı metalik sistemlerin modellenmesi için fonksiyonun farklı türleri geliştirilmiştir [28-29]. İlk prensip metotları incelenecek sistemleri daha gerçekçi modellemesine karşılık, düşük parçacık sayısı ve yüksek hızlı bilgisayarların kullanımını gerektirmektedir [30].

Bu çalışmada, matematiksel olarak aynı yapıya sahip fakat farklı parametreleri içeren Sutton-Chen [27] ve Kuantum Sutton-Chen (K-SC) [28] fonksiyonlarını kullanarak Cu₃Pd alaşım sisteminin fiziksel özellikleri belirlendi. Model alaşım sistemi için doğrusal termal genleşme katsayısı, hacim modülü, ikinci derece esneklik sabitleri ve Brillouin sınırının X, K ve L noktalarındaki akustik fonon frekanslarının sıcaklıkla değişimi hesaplandı. Bu çalışmanın amaçlarından biri de Cu₃Pd alaşım sistemi için, SC ve K-SC potansiyel fonksiyonları kullanılarak elde edilen termoelastik ve titreşimsel özellikler arasındaki farkı belirlemektir. Elde edilen sonuçlar literatürde mevcut olan deneysel teorik değerle karşılaştırıldı.

Bu makalenin 2. bölümü benzetimin detaylarını içeren materyal ve metodu, 3. bölümü çalışmanın bulgularını ve son bölümü sonuç ve tartışmayı içerir.

2. Materyal ve Metot

Klasik MD hesaplamaları Lagrange veya Hamiltonyen fonksiyonlarından elde edilen denklemlerin sayısal çözümünü içerir. Parrinello ve Rahman tarafından ileri sürülen ve hesaplama hücresinin şekil ve hacimce değiştiği bir sistemin Lagrange fonksiyonu aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir [32-33].

$$L_{PR}(\mathbf{r}^N, \dot{\mathbf{r}}^N, \mathbf{h}, \dot{\mathbf{h}}) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N m_i (\dot{\mathbf{s}}_i^t \mathbf{G} \dot{\mathbf{s}}_i) - \sum_{i=1}^N \sum_{j>i}^N \phi(|\mathbf{h} \mathbf{s}_{ij}|) + \frac{1}{2} M \text{Tr}(\mathbf{h}^t \dot{\mathbf{h}}) - P_{ext} V \quad (1)$$

Burada m_i , i parçacığının kütlesi, s_i , değeri 0 ve 1 arasında değişen i atomunun skalalandırılmış koordinatı, $\mathbf{h} = (\mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{c})$; \mathbf{a} , \mathbf{b} ve \mathbf{c} MD hücre eksenlerini, \mathbf{G} , $\mathbf{h}^t \mathbf{h}$ değerine sahip metrik tensörü, M , MD hücresinin kütlesini temsil eden keyfi bir sabiti, P_{ext} sisteme uygulanan dış basıncı ve V , $\det(\mathbf{h})$ dan elde edilen MD hücresinin hacmini ifade etmektedir. i ve j atomları arasındaki mesafenin karesi $r_{ij}^2 = \mathbf{s}_{ij}^t \mathbf{G} \mathbf{s}_{ij}$ ifadesiyle bulunur. Modellenecek sistemin, denklem (1) den elde edilen hareket denklemleri aşağıda verilmiştir.

$$\ddot{\mathbf{s}}_i = -\frac{1}{m_i} \mathbf{F}_i - \mathbf{G}^{-1} \dot{\mathbf{G}} \dot{\mathbf{s}}_i \quad (2)$$

$$\ddot{\mathbf{h}} = M^{-1} (\mathbf{\Pi} - \mathbf{I} P_{ext}) \sigma \quad (3)$$

burada $\sigma = (\mathbf{b} \times \mathbf{c}, \mathbf{c} \times \mathbf{a}, \mathbf{a} \times \mathbf{b}) = V (\mathbf{h}^t)^{-1}$ ve $\mathbf{\Pi}$, denklem (4) te açık bir şekilde verilen mikroskobik zor tensörünü ifade etmektedir.

$$\mathbf{\Pi} = V^{-1} \left[\sum_{i=1}^N m_i \mathbf{v}_i \cdot \mathbf{v}_i - \sum_{i=1}^N \sum_{j>i}^N \frac{F_{ij}}{r_{ij}} \mathbf{r}_i \cdot \mathbf{r}_i \right] \quad (4)$$

Bu çalışmada model Cu₃Pd alaşım sisteminin atomları, başlangıç konumları olarak fcc (yüzey merkezli kübik yapı) örgü noktalarına yerleştirildi. Sonlu hacim etkilerini en aza indirmek için MD hücresinin üç eksenli boyunca periyodik sınır şartları uygulandı. $2,2A_{CuCu}$ değerine sahip potansiyel kesilim mesafesinden (cut-off) sonra potansiyel hesaplanmadı. Model sistemin atomlarının başlangıç hızları, verilen sıcaklıkta Maxwell-Boltzman dağılımı dikkate alınarak rasgele atandı. Sistemin sıcaklığı her iki integrasyon adımda atomik hızların yeniden

hesaplanmasıyla kontrol altında tutuldu. Lagrange fonksiyonundan elde edilen sistemin hareket denklemleri Gear'ın 5. dereceden öngörücü-düzeltilici algoritması (Gears' 5th order predictor-corrector algorithm) kullanılarak çözüldü. MD hesaplama zamanı 4,85 fs olarak belirlendi. Uygulanan her bir sıcaklık değerinde sistemin fiziksel ve termodinamik özelliklerinin kararlı hale gelebilmesi için 50000 MD adımı dengeletildi. Akustik fonon frekansları, dengeleme süresinin son 5000 MD adımı üzerinden ortalama alınarak hesaplandı.

2.1. Potansiyel Enerji Fonksiyonu

Bu çalışmada ikili alaşım sisteminin atomları arasındaki fiziksel etkileşimleri belirlemek için, matematiksel formülü aynı fakat farklı parametrelere sahip SC ve K-SC potansiyel fonksiyonları kullanıldı. EAM metodunda a ve b gibi iki farklı atom türünü içeren N atomdan meydana gelmiş bir sistemin toplam enerjisi;

$$E_T^{SC} = \left\{ \frac{1}{2} \sum_{i^a, j^a}^{N^a} \varepsilon_a \left(\frac{A_a}{r_{ij}} \right)^{n_a} - \sum_{i^a}^{N^a} \varepsilon_a c_a \left[\sum_j \left(\frac{A_a}{r_{ij}} \right)^{m_a} \right]^{1/2} \right\} +$$

$$\left\{ \frac{1}{2} \sum_{i^b, j^b}^{N^b} \varepsilon_b \left(\frac{A_b}{r_{ij}} \right)^{n_b} - \sum_{i^b}^{N^b} \varepsilon_b c_b \left[\sum_j \left(\frac{A_b}{r_{ij}} \right)^{m_b} \right]^{1/2} \right\} +$$

$$\frac{1}{2} \sum_{i^a, j^b}^{N^{ab}} \varepsilon_{ab} \left(\frac{A_{ab}}{r_{ij}} \right)^{n_{ab}} + \frac{1}{2} \sum_{i^b, j^a}^{N^{ba}} \varepsilon_{ba} \left(\frac{A_{ba}}{r_{ij}} \right)^{n_{ba}}$$
(5)

ifadesi ile verilmektedir. Burada, i^a ve i^b a ve b atom türleri üzerinden toplamı göstermektedir. Farklı atom türleri için potansiyel parametreleri Lorentz-Berthelet [18] tarafından aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

$$A_{ij} = A_{ji} = \frac{A_i + A_j}{2}, \quad n_{ij} = n_{ji} = \frac{n_i + n_j}{2}, \quad m_{ij} = m_{ji} = \frac{m_i + m_j}{2}$$
(6)

$$\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ji} = \sqrt{\varepsilon_i \varepsilon_j}$$
(7)

Burada A uzunluk boyutunda bir parametre; m ve n ise pozitif değere sahip tam sayılardır.

Hesaplamalarda kullanılan Cu-Cu, Pd-Pd ve Cu-Pd atom türleri için potansiyel parametreleri Tablo 1 de verilmiştir [27, 31].

Tablo 1. Cu ve Pd elementleri için SC [27] ve K-SC [31] potansiyel parametreleri.

Element	n	m	ε (eV)	c	A (Å)
Cu (SC)	9	6	$1,2382 \times 10^{-2}$	39,432	3,61
Pd (SC)	12	7	$4,1260 \times 10^{-3}$	108,526	3,89
Cu (K-SC)	10	5	$5,7921 \times 10^{-3}$	84,843	3,6030
Pd (K-SC)	12	6	$3,2864 \times 10^{-3}$	148,205	3,8813

2.2 Esneklik Özellikleri

Modellenecek sistem için hesaplanan esneklik sabitlerinin deneysel değerlerle uyumluluğu, kullanılan benzetim metodunun ve potansiyel fonksiyonunun geçerliliğini gösteren önemli bir göstergedir.

EhN (E , toplam enerji, h , hacmi gösteren matris ve N toplam parçacık sayısı) istatistik topluluğunda esneklik sabitlerinin hesaplanması için kullanılan dalgalanma terimi aşağıdaki şekilde verilmektedir [34].

$$C_{ijkn} = -\frac{V_0}{k_B T} \left(\langle P_{ij} P_{kn} \rangle - \langle P_{ij} \rangle \langle P_{kn} \rangle \right) + \frac{2Nk_B T}{V_0} \left(\delta_{ik} \delta_{jm} + \delta_{im} \delta_{jk} \right) + \langle B1_{ijkn} \rangle + \langle B2_{ijkn} \rangle + \langle B3_{ijkn} \rangle \quad (8)$$

Burada P_{ij} , virial teoreminden belirlenen mikroskobik zor tensörünü ifade etmektedir. Denklem (8) deki ilk ifade dalgalanma terimini, ikinci ifade sıcaklık düzeltme terimini ve son ifade ise Born terimi olarak adlandırılmaktadır. $B1$ ve $B2$, EAM fonksiyonundaki ikili terimleri içerirken, çok cisim etkileşimleri $B3$ terimine katkı yapar. Hesaplamalarda kullanılan dalgalanma ve Born terimleri için detaylı formüller literatürden elde edilebilir [34, 35].

Bir sıcaklık değeri için hacim modülü ve doğrusal termal genleşme katsayısı geleneksel termodinamik denklemlerden aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$B_m = -V \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_T \quad (9)$$

$$\alpha = \frac{1}{a} \left(\frac{\partial a}{\partial T} \right)_P \quad (10)$$

2.3 Fonon Frekanslarının Hesaplanması

Modellenecek bir sistem için fonon frekansları denklem (11) de verilen seküler denklemin çözülmesiyle hesaplanır [36, 37].

$$|\mathbf{D} - MW^2 \mathbf{I}| = 0 \quad (11)$$

Burada \mathbf{D} ($3n \times 3n$) boyutunda dinamik matris ve \mathbf{I} ise birim matristir. n , ilkel birim hücredeki atomların sayısıdır. Daw ve Hatcher tarafından [24] EAM metodu için belirlenen dinamik matris aşağıdaki şekilde yazılır.

$$\mathbf{D}(\mathbf{k}) = \sum_j \chi_{0j} (1 - \mathbf{e}^{i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}_{0j}}) + F(\rho) \mathbf{f}^*(\mathbf{k}) \mathbf{f}(\mathbf{k}) \quad (12)$$

burada;

$$\chi_{0j} = \left(\Phi(r_{0j}) + F(\rho) \rho^a(r_{0j}) \right) \mathbf{r}_{0j} \mathbf{r}_{0j} / (r_{0j})^2 + \left(\Phi(r_{0j}) + F(\rho) \rho^a(r_{0j}) \right) (\mathbf{I} - \mathbf{r}_{0j} \mathbf{r}_{0j} / (r_{0j})^2) / r_{0j} \quad (13)$$

$$\mathbf{f}(\mathbf{k}) = \sum_{j \neq 0} \rho^a(r_{0j}) (\mathbf{e}^{i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}_{0j}}) \mathbf{r}_{0j} / r_{0j} \quad (14)$$

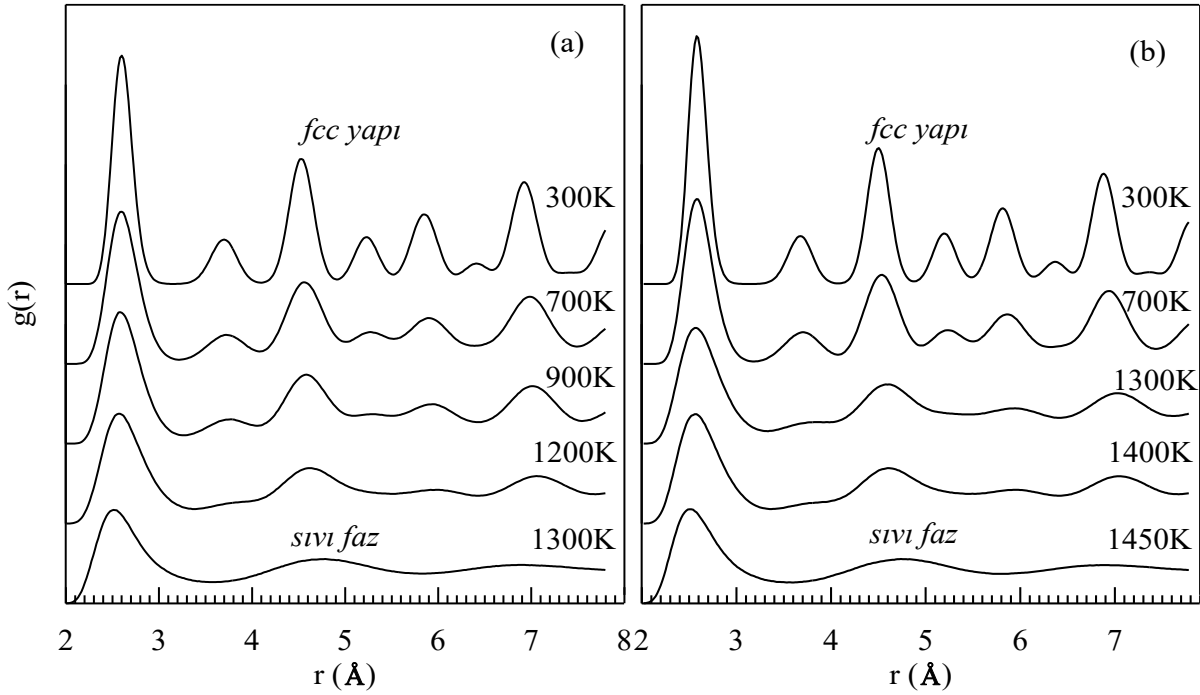
\mathbf{f}^* ifadesi \mathbf{f} in kompleks eşleniğidir. Denklemdeki sıfır alt indisi seçilen referans atomunu göstermektedir [24]. Dinamik matrisin hesaplanması sınırlı hacim etkilerini içerir ve fiziksel olarak anlamlı etkileşim sadece MD hücresinin hacmine bağlı olarak sonlu atomik mesafeler içindir [36]. Fonon frekansları dinamik matrisin özdeğerlerine karşılık gelmektedir. Bu hesaplamalar genellikle Brillouin sınırının [100], [110] ve [111] gibi yüksek simetri doğrultuları boyunca yapılmaktadır. Dinamik matris Hermityendir ve özdeğerleri gerçektir. Negatif özdeğerler genellikle çalışılan sistemin mekanik olarak kararsızlığının bir göstergesidir [38]. Özdeğer hesaplamaları Jakobi metodu kullanılarak sayısal olarak yapılır.

3. Bulgular

MD benzetim çalışmasının başlangıcında alaşım sistemindeki Cu ve Pd atomları fcc birim hücre temeline dayalı L1₂ türü süperörgü noktalarına dağıtıldı. Çalışmada MD hesaplama hücresi 3000 Cu atomu ve 1000 Pd atomu olmak

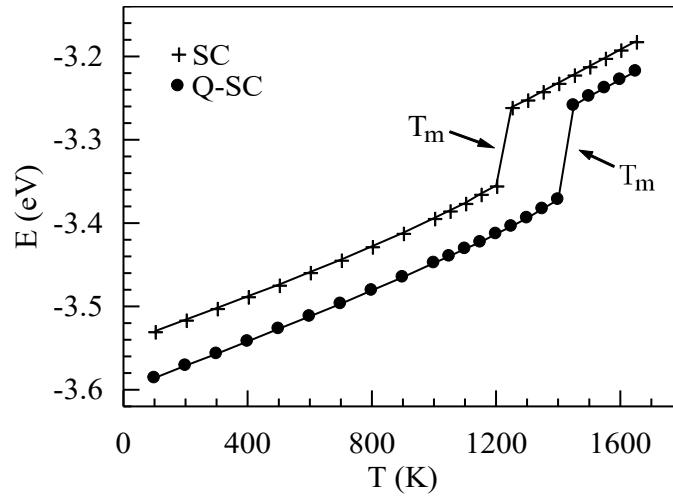
üzere toplam 4000 atomdan meydana gelmektedir. Kübik yapıdaki fcc hücrenin köşe noktalarına Pd atomları, yüzey merkezine Cu atomları yerleştirildi. Sistemin sıcaklığı 100K den başlayarak 1200K değerine 100K aralıklarla arttırıldı. Uygulanan her bir sıcaklık değerinde sistem 50000 MD adımı dengeye getirildi. Alaşıma uygulanan ısıtma hızı $4,53 \times 10^{12}$ K/s değerindedir.

Şekil 1 de alaşım sistemi için farklı sıcaklık değerlerindeki radyal dağılım fonksiyonu (RDF) çizilmiştir. Elde edilen bu piklerden alaşımın 300K sıcaklık değerinde fcc yapıya sahip olduğu görülmektedir. RDF eğrilerindeki ilk pik konumu en yakın atomlararası mesafeyi vermektedir. İkinci pik konumu ise sistemin örgü parametresine karşılık gelir. Şekil 1 de SC fonksiyonu kullanılarak elde edilen RDF eğrilerinden ikinci pik konumu 3,697 Å ve K-SC fonksiyonu için ise 3,712 Å olarak belirlenmiştir. Literatürde Cu₃Pd alaşımını için örgü sabiti değeri 3,694 Å ve 3,705 Å olarak verilmektedir [39]. Benzetim sonuçlarından elde edilen değerlerin deneysel değerlerle uyumlu olduğu görülmüştür. Sıcaklık artışı ile pik şiddetleri azalmaktadır. Sıcaklık artışı atomik hareketliliğin artmasına neden olmakta ve bunun sonucunda referans atomdan r kadar uzaklıktaki Δr kalınlığındaki hesaplama küre kabuğu içerisine giren atom sayısının azalması sonucu pik şiddetleri düşmektedir. Ayrıca RDF eğrilerinden SC için 1250 K ve K-SC için 1450 K sıcaklık değerinde model alaşımın sıvı faza geçiş yaptığı görülmektedir.



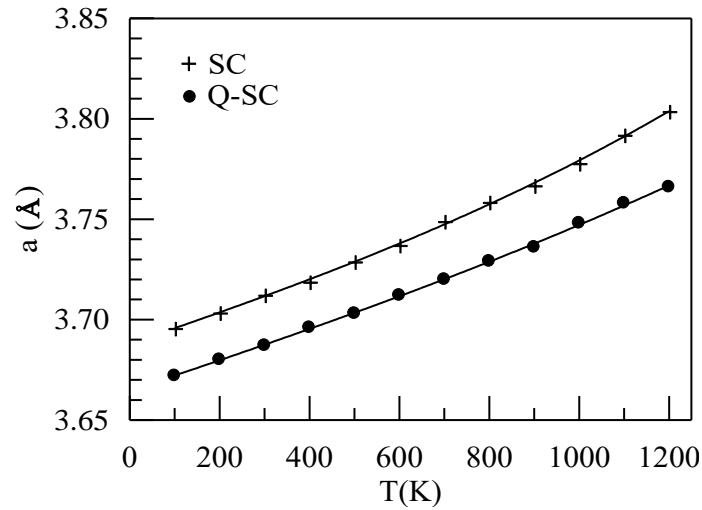
Şekil 1. Cu₃Pd alaşım sisteminin (a) SC ve (b) K-SC potansiyel parametreleri için radyal dağılım fonksiyonu.

Cu₃Pd alaşımının sıcaklık ile birim atom başına bağlanma enerjisinin (kohesif) değişimi Şekil 2 de verilmiştir. Sıcaklık ile birim atom başına bağlanma enerji değişiminde görülen süreksizlik sıvı faza geçiş noktasına karşılık gelmektedir. Bu göre sıfır basınç değerinde erime sıcaklığı SC için $T_m=1250 \pm 25$ K ve K-SC için ise $T_m=1450 \pm 25$ K olarak belirlenmiştir. Deneysel olarak belirlenen 1405K [39] değerindeki erime sıcaklığı ile karşılaştırıldığında bu değerden SC için %11,03 ve K-SC için %3,2 oranında bir sapma görülmektedir. Bunun sonucu olarak model alaşım sistemi için K-SC potansiyel fonksiyonunun deneysel değerlerle daha uyumlu bir erime sıcaklığı ürettiği söylenebilir. Ayrıca erime sıcaklığının deneysel değerlerden sapma göstermesine, MD hücresinin başlangıç şartlarında herhangi bir yapı kusuru içermemesi, çalışmada kullanılan parçacık sayısının yetersiz olması gibi nedenler gösterilebilir.



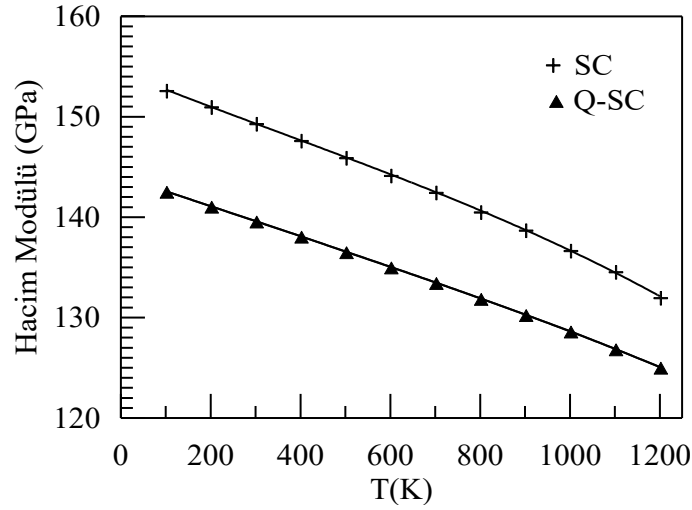
Şekil 2. Sıcaklığın bir fonksiyonu olarak birim atom başına bağlanma enerji değişimi.

Örgü parametresinin sıcaklığa bağlılığı Şekil 3 te çizilmiştir. Denklem (10) kullanılarak 100 K-500 K sıcaklık aralığında hesaplanan doğrusal termal genişleme katsayısı SC fonksiyonu için $2,62 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ve K-SC fonksiyonu için ise $2,35 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Cu₃Pd alaşımı için literatürde herhangi bir deneysel değere rastlanmadığından bir karşılaştırma yapılamamıştır.



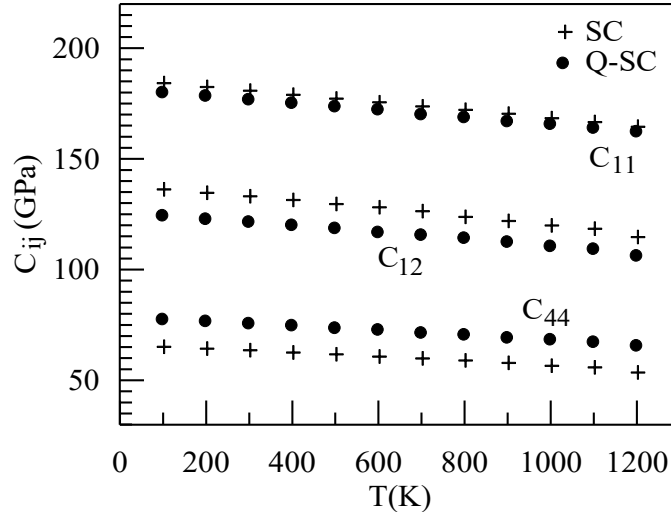
Şekil 3. Cu₃Pd alaşım sisteminin sıcaklıkla örgü parametresinin değişimi.

300 K sıcaklık değerinde model alaşım sisteminin hacim modülü SC için 149,3 GPa ve K-SC için 139,6 GPa olarak belirlenmiştir. Kart ve arkadaşları [39], K-SC potansiyel parametrelerini kullanarak bu alaşım sistemi için hacim modülünü 134,2 GPa olarak bulmuşlardır. Hesaplamalardan elde edilen değerler arasındaki bu farklılığın sebebi olarak kullanılan parçacık sayısı, hareket denklemlerinin sayısal çözümü için seçilen algoritmalar, sıcaklık kontrolü için yapılan termostat işlemi gibi nedenler sayılabilir. Ayrıca hacim modülünün 100-1200K aralığındaki sıcaklıkla değişimi Şekil 4 te verilmiştir. Hacim modülünün artan sıcaklık değerleriyle hemen hemen doğrusal olarak azaldığı görülmektedir.



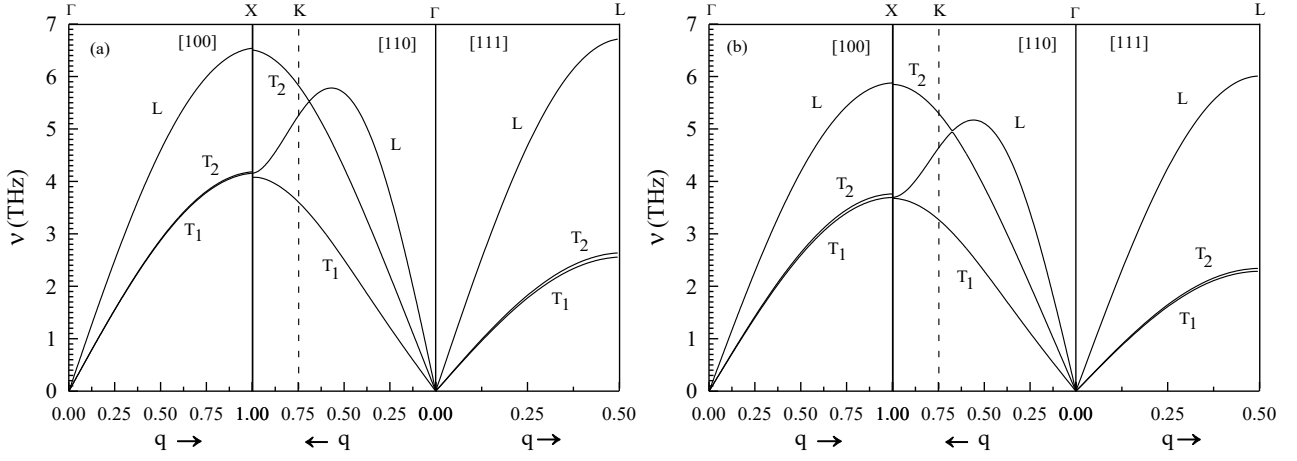
Şekil 4. Model alaşım sistemi için sıcaklıkla hacim modülünün değişimi.

