

Cilt: 1 • Sayı: 2 • Yıl: 2019

ISSN: 2667-7083

e-ISSN:2687-3796

ŞIRNAK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ



**SIRNAK UNIVERSITY
JOURNAL OF SCIENCES**

FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

JOURNAL OF SCIENCES

Cilt: 1 Sayı 2 Yıl: 2019

Vol: 1 Number: 2 Year: 2019

ISSN: 2667-7083

e-ISSN:2687-3796

Şırnak Üniversitesi Adına Sahibi

Prof. Dr. Mehmet Emin ERKAN

Editör | Editor in Chief

Doç. Dr. Derya YÜCEL (Ş.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü)

Yardımcı Editör | Editorial Assistant

Dr. Öğr. Üyesi Cüneyt YAVUZ, Dr. Öğr. Üyesi Mustafa RÜSTEMOĞLU, Dr. Öğr. Üyesi Orkun Kantarcı

Yönetim Yeri | Head Office

Şırnak Üniversitesi Yayınları

Yeni Mahalle Cizre Caddesi

Mehmet Emin Acar Kampüsü 73000 ŞIRNAK

Tel : +90 486 216 82 41- web : www.sirnak.edu.tr - <https://dergipark.org.tr/sufbd>

Dizgi | Composing

Baskı: Mardin Sesi Gazetecilik Matbaacılık Ltd. Şti.

Aralık 2019

Araştırma Makaleleri | Research Articles

- 1-19** Asaf Tolga ULGEN, Tahsin TURGAY, Bahattin AKKURT, Gurcan YILDIRIM
Theoretical Examinations of Diammonium Hydrogen Citrate Compound by Density Functional Theory Method at B3LYP/6-31G(d,p) Level of Theory
Diamonyum Hidrojen Sitrat Bileşiğinin B3lyp / 6-31g (D, P) Teorisi Düzeyinde Yoğunluk Fonksiyonel Teori Yöntemiyle İncelenmesi
-
- 21-31** Mustafa KAVRAZ, Barış İLBAN
Trabzon Yavuz Sultan Selim Camii'nin Akustik Özelliklerinin Bilgisayar Simülasyon Programı Aracılığıyla İncelenmesi
Investigation of Acoustic characteristic of Yavuz Sultan Selim Mosque in Trabzon by Computer Simulation Program
-
- 33-44** Mazlum CENGİZ
By Investing Renewable Energy Technologies, How Spain Could Meet Its Energy Needs In 2030 And Reduce Its Domestic Greenhouse Gas Emission
Yenilenebilir Enerji Teknolojilerine Yatırım Yaparak, İspanya 2030 Yılındaki Enerji İhtiyacını Nasıl Karşılabilir Ve Sera Gazı Emilsiyonunu Nasıl Azaltır.
-
- 45-50** Nevzat SEVGİN
Meta –Topolinin ve Farklı Sitokinin Türevlerinin Afrika Menekşesi (Saintpaulia Ionanthac Wendl.)' in İn Vitro Mikro Çoğaltımı ve Sürgün Gelişimi Üzerine Etkisi
The Effect of Meta-Topolin and Different Cytokinin Derivatives on In Vitro Micropropagation of in Vitro Micropropagation and Shoot Development of African Violet (Saintpaulia Ionanthac Wendl.)
-
- 51-57** Şule KARADÜZ, Ömür ÇİMEN
Diyafram Duvarlar ve Top-Down Yöntemine Bir Örnek: Atatürk Kültür Merkezi-Kızılay Metro Bağlantı Hattı Projesi
An Example of Diaphragm Walls and Top-Down Method: Atatürk Cultural Center-Kızılay Subway Connection Line Project
-
- 59-65** Abdülkerim BULUT1, Nevzat SEVGİN, Yelderem AKHOUNDNEJAD
Kuraklık Stresinde Kalsiyum'un Bitkiler Üzerindeki Etkisi
Effect of Calcium on Plants Under Drought Stress
-
- 66-68** Yayın ve Yazım İlkeleri