Şekil 5 te model alaşım sisteminin ikinci derece esneklik sabitlerinin sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Sıcaklık 100 K ile 1200 K arasında 100 K lık değerlerle arttırılmış ve her bir sıcaklık değerinde sistem 50000 MD adımı bekletilerek dengeye getirilmiştir. Esneklik sabitleri özellikle malzemelerin kararlılığı ve sertliği hakkında önemli bilgi vermektedir. Model alaşım sistemi için 300 K de C_{11} , C_{12} ve C_{44} esneklik sabitleri belirlendi. C_{11} , C_{12} ve C_{44} değerleri sırasıyla SC için 181,3 GPa, 133,6 GPa, 64,1 GPa ve K-SC için 176,5 GPa, 121,2 GPa, 75,4 GPa olarak bulundu. Kart ve arkadaşları yaptıkları çalışmada [39] K-SC parametrelerini kullanarak $C_{11}=166,7$ GPa, $C_{12}=117,9$ GPa ve $C_{44}=67,8$ GPa olarak hesaplamışlardır. Ayrıca esneklik sabitlerinin sıcaklıkla değişimi Şekil 5 te verilmiştir. Sıcaklık artışıyla hem SC hem de K-SC parametreleriyle hesaplanan esneklik sabitlerinin hemen hemen doğrusal olarak azaldığı görülmektedir. Deneysel olarak esnek sabitleri literatürde bulunamadığından herhangi nicel bir karşılaştırma yapılamamıştır.

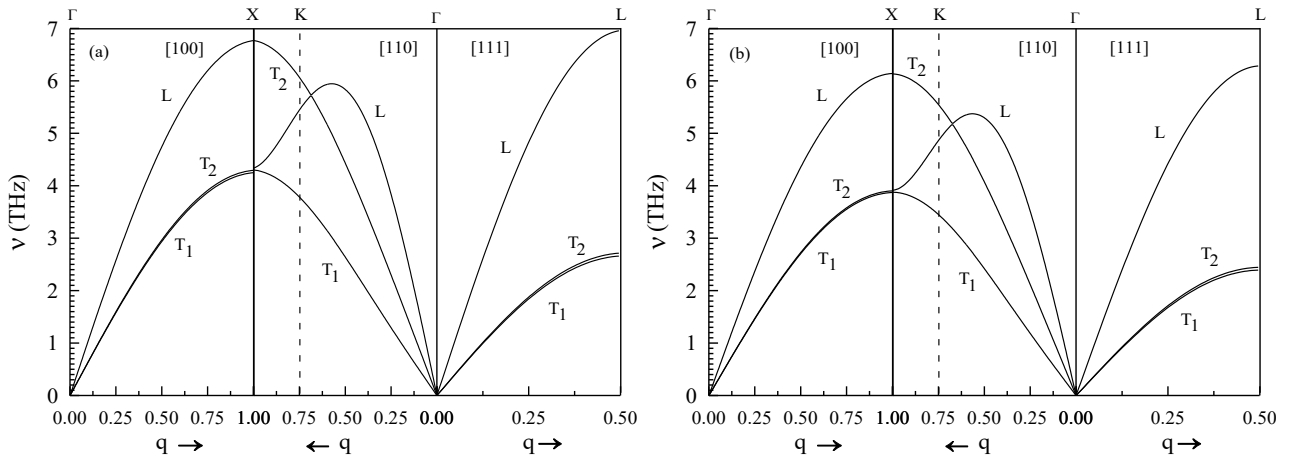


Şekil 5. Sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ikinci derece esneklik sabitleri.

Model alaşım sistemi için 12 farklı sıcaklık değerine karşı akustik fonon frekanslarının değişimi belirlendi. SC ve K-SC parametreleri kullanılarak [100], [110], ve [111] yüksek simetri doğrultuları boyunca 300 K ve 1000 K sıcaklık değerleri için hesaplanan fonon frekansları Şekil 6 (a ve b) ve Şekil 7 (a ve b) de verilmiştir. Diğer sıcaklık değerleri için belirlenen fonon spektrumları benzer değişim göstermektedir. q dalga vektörünün aynı değerine karşılık biri boyuna (L) ve ikisi enine (T_1 ve T_2) olmak üzere üç farklı akustik fonon frekansı mevcuttur.

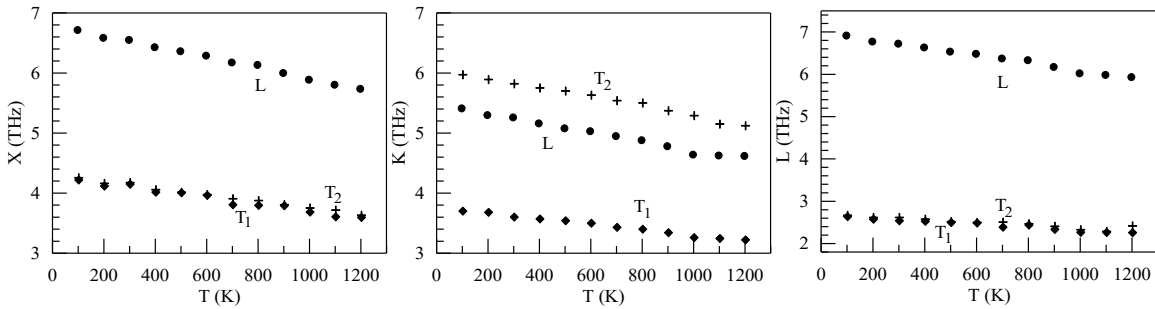


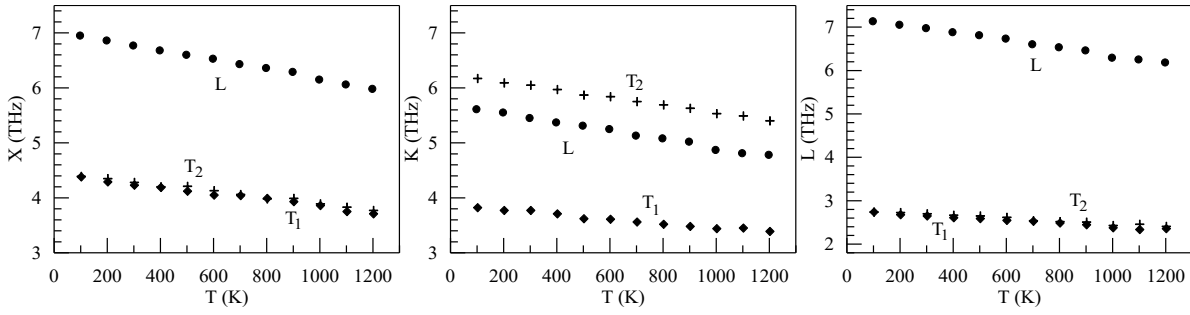
Şekil 6. SC potansiyel parametreleri için (a) 300 K ve (b) 1000 K sıcaklık değerinde akustik fonon dispersiyon eğrileri.



Şekil 7. K-SC potansiyel parametreleri için (a) 300 K ve (b) 1000 K sıcaklık değerinde akustik fonon dispersiyon eğrileri.

Şekil 8 ve 9 da Brillouin sınırın X, K ve L noktalarında akustik fonon frekanslarının sıcaklıkla değişimi verildi. Elde edilen sonuçlardan akustik fonon frekanslarının yüksek simetri doğrultuları boyunca sıcaklık artışıyla azaldığı görülmektedir. Martensitik faz dönüşümleri ve erime gibi malzemelerin yapılarını etkileyen faz dönüşümleri esnasında fonon spektrumlarında anormallikler görülmektedir [40]. Bu durum fonon yumuşaması olarak bilinmekte ve malzemelerin ısıtılması esnasında fonon frekanslarında bir azalma şeklinde görülmektedir. Fonon frekanslarının sıcaklık değişiminden etkilenmesi, sıcaklık değişimine karşı hassas olan kuvvet sabitlerinden kaynaklanan termal genişlemedir. Yani sıcaklığın artmasıyla fonon-fonon etkileşmesinin artması yeni fonon modlarının ortaya çıkmasına neden olur. Bu anharmonik doğa genellikle fononların oluşturulduğu veya yok edildiği üç fonon veya dört fonon süreçleri kullanılarak araştırılır [36, 37]. Ayrıca Katsnelson ve arkadaşlarının [41] anharmonik etkilerin fcc metallerin karakteristik özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, anharmonik etkilerin Γ -X, X-W ve Γ -L yönlerindeki dalga vektörlerine keskin bir şekilde bağlı olduğunu bulmuşlardır. Bu nedenle düşük sıcaklık değerlerinde Γ -X ve Γ -L yönlerindeki T_1 ve T_2 akustik kolları hemen hemen aynı değere sahipken, yüksek sıcaklıklarda farklı değerlere sahip olmaktadır.



Şekil 8. SC potansiyel parametreleri için Brillouin sınırının X, K ve L noktalarında sıcaklıkla fonon akustik frekanslarının değişimi.**Şekil 9.** K-SC potansiyel parametreleri için Brillouin sınırının X, K ve L noktalarında sıcaklıkla fonon akustik frekanslarının değişimi.

4. Tartışma ve Sonuç

Parrinello ve Rahman tarafından önerilen MD benzetim metodu kullanılarak farklı sıcaklık değerleri için Cu₃Pd alaşım sisteminin doğrusal termal genleşme katsayısı, ikinci derece esneklik sabitleri, hacim modülü ve akustik fonon frekansları hesaplandı. Atomlar arasındaki kuvvetlerin belirlenmesi amacıyla çok cisim etkileşimleri temeline dayalı EAM metodunu SC ve K-SC potansiyel fonksiyonları kullanıldı. Sıcaklık değerinin 100K dan 1200K ya yükseltilmesi esnasında esneklik sabiti ve hacim modülünün dikkat çekici bir şekilde bu değişimden etkilendiği görüldü. Sıcaklık artışı ile Brillouin sınırının [100], [110] ve [111] yüksek simetri doğrultuları boyunca akustik fonon frekanslarının azaldığı belirlendi. Model alaşım sistemi için erime bölgesi yakınlarında akustik fonon frekanslarında bir anomali gözlenmedi.

SC ve K-SC fonksiyonlarının Cu₃Pd alaşım sistemi için farklı termoelastik ve örgü titreşim değerleri ürettiği belirlendi. Erime sıcaklığı ve örgü sabiti dışında benzetim çalışmalarından elde edilen sonuçların karşılaştırılması için literatürden deneysel sonuçlar bulunamadı. K-SC potansiyel parametreleri kullanılarak elde edilen erime sıcaklığı ve örgü sabiti değerlerinin deneysel değerlerle daha uyumlu sonuç verdiği belirlendi. Bununla birlikte tek atomlu sistemlerin termodinamik ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalara göre K-SC potansiyel parametreleri SC parametrelerine göre deneysel değerlerle daha uyumlu sonuçlar üretmektedir.

Kaynakça

- [1] Mogck, S., Kooi, B.J., De Hosson, J.Th.M. 2004. Influence of metal-oxide interfaces on L1₂ ordering in Cu₃Pd. *Acta Materialia*, 52 (2004), 4651-4658.
- [2] Shah, V., Yang, L. 1999. Nanometre fcc clusters versus bulk bcc alloy: the structure of Cu-Pd catalysts. *Philosophical Magazine A*, 79 (1999), 2025-2049.
- [3] Wang, X., Ludwig, K.F., Malis, O., Mainville, J. 2001. Temperature dependence of the diffuse-scattering fine structure in Cu-Pd alloys. *Physical Review B*, 63 (2001), 1-4.
- [4] Kamakoti, P., Sholl, D.S. 2003. A comparison of hydrogen diffusivities in Pd and CuPd alloys using density functional theory. *Journal of Membrane Science*, 225 (2003), 145-154.
- [5] Kamakoti, P., Sholl, D.S. 2005. Ab initio lattice-gas modeling of interstitial hydrogen diffusion in CuPd alloys. *Physical Review B*, 71 (2005), 1-9.
- [6] Wu, E.J., Ceder, G. Using bond-length-dependent transferable force constants to predict vibrational entropies in Au-Cu, Au-Pd, and Cu-Pd alloys. *Physical Review B*, 67 (2003), 1-7.
- [7] Rao, F., Way, J.D., McCormick, R.L., Paglieri, S.N. Preparation and characterization of Pd-Cu composite membranes for hydrogen separation. *Chem. Eng. J.* 93 (2003), 11-22.
- [8] Pan, X.L., Kilgus, M., Goldbach, A. 2005. Low-Temperature H₂ and N₂ Transport Through Thin Pd₆₆Cu₃₄H_x Layers. *Catal. Today*, 104 (2005), 225-230.
- [9] Morreale, B.D., Howard, B.H., Iyoha, O., Enick, R.M., Ling, C., Sholl, D.S. 2007. Experimental and computational prediction of the hydrogen transport properties of Pd₄S. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 46 (19) (2007), 6313-6319.

- [10] O' Brien, C.P., Howard, B.H., Miller, J.B., Morreale, B.D., Gellman, A.J. 2010. Inhibition of hydrogen transport through Pd and Pd₄₇Cu₅₃ membranes by H₂S at 350 C. *J. Membr. Sci.*, 349 (1–2) (2010), 380-384.
- [11] Peters, T., Kaleta, T., Stange, M., Bredesen, R. 2011. Development of thin binary and ternary Pd-based alloy membranes for use in hydrogen production. *J. Membr. Sci.*, 383 (1–2) (2011), 124-134.
- [12] Sharma, R., Sharma, Y. 2015. Hydrogen permeance studies in ordered ternary Cu-Pd alloys, *International Journal of Hydrogen Energy*. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40 (2015), 14885-14899.
- [13] Pintar, A. 2003. Catalytic processes for the purification of drinking water and industrial effluents. *Catal. Today*, 77 (2003), 451-465.
- [14] Yu Volkov, A. 2004. Improvements to the Microstructure and Physical Properties of Pd-Cu-Ag Alloys. *Platinum Met. Rev.*, 48 (2004), 3-12.
- [15] Dahal, S., Kafle, G., Kaphle, G. C., and Adhikari, N.P. 2014. Study of Electronic and Magnetic Properties of CuPd, CuPt, Cu₃Pd and Cu₃Pt: Tight Binding Linear Muffin-Tin Orbitals Approach. *Journal of Institute of Science and Technology*, 19(1) (2014), 137-144.
- [16] Li, M., Du, Z., Guo, C., Li, C. 2008. A thermodynamic modeling of the Cu–Pd system, *Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry*. *Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry*, 32 (2008), 439–446.
- [17] Geng, F., Boes, J.R., Kitchin, J.R. 2017. First-principles study of the Cu-Pd phase diagram. *CALPHAD: Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry*, 56 (2017), 224–229.
- [18] Cagin, T., Dereli, G., Uludogan, M., and Tomak, M. 1999. Thermal and mechanical properties of some fcc transition metals. *Phys. Rev. B*, 59(4) (1999), 3468-3472.
- [19] Zhang, X.J., and Chen, C.L. 2012. Phonon dispersion in the Fcc metals Ca, Sr and Yb. *J. Low Temp. Phys.*, 169 (2012), 40-50.
- [20] Tolpin, K.A., Bachurin, V.I., and Yurasova, V.E. 2012. Features of energy dependence of NiPd sputtering for various ion irradiation angles. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B*, 273 (2012), 76-79.
- [21] Louail, L., Maouche, D., Roumili, A., and Hachemi, A. 2005. Pressure effect on elastic constants of some transition metals. *Mat. Chem. Phys.*, 91 (2005), 17-20.
- [22] Marque's, L.A., Pelaz, L., Aboy, M., Lopez, P., Barbolla, J. 2005. Atomistic modelling of dopant implantation and annealing in Si: damage evolution, dopant diffusion and activation. *Comput. Mat. Sci.*, 33 (2005), 92-105.
- [23] Shao, Y., Clapp, P.C., Rifkin, J.A. 1996. Molecular dynamics simulation of martensitic transformations in NiAl. *Metall. Mater. Trans. A*, 27A (1996), 1477-1489.
- [24] Daw, M.S., Hatcher, R.D. 1985. Application of the embedded atom method to phonons in transition metals. *Solid State Comm.*, 56 (1985), 697-699.
- [25] Voter, A.F., Chen, S.P. 1987. Accurate Interatomic Potentials for Ni, Al, and Ni₃Al. *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, 82 (1987), 175.
- [26] Finnis M.W., and Sinclair, J.E. 1984. A simple empirical N-body potential for transition metals. *Philosophical Magazine*, 50 (1984), 45-55.
- [27] Sutton, A.P., Chen, J. 1990. Long-range Finnis-Sinclair potentials. *J. Philosophical Magazine Letter*, 61 (1990), 139-146.
- [28] Grujicic, M. Dang, P. 1995. Computer simulation of martensitic transformation in Fe-Ni face-centered cubic alloys. *Materials Science and Engineering A*, 201 (1995), 194-204.
- [29] Gui, J., Cui, Y., Xu, S., Wang, Q., Ye, Y., Xiang, M., Wang, R. 1994. Embedded-atom method study of the effect of order degree on the lattice parameters of Cu based shape-memory alloys. *J. Phys.: Condens. Matter*, 6 (1994), 4601-4614.
- [30] Caprion, D., Schober, H.R. 2003. Computer Simulation of Liquid and Amorphous Selenium. *J. of Non-Crys. Solids*, 326 (2003), 369-373.
- [31] Çagin, T., Qi, Y., Li, H., Kimura, Y., Ikeda, H., Johnson, W.L., Goddard III, W.A. 1999. The quantum Sutton-Chen many-body potential for properties of fcc metals. *MRS Symposium Ser.*, 554 (1999), 43.
- [32] Parrinello, M., and Rahman, A. 1980. Crystal Structure and Pair Potentials: A Molecular-Dynamics Study. *Phys. Rev. Lett.*, 45 (1980), 1196-1201.

- [33] Parrinello M., and Rahman, A. 1981. Polymorphic transitions in single crystals: A new molecular dynamics method. *J. Appl. Phys.*, 52 (1981), 7182-7190.
- [34] Wolf, R.J., Mansour, K.A., Lee M.W., and Ray, J.R. 1992. Temperature dependence of elastic constants of embedded-atom models of palladium. *Phys. Rev. B*, 46 (1992), 8027-8035.
- [35] Karimi, M., Stapay, G., Kaplan T., and Mostoller, M. 1997. Temperature dependence of the elastic constants of Ni: reliability of EAM in predicting thermal properties. *Modelling Simul. Mater. Sci. Eng.*, 5 (1997), 337-346.
- [36] Haas, H., Wang, C.Z., Ho, K.M., Fahnle M., and Elsasser, C. 1999. Temperature dependence of the phonon frequencies of molybdenum: a tight-binding molecular dynamics study. *J. Phys., Condens. Matter*, 11 (1999), 5455-5462.
- [37] Brüesch, P. 1982. *Phonons: Theory and Experiments I*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg Germany 19s.
- [38] Kong, L.T. 2011. Phonon dispersion measured directly from molecular dynamics simulations. *Computer Physics Communications*, 182 (2011), 2201-2207.
- [39] Kart, S.Ö., Erbay, A., Kılıç, H., Cagin, T., Tomak, M. 2008. Molecular dynamics study of Cu-Pd ordered alloys. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 31(1) (2008), 41-46.
- [40] Prem, M., Krexner, G., Blaschko, O. 1999. Investigation of the two. martensitic phase transitions hcp-dhcp and dhcp-fcc in Co-0.85 at. %Fe by neutron scattering. *Mater. Sci. Eng. A*, A273-275 (1999), 491-493.
- [41] Katsnelson, M. I., Maksyutov, A. F., Trefilov, A. V. 2002. Peculiarities of anharmonic effects in the lattice thermodynamics of fcc metals. *Condensed Matter Material Science*, 0201412 (2002), 1-8.

HARRAN OVASINDAKİ BAZI TOPRAK SERİLERİNİN FOSFOR FRAKSİYONLARI

Ebru Pınar SAYGAN¹, Osman SÖNMEZ*²

¹Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bornova-İZMİR

*²Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi, KAYSERİ

(Alınış / Received: 03.05.2018, Kabul / Accepted: 30.08.2018, Online Yayınlanma/ Published Online: 31.08.2018)

Anahtar Kelimeler

Toplam Fosfor,
İnorganik Fosfor,
Organik Fosfor,
Yarayışlı Fosfor (Olsen Fosfor),
Harran Ovası,

Öz: Fosfor (P), bitki gelişimi için mutlak gerekli bir bitki besin elementidir. Ülkemizin farklı bölgelerinde P ile ilgili bazı çalışmalar yapılmış olmasına rağmen, Harran Ovası topraklarında bitkiye yarayışlı P (Olsen P) (P_Y) içeriklerini ortaya koymak için sınırlı sayıda çalışmanın yapılmış olması araştırmada inorganik P (P_i), organik P (P_o) ve toplam P (P_T) içeriklerinin belirlenmesi ihtiyacını ortaya koymuştur. Bu çalışma Harran Ovası'nda önceki çalışmalarda belirlenmiş olan 11 farklı seriden olmak üzere toplamda 16 noktadan farklı derinliklerde (0-20, 20-40, 40-60 cm) alınan toprak örnekleri üzerinde yürütülmüştür. Yapılan analizler sonucunda P_T içeriği sırası ile 0-20 cm'de 343-894 mg kg⁻¹, 20-40 cm'de 313-881 mg kg⁻¹, 40-60 cm'de 298-551 mg kg⁻¹ arasında değiştiği, P_i 'nin 0-20 cm'de 307-835 mg kg⁻¹, 20-40 cm'de 281-847 mg kg⁻¹, 40-60 cm'de 280-539 mg kg⁻¹ arasında değiştiği, P_o 'nın 0-20 cm'de 17-60 mg kg⁻¹, 20-40 cm'de 15-38 mg kg⁻¹, 40-60 cm'de 7-39 mg kg⁻¹ arasında değiştiği, P_Y 'nin 0-20 cm'de 2-36 mg kg⁻¹, 20-40 cm'de 1-23 mg kg⁻¹, 40-60 cm'de 0.2-21 mg kg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Genel olarak toprak P_T , P_i ve P_o konsantrasyonları derinlik arttıkça azalmıştır.

THE PHOSPHORUS FRACTIONS OF CERTAIN SOIL SERIES IN HARRAN PLAINS

Keywords

Total Phosphorus,
Inorganic Phosphorus,
Organic Phosphorus,
Available Phosphorus (Olsen Phosphorus),
Harran Plain,

Abstract: Phosphorus(P) is the most essential plant nutrient although numerous studies have been reported on P content around the country. There is limited information on the available P (Olsen P) (P_Y) at Harran plains. Therefore, there is a need for studies determining total P (P_T), inorganic P (P_i) and organic P (P_o). In this study, soil samples were taken from 16 different spots and analyzed at the three different soil layers (0-20, 20-40 and 40-60 cm depth) at Harran plains. It was found high pH value (7.6-8.7), low organic matter (OM) (%0.1-1.6) and salt content (0.5-15.4 dS m⁻¹), high lime content (%14-38), high exchange capacity (34-66 cmol kg⁻¹) and in a clay soil texture. Based on our statistical analyses, it was found that P_T is 343-894 mg kg⁻¹ (0-20 cm), 313-881 mg kg⁻¹ (20-40 cm) and 298-551 mg kg⁻¹ (40-60 cm). While P_i found to be 307-835 mg kg⁻¹ (0-20 cm), 281-847 mg kg⁻¹ (20-40 cm), 280-539 mg kg⁻¹ (40-60 cm), P_o showed 17-60 mg kg⁻¹ (0-20 cm), 15-38 mg kg⁻¹ (20-40 cm), 7-39 mg kg⁻¹ (40-60 cm). Amount of P_Y for the three different soil layer, ranged from 2-36 mg kg⁻¹ (0-20 cm), 1-23 mg kg⁻¹ (20-40 cm), 0.2-21 mg kg⁻¹ (40-60 cm). In general, soil P_T , P_i ve P_o concentrations decreased as soil depth increased.

1. Giriş

Fosfor bitki gelişimi için mutlak gerekli olan bir bitki besin elementidir. Azot (N) ve potasyum (K) gibi toprakta fazla miktarda bulunmadığını ve toprak yüzeyinin 20 cm derinliğinde ortalama P_T içeriği %0.005-%0.15 arasında değişmektedir [1]. Fosfor yer kürenin üst kabuğunda %0.1 [2], topraklarda ise %0.06 [3] oranında bulunmaktadır. Ülkemizde en çok eksikliği görülen bitki besin elementlerinden biri P'dir. Fosfor tarımsal ekosistem için mutlak gerekli olan bir makro besin elementi olup bitkilerin büyümesi, bitki bünyesinde enerji taşınması, enzimatik reaksiyonlar, çiçek ve meyve oluşumu ve kalitesinde önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle P'nin yetersiz olduğu alanlarda P'li gübrelerin kullanılması, sağlıklı bitkiler ve ürünlerin geliştirilmesi için son derece önem taşımaktadır [4]. Bitki gelişimi üzerine oldukça önemli etkiye sahip olan P'nin bitkiler tarafından alınabilirliği bazı faktörlerin kontrolü altında gerçekleşmektedir. Toprağın sahip olduğu kil tipi ve miktarı, toprak reaksiyonu (pH), kireç, toprağın OM içeriği, değişebilir haldeki katyonlar (DK) gibi faktörler topraktaki P'nin yayılabilirliği üzerinde oldukça etkili olduğu belirlenmiştir [5]. Yarayırlı P (P_V), bitki için en gerekli P formunu temsil eder. Kireçli topraklarda P_V yetersizdir. Bunun nedeni verilen P'li gübrelerin kalsiyum (Ca), ya da demir (Fe) ve alüminyum (Al) oksitlerle tutulmasıdır. Bu nedenle çiftçiler P_V içeriğinin yetersiz olduğu kireçli topraklarda amonyum sülfat gübresi uygulamak suretiyle toprak pH'sını düşürerek P_V miktarını artırmaktadır. Ayrıca aşırı miktarlarda uygulanan P'li gübrelerin çevre kirliliğine ve ekonomik zarara yol açtığı belirlenmiştir [6].

Toprakların P_T içeriğinin iklim ve ana materyalin yapısına bağlı olarak 100-3000 mg kg^{-1} arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kireç taşı ve benzeri ana materyallerden oluşmuş toprakların P_T içeriğinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir [7,8]. Sönmez [9], fosforlu gübre ve malçın topraktaki P fraksiyonları üzerine etkisini 1991'den 1998 yılına kadar incelemiştir. Toprak örneklerini 2 farklı derinlikten alınarak (0-15 ve 15-30 cm) bu topraklarda P_T , P_0 , P_i , P_V analizleri yapılmış ve sonuç olarak 0-15 cm'de ki toprak fraksiyonlarının daha derin katman olan 15-30 cm'ye nazaran daha fazla olduğunu belirlemiştir. Nartey [10], toprak profilinden 0-16, 16-32, 32-48, 48-67, 67-98, 98+ cm derinliğinde alınan toprak örneklerinde derinlere doğru inildikçe P_T 'nin azaldığını tespit etmiştir. Kacar ve Katkat [11], Türkiye topraklarının P_T kapsamı üzerinde yapılan çalışmalarda Bölgemizde yapılan 0-20 cm derinliğinde P_T ölçümlerinde 204-843 mg kg^{-1} arasında, değiştiği ortalama olarak 518 mg kg^{-1} olarak tespit etmişlerdir.

Saleque ve ark. [12], prinç tarlasında 5 farklı derinlikte (0-5,5-10,10-15,15-30,30-50cm) 10 yıl süresince 6 kez farklı tozlarda gübre uygulaması yapılmıştır. Netice olarak üst toprakta (0-15 cm) derinliğinde gübre uygulaması yapılan alanlarda P_i içeriğinin daha alt katmanlara oranla daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Schepers [13], 1991-1997 yılları arasında yaptığı çalışmada (0-15 cm) derinliğindeki gübre uygulaması yapılan alanlar ile gübre uygulaması yapılmayan alanlar ile karşılaştırıldığında P_i 'de %25'lik bir artışa neden olmuştur. Organik P (P_0) toprakta az miktarda bulunur. Organik gübre verilerek hem toprağın organik madde (OM) içeriğini, hem de P_0 miktarını artırmak mümkündür. Organik madde ile toprakta P miktarı artacağından, toprak verimliliği de artmaktadır [1]. Chacon ve Dezzio [14] orman bölgesinden aldıkları toprak örneklerinde toprağın üst katmanında P içeriğinin yüksek olduğunu ve toprağın üst katmanındaki P_T 'nin %59-63'ünün P_i dönüştüğünü rapor etmişlerdir. Kacar ve ark. [11], Türkiye'nin oldukça sıcak bölgelerinden olan Çukurova yöresinden 0-20 cm derinliğinde alınan toprak örneklerinde P_0 içeriği 10 mg kg^{-1} ile 139 mg kg^{-1} arasında değiştiği ve ortalama olarak ise 73 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir.

Alpaslan ve ark. [15], toprakta P miktarı, bitkilere P_V bakımından değerlendirildiği zaman 8-25 mg kg^{-1} arasında değiştiğini, Torrent ve Delgado [16], ise P_V 'nin 10-15 mg kg^{-1} değerleri arasında bulunduğunda bitkilerin gelişimi için yetersiz olduğu tespit etmiştir. Eyyüpoğlu [17], Olsen metoduna göre yaptığı çalışma sonucunda Türkiye topraklarının %58' inde bitkiler için P_V 'nin <6 kg P_2O_5 da^{-1} olarak bulmuştur. Öztürkmen [18], Harran Ovasında ekim öncesinde 0-20 cm derinliğinde alınan örneklerde P_V bakımından değerlendirildiğinde 14 mg kg^{-1} -21 mg kg^{-1} arasında yeterli miktarda olduğu tespit edilmiştir. Nartey [10], toprak profilinden 0-16, 16-32, 32-48, 48-67, 67-98, 98+ cm derinliğinde alınan toprak örneklerinde derinlere doğru inildikçe P_V azaldığı belirtmiştir. Korkmaz [19], Harran ovasından İkizce, Harran ve Çekçek serilerinden (0-30 ve 30-60 cm) derinliğinde alınan toprak örneklerinde P_V içerikleri 2.4- 6.9 mg kg^{-1} değerleri arasında değiştiğini tespit etmiştir. Dinç ve ark. [20], ise Harran Ovası topraklarında yaptıkları çalışmalar sonucunda, 25 toprak serisinde incelenen toprakların çoğunda P_V içeriğinin 7 mg P kg^{-1} değeri ile oldukça düşük olduğunu, bazı toprak serilerinde Cepkenli, Kısas, Çekçek, İkizce serilerinde P_V içeriğinin 7-12 mg P kg^{-1} değeri ile orta düzeyde olduğunu ancak çok azında ise Fatik, Beğdeş, Bellitaş serilerinde oldukça yüksek düzeyde olduğunu toprak yüzeyinde P_V oranının fazla olup aşağıya doğru azalma gösterdiği belirlenmiştir.

Bu çalışmanın amacı, Harran Ovasında bazı toprak serilerinin farklı toprak derinliğindeki (0-20, 20-40, 40-60 cm) P fraksiyonlarını belirlemektir. Bölgemizde P ile ilgili birçok çalışma olmasına rağmen, P fraksiyonları ile ilgili yeterli bir çalışma olmadığından bu çalışma büyük önem taşımaktadır.

2. Materyal ve Metot

Araştırmada materyal olarak, Harran Ovası'nda bulunan 25 toprak serisinden önceden belirlenmiş olan 11 yaygın seriden 16 noktada farklı derinliklerde (0-20, 20-40, 40-60 cm) alınan toprak örnekleri analize hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinin alındığı yerler ve köy isimleri Kısas Serisi (Yamaçaltı Köyü), Çekçek Serisi (Ozanlar Köyü), Harran Serisi (Taşlıca Köyü), Kısas Serisi (Akdilek Köyü), Bellitaş Serisi (Karaali), Gürgelen Serisi (Karaali), İkizce Serisi (Karaali Akören Köyü), Sırrın Serisi (Emirler Köyü), İrice Serisi (Akdoğan Köyü), Beğdeş Serisi (Yukarı Beğdeş Köyü), Harran Serisi (Yukarı Yarımca Köyü), Gürgelen Serisi (Yukarı Yakın Yol Köyü), Akören Serisi (Yukarı Yakın Yol Köyü), Ekinyazı Serisi (Keçili Köyü), Akçakale Serisi (Gülveren Köyü) Gürgelen Serisi (Salihler Köyü)'dir.

2.1. Toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analizleri

Bu çalışmada Harran Ovası'nda önceden belirlenmiş olan 16 yaygın toprak serisinden farklı derinliklerde (0-20, 20-40, 40-60 cm) alınan toprak örnekleri kurutularak tokmakla dövüldükten sonra 2 mm'lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiş ve kavanozlarda muhafaza edilmiştir. Toprak serilerinde; toprak reaksiyonu (pH) saturasyon ektstraktında Richards [21], kireç içeriği Scheibler kalsimetresi ile Çağlar[22], Elektriksel iletkenlik (EC) Wheststone köprüsü yöntemi ile saturasyon çamurunda Richards[21], Katyon değişim kapasitesi (KDK) amonyum asetat metodu ile Chapman[23], organik madde Jackson [24]'de belirtildiği modifiye Walkley Black yöntemi ile, tekstür analizi Bouyoucos[25]'e göre belirlenmiştir. İnorganik P, P_T Harwood ve ark. [26] ve P_0 Walker ve Adams [27] belirlendikten sonra, P_T 'den P_0 çıkarılmak suretiyle bulunmuştur. Yarayışlı P Olsen metoduna Olsen ve ark.[28]'e göre tespit edilmiştir. Analizler üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. İstatistiksel analizlerinde tek yönlü varyans analiz metodu, ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi SPSS 9.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır [29].

2.2. Araştırma alanının iklim özellikleri

Araştırma alanının, iklim verilerine göre aylık ortalama sıcaklık en düşük 6.4°C ile Şubat ayında, en yüksek 33.0°C ile Temmuz ayında, maksimum sıcaklık en düşük 16.7 °C ile Ocak ayında, en yüksek 43.7°C ile Temmuz ayında, minimum sıcaklık en düşük -2.2 °C ile Şubat ayında, en yüksek 20.4°C ile Temmuz ayında ölçülmüştür. Ortalama en düşük nispi nem % 32.8 ile Temmuz ayında, en yüksek nispi nem % 69.5 ile Aralık ayında ölçülmüştür. Toplam yağış ise 2.3kg m⁻² ile 69.5 kg m⁻² arasında ölçülürken en az yağış Temmuz ve Eylül aylarında görülürken en yüksek yağış Şubat ayında ölçülmüştür [30].

3. Bulgular

3.1. Fiziksel ve kimyasal analizler

Şanlıurfa ili Harran Ovasında 16 noktadan farklı derinliklerde (0-20, 20-40, 40-60 cm) alınan toprak örneklerinde yapılmış olan bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 1' de verilmiştir. Toprak pH'sı sırası ile 7.6-8.7 değerleri arasında değişmekte olup, bu sonuçlara göre toprak pH'sının hafif alkali, alkali ve kuvvetli alkali özelliğe sahip olduğu Akalan [31]'e göre belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik değeri 0.5-15.4 dS m⁻¹ değerleri arasında değişmiştir. Toprak örneklerinin EC sınır değerleri bakımından incelendiğinde genelde 2 dS m⁻¹'den düşük olup tuzluluk tehlikesi görülmez iken Ekinyazı serisinde orta tuzluluk tehlikesinin görüldüğü saptanmıştır. Analiz edilen toprak serilerinin OM içerikleri %0.1-%1.6 değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir. Hızalan ve Ünal [32]'ye göre organik madde içerikleri sınır değerleri bakımından, çok düşük ve düşük sınıfına girmektedir. Organik madde miktarı toprağın üst kısmında daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni bitki kalıntılarının toprağın üst kısmında birikerek OM'yi artırmasından olabileceği varsayılmaktadır. Toprakların kireç içerikleri %14-%38 değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. Toprak serilerinde yukarıdan aşağıya doğru bir artış gözlenmekte iken Harran, Bellitaş, Beğdeş, Akçakale, Gürgelen-Akören (Salihler Köyü)'nde bu durum gözlenmemektedir. Ova topraklarının KDK değerleri 49-65 cmolkg⁻¹ arasında değiştiği bulunmuştur. Genel olarak toprak serilerinin tekstür analiz sonuçları incelendiğinde %41-%68 değerleri arasında değiştiği ve killi bir bünyeye sahip olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1. Farklı derinliklerde alınan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

Örnekleme Noktaları	Toprak serileri	Derinlik (cm)	pH	EC (dS m ⁻¹)	Organik Madde (%)	Kireç (%)	KDK (cmol _c kg ⁻¹)	Tekstür (%)			Bünye Sınıfı
								Kil	Silt	Kum	
1	Kıyas	0-20	8.6	1.8	1.0	28	64	52	24	24	Kil
		20-40	8.2	0.8	0.4	29	63	50	29	21	Kil
		40-60	8.0	0.6	0.4	32	54	43	28	29	Kil
2	Çekçek	0-20	8.4	0.6	0.8	27	64	55	21	24	Kil
		20-40	8.5	1.0	0.5	31	53	68	19	13	Kil
		40-60	8.1	1.0	0.5	32	53	65	21	14	Kil
3	Harran	0-20	8.0	1.0	0.8	25	54	48	26	26	Kil
		20-40	7.8	0.8	0.7	23	57	42	35	23	Kil
		40-60	7.9	0.7	0.5	22	61	43	34	23	Kil
4	Kıyas	0-20	8.3	1.0	1.5	36	57	47	33	20	Kil
		20-40	8.1	0.8	1.4	37	60	45	32	23	Kil
		40-60	8.0	0.5	1.1	38	57	46	25	29	Kil
5	Bellitaş	0-20	8.2	1.1	1.4	32	53	57	26	17	Kil
		20-40	8.2	1.1	0.8	34	49	64	18	18	Kil
		40-60	7.8	1.6	0.8	30	52	63	23	14	Kil
6	Gürgelen	0-20	8.2	0.8	1.4	24	55	41	33	26	Kil
		20-40	8.4	0.7	1.2	26	51	41	30	29	Kil
		40-60	8.1	1.0	1.0	27	57	43	33	24	Kil
7	İkizce	0-20	8.2	0.8	1.0	25	56	48	28	24	Kil
		20-40	8.4	0.8	0.7	26	54	51	34	16	Kil
		40-60	8.1	0.5	0.7	28	60	48	27	25	Kil
8	Sırrın	0-20	8.4	1.1	1.3	26	64	55	26	19	Kil
		20-40	8.5	0.8	1.0	28	61	56	23	21	Kil
		40-60	8.4	0.8	0.9	30	65	55	23	22	Kil

Tablo 1' in devamı

Örnekleme Noktaları	Toprak serileri	Derinlik (cm)	pH	EC (dS m ⁻¹)	Organik Madde (%)	Kireç (%)	KDK (cmol _c kg ⁻¹)	Tekstür (%)			Bünye Sınıfı
								Kil	Silt	Kum	
9	İrice	0-20	8.3	1.1	1.3	22	58	55	22	23	Kil
		20-40	8.4	0.7	0.9	25	62	60	20	20	Kil
		40-60	8.1	0.6	0.4	29	66	55	8	37	Kil
10	Beğdeş	0-20	8.2	0.5	1.4	29	54	35	27	38	Killi tın
		20-40	8.2	0.5	0.8	25	59	40	26	34	Killi tın
		40-60	8.0	0.5	0.6	29	60	39	29	32	Killi tın
11	Harran	0-20	8.1	0.7	1.1	27	61	54	22	24	Kil
		20-40	7.8	0.7	1.0	27	60	56	23	21	Kil
		40-60	8.0	0.9	0.5	29	45	54	22	24	Kil
12	Gürgelen	0-20	7.7	7.2	0.8	28	35	44	22	34	Kil
		20-40	7.6	6.4	0.8	30	41	42	29	29	Kil
		40-60	7.9	4.5	0.5	32	43	51	25	24	Kil
13	Akören	0-20	8.6	0.8	1.2	27	34	28	27	45	Killi tın
		20-40	8.6	0.6	0.9	28	32	30	31	39	Killi tın
		40-60	8.5	0.7	0.9	28	43	37	31	32	Killi tın
14	Ekinyazı	0-20	7.6	15.4	1.0	23	40	44	14	42	Kil
		20-40	7.7	15.3	0.9	23	43	40	14	46	Kumlu kil
		40-60	7.6	12.7	0.6	24	39	35	28	37	Killi tın
15	Akçakale	0-20	8.7	0.9	1.6	16	64	49	32	19	Kil
		20-40	8.6	1.2	1.1	15	62	51	31	18	Kil
		40-60	8.5	1.1	0.1	14	61	51	34	15	Kil
16	Gürgelen-Akören	0-20	8.4	0.7	1.2	34	47	50	27	23	Kil
		20-40	8.3	0.7	0.9	33	52	42	32	26	Kil
		40-60	8.3	0.7	0.1	36	43	43	31	26	Kil

3.2. Fosfor analizleri

Şanlıurfa ili Harran Ovasında 16 noktadan farklı derinliklerde (0-20, 20-40 ve 40-60 cm) alınan toprak örneklerinin P_T , P_i , P_o , P_Y içerikleri belirlenmiştir. Toprakların P_T , P_i , P_o , ve P_Y içeriklerinin karşılaştırılması için yapılan istatistiksel analizlerde örnekleme noktaları ve derinlikler arasında fark olduğu ortaya çıkmıştır ($P < 0.05$).

3.2.1. Toplam Fosfor

Toplam P içerikleri Tablo. 2' de incelendiğinde 0-20 cm toprak derinliğinde en fazla Çekçek Serisi'nde 894 mg kg^{-1} , en düşük ise Gürgelen Serisi (Yukarı Yakın Yol Köyü)'nde 343 mg kg^{-1} olarak bulunmuştur. Toprak derinliğinin 20-40 cm olduğu sonuçlarda ise P_T içeriği 881 mg kg^{-1} olarak en yüksek Çekçek Serisi'nde ve en düşük olarak da Gürgelen Serisi (Yukarı Yakın Yol Köyü)'nde 313 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir. Serilerin 40-60 cm toprak derinliğindeki P_T içerikleri karşılaştırıldığında, 551 mg kg^{-1} 'la Çekçek Serisi en yüksek, ve 298 mg kg^{-1} 'la Gürgelen Serisi (Yukarı Yakın Yol Köyü)'nde en düşük P_T değeri tespit edilmiştir.

3.2.2. Organik fosfor

Organik fosfor içerikleri Tablo.3'de incelendiğinde 0-20 cm toprak derinliğinde Çekçek Serisi'nde 60 mg kg^{-1} olarak diğer örnekleme noktalarından daha yüksek düzeyde, en düşük P_o içeriği ise Harran Serisi (Taşlıca Köyü)'nde 17 mg kg^{-1} , 20-40 cm toprak derinliğinde P_o içerikleri Beğdeş Serisi'nde 38 mg kg^{-1} olarak diğer örnekleme noktalarından daha yüksek düzeyde, en düşük P_o içeriği ise Ekinyazı Serisi'nde 15 mg kg^{-1} , 40-60 cm toprak derinliğinde P_o içerikleri İrice Serisi'nde 39 mg kg^{-1} olarak diğer örnekleme noktalarından daha yüksek düzeyde, en düşük P_o içeriği ise Akören Serisi'nde 7 mg kg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda P_o miktarı genel olarak düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir.

3.2.3. İnorganik fosfor

İnorganik P içerikleri Tablo. 4' de incelendiğinde 0-20 cm toprak derinliğinde P_i içerikleri Çekçek Serisi'nde 835 mg kg^{-1} olarak diğer örnekleme noktalarından daha yüksek düzeyde ve en düşük P_i içeriği ise Gürgelen Serisi (Yukarı Yakın Yol Köyü) 307 mg kg^{-1} , 20-40 cm toprak derinliğinde P_i içerikleri Çekçek Serisi'nde 847 mg kg^{-1} olarak diğer örnekleme noktalarından daha yüksek düzeyde, en düşük P_i içeriği ise Gürgelen Serisi (Yukarı Yakın Yol Köyü)'nde 281 mg kg^{-1} , 40-60 cm toprak derinliğinde P_i içerikleri Çekçek Serisi'nde 539 mg kg^{-1} olarak diğer örnekleme noktalarından daha yüksek düzeyde, en düşük P_i içeriği ise Gürgelen Serisi (Yukarı Yakın Yol Köyü)'nde 280 mg kg^{-1} olarak tespit edilmiştir.

3.2.4. Yarayışlı fosfor

Yarayışlı fosfor içerikleri Tablo.5'de incelendiğinde 0-20 cm toprak derinliğinde P_Y içerikleri Harran Serisi (Taşlıca Köyü)'nde 36 mg kg^{-1} olarak diğer örnekleme noktalarından daha yüksek düzeyde, en düşük P_Y içeriği ise Akçakale Serisi'nde 2 mg kg^{-1} , 20-40 cm toprak derinliğinde P_Y içerikleri Çekçek Serisi'nde 23 mg kg^{-1} olarak diğer örnekleme noktalarından daha yüksek düzeyde, en düşük P_Y içeriği ise Akçakale Serisi'nde 1 mg kg^{-1} , 40-60 cm toprak derinliğinde P_Y içerikleri Çekçek Serisi'nde 21 mg kg^{-1} olarak diğer örnekleme noktalarından daha yüksek düzeyde, en düşük P_Y içeriği ise Sırrın Serisi'nde 0.2 mg kg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda toprakların P_Y içeriği bakımından değerlendirildiği zaman düşük düzeyde olduğu tespit edilmiş ve çifçiler bu nedenlerden dolayı P'li gübrelemeye ihtiyaç duymaktadır.

4. Tartışma ve Sonuç

Toplam Fosfor analizlerinde elde ettiğimiz bulgulardan çıkan genel sonuç; toprak yüzeyinden derinlere doğru inildikçe toprak P_T 'sinin düştüğü gerçeğidir. Sönmez ve Nartey[9,10]'nin yaptığı çalışmalarda üst katmanların P_T içeriği alt katmanlardan daha fazla olduğu belirlenmiş ve bu sonuçlar bizim çalışmamızın sonuçlarına uyum göstermektedir. İnorganik fosfor analizleri sonucunda değerler göstermiştir ki toprağın üst katmanının P_i değerleri daha derin katmanlara doğru azalma eğiliminde olmuştur ki bu sonuçlar Sönmez[9]'ın bulgularına uyum göstermektedir. Genelde toprağın üst katmanında P_i içeriğinin daha fazla olması gübre uygulamasına bağlanabilir. Organik Fosfor analizlerinde Kacar ve ark. [11], yaptığı çalışmalarda Türkiye'nin sıcak yörelerinden olan Çukurova'da yaptığı çalışma ile karşılaştırıldığı zaman bizim çalışmamızın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Organik P düşük düzeyde olmasının başlıca nedeni sıcaklığın yüksek olan yerlerde P_o mineralizasyonun hızlı bir şekilde gerçekleşmesinden kaynaklanabilmektedir. Yarayışlı

Tablo 2.Serilerin farklı derinliklerindeki toplam fosfor içerikleri (mg kg⁻¹).

Örnekleme noktaları	Toprak serileri	Derinlikler		
		0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
1	Kıyas	537±0.27 ^a	535±0.24 ^b	517±0.24 ^c
2	Çekçek	894±0.48 ^a	881±0.49 ^b	551±0.22 ^c
3	Harran	508±0.27 ^a	396±0.66 ^b	358±0.50 ^c
4	Kıyas	444±0.99 ^a	419±0.54 ^c	425±0.33 ^b
5	Bellitaş	508±0.33 ^a	386±1.39 ^c	418±0.75 ^b
6	Gürgelen	510±0.43 ^a	414±0.23 ^b	386±0.25 ^c
7	İkizce	423±0.70 ^b	429±0.46 ^a	405±0.66 ^c
8	Sırrın	389±0.75 ^a	352±0.18 ^b	316±1.16 ^c
9	İrice	452±0.93 ^a	385±1.39 ^b	332±0.22 ^c
10	Beğdeş	443±0.08 ^a	432±1.03 ^b	316±0.19 ^c
11	Harran	385±0.94 ^a	348±0.69 ^b	331±0.85 ^c
12	Gürgelen	343±0.82 ^a	313±0.40 ^b	298±2.21 ^c
13	Akören	455±0.78 ^a	395±0.95 ^b	344±0.46 ^c
14	Ekinyazı	386±1.31 ^a	358±0.90 ^b	330±0.50 ^c
15	Akçakale	465±0.16 ^a	432±0.71 ^b	430±0.29 ^c
16	Gürgelen- Akören	468±1.24 ^a	449±0.93 ^b	352±0.23 ^c

^{abc}: Aynı satırdaki ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (P<0.05).

Tablo 3.Serilerin farklı derinliklerindeki organik fosfor içerikleri (mg kg⁻¹).

Örnekleme noktaları	Toprak serileri	Derinlikler		
		0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
1	Kıyas	46±0.36 ^a	30±0.24 ^b	27±0.27 ^c
2	Çekçek	60±0.63 ^a	34±0.24 ^b	12±0.40 ^c
3	Harran	17±0.29 ^b	19±0.43 ^a	18±0.33 ^a
4	Kıyas	29±0.12 ^b	28±0.33 ^b	34±0.50 ^a
5	Bellitaş	33±0.50 ^a	23±0.54 ^b	29±0.46 ^c
6	Gürgelen	43±0.73 ^a	33±0.57 ^b	30±0.48 ^c
7	İkizce	28±0.02 ^b	35±0.45 ^a	24±0.39 ^c
8	Sırrın	53±0.09 ^a	30±0.23 ^b	24±0.27 ^c
9	İrice	30±0.04 ^a	37±0.29 ^a	39±0.50 ^b
10	Beğdeş	48±0.37 ^a	38±0.21 ^b	25±0.69 ^c
11	Harran	31±0.61 ^a	20±0.20 ^b	24±0.44 ^c
12	Gürgelen	36±0.99 ^a	33±0.68 ^b	18±0.09 ^c
13	Akören	36±0.37 ^a	30±0.27 ^b	7±0.44 ^c
14	Ekinyazı	21±0.72 ^a	15±0.22 ^b	19±0.42 ^c
15	Akçakale	36±0.31 ^a	21±0.59 ^b	20±0.47 ^b
16	Gürgelen- Akören	24±0.70 ^a	17±0.37 ^a	23±0.61 ^b

^{abc}: Aynı satırdaki ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (P<0.05).

Tablo 4.Serilerin farklı derinliklerindeki inorganik fosfor içerikleri (mg kg⁻¹).

Örnekleme noktaları	Toprak serileri	Derinlikler		
		0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
1	Kıyas	491±0.13 ^b	505±0.24 ^a	490±0.13 ^c
2	Çekçek	835±0.24 ^b	847±0.27 ^a	539±0.20 ^c
3	Harran	491±0.25 ^a	377±0.90 ^b	339±0.21 ^c
4	Kıyas	416±0.98 ^a	392±0.25 ^b	391±0.21 ^b
5	Bellitaş	475±0.21 ^a	363±1.90 ^b	389±0.54 ^c
6	Gürgelen	467±0.43 ^a	381±0.34 ^b	357±0.29 ^c
7	İkizce	395±0.70 ^a	394±0.27 ^a	381±0.35 ^b
8	Sırrın	336±0.77 ^a	322±0.25 ^b	292±0.90 ^c
9	İrice	422±0.90 ^a	347±1.12 ^b	293±0.34 ^c
10	Beğdeş	395±0.42 ^a	394±0.88 ^a	291±0.60 ^b
11	Harran	354±1.12 ^a	328±0.74 ^b	308±0.72 ^c
12	Gürgelen	307±0.30 ^a	281±0.70 ^b	280±2.30 ^b
13	Akören	419±1.13 ^a	365±0.82 ^b	337±0.72 ^c
14	Ekinyazı	365±1.15 ^a	343±0.77 ^b	311±0.33 ^c
15	Akçakale	429±0.22 ^a	411±0.12 ^b	410±0.46 ^b

16	Gürgelen- Akören	444±1.95 ^a	432±0.60 ^b	329±0.83 ^c
----	------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

^{abc}: Aynı satırdaki ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (P<0.05)

Tablo 5. Serilerin farklı derinliklerindeki yarıyışlı fosfor içerikleri (mg kg⁻¹).

Örnekleme noktaları	Toprak serileri	Derinlikler		
		0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
1	Kıyas	11±0.19 ^a	10±0.16 ^b	6±0.09 ^c
2	Çekçek	25±0.16 ^a	23±0.25 ^b	21±0.25 ^b
3	Harran	36±0.01 ^a	14±0.30 ^b	7±0.04 ^c
4	Kıyas	16±0.42 ^a	15±0.19 ^b	11±0.22 ^c
5	Bellitaş	24±0.37 ^a	5±0.16 ^b	3±0.04 ^c
6	Gürgelen	9±0.32 ^a	4±0.19 ^b	3±0.05 ^c
7	İkizce	4±0.13 ^a	3±0.04 ^b	2±0.16 ^b
8	Sırrın	3±0.17 ^a	2±0.09 ^b	0.2±0.00 ^c
9	İrice	13±0.41 ^a	6±0.29 ^b	2±0.11 ^c
10	Beğdeş	8±0.12 ^a	6±0.22 ^b	3±0.22 ^c
11	Harran	13±0.30 ^a	3±0.22 ^b	2±0.11 ^b
12	Gürgelen	10±0.19 ^a	9±0.19 ^b	1±0.02 ^c
13	Akören	9±0.19 ^a	8±0.09 ^b	2±0.26 ^c
14	Ekinyazı	7±0.08 ^a	6±0.06 ^b	1±0.01 ^c
15	Akçakale	2±0.08 ^a	1±0.02 ^b	0.3±0.00 ^c
16	Gürgelen- Akören	10±0.26 ^a	3±0.09 ^b	1±0.01 ^c

^{abc}: Aynı satırdaki ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (P<0.05)

Fosfor; Çalışmamız sonuçları incelendiği zaman toprak yüzeyinden derinlere doğru inildikçe P_Y içeriğinin azaldığı gözlenmiştir bu veriler Sönmez ve Nartey [9,10] 'nin verileriyle uyum göstermektedir. Korkmaz [19], Harran ovasından İkizce, Harran ve Çekçek serilerinden 0-30 ve 30-60 cm derinliğinden alınan toprak örneklerinde P_Y içeriklerinin 2.4- 6.9 mg kg⁻¹ değerleri arasında değiştiği belirlenmiş ancak İkizce serisinde bizim bulduğumuz değerlere yakın olmasına rağmen, Harran ve Çekçek serilerinde bulduğumuz değerlere oranla çok düşük olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni ise toprak örneğinin alınma zamanı ve gübre uygulamasından kaynaklanabilmektedir. Elde edilen sonuçlar toprakların P_Y içeriği bakımından genelde düşük düzeyde olduğu için Dinç ve ark. [20] yaptığı çalışmalara benzerlik göstermektedir. Bütün serilerden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, genel olarak toprağın üst katmanından derinlere inildikçe P içeriklerinde bir azalma eğilimi olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni ise uygulanan P'li gübrelerin genel olarak toprağın üst kısmına 0-20 cm derinliğine uygulandığı için bu derinlikteki P miktarının yüksek olmasıdır. Genelde, bölgenin topraklarının kireç içeriği yüksek, organik madde miktarı düşük ve pH7.5 üzerinde olduğu için uygulanan gübreler toprakta sıkı bir şekilde tutulmakta ve bu nedenle bitkiler uygulanan gübrelerden faydalanamamaktadır. Bu nedenle çiftçiler ekim öncesinde P analizleri yaparak gerekli olan P'li gübreleri bitkilerin gereksinim duyduğu kadar ilave etmelidirler. Toprakta P_Y miktarı fazla ise P'li gübre ilave edilmemeli, eğer toprakta P miktarı az ise bitkinin ihtiyaç duyduğu zaman azar azar ilave edilmelidir böylece P fiksasyonu azaltılarak bitkinin P alımını artırabilecektir.