Araştırma Makalesi

Theoretical Examinations of Diammonium Hydrogen Citrate Compound by Density Functional Theory Method at B3LYP/6-31G(d,p) Level of Theory

Asaf Tolga ULGEN ^{1*}, Tahsin TURGAY ², Bahattin AKKURT ³, Gurcan YILDIRIM ³

¹Şirnak University, Department of Electric-Electronic Engineering, Şirnak–Turkey, 73000

²Sakarya University, Department of Architecture, Sakarya–Turkey, 54187

³Abant İzzet Baysal University, Department of Mechanical Engineering, Bolu–Turkey, 14280

* Corresponding Autor; ulgen_at@sirnak.edu.tr;

Gönderme tarihi: 27/07/2019

Kabul tarihi: 29/12/2019

ABSTRACT

This study aims to point out a strong strategy between the fundamental characteristic features as regards such as chemical reactivity, stable, electronic acceptor ability, bioactivity, kinetic stability, polarizability and intramolecular charge transfer regions, and the potential application fields of the diammonium hydrogen citrate compound by means of theoretical findings founded on density functional theory (DFT) method at the standard B3LYP/6-31G(d,p) calculation level for the first time. In this respect, we determine the optimized molecular structures, total energies, atomic charges, thermodynamic constants, lowest unoccupied molecular orbital (LUMO), highest occupied molecular orbital (HOMO), electrostatic potential surface map (MEP), molecular electrostatic potential (ESP) contour map and evaluated data (band-gap energy, chemical hardness, global softness, electronegativity, chemical potential and electrophilicity index parameters) for the diammonium hydrogen citrate molecule. According to the results obtained, non-uniform charge distribution is observed on the various atoms, leading to both the electrophilic (electronegative) and nucleophilic (electronic donor ability) regions in the structure. Hence, the molecule can be not only bonded metallicly but interacted intermolecularly. Moreover, it is found that the atomic position in the skeleton of compound plays an important role on the electron engagements, conjugative effects, strong intra-molecular charge transfer regions, valence electron cloud effects and σ -bonds between the atoms in the diammonium hydrogen citrate.

Keywords: Diammonium hydrogen citrate; B3LYP/6-31G(d,p) Calculation level; Electrophilic; Nucleophilic region; MEP; ESP.

Diamonyum Hidrojen Sitrata Bileşiminin B3lyp / 6-31g (D, P) Teorisi Düzeyinde Yoğunluk Fonksiyonel Teori Yöntemiyle İncelenmesi

ÖZET

Bu çalışmada kimyasal reaktivite, kararlı, elektronik alıcı yeteneği, biyoaktivite, kinetik stabilite, polarize edilebilirlik ve intramoleküler yük aktarma bölgeleri ve diamonyum hidrojen sitrat bileşiminin potansiyel uygulama alanları gibi temel karakteristik özellikler arasında güçlü bir stratejiye işaret etmeyi amaçlamakta ve standart B3LYP / 6-31G (d, p) hesaplama düzeyinde yoğunluk fonksiyonel teorisi (DFT) yöntemi üzerine kurulan teorik bulgular vasıtasıyla incelenmiştir. Bu bağlamda, optimize edilmiş moleküler yapıları, toplam enerjileri, atom yüklerini, termodinamik sabitleri, en düşük boş moleküler orbital (LUMO), en yüksek işgal edilmiş moleküler orbital (HOMO), elektrostatik potansiyel yüzey haritası (MEP), moleküler elektrostatik potansiyelleri (ESP), diamonyum hidrojen sitrat molekülü için dağılım haritası ve değerlendirilmiş verileri (bant aralığı enerjisi, kimyasal sertlik, küresel yumuşaklık, elektronegatiflik, kimyasal potansiyel ve elektrofilitiklik indeksi parametreleri) belirlendi. Elde edilen sonuçlara göre, yapıdaki hem elektrofilitik (elektronegatif) hem de nükleofilitik (elektronik donör yeteneği) bölgelere yol açan çeşitli atomlarda düzgün olmayan yük dağılımı gözlenmiştir. Dolayısıyla, moleküller arası etkileşime girebiliyor olsada molekül sadece metalik olarak bağlanabilir, yinede bileşimin iskeletindeki atom pozisyonunun, elektron bağları, konjuge etkiler, güçlü moleküler içi yük transfer bölgeleri, değerlik elektron bulutu etkileri ve diamonyum hidrojen sitrattaki atomlar arasındaki σ -bağları üzerinde önemli bir rol oynadığı bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Diamonyum hidrojen sitrat, B3LYP / 6-31G, Nükleofilitik bölge, MEP ve ESP.

1. INTRODUCTION

As well-known that citrate is the derivative of a weak organic acid (called as citric acid with the chemical formula of $C_6H_8O_7$) and is a white (but generally colorless), odourless and crystalline solid. The citric acid occurs naturally in citrus fruits and takes place into stronger edible acid parents. Thus, the acid (presenting the antioxidant characteristics) can easily be used in the application fields of culinary, cosmetics, pharmaceuticals, dietary supplements, flavoring and preservative in foods and beverages as regards soft drinks and candies (Frank, 2005). Furthermore, when adding into the ice cream the compound behaves as the emulsifying agent to prevent the sucrose crystallization. It enables the basic dyes to balance the pH level so that the citric acid can be used in food coloring applications.

Besides, with the excellent chelating agent the compound is preferred to use in the technology for the effectiveness of soaps and laundry detergents in the bathroom and kitchen cleaning solutions. In fact, one can see the compound or its derivatives in the industrial application for the dissolve of rust from steel and passivation of stainless steels. Moreover, the citrate is produced by the deprotonation process of three carboxy groups (known as tricarboxylic acid trianion) in the citric acid. Citrate and its derivatives take several important places in the potential application fields due to its valuable characteristic properties. In more detail, the citrates (salts of citric acid) can be used as anticoagulants in the potential application areas. For example, the citrates with the quality buffering features can control the level of pH in the household cleaners and pharmaceuticals due to the acidulant performances. The compound maintaining the stability of active ingredients is used as a preservative, antimicrobial agent, fundamental metabolite and food acidity regulator. Similarly, the compound takes several places in medicine areas as a result of its intrinsic characteristic anticoagulant properties by chelating calcium in blood.

2

As for the derivatives of citrate, the disodium citrate is one of the most abundant materials used in the potential application fields. The compound helps the adjacent materials to develop the positive effects of other antioxidants, and thus is used as an acidity regulator, sequestrant and antioxidant in the food products such as the carbonated beverages, processed cheeses, gelatin, sweets, wines, jams, ice creams and milk powders. Additionally, these kinds of materials can be observed to use in the medicines (in the fields of urinary acidosis, urinary tract infections, burning micturition, kidney stones and in adjunctive therapy with sulphonamides) as a urinary alkaliizer. The other compound, diammonium hydrogen citrate, is a derivative of citrate commonly used in the industry. Especially, the compound of diammonium hydrogen citrate (with the chemical formula of $C_6H_{14}N_2O_7$) is preferred to use as the carbon source in especially the technological application arenas over the worldwide. For example, Zhang et al used to the diammonium hydrogen citrate compound to rapidly produce the qualified N-doped photoluminescent carbon nanodots (exhibiting the superior optical performances) by means of one-step microwave irradiation method (Srivastava, 2017). Moreover, Nair et al (from Department of Chemistry, Indian Institute of Space Science and Technology in India) proposed that the diammonium hydrogen citrate obtained the positive effect on the calcination temperature of MgO materials in the year of 2019 (Nair et al., 2019).