Teşekkür

Bu çalışmanın yürütülmesi ve sonuçlandırılmasında değerli düşünce ve katkılarıyla beni yönlendiren, araştırmanın her aşamasında yardımını esirgemeyen Prof. Dr. Faruk İNCE'ye ve Prof. Dr. Osman SÖNMEZ'e şükranlarımı sunarım. Çalışma esnasında istatistik çalışmaları ve değerlendirmeleri konusunda yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Selahattin KİRAZ'a teşekkür ederim. Bu çalışma HÜBAK (Proje No:679) tarafından desteklenmiştir.

Kaynakça

- [1] Güzel, N., Gülüt, Y. K., ve Büyük, G., 2002. Toprak Verimliliği ve Gübreler. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No:246, Ders Kitapları Yayın No: A-80, Adana, 654s.
- [2] Brinck, J. N., 1978. World Resources of Phosphorus. In: Phosphorus in The Environment: Its Chemistry and Biochemistry. Ciba Foundation Sym. 57:23-63.
- [3] Lindsay, W. L., 1979. Chemical Equilibriain Soils. John Wiley and Sons. New York.

- [4] Brady, N. C. And Weil, R. R., 1999. *The Nature and Properties of Soils* by Prentice-Hall, Inc, New Jersey.
- [5] Stevenson, F. J and Cole, M. A., 1999 (*Cycles of Soil Second Edition*) John Wiley and Sons New York. NY.
- [6] Sonmez, O., Pierzynski, G.M., Frees, L., Davis B., Leikam, D., Sweeney, D.W., and Janssen, K.A. 2009. A Field Assessment Tool for Phosphorus Losses in Runoff in Kansas. *Journal of Soil Water Conservation*64 (3) 212-222
- [7] Frossard, E., Condron, L.M., Oberson, A., Sinaj, S. and Fardean, J. C., 2000. Processes Governing Phosphorus Availability in Temperate Soils. *Journal of Environmental Quality*, 29:15-23.
- [8] George, T. S., Richardson, A. E., Hadobas, P. A. and Simpson, R. J., 2003. Rhizosphere Limitations to The Efficiency of Phytase-Phosphate Interactions. *Proceedings of 2nd Internal Symposium on Phosphorus Dynamics in The Soil-Plant Continuum*, pp. 48-49.
- [9] Sönmez, O., and Pierzynski, G.M.2017. Changes in Soil Phosphorus Fractions Resulting from Crop Residue Removal and Phosphorus Fertilizer. *Communication in Soil and Plant Analysis* DOI: 10.1080/00103624.2017.1323094
- [10] Nartey, E., 1994. *Pedogenic Changes and Phosphorus Availability in Some Soils of Northern Ghana*, Thesis Department of Soil Science University of Ghana Legon.
- [11] Kacar, B., Katkat, V.A, 1997. *Tarımda Fosfor*. Bursa Ticaret Borsası Yayınları No:5, Bursa.
- [12] Saleque, M. A., U. A. Naher, A. Islam, A. B. M. B. U. Pathan, A. T. M. S. Hossain, and C. A. Meisner. 2004. Inorganic and Organic Phosphorus Fertilizer Effects on the Phosphorus Fractionation in Wetland Rice Soil. *Sci. Soc. Am. J.* 68:1635-1644. doi:10.2136/sssaj2004.1635
- [13] Schepers, J. S., Akhtar, M., Francis, D. D. and McCallister, D.L., 2005. Manure Source Effects on Soil Phosphorus Fractions and Their Distribution. *Soil Science*, 170, (3):183-190.
- [14] Chacon, N and Dezzio, N., 2004. Phosphorus Fractions and Sorption Processes in Soil Samples Taken in A Forest-Savanna Sequence of The Gran Sabana in Southern Venezuela. *Biol Fertil Soils* 40:14-19.
- [15] Alpaslan, M., Güneş, A., ve İnal, A., 1998. *Deneme Tekniği*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:1501, Ders Kitabı:455, 437s.
- [16] Torrent, J. R., and Delgado, A., 2001. Using Phosphorus Concentration in The Soil Solution to Predict Phosphorus Desorption to Water. *Journal Environmental Quality*. 30:1829-1835.
- [17] Eyyüpoğlu, F., 1999. *Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu*. Toprak Gübre Araştırma Enst. Genel Yayınlar No:220, Ankara.
- [18] Öztürkmen, M., 2004 *Harran Ovası'nda Çiftçi Koşullarında Toprakta Bulunan N,P,K İçeriği İle Pamuk Bitkisi Tarafından Alınabilirliği Arasındaki İlişki*. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa.
- [19] Korkmaz, K., 2005 *Kireçli Toprakların Fosfor Durumlarının Belirlenmesi ve Fosfor Uygulamasının Mısır Verimine Etkisi*. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak ABD. Doktora Tezi, Adana.
- [20] Dinç, U., Şenol, S., Sayın, M., Kapur, S., Güzel, N., Derici, R., Yeşilsoy, M. Ş., Yeğingil, İ., Sarı, M., Kaya, Z., Aydın, M., Kettaş, F., Berkman, A., Çolak, A. K., Yılmaz, K., Tunçgöğüs, B., Çavuşgil, V., Özbek, H., Gülüt, K.Y., Karaman, C., Dinç, O., Öztürk, N., Ve Kara, E., 1988. *Güneydoğu Anadolu Bölgesi Toprakları I. Harran Ovası TÜBİTAK-TOAG GÜDÜMLÜ Araştırma Projesi Kesin Raporu* Proje No: TOAG 534, Ankara.
- [21] Richards, L.A., 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils*. U.S.A: U.S. Department of Agriculture, Handbook 60.
- [22] Çağlar, K. Ö., 1949. *Toprak Bilgisi A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları*: 10, Ankara.
- [23] Chapman, H.D., 1965. Cation Exchange Capacity. In: C.A. Black (Ed.). *Methods of Soil Analysis, Part: 2, Agronomy series*, No:9, ASA. Madison, Wisc. USA, 53711, p: 891-901.
- [24] Jackson, M. L., 1962. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall Inc. 183s.

- [25] Bouyoucos, G. J.,1951. ARecalibration of theHydrometerMethodforMakingMechanical Analysis of theSoil. *AgronomyJournal*43:434-438.
- [26] Harwood, J. E., Van SteenderenandKuhn, A. L., 1969. ARapidMethodforOrthophosphate Analysis at High Concentrations in Water. *WaterRes.* 3:417-423.
- [27] Walker, T. W.,and Adams, A.F.R., 1958. Studies on SoilOrganicMatter: 1. Influence of Phosphorus Content of ParentMaterials on Accumulation of Carbon, Nitrogen, SulphurandOrganicPhosphorus in GrasslandSoils. *SoilSci.* 85:318-4307.
- [28] Olsen, S. R.,Cole, C.V., Watanabe, F.S., And Dean, L.A.,1954. Estimation of AvailablePhosphorus in SoilsbyExtractionwithSodiumBicarbonate. *Usda, Circ., 939, Washington, D.C.*
- [29] Efe, E., Bek, Y. ve Şahin, M., 2000. SPSS'te Çözümleri ile İstatistik Yöntemleri II. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Rektörlüğü Yayın No:73, Ders Kitapları Yayın No:9, K.S.Ü. Basımevi, Kahramanmaraş.
- [30] DMİ. 2005. Şanlıurfa İli Meteroloji Verileri
- [31] Akalan, İ., 1968. Toprak Oluşu, Yapısı ve Özellikleri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No:356, Ders Kitabı:120, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 556s.
- [32] Hizalan, E., ve Ünal, H., 1966. Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:278, Yardımcı Ders Kitabı 97, Ankara.

From Immigrant Residences to Urban Transformation: Kayseri Eastern Turkestan Residences

Zübeyde Özlem PARLAK BİÇER¹, Barış ERGEN², Zeynep ERGEN¹, Meltem ULU¹, Merve KOÇAK GÜNGÖR²

¹ Erciyes Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, KAYSERİ

² Erciyes Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, KAYSERİ

(Alınış / Received: 18.05.2018, Kabul / Accepted: 30.08.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 31.08.2018)

Keywords

Urban Transformation,
Migration,
Immigrant Residences

Abstract: Migration, natural disasters and wear in structures that occur over time result in disruption and deterioration in structural areas. As a result, urban transformation works are started at structural areas by the users, local administrations and governments. Urban transformation works are carried out at a region instead of a structure where deterioration has occurred. Kayseri is one of the cities in Turkey where urban transformation has gained acceleration. In Kayseri, the Eastern Turkestan Residences, which is one of the immigrant housing samples of the city, is about to transform. This area is comprised of single or double storey residences with gardens. However, the fact that these residences have grown old due to use as well as the fact that they are located on an area in the city where unearned income possibilities have increased resulted in making this area an attractive spot for urban transformation. The sustainability of the physical texture of the city may be lost due to the urban transformation carried out at the Kayseri Turkestan Residences Quarter which is an example of the urban textures that have failed against the rapidly transforming city as well as the concept of unearned income. In this study, the current texture of the area in the city of Kayseri known as Eastern Turkestan Residences was examined and suggestions were made for the possible urban transformation. The objective of the study was to document the area prior to urban transformation and to pass the lost architectural values down to posterity. It is hoped that the study will contribute to future studies on the subject.

Göçmen Konutlarından Kentsel Dönüşüm: Kayseri Doğu Türkistan Konutları

Anahtar Kelimeler

Kentsel Dönüşüm,
Göç,
Göçmen Konutları

Öz: Göç, doğal afetler ve yapılarda zamanla meydana gelen yıpranmalar, yapı alanlarında bozulmaya yok olmaya sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarak yapı alanlarında kullanıcılar, yerel yönetimler ve hükümetler tarafından kentsel dönüşüm çalışmaları başlatılmaktadır. Kentsel dönüşüm çalışmaları, yıpranma gerçekleşen bir yapı yerine bir bölge üzerinden gerçekleştirilmektedir. Türkiye’de kentsel dönüşüm uygulamalarının ivme kazandığı kentlerden Kayseri’de, yakın gelecekte, kentin göçmen konut örneklerinden Doğu Türkistan Konutlarının da dönüşmesi beklenmektedir. Bu alan, tek veya iki katlı bahçeli konutlardan oluşmaktadır. Fakat konutların kullanıma bağlı eskimesi ve gelişen kent içerisinde rant gelirlerinin arttığı bir noktada olması bu alanı kentsel dönüşüm için cazip bir yere dönüştürmüştür. Kentsel dönüşüm çalışmaları ile hızla dönüşen ve rant kavramına yenik düşen kent dokularına örnek olan Kayseri Türkistan Evleri Mahallesi’nde uygulanan kentsel dönüşüm ile kentin fiziksel dokusunun sürdürülebilirliği kaybedilmektedir. Bu çalışmada, Kayseri kenti içerisinde Doğu Türkistan Konutları olarak bilinen alandaki mevcut dokunun durumu incelenmiş ve yapılması muhtemel kentsel dönüşüm için öneriler sunulmuştur. Çalışma ile alanın kentsel dönüşüm öncesi belgelenmesi ve kaybolan mimari değerlerin gelecek kuşaklara aktarılması hedeflenmektedir. Çalışmanın, bundan sonra konu üzerinde yapılacak çalışmalara katkı sağlaması umulmaktadır.

1. Introduction

With the foundation of the republic, as a result of Atatürk's desire to establish modern cities similar to European cities, and of the Treaty of Friendship with Germany signed on March 3, 1924, many foreign and especially German urban planners were invited to Turkey [1] [2]. The Garden City movement, which shows intellectual similarities with nature-oriented, biocentric movements and environmental protection movements (Heimatschutz) [1] [3] [4] [5], influenced German urban planners who made a contribution to the planned development of Turkey in that period. Many urban planning lecturers in Turkey have taught the influences of German Professor Bauhaus and Garden City movements. With the Garden City movement, Howard desired to establish self-sufficient housing zones that respect nature and the environment, and offer a high quality of life, vivid social life and easy access to workplaces [6] [7]. If sustainable development is briefly defined as the integration of environmental conservation, social equality and economic development in a comprehensive planning approach [8], it can be seen that the aims of sustainable development and the early twentieth century Garden City movement actually overlap.

According to Peter Newman and Jeffrey Kenworthy, the concept of sustainability is a result of a global political process and has gained increasing importance [9]. They defined sustainability as: economic development to overcome poverty, protecting the environment that we need, providing social justice and cultural diversity and displaying own values through local communities. Sustainable development makes no concessions about the needs of future generations while meeting today's needs [10] [11]. In terms of architecture and urban planning, one of the needs of future generations is to protect the built environment and to hand it down intact. Urban development process not only involves urban wear and tear, but change can be necessary to comply with social and economic conditions [12] [13]. One of the most important approaches to ensuring change in cities is urban regeneration. According to Roberts et al., urban regeneration is the ensemble of integrated actions for the resolution of urban problems and the improvement of cities' economic, physical, social and environmental condition [14]. Urban regeneration is also important to urban sustainability. Maintaining the built environment means understanding the past at present and in the future. In terms of planning, construction, management and urban regeneration, today's most important needs are finance sector and economic development [15]. Economic changes in cities also change their physical structure. The built environment that was established with economic concerns is being defeated by urban rent, and we are losing architectural experiences, which should be passed on to future generations. Our urban textures are degraded and lost by being defeated by rent, sometimes historic environments and sometimes recent architectural works.

As a result of our planning system influenced by Garden City and Bauhaus, neighbourhoods and housing zones with gardens have been built in many cities, sometimes with the name of garden cities and sometimes with different names. In Kayseri province, Turkey, Turkestan Houses includes housing that were built by the government for migrants and built appropriately for this low-rise housing type with gardens. Failing to maintain this housing texture will lead to the loss of our recent architectural works and architectural experiences.

For this reason, it is important to ensure the sustainability of green areas with gardens and low-density housing while the urban transformation is being carried out. Previously implemented practices will also be helpful for new urban transformation studies. In this study, the present situation of Turkmen Houses in Kayseri Hoca Ahmet Yesevi Quarter was examined. Kayseri is a city where urban transformation is pace. In Kayseri, a field study was carried out on the selected area and suggestions were given for the urban transformation to be carried out in the following years. It is hoped that the work will contribute to the subject.

2. Material and Method

Hoca Ahmet Yesevi Neighborhood Turkmen residences located in the development area of Kayseri is one of the few residential areas with gardens located near the city center. It is also an example of a residential area where the population, the green area and the equilibrium, are produced as immigrant housing, and the cultural values and experiences of the settled immigrants are connected with the interventions and contributions they have made to the area. However, this residential area has recently fallen under the scope of urban transformation and has begun to lose its original structure. Field study was considered important in the study. On-site examinations and documentation were carried out in the aim of putting the original identity of the field which is formed by the influence of modern architecture and urbanism period, and they were tried to be interpreted through the maps. After the general characteristics of the settlement have been determined, researches have been carried out for the future urban transformation to be healthy. It is acknowledged that there are more green field losses in urban

transformation implementations. For this reason, this study concentrates on what to do in order to avoid the disappearance of green areas after the transformation and to ensure its sustainability. Suggestions are presented by means of the obtained data. It is hoped that the work will also contribute to local governments.

3. Results

Kayseri has a central location within the country as a geographical location (Figure 1). Kayseri, which is an industrial and commercial city, has shown a planned development after the establishment of the Republic of Turkey. At the same time, the city also has garden city examples which are one of the sustainable planning approaches in the world. East Turkestan Houses discussed in this context are located in the north of Kayseri city, at a distance of 3.5 km from the city center, 2 km from the airport and covering 15.000 m² (Figure 2).



Figure 1. The location of Kayseri [16]



Figure 2. The Location and Connections of Kayseri Eastern Turkestan Residences [17]

The density of the green areas in the settlement is remarkable. The settlement consists of single and two storey houses, as well as attached houses (Figure 3).



Figure 3. Aerial photo from south view [18]

The residential area was a settlement built in 1966 for people from Turkmenistan who had been laid-off and forced to migrate from their own country, but over time the users changed hands. New users have also moved from another city to Kayseri. During the first period, housing distribution was provided through the Housing Section of the Ministry of Housing and Settlement. These houses have been forbidden to be sold to another person for 10 years. Over time, this sanction has been lifted. Ownership of the whole of the houses built for the people coming from the state due to forced migration is now in private persons.

The houses were originally planned as single storeys, but some residences were built in two storeys together with the large number of immigrants (Figure 4) The houses are adjacent to each other with garden walls. The parcel of each house, the area, the location and the size of the building in the area have the same size. The total land use areas of residential buildings constructed as two storeys adjacent to each other are determined in the range of 900-1000 m². The main entrance of the houses is reached by the entrance of the garden with its wall which is made later by the local government. Houses built in 1966 have undergone change overtime with extensions of plans and façades according to the needs of the users. This situation caused a sense of irregular settlement and wreckage.



Figure 4. Examples of original houses

The single-storey residences are 65 m² in size. In the plan, the ratio of the wet area and the kitchen are small (Figure 5) Small balconies of the houses having a bedroom that is reached from the living space are closed down over time and joined the interior. The materials used during this process additionally gave an idle appearance to the houses (Figure 6). Some single storey houses were built as attached buildings and this creates a sense of a larger green area.

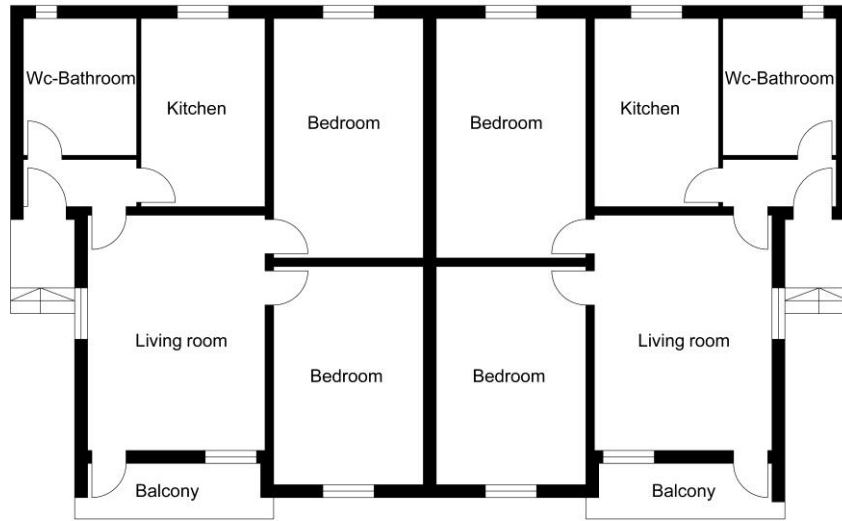


Figure 5. Plan scheme of single-storey residences



Figure 6. Extension and enclosure in single-storey houses

Two-storey residential buildings in the area are also located at 65 m². In two-storey houses constructed using the same plan scheme as single-storey houses, top-floor access is provided by an external ladder connection (Figure 7). Over time, it is observed that some of the staircases were constructed with an entrance space at the upper and lower levels, where some of these stairways were enclosed (Figure 8).

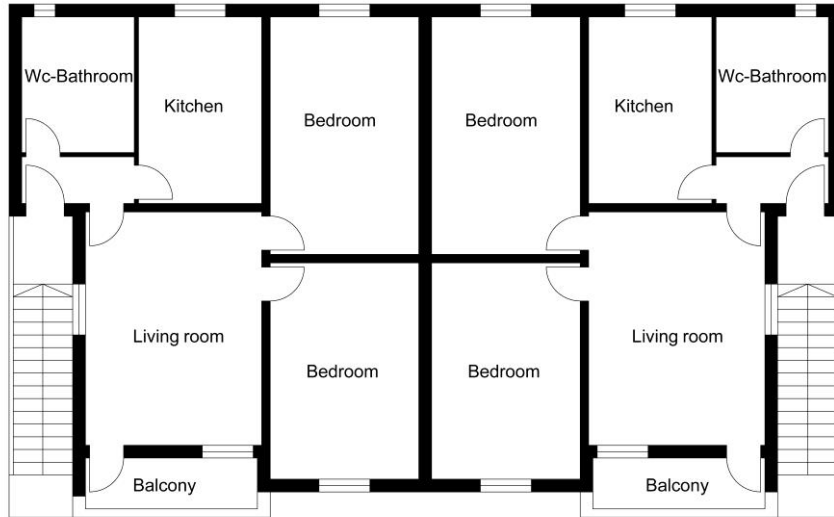


Figure 7. Plan scheme of two-storey residences



Figure 8. Extension and enclosure examples

The two-storey residential plan schemes and the changes made are similar to those of single-storey residences (Figure 9) In a few houses, extension and enclosure were more obvious. It is observed that the social areas are also involved in the planning in the settlement which consists of 84 attached and single storey, 116 attached and two storey houses and 200 single houses in total. Immigrant Mosque was built as a religious structure within the area. The necessary health unit is provided by the completion of the building used by the Housing Department and its conversion to a health center. An education building is also planned for the children of the families living here. The area designed for forced migrants is not just a place of welfare but also social facilities (Figure 10).



Figure 9. Extensions to the houses

The width of the green area in the residential area inside the garden does not come from only the residential gardens. At the same time, extensive park and garden areas are designed within the settlement for common use. It can be observed that the green area has not been compromised though the settlement is considered for forced migrants.



Figure 10. Social reinforcement areas (health center, school, mosque) [19]

Some data, such as the culture and the way of life that the users of the area manifest, have affected the use of open space in the residence and its surroundings. The change has been different in the residences with the users who bring along some unique features. This situation has also affected the perception of the area in question.

4. Discussion and Conclusion

In this study, the houses built by the Ministry of Housing and Urban Development for the families migrating from East Turkestan were examined within the context of urban transformation. In the study, the present conditions of the houses, plans and facade layouts were determined on site and social life was addressed in line with interviews with the families in the region. The region, which usually has a low-rise residential structure, is now releasing its place to multi-storey houses within the scope of urban transformation. This has damaged the social structure, which is in a single or twofold neighbour relation with social facilities.

In interviews with people living in the existing houses, it was emphasized that the houses were not stove-heated and insulated and that the size of the rooms was insufficient. It is stated that the houses constructed within the scope of urban transformation are centrally heated with elevator, and they are about twice as large as existing houses and that they provide more comfort for this reason. In the case of the previous settlement, the arrangement, which offers a garden life in low-rise houses, has begun to partly lead to a high-rise lifestyle lacking green area, which is preferred for better comfort conditions.

In terms of sustainability, Turkestan Houses have characteristics influenced by modern architecture and urbanism. Urban transformation will also cause the loss of this part of the city, which will adversely affect the sustainability of the built environment. Rapid urban transformation will lead to the rapid disappearance of urban memory. At this point, preservation of a certain part of the urban fabric that should be located in the memory of the city will be useful in terms of urban sustainability. In terms of sustainability, it is certain that the social relations regarding low-rise and the garden-city approach will deteriorate. On the other hand, the urban ecosystem formed around the low-rise residential houses will be negatively affected.

Besides, urban transformation is now being carried out through private companies, convincing housing owners individually or collectively. In practice, there are low-rise, low-density structure and high-rise, high-density structure. This is accomplished with a fragmented planning approach. When we look at the built environment that is transformed within the scope of urban transformation; it seems that it does not offer a healthy, qualified and balanced environment with sufficient green area, and that question of rent is held on the front line and is based on a non-integral planning approach. This situation is incompatible with the principle of sustainability. It is observed that the area is at a location close to the city center and the development areas of the city. In this context, it is considered that the implementation of these transformations will be a negative example in terms of the future studies in the city and its immediate vicinity. For this reason, it is important to have a holistic planning with the understanding of sustainability. It is expected that this work contributes to the field and that local governments will be guided in future planning.

References

- [1] Yiğit-Turan, B. 2016. Modernist landscapes of Ankara. *Journal of Landscape Architecture*, 11(2), 14-25.
- [2] Cengizkan, A. (2004), Ankara'nın İlk Planı 1924-25 Lörcher Planı: Kentsel Mekan Özellikleri, 1932 Jansen Planı'na ve Bugüne Katkıları, Etki ve Kalıntıları [The First Plan of Ankara 1924-1925: Lörcher's Plan] Ankara: Ankara Enstitüsü Vakfı, Arkada Yayıncılık, 239s.
- [3] Sohn, E. 2007. Organicist Concepts of City Landscape in German Planning after the Second World War. *Landscape Research*, 32(4), 499-523.
- [4] Botar, O., and Wünsche, I. 2011. Biocentrism as a constituent element of Modernism. ss 1-14. Botar, O., and Wünsche, ed. 2011. *Biocentrism and Modernism*, Surrey and Burlington, Ashgate Publishing Limited, England, 288s.
- [5] Haney, D. and Sohn E. 2011. Traces of Organicism in Gardening and Urban Planning Theories in Early Twentieth-Century Germany. ss. 107-126. Botar, O., and Wünsche, ed. 2011. *Biocentrism and Modernism*, Surrey and Burlington, Ashgate Publishing Limited, England, 288s.
- [6] Lewis, J. 2015. Preserving and Maintaining The Concept of Letchworth Garden City. *Planning Perspectives*, 30(1), 153-163.
- [7] Daniels, T.L. 2009. A Trail Across Time: American Environmental Planning from City Beautiful to Sustainability. *Journal of the American Planning Association*, 75(2), 178-192.
- [8] Conroy, M.M., Jun, H.J. 2016. Planning Process Influences on Sustainability in Ohio Township Plans. *Journal of Environmental Planning and Management* 59(11), 2007-2023.