Another scientific study published by Khan et al synthesized the green-emitting carbon dots with the high ratio of luminescence using a starting material of diammonium hydrogen citrate (Khan et al., 2017). A scientific paper entitled "Optimization of d-lactic acid production using unutilized biomass as substrates by multiple parallel fermentation" presented that the diammonium hydrogen citrate was used to identify the optimal concentration for D-lactic acid production (Mufidah and Wakayama, 2016). Also, the diammonium hydrogen citrate is used as dispersant to point out the quality factors (founded on the deflocculation and stabilization) of ceramics after

sintering in colloidal processing of Ti₃SiC₂ compounds (Idzkowska et al., 2015). Similarly, Dunn et al displayed that the usage of diammonium hydrogen citrate with the matrix 2',4',6'-trihydroxyacetophenone led to enhance remarkably the detection of phosphorylated peptides from digests of beta-casein and ovalbumin (Dunn et al., 2006). According to the scientific study performed in China, the diammonium hydrogen citrate plays an important role on the formation of Three-dimensional hierarchical silver nanomaterials prepared by a simple surfactant-free wet-chemical method at room temperature (Huang and Zhu, 2014). In the literature, it is also possible encounter the diammonium hydrogen citrate compound as the effective ionization-assisting reagent (such as the adjacent of iron oxide nanoparticles) in the mass spectrometry (Taira et al., 2006). One can see the diammonium hydrogen citrate and derivatives in several application fields (Berlinger et al., 2009; Dunn and Allison, 2007; Zhang et al., 2006). In this regard, whereas there are a number of experimental studies and theoretical approaches focused on the diammonium hydrogen citrate compounds as mentioned above.

Nowadays, the researchers are especially interested in the theoretical-based studies so that they predict the fundamental characteristics (namely; structural, spectral, optical and electrochemical) of compound economically and explain some experiment phenomena insightfully (Soykan et al., 2013; Durig et al., 2009; Sun et al., 2010). In particularly, the researchers prefer to calculate the fundamental characteristics by means of Density functional theory (DFT) based on the Becke's three parameter hybrid exchange functional combined with the Lee-Yang-Parr non-local correlation function level of theory (Breda et al., 2008; Foresman and Frisch, 1996). This is because, the electron correlation recovers the self-consistent Kohn-Sham along with the electron density functions (Scott and Radom, 1996; Durig et al., 2011), and the DFT level of theory displays much more effective and reliable results.

In the current work, the fundamental properties including the optimized molecular structures, total energies, atomic charges, thermodynamic constants and molecular frontier orbital energies (lowest unoccupied molecular orbital, highest occupied molecular orbital, electrostatic potential surface, molecular electrostatic potential contour maps, surface maps and related findings such as the chemical hardness, softness, electronegativity, chemical potential and electrophilicity index) of diammonium hydrogen citrate molecule are thoroughly computed by the DFT method at the B3LYP/6-31G(d,p) level of theory in detail for the first time. It is found that all the calculated results are found to be in good agreement with the available experimental data. On this basis, the B3LYP/6-31G(d,p) calculation level in the study plays an important role in understanding of dynamics of diammonium hydrogen citrate molecule.

2. CALCULATION METHODS FOR DIAMMONIUM HYDROGEN CITRATE MOLECULE

In this paper, we perform all the calculations including the optimized molecular structures, total energies, atomic charges, thermodynamic constants, lowest unoccupied molecular orbital, highest occupied molecular orbital, electrostatic potential surface, molecular electrostatic potential contour maps, surface maps and related findings such as the optical band-gap energy, chemical hardness, softness, electronegativity, chemical potential and electrophilicity index) of diammonium hydrogen citrate molecule with the assistant of the density functional theory (abbreviated as DFT) with the Becke's hybrid functional three-parameter for the exchange part and correlation function proposed by Lee-Yang-Parr (LYP) at 6-31G(d,p) level of theory (Miehlich et al., 1989; Palafox et al., 2007; Handy et al., 1992; Frisch et al., 2010; Kohn and Sham, 1965; Becke, 1993; Lee et al., 1988). Before the characterization studies of diammonium hydrogen citrate compound, we calculate the minimum stationary points of low-energy structures by means of the detailed potential energy surface scans between some