- [9] Newman, P., Kenworthy, J. 1999. Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence. Washington D.C: Island Press, 442 p.
- [10] Gibberd, J. 2015. Measuring Capability for Sustainability: The Built Environment Sustainability Tool (BEST). Building Research & Information, 43(1), 49-61.
- [11] World Commission on Environment and Development (WCED). (1987). Our common future (The Brundtland Report). <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>, accessed date: 05.06.2017
- [12] Özden, P.P. 2008. Kentsel Yenileme, İmge Kitabevi Yayınları, 1. Baskı, İstanbul, 466s.
- [13] Atalık, G. Çetiner, A. Göçer, O. Keskin, A. Özdeş, G., Suher, H. 1985. Şehircilik, İstanbul: İTÜ Matbaası, İstanbul, 336 s.
- [14] Roberts P. 2017. The Evolution Definition and Purpose of Urban Regeneration, Roberts, 2 nd Edition. P. Sykes H., Granger, R. (eds.) in Urban Regeneration. SAGE Publications Ltd., London, 360p.
- [15] Lützkendorf, T., Fan, W., Lorenz, D. 2011. Engaging Financial Stakeholders: Opportunities for a Sustainable Built Environment. Building Research & Information, 39(5), 483-503.
- [16] Wikipedia, 2017. Turkey Map. https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Dosya:Kayseri_in_Turkey.svg (Accessed Date: 05.07.2017).
- [17] Citysurf Kayseri, 2017, "Kayseri area map", version: 4_2_51, accessed date: 01.07.2017
- [18] Panoramio, 2017, <https://ssl.panoramio.com/photo/21838245>, accessed date: 05.07.2017
- [19] Google Earth 2017- Kayseri area map version... accessed date 01.07.2017

Güneş Panellerinde IC Ve ANFIS Tabanlı MPPT Algoritmalarının Karşılaştırmalı Performans Analizi

Okan GÜNGÖR^{*1}, Ayhan ÖZDEMİR²,

^{*1} Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği, SAKARYA

² Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği, SAKARYA

(Alınış / Received: 16.08.2018, Kabul / Accepted: 30.08.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 31.08.2018)

Anahtar Kelimeler

MPPT,
AI,
ANFIS,
Boost Dönüştürücü

Öz: Mevcut enerji kaynaklarının hızla tükenmesi nedeniyle, ucuz ve uzun ömürlü olmasından dolayı güneş enerjisi iştah açıcı bir hale gelmiştir. Bu sebeple bu çalışmada güneş panellerinden maksimum bir şekilde faydalanabilmek için algoritmik yöntemler incelenmiştir. İlk olarak bu yöntemlerden biri olan IC yöntemi doğrudan uygulanarak MPPT yapılmıştır. İkinci olarak ise ANFIS tabanlı MPP takibi ve PID kontrolör tasarımı yapılmıştır. Transfer fonksiyonuna dayalı tasarım yapılacağı için, Boost dönüştürücünün küçük işaret modeli adım adım çıkarılmıştır. Yapılan bu çalışmaların sonucu, her iki yöntemin farklı yük ve değişken şartlar altında performansları karşılaştırmalı bir şekilde yapılarak çıkarımlarda bulunulmuştur.

Comparative Performance Analysis of IC and ANFIS Based MPPT Algorithms in Solar Panels

Keywords

MPPT,
IC,
ANFIS,
Boost Converter

Abstract: Because of the rapid depletion of available energy resources, solar energy has become appetizing due to its low cost and long life. For this reason in this study, algorithmic methods have been investigated in order to make maximum use of solar panels. MPPT is firstly performed by directly applying with the help of IC method one of these methods. Secondly, ANFIS based MPP tracking and PID controller design have performed. The Boost converter small signal model has been done step-by-step, because design based on transfer function is to do. The result of these studies is inferred by comparing the performances of both methods under different load and variable conditions.

1. Giriş

Güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu pahalı ve güneş panellerinin verimi düşüktür. Bu nedenle PV panellerden maksimum verimde faydalanmamız gerekmektedir. Literatürde PV panelin mevcut ortam şartlarında üretebileceği maksimum gücü çekmek için temelde iki farklı algoritmik teknik kullanılmıştır. Bu teknikler On-line ve Off-line yöntemler olarak sınıflandırılmaktadır. On-line yöntemler, panelin çıkışa aktardığı gücü eski panel çıkış gücüyle kıyaslayarak referans sinyalini maksimum güç noktasına doğru yönlendirir[1]. Bu yöntemlerin önde gelenleri PNO ve IC' dir. Bu iki algoritma panel çıkışından akım ve gerilim sensörleri yardımıyla sürekli olarak ölçüm yapmaktadır. Ölçülen değerler yardımıyla maksimum güç noktasına sabit bir adım değişimiyle ulaşılır. Bu alanda Tiong Meng Chung ve arkadaşları IC yöntemini PNO ile kıyaslamışlardır ve de geliştirilen IC algoritmasının performansının daha üstün olduğunu sunmuşlardır [2].

Off-line yöntemler ise panellerin parametrelerinin (panel radyasyon seviyesi, panel sıcaklığı, panel kısa devre akımı ve panel açık devre gerilimi) detaylı bir şekilde önceden tespiti odaklı çalışır [1]. Bu yöntemde, güncel olarak bazı yapay zeka teknikleri (BM, YSA, ANFIS) kullanılarak algoritmalar geliştirilmektedir[3,4]. Bu algoritmalar BM tabanlı geliştirilen uygulamalarında ilgili parametrelerin belirlenmesinde uzman bilgisine aşırı gereksinim duyulduğu gözlemlenmiştir[5]. Bunu ortadan kaldırmak için YSA'nın paralel hesaplayabilme ve

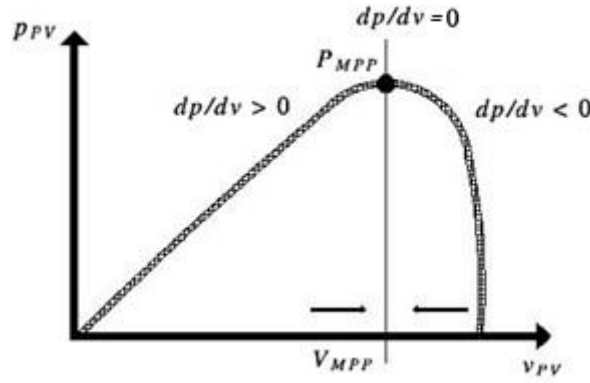
öğrenme kabiliyeti ile bulanık mantığın çıkarım özelliğini kullanan hibrit bir yapay zeka metodu olan ANFIS ön plana çıkmıştır[6].

Yapılan bu çalışmanın odak noktası da iki farklı sınıfta bulunan (IC ve ANFIS tabanlı) MPPT algoritmalarının performansını analiz etmektir. Bu sebeple dönüştürücülerin panel gücünü yüke aktarıırkenki yaşadığı güç kaybını hesaba katmamak amacıyla güç ölçümü panel uçlarından ölçülerek karşılaştırmalı benzetim çalışmaları yapılmıştır.

2. Artımsal İletkenlik Tabanlı MPPT

Her bir fotovoltaik panel kendine özgü karakteristik eğrilere sahiptir (Şekil 1.). Bu eğriler üzerinde de bir maksimum güç noktası bulunmaktadır. Maksimum güç noktasında, denklem (1)'de gösterildiği gibi bir ilişki vardır.

$$\frac{dP}{dV} = 0 \quad (1)$$



Şekil 1. Panel $P \times V$ eğrisi üzerinde çalışma bölgesi

Denklem 1'e zincir kuralı uygulanırsa :

$$\frac{dP}{dV} = \frac{d(I \cdot V)}{dV} = \frac{V \cdot dI}{dV} + \frac{I \cdot dV}{dV} \quad (2)$$

$$\frac{dP}{dV} = V \cdot \frac{dI}{dV} + I \quad (3)$$

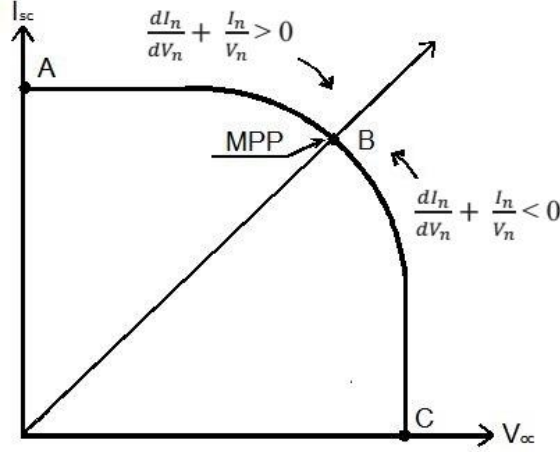
MPP 'de

$$\frac{dP}{dV} = \frac{dI}{dV} + \frac{I}{V} = 0 \quad (4)$$

Artımsal iletkenlik yönteminin temel fikri yukarıdaki işlemlerden gelmektedir [7]. Pratik uygulamalarda ($\frac{dP}{dV} = 0$) nadiren gerçekleşmektedir. Bu sebeple MPPT yöntemlerinin hassasiyetine bağlı olarak eğimin sıfır olduğu nokta küçük bir hata payı ile bulunabilmektedir [8].

$$\frac{dI}{dV} + \frac{I}{V} = e \quad (5)$$

Hata (e) genellikle deneme yanılma yöntemiyle sabit bir biçimde belirlenmektedir [9]. Belirlenen hata büyük olursa MPP çabuk bulunabilirken, sürekli durumda salınım yapılmaktadır. Hatanın küçük olması durumunda maksimum güç noktasına ulaşmakta gecikirken, sürekli durumda daha az salınım oluşmaktadır. IC yönteminde kontrol değişkeni olarak akım, gerilim veya görev süresi seçilebilmektedir. Bu çalışmada kontrol değişkeni olarak görev süresi seçilmiştir.



Şekil 2. IC yönteminin çalışma mantığı

Şekil 2.'de de görüldüğü üzere eğer:

$\frac{dI}{dV} = 0$ olursa MPP noktasındadır. Teorik olarak görev süresinde değişiklik yapılmaması gerekmektedir.

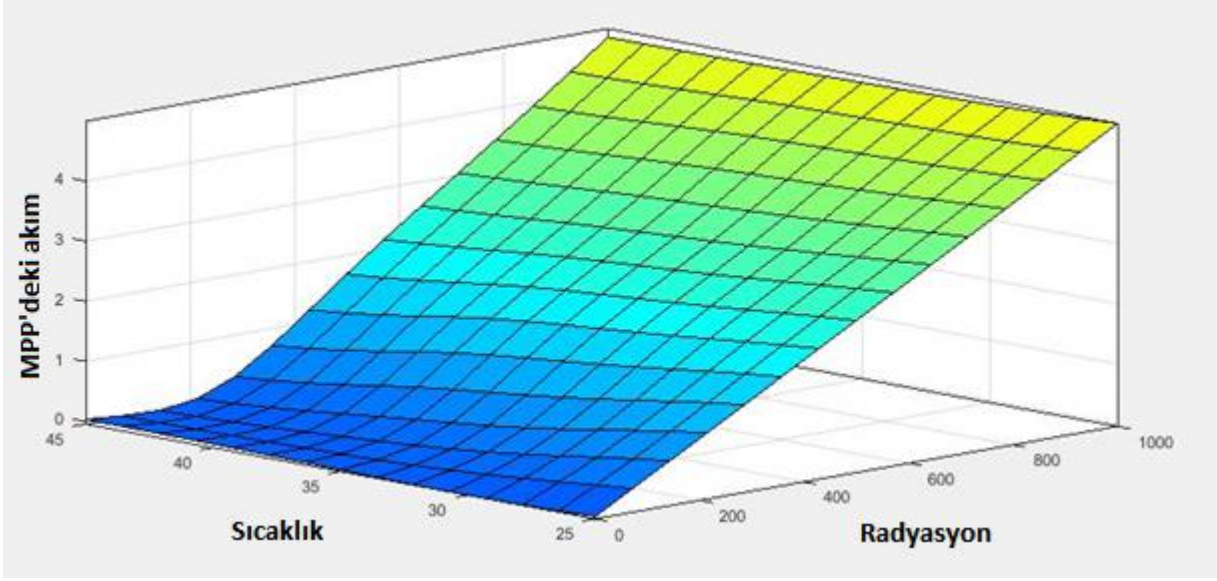
$\frac{dI}{dV} + \frac{I}{V} > 0$ olursa eğer MPP'nin sol tarafındadır. Görev süresinin artırılması gerekmektedir.

$\frac{dI}{dV} + \frac{I}{V} < 0$ olursa eğer MPP'nin sağ tarafındadır. Görev süresinin azaltılması gerekmektedir [2].

3. ANFIS Tabanlı MPPT

Genellikle, bulanık mantığa aktarılan insan bilgisi tam sonucu veremeyebilmektedir. Bu yüzden bulanık mantığın parametrelerinin optimum değerleri bulunmalıdır. ANFIS'in temel amacı girdi-çıkı veri setlerini kullanarak, bir öğrenme algoritması uygulayarak eşdeğer FIS parametrelerinin optimum değerlerini belirlemektir [10]. Hedef çıkış ve gerçek çıkış farkı (hata), ANFIS tarafından minimize edilerek parametrelerin optimizasyonu gerçekleştirilir. ANFIS (Takagi-Sugeno) modeli temel yapısı beş katmandan oluşan iki girişli bir çıkışlı yapı sırasıyla Bulanıklaştırıcı Katmanı, Kural Katmanı, Normalizasyon Katmanı, Berraklaştırıcı Katman ve Toplam Katmanından oluşmaktadır [11].

KC85t-Kyocera marka fotovoltaik modüle ait olan radyasyon, sıcaklık ve bu değerlerde maksimum noktadaki akımların toplanarak, ANFIS yardımıyla oluşturulan ağınc üç boyutlu görseli Şekil 3.'de sunulmuştur.

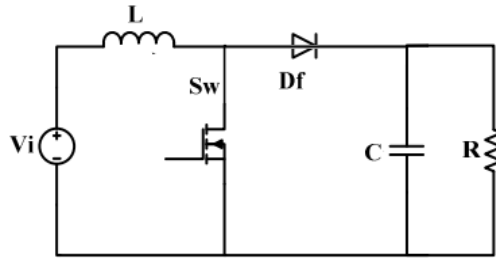


Şekil 3. ANFIS ile oluşturulan ağ

ANFIS yapay zeka yöntemi kullanılarak bulunan I_{mpp} üçüncü bölümde tasarlanan PID kontrolör için referans işaret olarak alınıp, dördüncü bölümdeki benzetim çalışması yapılmıştır.

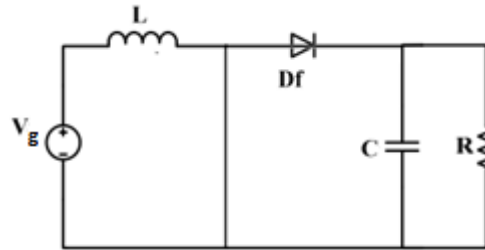
3. Boost Dönüştürücü Modellenmesi

Boost dönüştürücüler bir adet bobin, bir adet kondansatör, bir adet diyot ve bir anahtarlama elemanından meydana gelir. Boost dönüştürücü, giriş gerilimini artırarak çıkışa iletir. Çıkış gerilimi giriş geriliminden daha büyük ve çıkış akımı giriş akımından daha küçük olan bir dönüştürücüdür. Devre şeması aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4. Boost dönüştürücü

Boost dönüştürücünün matematiksel modelini bulmak amacıyla anahtarlama durumları aşağıda verilmiştir. Boost dönüştürücü iletim durumunda:

Şekil 5. Boost dönüştürücü iletim durumunda dT_s

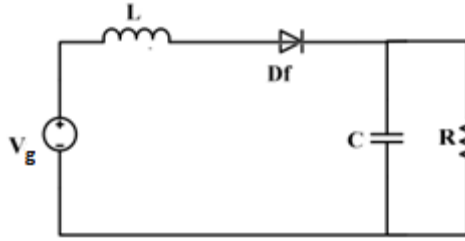
$$L \frac{di_L}{dt} = V_g \quad (6)$$

$$C \frac{dV_C}{dt} = -\frac{1}{R} V_C - i_z \quad (7)$$

Yukarıda bulunan denklemleri vektör matris ($\dot{x} = A_1 x + B_1 u$) şeklinde yazarak denklem (8) elde edilmektedir.

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_L \\ \dot{v}_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -1/RC \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ v_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1/L \\ 0 \end{bmatrix} [V_g] + \begin{bmatrix} 0 \\ -1/C \end{bmatrix} [i_z] \quad (8)$$

Boost dönüştürücü kesim durumunda:



Şekil 6. Boost dönüştürücü kesim durumunda $(1-d)T_s$

$$L \frac{di_L}{dt} = V_g \quad (9)$$

$$C \frac{dV_C}{dt} = -\frac{1}{R} V_C + i_L - i_z \quad (10)$$

Yukarıda bulunan denklemleri vektör matris ($\dot{x} = A_2 x + B_2 u$) şeklinde yazarak denklem (11) elde edilmektedir.

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_L \\ \dot{v}_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1/L \\ 1/C & -1/RC \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ v_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1/L \\ 0 \end{bmatrix} [V_g] + \begin{bmatrix} 0 \\ -1/C \end{bmatrix} [i_z] \quad (11)$$

Boost dönüştürücünün anahtar kesim ve iletim durumları için yukarıda verilen durum denklemleri birleştirilerek ortalama geniş sinyal modeli elde edilmektedir.

$$\begin{aligned} A &= A_1 d + A_2 (1-d) \\ B &= B_1 d + B_2 (1-d) \\ C &= C_1 d + C_2 (1-d) \\ D &= D_1 d + D_2 (1-d) \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_L \\ \dot{v}_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1-d}{L} \\ \frac{1-d}{C} & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ v_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_g \\ i_z \end{bmatrix} \quad (13)$$

Elde edilen ortalama geniş sinyal modeli sürekli hal (D) ve küçük işaret (\hat{d}) modelinden oluşmaktadır. Burada sürekli hal durumu için, ortalama geniş sinyal modelinde d'leri D'ye dönüştürüp ve diğer bütün değişkenleri büyük işaretler ile temsil ederek elde edilmektedir.

$$v_c = V_c + \hat{v}_c \quad (14)$$

$$i_L = I_L + \hat{i}_L \quad (15)$$

$$i_z = I_z + \hat{i}_z \quad (16)$$

$$d = D + \hat{d} \quad (17)$$

$$v_g = V_g + \hat{v}_g \quad (18)$$

Geniş sinyal modelinde küçük işaret ve sürekli durum sabitleri yerlerine konularak denklem(19) elde edilmektedir.

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_L + \hat{i}_L \\ \dot{V}_C + \hat{v}_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1-D+\hat{d}}{L} \\ \frac{1-D+\hat{d}}{C} & \frac{1}{RC} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L + \hat{i}_L \\ V_C + \hat{v}_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_g + \hat{v}_g \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{1}{C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_z + \hat{i}_z \end{bmatrix} \quad (19)$$

Geniş sinyal modelindeki durum değişkenleri ve giriş değişkenleri, çalışma noktasındaki ortalama değer ve etrafındaki salınımlardan oluşan iki bileşenden oluşmaktadır.

Bu matristen (19) küçük sinyal modeli elde etmek için,

$$1- AX + BU = 0$$

2-İki küçük işaretin çarpımının sıfır olduğu kabulleri yapılmıştır [12].

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_L + \hat{i}_L \\ \dot{V}_C + \hat{v}_C \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & -\frac{(1-D)}{L} \\ \frac{1-D}{C} & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ V_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ -\frac{1}{C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_g \\ I_z \end{bmatrix}}_{AX+BU=0} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & \frac{\hat{d}}{L} \\ \frac{\hat{d}}{L} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{i}_L \\ \hat{v}_C \end{bmatrix}}_0$$

$$\begin{bmatrix} 0 & -\frac{\hat{d}}{L} \\ \frac{\hat{d}}{C} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ V_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -\frac{(1-D)}{L} \\ \frac{1-D}{C} & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{i}_L \\ \hat{v}_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{v}_g \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{1}{C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{i}_z \end{bmatrix} \quad (20)$$

Yukarıda verilen denklem (20), vektör matris formunda ifade edilebilmesi için kabuller göz önünde bulundurularak aşağıda yeniden düzenlenmiştir.

$$\begin{bmatrix} \dot{\hat{i}}_L \\ \dot{\hat{v}}_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{(1-D)}{L} \\ \frac{1-D}{C} & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{i}_L \\ \hat{v}_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} & 0 & \frac{V_C}{L} \\ 0 & -\frac{1}{C} & -\frac{i_L}{C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{v}_g \\ \hat{i}_Z \\ \hat{d} \end{bmatrix} \quad (21)$$

$\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + B\hat{u}$ durum denklemi elde edildi. Görev süresi \hat{d} , panel çıkış gerilimi \hat{v}_g , bozucu yük akım \hat{i}_Z olmak üzere üç adet giriş işareti vardır. Kontrolör tasarımında çalışma noktası için panel çıkışı gerilimi ve yük akım değişimleri sıfır alınır. Çıkış denklemi:

$$\hat{y} = C\hat{x} + D\hat{u} \quad (22)$$

Girişin doğrudan çıkışa etkisi olmadığı için $D=0$ alırız.

$$\begin{bmatrix} \hat{v}_0 \\ \hat{i}_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{i}_L \\ \hat{v}_C \end{bmatrix} \quad (23)$$

PID kontrolör tasarımı transfer fonksiyonuna dayalı yapılacağından Boost dönüştürücünün transfer fonksiyonu durum denklemlerinin katsayılar matrisleri kullanılarak elde edilmiştir.

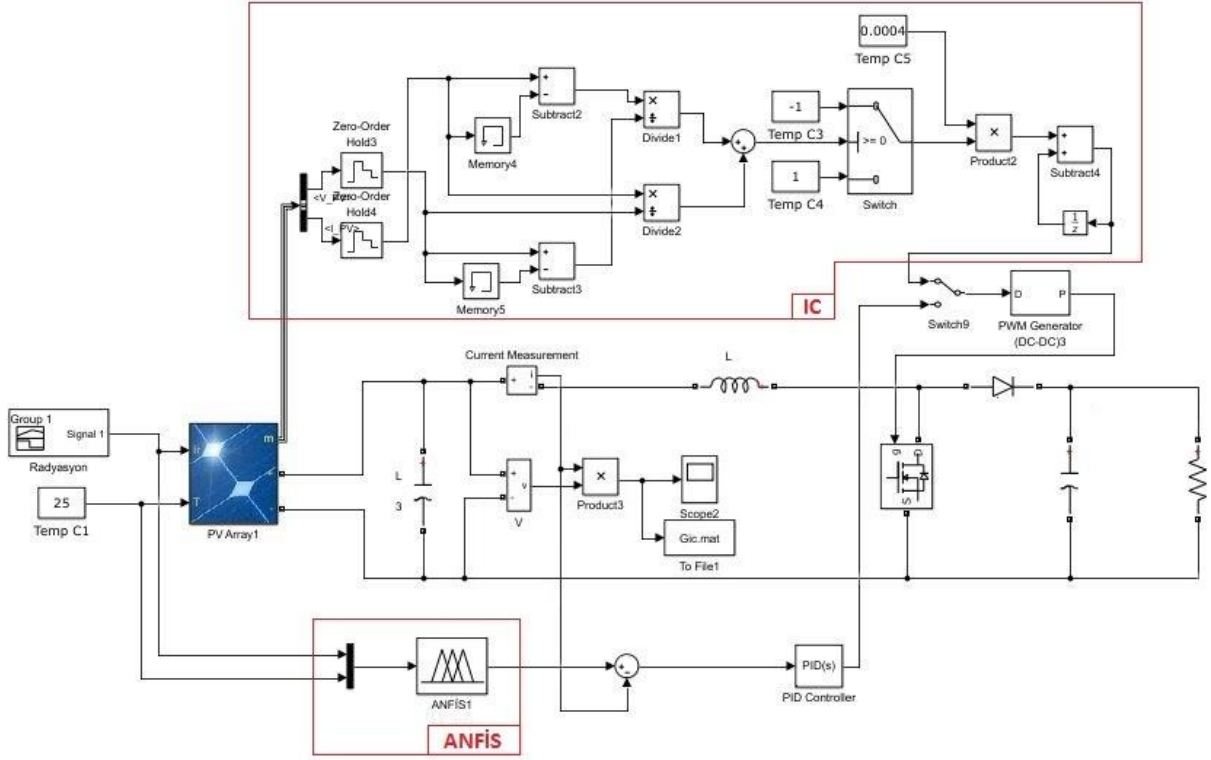
$$\frac{\hat{i}_i}{\hat{d}} = C[sI - A]^{-1} [B] = \frac{1.477e04s + 1.182e07}{s^2 + 400s + 693842} \quad (24)$$

PID tasarımı yöntemleri bu çalışmanın kapsamı dışında olduğundan MATLAB ara yüz tasarımları kullanılarak PID katsayıları elde edilmiş ve aşağıda verilmiştir.

$$K_p = 0.0105, K_i = 16.2, K_d = 1.69e-06$$

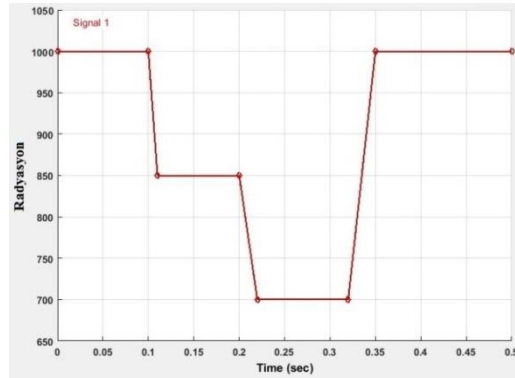
4. Benzetim Çalışması

On-line gruba dahil olan IC algoritması ile off-line gruba dahil olan ANFIS algoritmasının karşılaştırmalı olarak değişken radyasyon ve farklı yükler için performans analizi aşağıda gösterilmektedir. Bu çalışmada kullanılan ANFIS ve IC tabanlı MPPT uygulamalarının devre şeması Şekil 7.' de sunulmuştur.



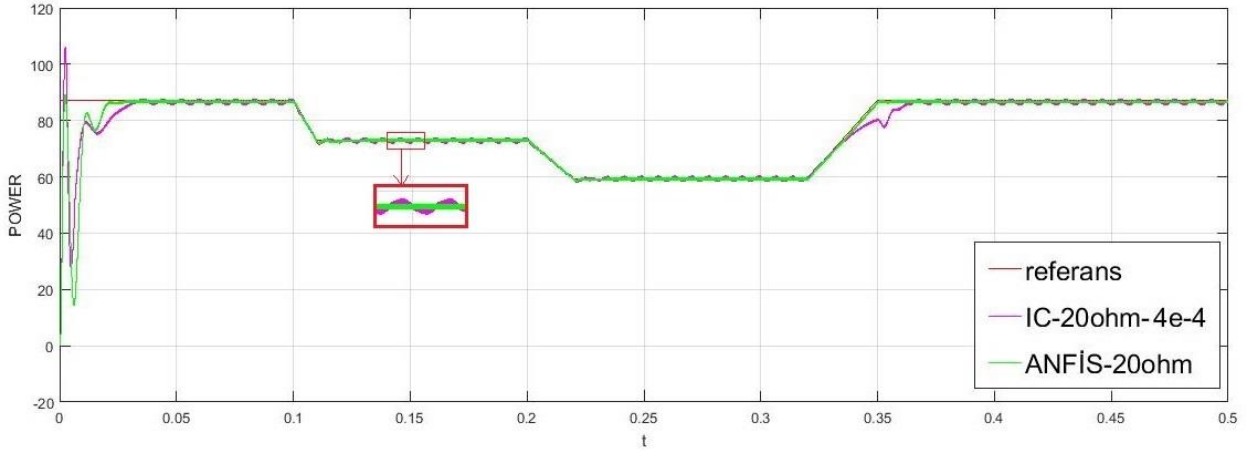
Şekil 7. MPPT uygulaması devre şeması

Şekil 8.'de güneş paneline uygulanan radyasyon değişimi sunulmuştur.



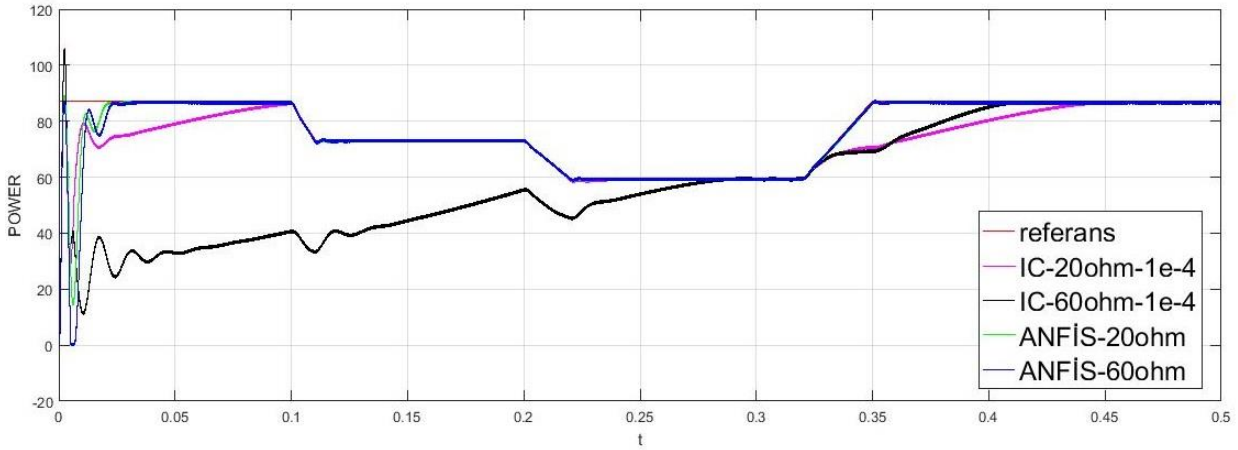
Şekil 8. Basamak radyasyon değişimi

20 ohm yük altında, $4e-4$ adım aralığına sahip olan IC algoritması ve ANFIS tabanlı geliştirilen algoritma yardımıyla yapılan MPPT sonucu panel çıkış gücündeki değişim aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 9. Değişken radyasyon şartları altında uygulanan MPPT algoritmalarının, panel çıkış gücündeki değişimi

20 ve 60 ohm yükler altında, $1e-4$ adım aralığına sahip olan IC algoritması ve ANFIS tabanlı geliştirilen algoritma yardımıyla yapılan MPPT sonucu panel çıkış gücündeki değişim aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 10. Değişken radyasyon şartları altında farklı yüklerde uygulanan MPPT algoritmalarının, panel çıkış gücündeki değişimi

Şekil 9.'da yüksek adım aralıklarına sahip olan IC algoritmasının referansı yüksek bir hızda takip edebilirken, sürekli durumda salınım yaptığı görülmektedir. Şekil 10.'da ise yük değişiminin IC algoritması yardımıyla yapılan MPPT'nin performansını kötü etkilediği ortaya koyulmuş ve IC algoritmasının adım aralığının düşük seçilmesi durumunda ise MPP'ye erişimde gecikmeler olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 9,10.'dan görüldüğü üzere ANFIS tabanlı yapılan MPPT'nin ise bu eksikliklere sahip olmaksızın yüksek bir performans göstermiştir.

6. Tartışma ve Sonuç

MPPT algoritmalarının performansı değerlendirilirken MPP'yi bulmaktaki hızı ve MPP' de salınım yapmaması istenilmektedir. Bu çalışmada, IC algoritmasının uygulanabilmesi için kontrolör tasarımına ihtiyaç duymaması ve de panele ait eski verilerin kullanılmaması sebebiyle ANFIS tabanlı algoritmaya kıyasla daha basit ve ucuz olduğu, bu nedenle de düşük güçlü uygulamalarda tercih edileceği düşünülmektedir. Ancak yapılan benzetim çalışmalarında ANFIS tabanlı yapılan MPPT'nin farklı yük ve değişken radyasyon şartları altında IC tabanlı yapılan MPPT'nin değişimi takip etmekteki hızı ve MPP'de yapmış olduğu salınımlardan dolayı ANFIS tabanlı geliştirilen MPPT'nin daha başarılı olduğu ortaya koyulmuş ve yüksek güçlü uygulamalarda kullanılmasının daha verimli olacağı gösterilmiştir.

Kaynakça

- [1] Liu, X., An Improved Perturbation And Observation Maximum Power Point Tracking Algorithm For Pv Panels, Concordia University Montreal, June 2004
- [2] Chung, T. M., Daniyal, H., Sulaiman, M.H., Bakar M.S., Comparative Study of P&O And Modified Incremental Conductance Algorithm In solar Maximum Power Point Tracking. The Clean Energy and Technology Conference, pp. 1-6, 2016.
- [3] Nabipour, M., Razaz, M., Seifossadat S.G.H., Mortazavi, S.S., A new MPPT scheme based on a novel fuzzy approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 74, pp.1147–1169, 2017.
- [4] Agwa A. M., Mahmoud I. Y., Photovoltaic Maximum Power Point Tracking by Artificial Neural Networks. Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), Vol. 4, Issue 1, 2017.
- [5] Radjai, T., Rahmani, L., Gaubert, P., Gassab, S., Fuzzy Logic Variable Step of P&O MPPT with Direct Control Method Using Cuk Converter, ELECTRIMACS, pp. 324-329, 2014.
- [6] Demirel Ö.,Kakilli A., Tektaş M., Anfis Ve Arma Modelleri İle Elektrik Enerjisi Yük Tahmini. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der, Vol. 25, pp. 601-610, 2010.
- [7] Kuo, Y. C., Liang, T. J., Chen, J. F., Novel Maximum-Power-Point-Tracking Controller for Photovoltaic Energy Conversion System. IEEE Transactions On Industrial Electronics, Vol. 48, pp. 594 - 601, 2001.
- [8] Hussein, K.H., Muta, I., Hoshino, T., Osakada, M., Maximum photovoltaic power tracking: an algorithm for rapidly changing atmospheric conditions. IEE Proceedings - Generation, Transmission and Distribution, Vol. 142, pp. 59–64, 1995.
- [9] Safari,A., Mekhilef, S., Simulation and hardware implementation of incremental conductance MPPT with direct control method using cuk converter. IEEE Transactions On Industrial Electronics, Vol. 58, pp. 1154 - 1161, 2011.
- [10] Takagi, T., Sugeno, M., Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics, Vol. Smc-15, pp. 116–132,1985.
- [11] Gülbağ A., Yapay sinir ağı ve bulanık mantık tabanlı algoritmalar ile uçucu organik bileşiklerin miktarsal tayini. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümü, Doktora Tezi,Sakarya,2006.
- [12] Forsyth, A.J., Mollov, S.V., Modelling and control of DC-DC converters. IEEE Power Engineering Journal, pp. 229-236, 1998.

Yarı Bodur Elma Bahçelerinde Bazı Örtücü Bitkilerin Verim ve Kalite Üzerine Etkileri

Doğan IŞIK*¹ Gülhanım TÜRKMEN¹ Zeynep DEMİR², İdris MACİT³

¹ Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Kayseri

² Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Ankara

³ Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Samsun

(Alınış / Received: 25.05.2018, Kabul / Accepted: 30.08.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 31.08.2018)

Anahtar Kelimeler

Elma,
Yabancı ot,
Rekabet,
Örtücü bitkiler,
Verim

Öz: Türkiye ekonomisi için büyük bir sektör olan tarımda bahçe bitkileri önemli bir bileşendir. Elma üretim alanları Türkiye'deki toplam meyve üretiminin % 7'sini oluşturmaktadır. Elma bahçelerinde verimi etkileyen pek çok biyotik ve abiyotik faktör mevcuttur. Yabancı otlar elma bahçelerin de verimi etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Herbisitlerin çeşitli yan etkilerinden dolayı yabancı otlarla mücadelede alternatif mücadele yöntemlerine gerek duyulmaktadır. Meyve bahçelerinde yabancı otlarla mücadelede örtücü bitkilerin kullanılması bu alternatif yöntemlerden biridir. Bu çalışma kapsamında örtücü bitkilerin bodur elma yetiştiriciliğinde verime etkisi incelenmiştir. Deneme Develi ilçesinde Starking elma çeşidinin bulunduğu bahçede 2012-2013 yılları arasında yürütülmüştür. Deneme tesadüf bloklar deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak kurulmuş olup *Trifolium repens*, *Festuca rubra rubra*, *Festuca arundinacea* bu 3 bitkinin (% 40+30+30) oranındaki karışımı, *Visia villosa*, *Trifolium meneghinianum*, yabancı otlu kontrol parseli, mekanik mücadele parseli ve herbisitle mücadele yapılmış parsel olmak üzere 9 karakterli olarak yürütülmüştür. En yüksek birim kesit alana toplam verim *V. villosa* (tüylü fiğ) parsellerinden elde edilirken en düşük toplam verim ise mekanik mücadele yapılan parsellerden elde edilmiştir. Örtücü bitkilerin verim kaybına neden olmadığı bu araştırma örtücü bitkilerin canlı malç olarak elma bahçelerinde yabancı otlarla mücadelede kullanılabileceğini göstermiştir.

The Effects of Some Cover Crops on Yield and Quality in Semi Dwarf Apple Orchards

Keywords

Apple,
Weeds,
Competition,
Cover crops,
Yields

Abstract: Agriculture in an important sector in Turkish economy and horticulture is a crucial component. Apple planted areas cover approximately 7% of total fruit planted area in Turkey. There are many biotic and abiotic factors affecting yield in the apple orchards. Weeds are one of the most important yield limiting factors in the apple orchards. Alternative weed control methods are needed because of the various side effects of herbicides. Using cover crops for weed control in fruit orchards is one of the broadly applied alternative methods. The aim of this study is to examine the effect of some cover crop used in weed control on yield and quality in semi dwarf apples orchards. These experiments were conducted in 2012-2013 in semi dwarf apple orchards in Develi district of Kayseri province in Turkey. The cover crop treatments consisted of *Trifolium repens* L., *Festuca rubra rubra* L., *Festuca arundinacea* Schreb., and a mixture of perennials (40% *T. repens* + 30% *F. rubra* + 30% *F. arundinacea*), *Vicia villosa* Roth. and *Trifolium meneghinianum* Celm. Cover crop treatments were arranged in a randomized complete block design with four replications, and all cover crops were grown on the same plot during the experimental periods. Control plots such as weedy control, herbicide control and mechanical control were added as reference plots. The highest yield was obtained from *V. villosa* (hairy vetch) while the lowest total yield was obtained from the mechanical control plots. None of the cover crops caused a decrease in yield of apple yields. This research demonstrated that cover crops could be used as living mulch to manage weeds in apple orchards.

1. Giriş

Asya ve Avrupa kıtaları arasında bir köprü oluşturan ve üç yanı denizlerle çevrili olan ülkemizde meyvecilik kültürü tarihin çok eski dönemlerine kadar uzanmaktadır. Ülkemiz sahip olduğu çeşitli iklim farklılıkları nedeniyle elmadan antepfıstığına, muzdan fıncığa kadar birçok meyve türleri yetişebilmektedir. Bu yüzden, Türkiye meyve yetiştiriciliği bakımından kendine yeterli sayılan ender ülkelerden biri olarak kabul edilmektedir. Ülkemizde meyvecilik hızla artarken, bunun yanında meyveliklerin tesisinde iklim, toprak, taban suyu, hâkim rüzgâr yönü, hastalıklardan arı ve pazar değeri yüksek anaç ve çeşit seçimi gibi dikkat edilmesi gereken pek çok faktör mevcuttur. Bununla birlikte yetiştiricilik sırasında da sulama, gübreleme, toprak işleme, budama ve zirai mücadele gibi pek çok bileşen doğru ve tekniğine uygun bir şekilde uygulanmalıdır [1].

Elma ülkemizin en önemli meyvelerinden biri olup Kuzey Anadolu, Karadeniz kıyı ile İç Anadolu ve Doğu Anadolu yaylaları arasındaki geçit bölgeleri, Doğu Marmara ile son yıllarda güneyde göller bölgesi elmanın önemli yetiştiricilik alanlarını oluşturmaktadır. Bugün dünya elma üretimi 76.3 milyon ton'u geçmiştir [2]. Türkiye 2.925.828 tonluk üretim ile 5. sırada yer almaktadır [3]. Dünyada verimde yaşanan artış oranları ülkemizde benzer oranlarda yaşanmamıştır. Ülkemizde ağaç başı ve birim alan verimleri dünya ortalamasının altındadır. Ülkemizde birim alandan elde edilen elma miktarının yıllar içindeki değişimleri incelendiğinde verim yaklaşık olarak 1,2-1,7 ton arasında değişkenlik göstermiştir. Bu değişime yağış miktarlarında yaşanan değişimlerin de etki edebileceği düşünülmektedir [4].

Günümüz meyve bahçelerinde geleneksel tarım yapılmakta sıra araları boş bırakılmakta veya ağır toprak işleme ile meyve ağaçlarının yüzeye yakın kılcal kökleri kesilmek suretiyle besin alımını engellemektedir. Sonuç olarak bitkiyi bakteri ve funguslara karşı hastalandırmaya açık hale getirmektedir. Modern tarımda gerekmedikçe toprak işlemenin yapılmaması üzerinde durmaktadır. Ülkemizdeki elma bahçelerinde ise, sık toprak işleme yerine, hem yabancı otları agroekosistemin dengesini bozmadan kontrol edecek, hem de ortam biyoçeşitliliğini artırmak suretiyle, elma ağaçlarında zararlı diğer etmenlerin doğal kontrolünü sağlayacak uygulamaların yaygınlaştırılması gerekmektedir. İşte bu yöntemlerden biri de örtücü bitki uygulamalarıdır. Örtücü bitki, hızlı gelişen ve yüzeyde oluşturduğu sık habitusla toprağı örten, tek ya da çok yıllık otsu bitkilere örtücü bitki adı verilmektedir [5, -7]. Bugün özellikle Avrupa'daki meyve bahçelerinde sıkça rastladığımız örtücü bitki uygulamalarının: Doğal rekabet, mekanik blokaj ve allelopati yoluyla yabancı otların gelişimini baskı altına aldığı, toprağın yapısını iyileştirdiği ve su içeriğini düzenlediği, toprağın organik madde miktarını, karbon dinamiklerini ve mikrobiyal fonksiyonlarını artırdığı, toprak erozyonunu önlediği, baklagil olan türlerin toprağı azot fikse ettiği, birçok faydalı böcek için insektaryum vazifesi gördüğü, toprak solucanlarında olduğu gibi makrofaunayı zenginleştirdiği bilinmektedir [6].

Canlı malç olarak çok yıllık örtücü bitkilerin kullanılması üzerine araştırmalara ilgi gittikçe artmakta olup *Coronilla varia* [7], *Lathyrus silvestris* L. *Lotus corniculatus* L., *Trifolium repens* L.'in [8] zemin kaplayıcı örtücü bitki olarak kullanılabilirliğini; elma bahçelerinde *Festuca rubra* L. in [9]; yeni dikim yapılan şeftali bahçelerindeki *Festuca longifolia* Thuill, *Festuca arundinaceae* L. gibi örtücü bitki kullanımının yabancı otlar üzerine etkili olduğu bildirmiştir [10]. Örtücü bitki uygulamasının organik elma bahçelerinde toprağın organik madde oranını ve ağaç gelişimi artırdığı [11], nematod kontrolü sağladığı [12], örtücü bitkilerin farklı karışım miktarlarında ekimi yapılarak yabancı otları baskı altına aldıkları [13-20], ifade edilmiştir.

Yabancı otlar verimdeki kalite ve verimi doğrudan etkilerken, zararlı ve hastalıklara da konukçuluk yaparak dolaylı bir etki gösterirler. Bu çalışma kapsamında yabancı otlarla mücadelede kullanılan bazı örtücü bitkilerin yarı bodur elma yetiştiriciliğinde verim ve verim unsurlarına etkisi incelenmiştir. Bu amaçla örtücü bitki olarak *T. repens* L. (ak üçgül), *Festuca rubra rubra* L. (kırmızı yumak), *F. arundinacea* (kamuşu yumak), *Vicia villosa* Roth. (tüylü Fiğ) ve *Trifolium meneghinianum* Celm. (gelemen üçgülü) kullanılmıştır. Yapılan çalışma ülkemiz ve bölgemiz için önemli kültür bitkilerinden olan elma yetiştiriciliği sırasında büyük bir problem haline alan yabancı otların kontrolünde bölge çiftçisi tarafından kullanılan yöntemlerin yerine geçebilecek, örtücü bitki uygulaması gibi alternatif mücadele yöntemlerinin elma verimi üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanarak uygulanmıştır. Dünyada ve ülkemizde birçok kültür bitkisinde kimyasal mücadeleye alternatif yabancı ot kontrol yöntemleri ile ilgili araştırmalar yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Deneme Kayseri ili Develi ilçesinde Starking elma çeşidinin bulunduğu bahçede 2012-2013 yılları arasında tesadüf bloklar deneme desenine göre dört tekerrürlü ve 9 karakterli olarak yürütülmüştür. Denemelerde her parselde 6 bodur elma ağacı gelecek şekilde parsel büyüklükleri 5 x 7 m olacak şekilde ayarlanmıştır. Deneme süresince bloklar sabit tutulmuştur. Deneme *Trifolium repens*, *Festuca rubra rubra*, *Festuca arundinacea* bu 3 bitkinin (%)

40+30+30) oranındaki karışımı, *Visia villosa*, *Trifolium meneghinianum*, yabancı otlu kontrol parseli, mekanik mücadele parseli ve herbisitle mücadele yapılmış parsellerden oluşmuştur. Parseller arasında 2 m bloklar arasında 3 m boşluk bırakılmıştır. Denemenin kurulduğu 2012 yılında örtücü bitkiler Nisan başında ekilmiştir. *T. Repens* 5 kg/da, *F. rubra rubra* ve *F. arundinacea* 8 kg/da, *V. villosa*, 15 kg/da *T. Meneghinianum* ise 5 kg/da ekim normunda ekilmiştir. Parseller sürekli takip edilerek örtücü bitkilerin gelişmeleri ve yabancı otlara etkileri takip edilmiştir. Üçgül türleri % 50 oranında çiçeklendiği dönemde tahıllar ise yine bayrak yaprağı döneminde biçilmiştir. Biçme işlemi bölgeye girmesi önerilen motorlu sırt tırpanı ile yapılmıştır. Örtücü bitkilerin kültür bitkilerinin verimine etkisini araştırmak amacıyla, verim parametreleri alınmıştır. Parsel içerisinde yer alan ağaçlar hasat edilerek verim değerleri alınmıştır. Bu çalışmada incelenen meyve özellikleri Kaplan ve Macit [21]'dan yararlanılarak belirlenmiştir. Her tekerrürden 10'ar adet meyve alınarak pomolojik analizler yapılmıştır.

Meyve ağırlıklarının belirlenmesi (g): Her tekerrürdeki 10 meyvenin ayrı ayrı 0.01 g hassas terazi ile tartılmasıyla bulunmuştur.

Meyvelerin en ve boylarının ölçülmesi (mm): Hasat dönemlerinde alınan 10 meyvede 0.01 hassasiyetli digital kumpas ile ölçülmüştür.

Meyve asitliğine etkisinin belirlenmesi: Dijital büret yardımı ile 0,1 N sodyum hidroksit kullanılarak belirlenmiştir.

Meyve sertliğine etkisinin belirlenmesi: Penetrometre ile 11.1 mm çapında delici uç kullanılarak, her meyvenin ekvatorial bölgesinin üç farklı yerinden kg olarak belirlenmiştir.

Suda çözünebilir kuru madde düzeyinin belirlenmesi (% SÇKM): Her tekerrürdeki 10 meyvenin sıkılmasıyla elde edilen meyve suyunda refraktometre kullanılarak ölçüm yapılmıştır.

Meyve suyu ağırlığına etkisinin belirlenmesi: Her parsellerden 10 adet meyvenin meyve suyu çıkarılarak tartılmıştır.

Meyve verimi: Uygulamaların elmada verime etkisini değerlendirirken parsellerdeki ağaç gelişmelerinden kaynaklanan farklılığı ortadan kaldırmak amacıyla birim kesit alana verim (kg/cm²) değerleri hesaplanmış ve analizler bu değerler üzerinden yapılmıştır.

I. Kalite meyve verimi: Hasat dönemlerinde alınan 10 meyveden pazar değeri yüksek olanlar belirlenip istatistiksel analiz yapılmıştır.

II. Kalite meyve verimi: Hasat dönemlerinde alınan 10 pazar değeri düşük meyve suyu üretimine tabi olanlar belirlenip istatistiksel analiz yapılmıştır.

Hasat önu meyve dökümü: Hasat öncesi parsellerden yere dökülen meyveler tartılıp uygulamalar arasında ki farklılıklar istatistiki açıdan değerlendirilmiştir.

3. Bulgular

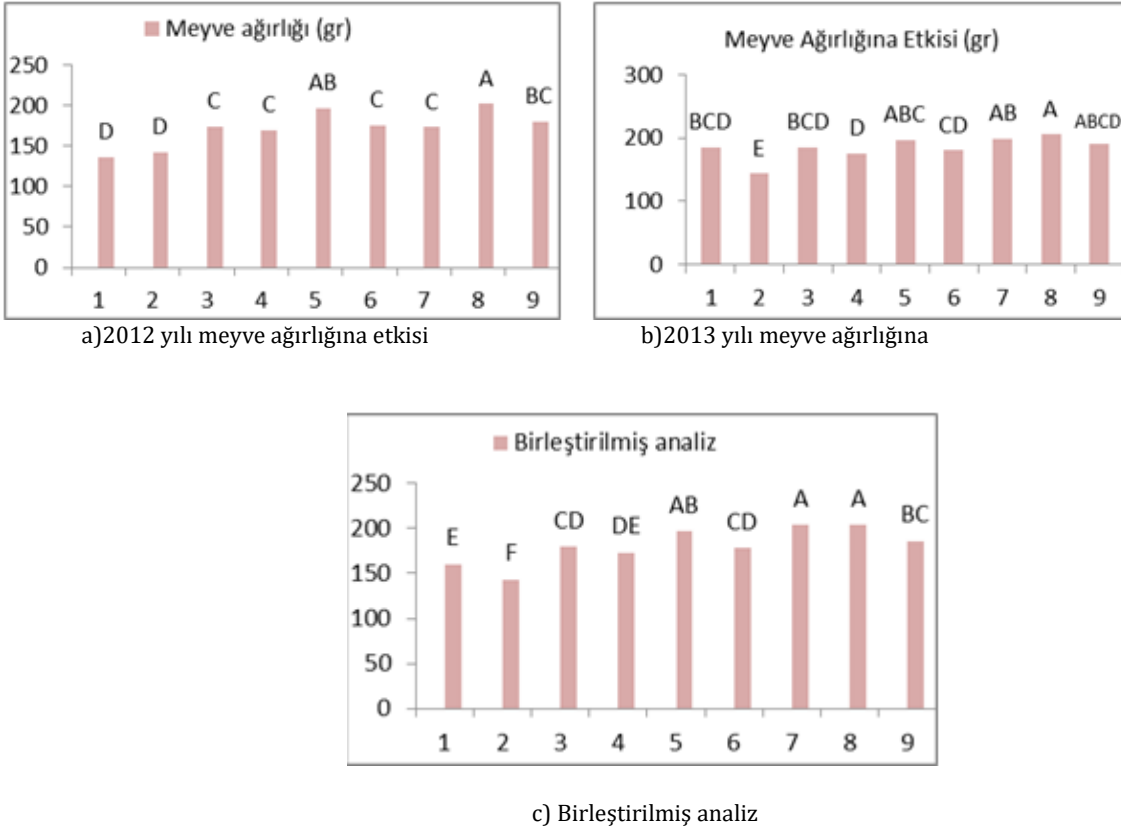
3.1. Meyve ağırlığına etkisi

Uygulamaların bodur elmada meyve ağırlığına etkisi istatistiki açıdan önemli çıkmıştır (Tablo 3.1, ; Şekil. 3.1). 2012 yılında alınan verilere göre en yüksek meyve ağırlığı 202.1 g ile mekanik mücadele parsellerinde; en düşük meyve ağırlığına ise *T. repens* parsellerinden 136.1 g elde edilmiştir. 2013 yılında alınan verilere göre en yüksek meyve ağırlığı 205.40 g ile mekanik mücadele parsellerinde; en düşük meyve ağırlığına ise *F. rubra rubra* parsellerinden 143.50 g elde edilmiştir. 2012-2013 yıllarına ait verilerin birleştirilmiş istatistiksel analizi sonucunda en yüksek meyve ağırlığı 203,53 g ile herbisitle mücadele ve mekanik mücadele parsellerinden elde edilirken en düşük meyve ağırlığı 142,71 g ile *F.rubra rubra* parsellerinden elde edilmiştir.