groups and some dihedral angles at the B3LYP/6-31G(d,p) basis set so that we define the most steady-state of diammonium hydrogen citrate compound. Namely, we describe the hydrogen bonding interaction, hydrogen atom transferring, and long-range electrostatic interactions founded on the hydrogen atom positions and orientations throughout the compound (Jaronczyk and Dobrowolski, 2008). This is well-known that the most steady-state of a molecule maximizes the attractive intra-molecular interactions whereas the repulsive intra-molecular interactions are minimized. One can see the energetically most stable (optimum) crystal structure of diammonium hydrogen citrate molecule in Fig. 1. Thus, we compute the fundamental characteristic features provided above for the most steady-state form of molecule to get much more reliable results. It is to be mentioned here that the theoretical force constants are determined from the optimized-geometry structure under C_1 point group. In the current work, the zero-point vibrational energy values obtained are also scaled by 0.9804 given in Ref. (Merrick et al., 2007; Foresman and Frisch, 1995; Keresztury et al., 1993; Keresztury, 2002) to gather a good agreement between the available experimental data and theoretical calculations.

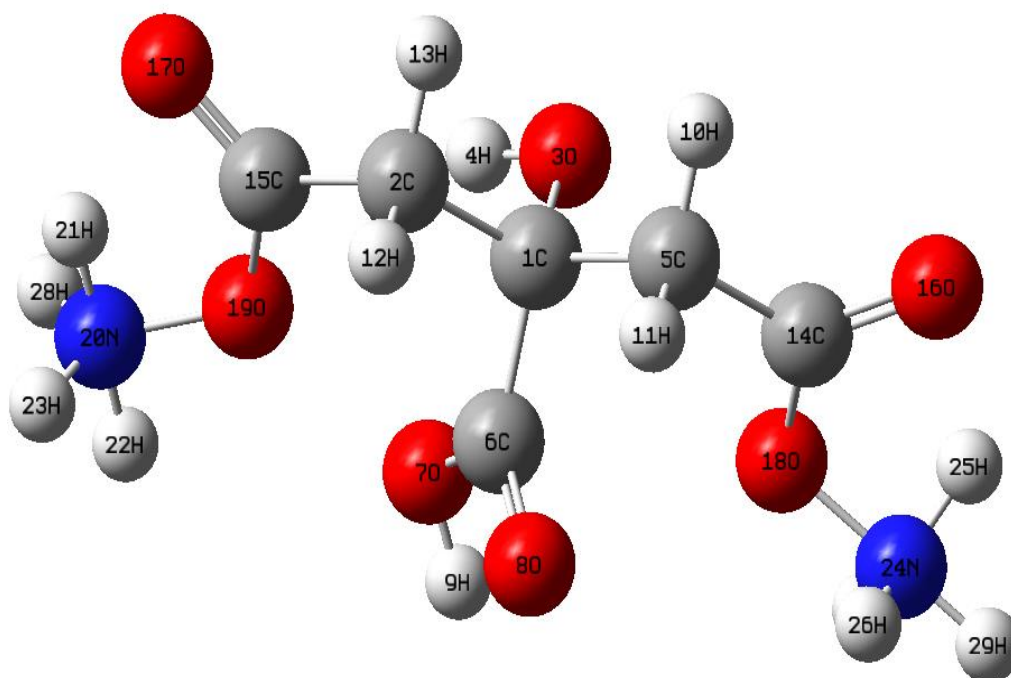


Figure 1. Optimized molecular structure of diammonium hydrogen citrate molecule.