Tablo 3.1. Örtücü bitkilerin elmada meyve ağırlığına etkisi

Uygulamalar	Meyve ağırlığı (g)		
	2012	2013	Birleştirilmiş analiz
1 <i>T. repens</i>	136,1 d*	184,71 bcd	160,45 e
2 <i>F. rubra rubra</i>	141,9 d	143,50 e	142,71 f
3 <i>F. arundinaceae</i>	174,3 c	184,35 bcd	179,36 cd
4 Çok Yıllık Karışım	169,9 c	174,88 d	172,42 de
5 <i>V. villosa</i>	196,4 ab	196,41 abc	196,41 ab
6 <i>T. meneghinianum</i>	175,8 c	180,18 cd	178,03 cd
7 Herbisitle Kontrol	173,5 c	198,81 ab	203,53 a
8 Mekanik Mücadele	202,1 a	205,40 a	203,53 a
9 Yabancı Otlı Kontrol	180,8 bc	190,06 abcd	185,46 bc

* Sütunlar bazında aynı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılık yoktur.
p ≤ 0.05 : % 5 seviyesinde önemli



Şekil 3.1. Örtücü Bitkilerin elmada meyve ağırlığına etkisi

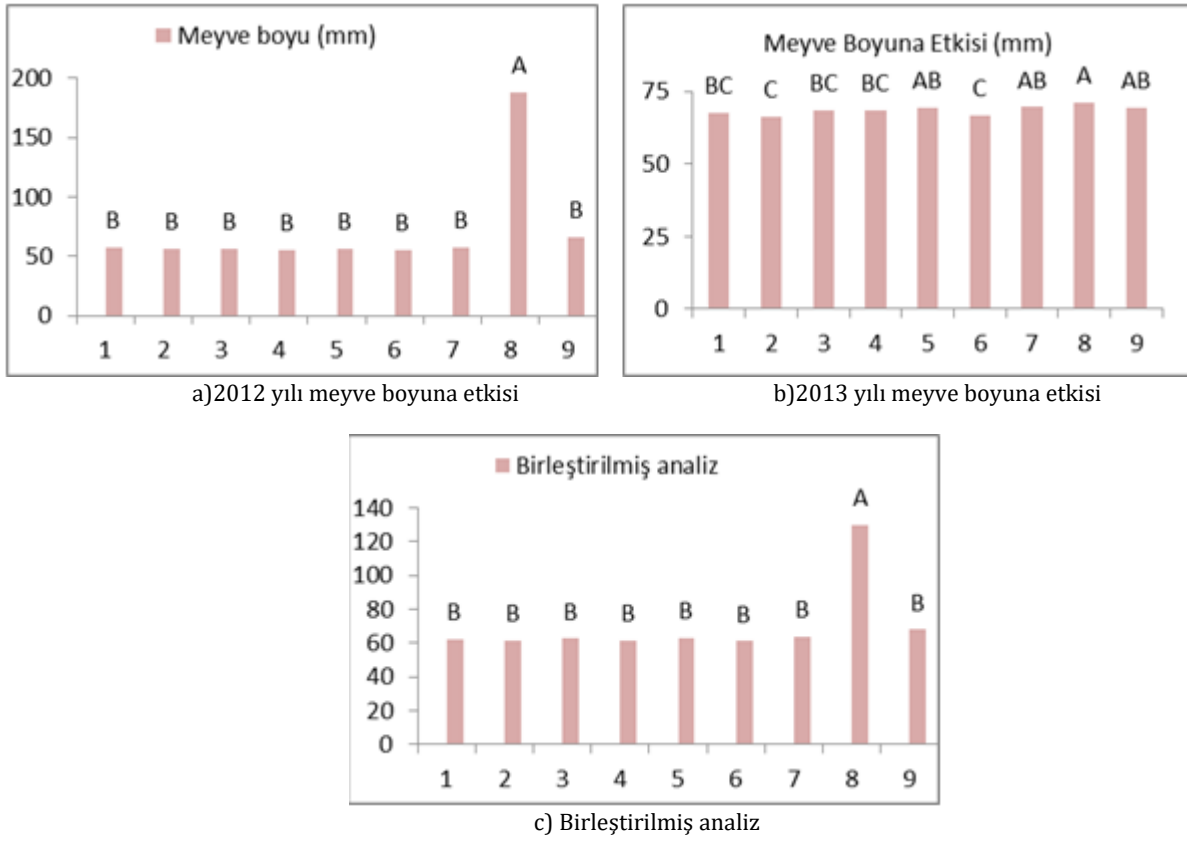
3.2. Meyve Boyuna Etkisi

Uygulamaların meyve boyuna etkisi Tablo 3.2, ve Şekil 3.2’te verilmiştir. 2012 yılında alınan verilere göre en yüksek meyve boyuna 87.8 g ile mekanik mücadele parsellerinde; en düşük meyve boyuna ise çok yıllık karışım parsellerinden 55.2 g elde edilmiştir. 2013 yılında alınan verilere göre en yüksek meyve boyuna 71.17 g ile mekanik mücadele parsellerinde; en düşük meyve ağırlığına ise *F. rubra rubra* parsellerinden 66.38 g elde edilmiştir. 2012-2013 yıllarına ait verilerin birleştirilmiş istatistiksel analizi sonucunda en yüksek meyve boyu 79,5 mm ile mekanik mücadele yapılan parsellerden elde edilirken en düşük meyve boyu 61,22 mm ile gelemen üçgülünün yetiştirildiği parsellerden elde edilmiştir. Gerek 2012 yılı verisinde gerekse de birleştirilmiş analizde örtücü bitkiler aynı grupta yer almıştır.

Tablo 3.2. Örtücü bitkilerin elmada meyve boyuna etkisi

Uygulamalar	Meyve boyu (mm)		
	2012	2013	Birleştirilmiş analiz
1 <i>T. repens</i>	57,4 b	67,51 bc	62,49 b
2 <i>F. rubra rubra</i>	56,9 b	66,38 c	61,64 b
3 <i>F. arundinaceae</i>	56,8 b	68,41 bc	62,65 b
4 Çok Yıllık Karışım	55,2 b	68,38 bc	61,83 b
5 <i>V. villosa</i>	56,7 b	69,45 ab	63,08 b
6 <i>T. meneghinianum</i>	55,6 b	66,85 c	61,22 b
7 Herbisitle Kontrol	57,9 b	69,68 ab	63,83 b
8 Mekanik Mücadele	87,8 a	71,17 a	79,5 a
9 Yabancı Otlı Kontrol	66,09 b	69,57 ab	68,04 b

* Sütunlar bazında aynı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılık yoktur.
 $p \leq 0.05$: % 5 seviyesinde önemli



Şekil 3.2. Örtücü Bitkilerin elmada meyve boyuna etkisi

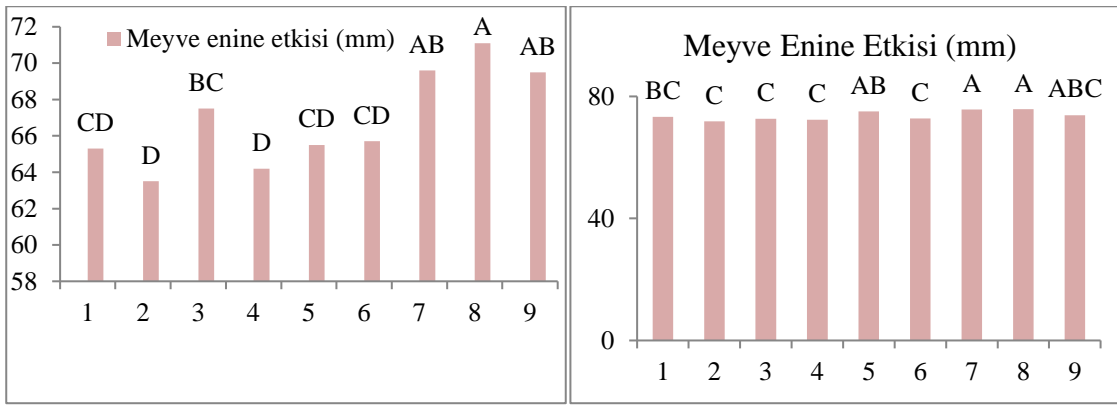
3.3. Meyve Enine Etkisi

Uygulamaların elmada meyve enine etkisi Tablo 3.3, ve Şekil 3.3'te gösterilmiştir. 2012 yılında alınan verilere göre en yüksek meyve eni 71.1 g ile mekanik mücadele parsellerinde; en düşük meyve eni ise *F. rubra rubra* parsellerinden 63.5 g elde edilmiştir. 2013 yılında alınan verilere göre en yüksek meyve eni 75.77 g ile mekanik mücadele parsellerinde; en düşük meyve eni ise *F. rubra rubra* parsellerinden 71.82 g elde edilmiştir.

Tablo 3.3. Örtücü bitkilerin elmada meyve enine etkisi

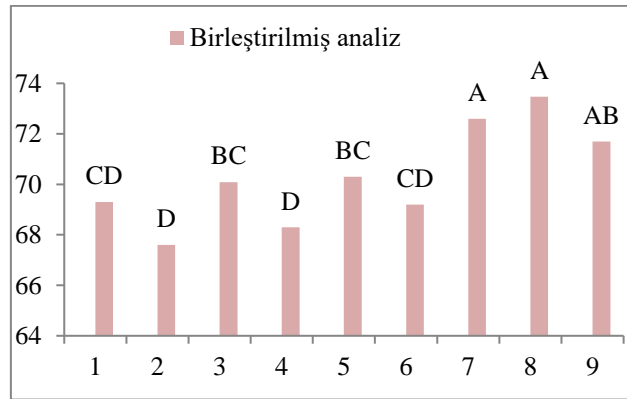
Uygulamalar	Meyve enine etkisi (mm)		
	2012	2013	Birleştirilmiş analiz
1 <i>T. repens</i>	65,3 cd	73,27 bc	69,3 cd
2 <i>F. rubra rubra</i>	63,5 d	71,82 c	67,6 d
3 <i>F. arundinaceae</i>	67,5 bc	72,67 c	70,09 bc
4 Çok Yıllık Karışım	64,2 d	72,34 c	68,3 d
5 <i>V. villosa</i>	65,5 cd	75,12 ab	70,3 bc
6 <i>T. meneghinianum</i>	65,7 cd	72,79 c	69,2 cd
7 Herbisitle Kontrol	69,6 ab	75,71 a	72,6 a
8 Mekanik Mücadele	71,1 a	75,77 a	73,47 a
9 Yabancı Otlı Kontrol	69,5 ab	73,86 abc	71,7 ab

* Sütunlar bazında aynı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılık yoktur.
 $p \leq 0.05$: % 5 seviyesinde önemli



a)2012 yılı meyve enine etkisi

b)2013 yılı meyve enine etkisi



c) Birleştirilmiş analiz

Şekil 3.3. Örtücü Bitkilerin elma da meyve enine etkisi

2012-2013 yıllarına ait verilerin birleştirilmiş istatistiksel analizi sonucunda en yüksek meyve eni 73,47 mm ile mekanik mücadele yapılan parsellerden elde edilirken en düşük meyve eni 67,6 mm ile *F. rubra rubra* yetiştirilen parsellerden elde edilmiştir. Yapılan analiz istatistiki açıdan önemli çıkmış olup, en yüksek meyve eni mekanik mücadelede yapılan parsellerden elde edilmiştir (Şekil 3.3).

3.4. Meyve Asitliğine Etkisi

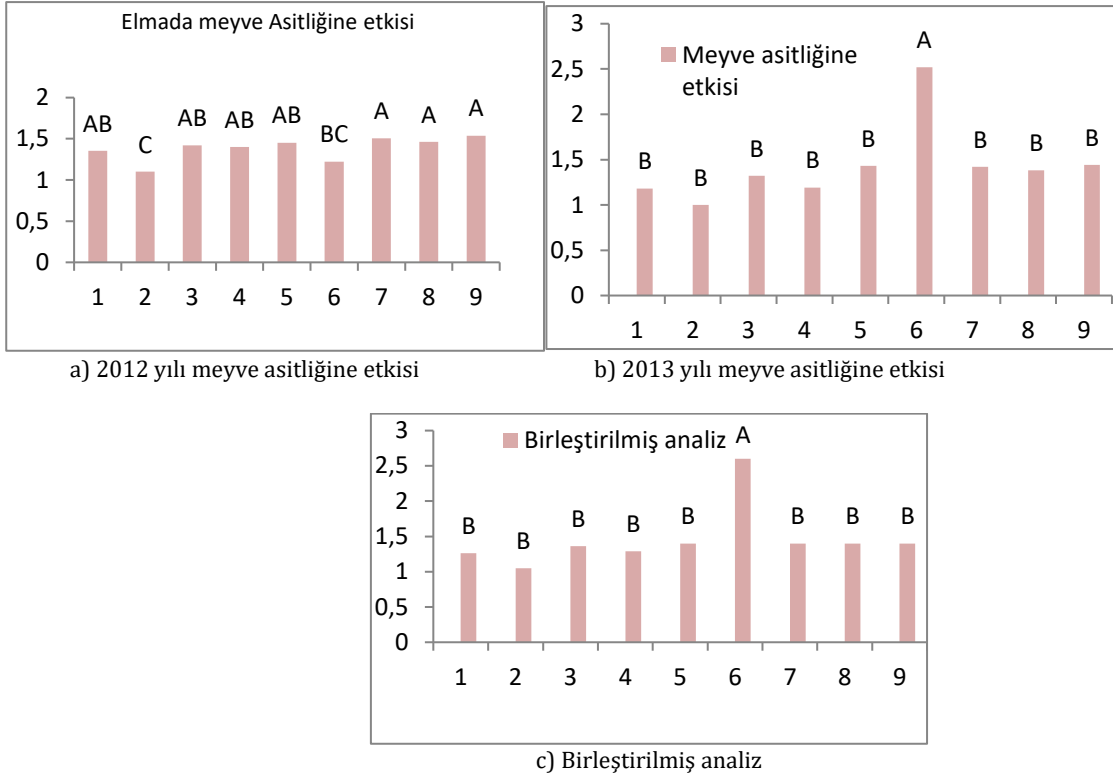
Uygulamaların elmada meyve asitliğine etkisi Tablo 3.4, ve Şekil 3.4'da gösterilmiştir. 2012 yılında alınan verilere göre en yüksek meyve asitliğine 2.52 g ile *T. meneghinianum* parsellerinde; en düşük meyve asitliğine ise *F. rubra rubra* parsellerinden 1.0 g elde edilmiştir. 2013 yılında alınan verilere göre en yüksek meyve asitliğine 1.51 g ile herbisitle kontrol parsellerinde; en düşük meyve asitliğine ise *F. rubra rubra* parsellerinden 1.10 g elde edilmiştir. 2012-2013 yıllarına ait verilerin birleştirilmiş istatistiksel analizi sonucunda en yüksek meyve asitliği gelemen üçgülünün yetiştirildiği parsellerden elde edilirken en düşük meyve asitliği ise *F. rubra rubra*'nın yetiştirildiği parsellerden elde edilmiştir.

Tablo 3.4. Örtücü bitkilerin elmada meyve asitliğine etkisi

Uygulamalar	Meyve Asitliği (%)		
	2012	2013	Birleştirilmiş analiz
1 <i>T. repens</i>	1,18 b	1,35 ab	1,26 b
2 <i>F. rubra rubra</i>	1,0 b	1,10 c	1,05 b
3 <i>F. arundinaceae</i>	1,32 b	1,41 ab	1,36 b
4 Çok Yıllık Karışım	1,19 b	1,39 ab	1,29 b
5 <i>V. villosa</i>	1,43 b	1,45 ab	1,4 b
6 <i>T. meneghinianum</i>	2,52 a	1,22 bc	2,6 a
7 Herbisitle Kontrol	1,42 b	1,51 a	1,4 b
8 Mekanik Mücadele	1,38 b	1,46 a	1,4 b
9 Yabancı Otlı Kontrol	1,44 b	1,54 a	1,4 b

* Sütunlar bazında aynı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılık yoktur.

p ≤ 0.05 : % 5 seviyesinde önemli



Şekil 3.4. Örtücü Bitkilerin elmada meyve asitliğine etkisi

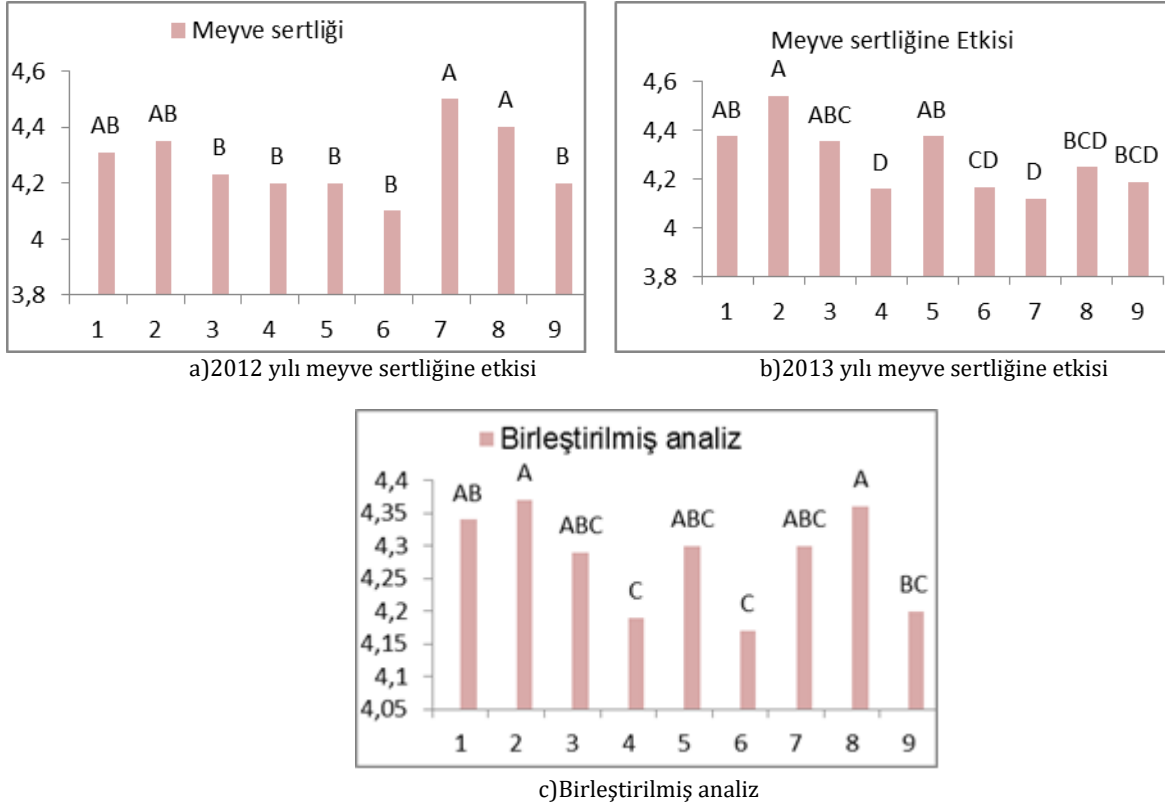
3.5. Meyve Sertliğine Etkisi

Elmada uygulamaların meyve sertliğine etkisi yapılan varyans analizi sonucunda istatistiki olarak önemli çıkmıştır. 2012 yılında alınan verilere göre en yüksek meyve sertliğine 4.5 g ile herbisitle kontrol parsellerinde; en düşük meyve sertliğine ise *T. meneghinianum* parsellerinden 4.1 g elde edilmiştir. 2013 yılında alınan verilere göre en yüksek meyve sertliğine 4.53 g ile *F. rubra rubra* parsellerinde; en düşük meyve sertliğine ise herbisitle kontrol parsellerinden 4.11 g elde edilmiştir. 2012-2013 yıllarına ait verilerin birleştirilmiş istatistiksel analizi sonucunda en yüksek meyve sertliğine *F. rubra rubra* parsellerinde ulaşılrken en düşük meyve sertliğine ise gelemen üçgülu ekili olan parsellerde ulaşılmıştır (Tablo 3.5, Şekil 3.5).

Tablo 3.5. Örtücü bitkilerin elmada meyve sertliğine etkisi LSD gruplandırma tablosu

Uygulamalar	Meyve sertliği (kg/cm ²)		
	2012	2013	Birleştirilmiş analiz
1 <i>T. repens</i>	4,31 ab	4,37 ab	4,34 ab
2 <i>F. rubra rubra</i>	4,35 ab	4,53 a	4,37 a
3 <i>F. arundinaceae</i>	4,23 b	4,35 abc	4,29 abc
4 Çok Yıllık Karışım	4,2 b	4,15 d	4,19 c
5 <i>V. villosa</i>	4,2 b	4,37 ab	4,3 abc
6 <i>T. meneghinianum</i>	4,1 b	4,16 cd	4,17 c
7 Herbisitle Kontrol	4,5 a	4,11 d	4,3 abc
8 Mekanik Mücadele	4,4 a	4,24 bcd	4,36 a
9 Yabancı Otlı Kontrol	4,2 b	4,18 bcd	4,2 bc

* Sütunlar bazında aynı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılık yoktur.
p ≤ 0.05 : % 5 seviyesinde önemli



Şekil 3.5. Örtücü Bitkilerin elmada meyve sertliğine etkisi

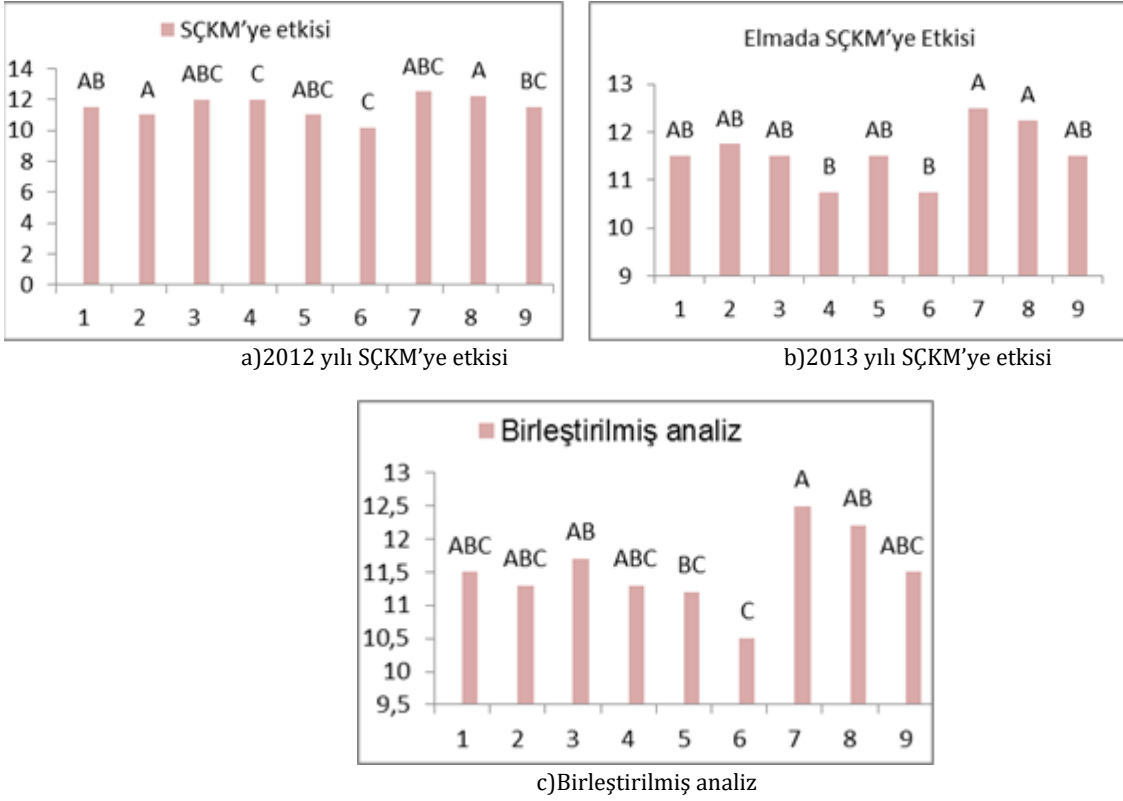
3.6. Suda Çözünabilir Kuru Madde'ye Etkisi

Uygulamaların elmada SÇKM'ye etkisi Tablo 3.6, ve Şekil 3.6'de gösterilmiştir. 2012 yılında alınan verilere göre en yüksek SÇKM 12.5 g ile herbisitle kontrol parsellerinde; en düşük meyve sertliğine ise *T. meneghinianum* parsellerinden 10.2 g elde edilmiştir. 2013 yılında alınan verilere göre en yüksek SÇKM 12.5 g ile herbisitle kontrol parsellerinde; en düşük SÇKM'ye ise çok yıllık karışım ve *T. meneghinianum* parsellerinden 10.75 g elde edilmiştir. Yapılan varyans analizi neticesinde sonuçların istatistiki olarak önemli çıktığı görülmüştür. Sonuçların birbirlerinden farklılıklarını değerlendirmek amacıyla LSD gruplandırma testi yapılmıştır. 2012-2013 yıllarına ait verilerin birleştirilmiş istatistiksel analizi sonucunda en yüksek SÇKM değerine herbisitle mücadele parselinde ulaşılırken en düşük SÇKM değerine ise gelemen üçgülü parsellerinde ulaşılmıştır.

Tablo 3.6. Örtücü bitkilerin elmada SÇKM'ye etkisi LSD gruplandırma tablosu

Uygulamalar	SÇKM (%)		
	2012	2013	Birleştirilmiş analiz
1 <i>T. repens</i>	11,5 ab	11,5 ab	11,5 abc
2 <i>F. rubra rubra</i>	11 ab	11,75 ab	11,3 abc
3 <i>F. arundinaceae</i>	12 ab	11,50 ab	11,7 ab
4 Çok Yıllık Karışım	12 ab	10,75 b	11,3 abc
5 <i>V. villosa</i>	11 ab	11,5 ab	11,2 bc
6 <i>T. meneghinianum</i>	10,2 b	10,75 b	10,5 c
7 Herbisitle Kontrol	12,5 a	12,5 a	12,5 a
8 Mekanik Mücadele	12,2 a	12,25 a	12,2 ab
9 Yabancı Otlı Kontrol	11,5 ab	11,5 ab	11,5 abc

* Sütunlar bazında aynı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılık yoktur.
 $p \leq 0.05$: % 5 seviyesinde önemli



Şekil 3.6. Örtücü Bitkilerin elmada SÇKM'ye etkisi

3.7. Meyve Suyu Ağırlığına Etkisi

2012 yılında alınan verilere göre en yüksek meyve suyu ağırlığı 1.14 g ile çok yıllık karışım ve mekanik mücadele parsellerinde; en düşük meyve suyu ağırlığına ise *T. meneghinianum* parsellerinden 0.97 g elde edilmiştir. 2013 yılında alınan verilere göre en yüksek meyve suyu ağırlığına 2.5 g ile çok yıllık karışım parsellerinde; en düşük meyve suyu ağırlığına ise *F. rubra rubra* parsellerinden 0.96 g elde edilmiştir. Yapılan varyans analizi neticesinde uygulamaların meyve suyu ağırlığına etkisi istatistiki olarak önemli çıkmamış olup meyve suyu ağırlığı açısından uygulamalar arasında farklılık bulunmamaktadır (Tablo 3.7).

Tablo 3.7. Örtücü bitkilerin elmada meyve suyu ağırlığına etkisi LSD gruplandırma tablosu

Uygulamalar	Meyve Suyu Ağırlığı (kg)		
	2012	2013	Birleştirilmiş analiz
1 <i>T. repens</i>	0,98	1,01	1
2 <i>F. rubra rubra</i>	1,04	0,96	1
3 <i>F. arundinaceae</i>	1,08	2,5	1,25
4 Çok Yıllık Karışım	1,14	2,5	1,25
5 <i>V. villosa</i>	1,05	1,05	1,05
6 <i>T. meneghinianum</i>	0,97	0,97	0,97
7 Herbisitle Kontrol	1,07	1,07	1,07
8 Mekanik Mücadele	1,14	1,14	1,14
9 Yabancı Otlı Kontrol	1,05	1,09	1,07

* Sütunlar bazında aynı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılık yoktur.
 $p \leq 0.05$: % 5 seviyesinde önemli

3.8. Verime Etkisi

1. I. Kalite Verime Etkileri

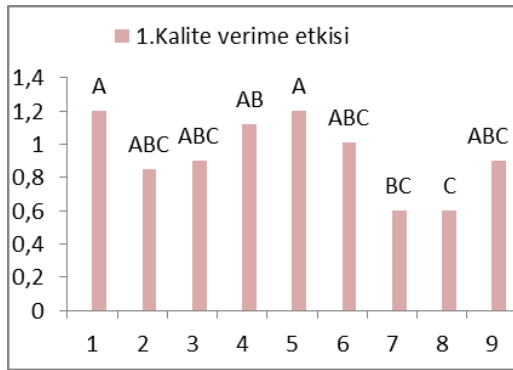
Uygulamaların elmada birim kesit alana I. kalite verime etkileri istatistiki olarak önemli çıkmıştır. 2012 yılında alınan verilere göre en yüksek I. kalite verime 4.5 g ile *T. repens* parsellerinde; en düşük I. kalite verime ise mekanik

mücadele parsellerinden 0.6 g elde edilmiştir. 2013 yılında alınan verilere göre en yüksek I. kalite verime 1.01 g ile *V. villosa* parsellerinde; en düşük I. kalite verime ise mekanik mücadele parsellerinden 0.53 g elde edilmiştir. 2012-2013 yıllarına ait verilerin birleştirilmiş istatistiksel analizi sonucunda en yüksek I. kalite verim *T. repens* parsellerinden elde edilirken en az I. kalite verim herbisitle ve mekanik mücadele yapılan parsellerden elde edilmiştir (Tablo 3.8., Şekil 3.7.).

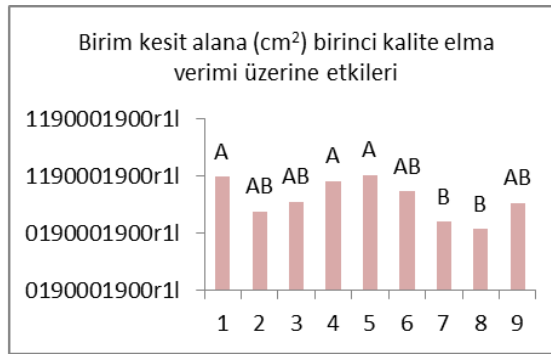
Tablo 3.8. Örtücü bitkilerin elmada I. Kalite verime etkisi LSD gruplandırma tablosu

Uygulamalar	I. Kalite Verim (kg/cm ²)		
	2012	2013	Birleştirilmiş analiz
1 <i>T. repens</i>	1,2 a	0,99 a	1,1 a
2 <i>F. rubra rubra</i>	0,85 abc	0,69 ab	0,7 bc
3 <i>F. arundinaceae</i>	0,9 abc	0,77 ab	0,8 abc
4 Çok Yıllık Karışım	1,12 ab	0,95 a	1,04 ab
5 <i>V. villosa</i>	1,2 a	1,01 a	1,11 a
6 <i>T. meneghinianum</i>	1,01 abc	0,86 ab	0,9 ab
7 Herbisitle Kontrol	0,6 bc	0,59 b	0,6 c
8 Mekanik Mücadele	0,6 c	0,53 b	0,6 c
9 Yabancı Otlı Kontrol	0,9 abc	0,76 ab	0,8 abc

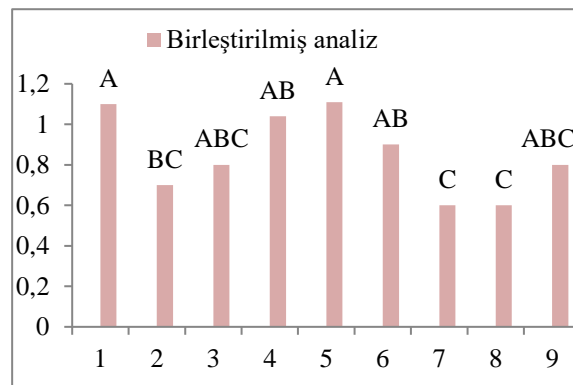
* Sütunlar bazında aynı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılık yoktur.
p ≤ 0.05 : % 5 seviyesinde önemli



a) 2012 yılı I.kalite verime etkisi



b) 2013 yılı I.kalite verime etkisi



c) Birleştirilmiş analiz

Şekil 3.7. Örtücü Bitkilerin elmada I.Kalite verime etkisi

2. II. Kalite Verime Etkileri

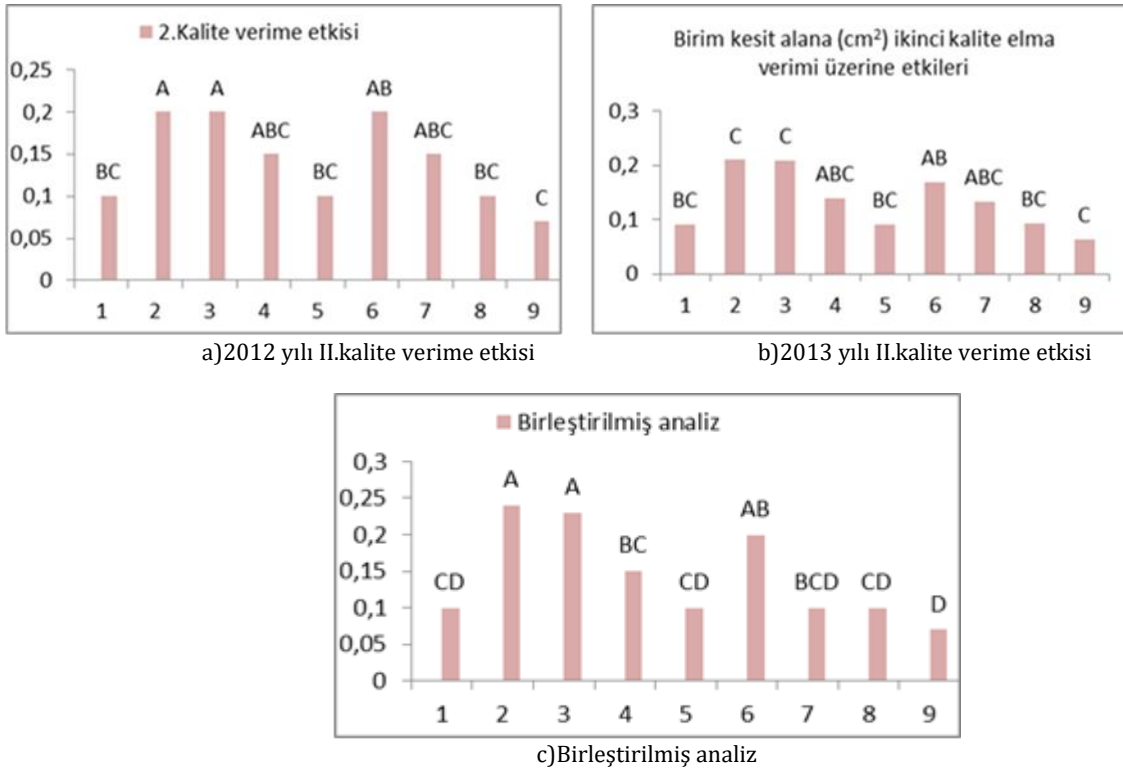
Uygulamaların elmada birim kesit alana II. Kalite verime etkileri istatistiki olarak önemli çıkmıştır. 2012 yılında alınan verilere göre en yüksek II. kalite verime 0.2 g ile *F. rubra rubra* ve *F. arundinaceae* parsellerinden; en düşük II. kalite verime ise yabancı otlı kontrol parsellerinden 0.07 g elde edilmiştir. 2013 yılında alınan verilere göre en yüksek II. kalite verime 0.21 g ile *F. rubra rubra* ve *F. arundinaceae* parsellerinde; en düşük II. kalite verime ise

yabancı otlu kontrol parsellerinden 0.06 g elde edilmiştir. 2012-2013 yıllarına ait verilerin birleştirilmiş istatistiksel analizi sonucunda en yüksek II. Kalite verim *Festuca* spp. parsellerinden elde edilirken en az II. Kalite verim yabancı otlu kontrol parsellerinden elde edilmiştir (Tablo 3.9, Şekil 3.8).

Tablo 3.9. Örtücü bitkilerin elmada II. Kalite verime etkisi LSD gruplandırma tablosu

Uygulamalar	II. Kalite Verim (kg/cm ²)		
	2012	2013	Birleştirilmiş analiz
1 <i>T. repens</i>	0,1 bc	0,09 bc	0,1 cd
2 <i>F. rubra rubra</i>	0,2 a	0,21a	0,24 a
3 <i>F. arundinaceae</i>	0,2 a	0,21 a	0,23 a
4 Çok Yıllık Karışım	0,15 abc	0,14 abc	0,15 bc
5 <i>V. villosa</i>	0,1 bc	0,09 bc	0,1 cd
6 <i>T. meneghinianum</i>	0,2 ab	0,17 ab	0,2 ab
7 Herbisitle Kontrol	0,15 abc	0,13 abc	0,1 bcd
8 Mekanik Mücadele	0,1 bc	0,09 bc	0,1 cd
9 Yabancı Otlı Kontrol	0,07 c	0,06 c	0,07 d

* Sütunlar bazında aynı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılık yoktur.
p ≤ 0.05 : % 5 seviyesinde önemli



Şekil 3.8. Örtücü Bitkilerin elmada II. Kalite verime etkisi

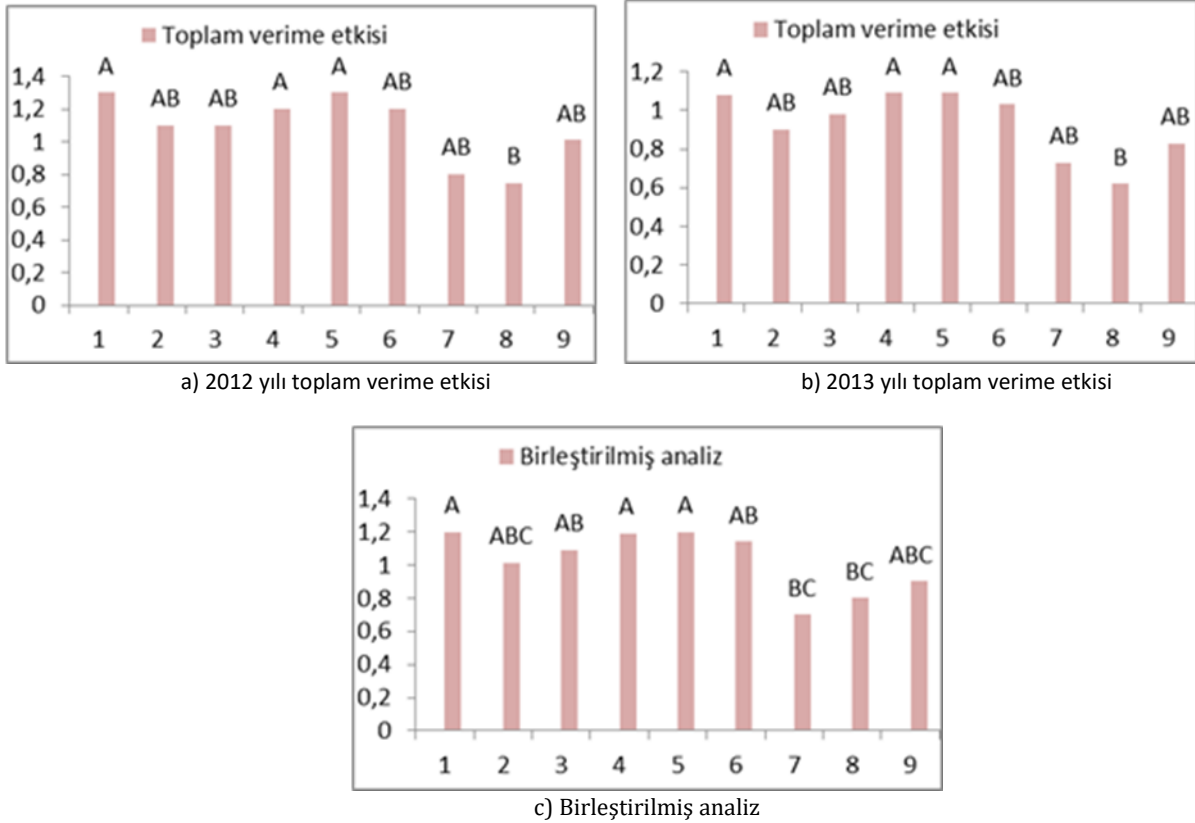
3. Toplam Verime Etkileri

Elmada uygulamaların birim kesit alana toplam verime etkileri istatistiki olarak önemli çıkmıştır. 2012 yılında alınan verilere göre en yüksek toplam verime 1.3 g ile *T. repens* ve *V. villosa* parsellerinde; en düşük toplam verime ise mekanik mücadele parsellerinden 0.75 g elde edilmiştir. 2013 yılında alınan verilere göre en yüksek toplam verime 1.09 g ile *V. villosa* ve çok yıllık karışım parsellerinde; en düşük toplam verime ise mekanik mücadele parsellerinden 0.62 g elde edilmiştir. 2012-2013 yıllarına ait verilerin birleştirilmiş istatistiksel analizi sonucunda en yüksek kesit alana toplam verim *V. villosa* parsellerinden elde edilirken en düşük toplam verim ise mekanik mücadele yapılan parsellerinden elde edilmiştir (Tablo 3.10, Şekil 3.9).

Tablo 3.10. Örtücü bitkilerin elmada toplam verime etkisi LSD gruplandırma tablosu

Uygulamalar	Toplam verim (kg/cm ²)		
	2012	2013	Birleştirilmiş analiz
1 <i>T. repens</i>	1,3 a	1,08 a	1,2 a
2 <i>F. rubra rubra</i>	1,1 ab	0,90 ab	1,01 abc
3 <i>F. arundinaceae</i>	1,1 ab	0,98 ab	1,09 ab
4 Çok Yıllık Karışım	1,2 a	1,09 a	1,19 a
5 <i>V. villosa</i>	1,3 a	1,09 a	1,2 a
6 <i>T. meneghinianum</i>	1,2 ab	1,03 ab	1,14 a
7 Herbisitle Kontrol	0,8 ab	0,73 ab	0,7 bc
8 Mekanik Mücadele	0,75 b	0,62 b	0,8 bc
9 Yabancı Otlı Kontrol	1,01 ab	0,83 ab	0,9 abc

* Sütunlar bazında aynı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılık yoktur.
 $p \leq 0.05$: % 5 seviyesinde önemli

**Şekil 3.9.** Örtücü Bitkilerin elmada toplam verime etkisi

3.9. Hasat Önü Meyve Dökümüne Etkileri

Uygulamaların hasat önu meyve dökümüne etkileri istatistiki olarak önemli çıkmıştır (Tablo 3.11, Şekil 3.10). 2012 yılında alınan verilere göre en yüksek hasat önu meyve dökümüne 11.7 g ile *F. rubra rubra* parsellerinde; en düşük hasat önu meyve dökümüne ise *F. arundinaceae* parsellerinden 3.68 g elde edilmiştir. 2013 yılında alınan verilere göre en yüksek hasat önu meyve dökümüne 8.20 g ile *T. repens* parsellerinde; en düşük hasat önu meyve dökümüne ise *F. arundinaceae* parsellerinden 2.77 g elde edilmiştir. 2012-2013 yıllarına ait verilerin birleştirilmiş

istatistiksel analizi sonucunda en fazla hasat önu dökümü *F. rubra rubra* parsellerinden elde edilirken en az hasat önu meyve dökümü *F. arundinacea* parsellerinden elde edilmiştir.

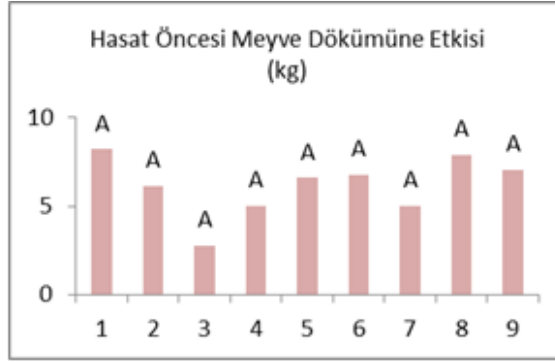
Tablo 3.2. Örtücü bitkilerin elmada hasat önu meyve dökümüne etkisi LSD gruplandırma tablosu

Uygulamalar	Hasat önu meyve dökümü (kg/cm ²)		
	2012	2013	Birleştirilmiş analiz
1 <i>T. repens</i>	7,45 ab	8,20 a	7,8 a
2 <i>F. rubra rubra</i>	11,7 a	6,15 a	8,9 a
3 <i>F. arundinacea</i>	3,68 b	2,77 a	3,2 b
4 Çok Yıllık Karışım	5,53 b	5,06 a	5,2 ab
5 <i>V. villosa</i>	6,5 b	6,58 a	6,5 ab
6 <i>T. meneghinianum</i>	6,1 b	6,77 a	6,4 ab
7 Herbisitle Kontrol	6,4 b	5,01 a	5,7 ab
8 Mekanik Mücadele	6,4 b	7,88 a	6,1 ab
9 Yabancı Otlı Kontrol	7,7 ab	7,06 a	7,4 a

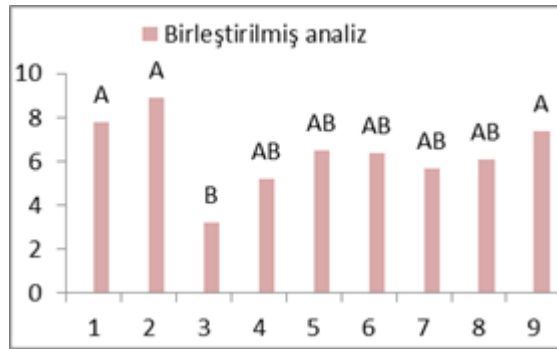
* Sütunlar bazında aynı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılık yoktur.
p ≤ 0.05 : % 5 seviyesinde önemli



a) 2012 yılı hasat önu meyve dökümüne etkisi



b) 2013 yılı hasat önu meyve dökümüne etkisi



c) Birleştirilmiş analiz

Şekil 3.7. Örtücü Bitkilerin elmada taban ağırlığı (hasat önu meyve dökümü) etkisi

4. Tartışma ve Sonuç

Hasat zamanının belirlenmesi için kullanılan yöntemler, meyvelerin büyüme ve olgunlaşma döneminde bünyelerinde meydana gelen fizyolojik değişimlere dayanır. Olgunluğun kültürel işlemler, beslenme ve ekolojinin etkisinde yıllara göre çok farklılık göstermesi nedeniyle her meyve türü için kullanılacak ölçütlerin uzun yıllar araştırılması, depolama ve olgunlaştırma çalışmalarının sonuçlarıyla irdelenerek değerlendirilmesi gerekmektedir. Meyvelerde hasat olgunluğunu belirlemek için birçok inceleme yapılmış ve metotlar geliştirilmiştir; fakat her metodun sakıncalı yönleri vardır ve hiçbir metot kesin sonuç vermemektedir. Genellikle bu metotlar tek başına değildir, birkaçı bir arada kullanılarak nispeten güvenilir sonuçlar alınabilmektedir [22]. Yapılan çalışmanın bazı örtücü bitkilerin elmada verim ve kalite unsurlarına olan etkilerine bakıldığında meyve

iriliği (ağırlık, en ve boy) bakımından en yüksek değer mekanik mücadele parseline elde edilmiştir. Meyve asitliği ve meyve sertliği gibi özelliklere bakıldığında en yüksek ve en düşük değerlerin *F. rubra rubra* ile *Trifolium meneghinianum* kullanılan parsellerde zıtlık teşkil ettiği gözlemlenmiştir. Bu özelliklerin tüketicide duyuusal kriterler açısından önem arz etmesinden dolayı bu farklılığın kullanılan örtücü bitki türünden kaynaklandığı düşünülmektedir. Suda çözünen kuru madde (SÇKM) hem üretim hem de kalite kontrolde önemli bir ölçüttür. Suda çözünür kuru madde miktarı meyvelerde olgunluk ve hasat zamanının belirlenmesinde, meyve suyu işleme aşamalarında sürekli olarak üretimin denetim altında tutulmasında önemlidir [22]. Deneme de en yüksek SÇKM değerine herbisitle mücadele parseline ulaşılrken en düşük SÇKM değerine ise *T. meneghinianum* parsellerinde ulaşılmıştır. Uygulamaların meyve suyu ağırlığına etkisi istatistiki olarak önemli çıkmamış olup meyve suyu ağırlığı açısından uygulamalar arasında farklılık bulunmamaktadır. Yapılan çalışmanın örtücü bitkilerinin verime etkilerine bakıldığında 2014 yılında meydana gelen don olayından dolayı elmada verim alınamamış olup sadece 2012 ve 2013 verim değerleri analizlerde kullanılmıştır. En yüksek I. Kalite verim *T. repens* (ak üçgül) parsellerinden elde edilirken en düşük I. Kalite verim herbisitle ve mekanik mücadele yapılan parsellerden elde edilmiştir. En yüksek II. Kalite verim *Festuca* spp. (yumak) parsellerinden elde edilirken en düşük II. Kalite verim yabancı otlu kontrol parsellerinden elde edilmiştir. En yüksek kesit alana toplam verim *V. villosa* (tüylü fiğ) parsellerinden elde edilirken en düşük toplam verim ise mekanik mücadele yapılan parsellerden elde edilmiştir. Sanchez et al. [11], tarafından yapılan bir çalışmada örtücü bitki uygulamasının organik elma bahçelerinde toprağın organik madde oranında ve ağaç gelişimine etkisinin araştırıldığı çalışma sonucunda ağaçların gelişimi ve elma verimi örtücü bitki uygulaması yapılan parsellerde kontrole oranla daha yüksek bulunmuştur. Bu durumda örtücü bitki uygulamalarının verim unsurlarını artırıcı etkisi olduğu ve bu bitkiler arasından ise *V. villosa*'nın diğer bitkilere oranla daha iyi sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Diğer bir çalışma olan Işık vd. [6], kivi bahçelerindeki yabancı otlarla mücadelede örtücü bitkilerin kullanılma olanaklarının araştırılması amacıyla yapılan çalışma örtücü bitkilerin kivi verimine etkisi değerlendirildiğinde en düşük verim yabancı otlu parsellerden elde edilirken, en yüksek verim *T. meneghinianum* parsellerinden elde edilmiştir. Yabancı otlar diğer ürünlerde olduğu gibi elmada da önemli ürün kayıplarına neden olmaktadır. Bu nedenle yabancı otlarla elma tesis edilen alanlarda etkili bir şekilde mücadele edilmelidir. Elma bahçelerinde yabancı otlarla mücadelede herbisitler yoğun şekilde kullanılmaktadır. Ancak herbisit kullanımının ekolojik ve ekonomik bir çok olumsuz etkisi bulunduğu için herbisit kullanımını ortadan kaldıracak yada azaltacak alternatif yöntemlere mutlaka mücadele programlarında yer verilmelidir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre kültür bitkilerin verim kalitesini düşüren, ekim alanlarında sorunlara neden olan yabancı otlara karşı bazı örtücü bitkilerin alternatif mücadele kaynağı olarak kullanılabilceği, aynı zamanda örtücü bitkiler diğer mücadele yöntemleri ile kıyaslandığında verim kaybı oluşturmadığı ortaya konulmuştur.

Teşekkür

Bu çalışma TUBİTAK (TOVAG 1110647 nolu proje) tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TUBİTAK'a teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] Kitiş Y.E., 2010. Meyve Bahçelerinde Örtücü Bitki Kullanımı. **Tarım Türk Dergisi**, **22**, 36-38
- [2] Anonymous,2016a http://www.ankaratb.org.tr/lib_upload/D%C3%9CNYADA%20VE%20T%C3%9CRK%C4%B0YEDE%20YA%C5%9E%20SEBZE%20VE%20MEYVE%20%C3%9CRET%C4%B0M%C4%B0.pdf (Erişim Tarihi 08.07.2017)
- [3] Anonymous, 2016b. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 (Erişim Tarihi 12.07.2017)
- [4] Anonymous,2016c. <http://www.ulusaltarim.com/3508/Turkiye-de-elma-uretimi> (Erişim Tarihi 20.06.2017)
- [5] Işık D., Dok M., Ak K., Macit İ., Demir Z., Mennan H., 2015. Cover Crops for Weed Suppression in Semi-Dwarf Apple Orchards in Turkey, *50th Croatian and 10th International Symposium on Agriculture*, Opatija, Hırvatistan, 16-20 Şubat, pp.265-265.
- [6] Işık, D., Dok, M., Ak, K., Macit, İ., Demir, Z., Mennan, H., 2014. Use of Cover Crops for Weed Suppression in Hazelnut (*Corylus avellana* L.) in Turkey, **Communications in agricultural and applied biological sciences**,**79**, 05-110,
- [7] Hartwig, N. L. 1983. Crownvetch—a Perennial Legume “Living Mulch” for No-Tillage Crop Production. Proc. Noammonrtheast. Weed Sci. Soc. 37, 28–38.
- [8] Ammon , H.U., Garibay, S., Bohren, C., 1995. The Use of Dead or Living Mulch in Maize and Its Suppression With Herbicides. 9th EWRS Symposium, Challenges for Weed Science in a Changing Europe, Vol: 2, 527-534 s.

- [9] Harrington, K. C., M. J. Hartley, A. Rahman, and T. K. James. 2005. Long Term Ground Cover Options for Apple Orchards. *N. Z. Plant Prot.* 58, 164–168.
- [10] Belding, R.D., Majek, B.A., Lokaj, G.R.W., Hammerstedt, J., Ayeni, A.O. (2004). Orchard Floor Management Influence on Summer Annual Weeds and Young Peach Tree Performance. *Weed Technol.*, 18, 215–222.
- [11] Sanchez, E.E., Giayetto, A., Cichon, L., Fernandez, D., Aruani, M.C., Curetti, M., 2007. Cover Crops Influence Soil Properties and Tree Performance in an Organic Apple (*Malus domestica* Borkh) Orchard in Northern Patagonia. **Plant, Soil and Environment**, **292**(½), 193-203 s.
- [12] Isaac, W.A.P., Brathwaite, R.A.I., Ganpat, W.G., Bekele, I., 2007. The Impact of Selected Cover Crops on Soil Fertility, Weed and Nematode Suppression Through Farmer Participatory Research by Fairtrade *Banana Growers* in St. Vincent and the Grenadines. **World Journal of Agricultural Science**, **3** (3), 371-379.
- [13] Hiltbrunner, J. 2007. Legume cover crops as living mulches for winter wheat: components of biomass and the control of weeds. *26*: 21-29.
- [14] Akemo, M, C., Regnier E, E., and Bennet M, A., 2000. Weed Suppression in Spring- Sown (Seceale cereale) –Pea (*Pisum sativum*) Cover Crop Mixes. *Weed Technonology*, 14,545-549
- [15] Abd El-Rahman, A.M. ve El-Saida, S.A.G., 2002. Effect of Some Nonpolluting Weed Control Treatments on Citrus Orchards. *Annals of Agricultural Science*, 40 (1), 437-456.
- [16] Kolören, O., 2004. Turunçgil Bahçelerinde Yabancı Otlar İle Mücadelede Örtücü Bitkilerin Kullanılma Olanaklarının Araştırılması. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Adana-2004, 173 s.
- [17] Severino, F.J., Christoffoleti, P.J., 2004. Weed Suppression By Smother Crops and Selective Herbicides. *Weed suppression by crops and herbicides, Sci. Agric.* 61(1), 21-26.
- [18] Linares, J, Scholberg, JMS, Chase, C, McSorley, R, Ferguson, J., 2008. Evaluation of Annual Warm-Season Cover Crops for Weed Management in Organic Citrus. In: *Proceedings of 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, Italy*, 16-20.
- [19] Kolören, O., ve Uygur, F.N., 2004. Turunçgil Bahçelerinde Yabancı Otların Mücadelesinde Kullanılan Bazı Örtücü Bitkilerin Önemli Kışlık Yabancı Ot Türleri ile Olan Rekabeti . *Türkiye I. Bitki Koruma Kongresi*, ss.254
- [20] Kolören, O. ve Uygur, F.N., 2006. The Effect of Different Weed Control Methods in Citrus Orchard in Cukurova Region. *Türkiye Herboloji Dergisi*, 9(1), 9-16.
- [21] Kaplan., N. Macit., İ., 2009. Samsun Koşullarında Bazı Elma Çeşitlerinin Bitkisel Gelişimi ve Verimliliği Üzerine Elma Klon Anaçlarının Etkisi. *Tarım Bil. Araş. Der.*, 2(2), 159-166.
- [22] Anonymous,2016d.http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Meyve%20ve%20Sebze%20Analizleri.pdf (ErişimTarihi 01.08.2017)