As for the electrostatic potential $V(r)$ induced, we use the formula founded on the charge distributions at any point (r) in the space around a compound (Poltzer and Truhlar, 1981; Arjunan et al., 2013). At the same time, GaussView 5.0.9 is used to visualize both the optimized molecular structures and HOMO, LUMO orbitals and ESP/MESP surfaces.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Total energy and dipole moment parameters for diammonium hydrogen citrate compound

In this part of paper, some critical energy values (zero-point vibrational energy, total energy, thermal energy, enthalpy, heat capacity and related rotational constants) and dipole moment parameters belonging to the title compound of diammonium hydrogen citrate are determined by using the B3LYP/6-31G(d,p) level of theory for the first time so that we learn about the intermolecular interactions (Van der Waals, hydrogen bonding, dipole-

dipole forces and London dispersion forces) in the compound studied. One can see all the parameters in Table 1. According to the results embedded in the table, the zero-point vibrational energy value for the diammonium hydrogen citrate within the most optimized form is predicted to be about 603887.9 Joules mol⁻¹ when the total energy value is obtained to be about -873.062440 a.u. Here, the former value is scaled with a correction factor discussed above.

The heat capacity parameter is also determined by dividing in three parts (translational, rotational and vibrational). In this regard, the total heat capacity parameter is found to be about 66.364 GHz at the room temperature conditions whereas the translational, rotational and vibrational heat capacity parameters of the compound studied are computed to be about 2.981 GHz, 2.981 GHz and 60.402 GHz, respectively. As for the entropy parameters of the molecule studied, the total entropy value is found to be about 146.559 cal mol⁻¹ K⁻¹ when the translational, rotational and vibrational entropies are obtained to be about 42.150 cal mol⁻¹ K⁻¹, 32.716 cal mol⁻¹ K⁻¹ and 71.693 cal mol⁻¹ K⁻¹, respectively. Moreover, the total thermal energy value is observed to be about 156.416 kcal mol⁻¹ while the diammonium hydrogen citrate compound presents the values of 0.889 kcal mol⁻¹, 0.889 kcal mol⁻¹ and 154.638 kcal mol⁻¹ for the translational, rotational and vibrational thermal energy values, respectively. As for the other crucial parameter of dipole moment belonging to the diammonium hydrogen citrate molecule, the total dipole moment is observed to be about 2.9067 Debye, whereas the moment values throughout the *x*, *y* and *z* directions are obtained to be about 1.8573 Debye, 1.1498 Debye and -1.9176 Debye, respectively.

Table 1. Some critical energy values (zero-point vibrational energy, total energy, thermal energy, heat capacity and related rotational constants) and dipole moment parameters belonging to the title compound of diammonium hydrogen citrate

Quantities	Energy Values
Zero-point vibrational energy	603887.9 (Joules/Mol)
Zero-point correction	0.230009 (Hartree/Particle)
Thermal correction to Energy	0.249264 (Hartree/Particle)
Thermal correction to Enthalpy	0.250208 (Hartree/Particle)
Thermal correction to Gibbs Free Energy	0.180573 (Hartree/Particle)
Sum of electronic and zero-point Energies	-873.013005 (Hartree/Particle)
Sum of electronic and thermal Energies	-872.993750 (Hartree/Particle)
Sum of electronic and thermal Enthalpies	-872.992805 (Hartree/Particle)
Sum of electronic and thermal Free Energies	-873.062440 (Hartree/Particle)
Rotational constant	0.23473 (GHz)
	0.24312 (GHz)
	1.32878 (GHz)
Entropy (Total)	146.559 (cal mol ⁻¹ K ⁻¹)
Translational	42.150 (cal mol ⁻¹ K ⁻¹)
Rotational	32.716 (cal mol ⁻¹ K ⁻¹)
Vibrational	71.693 (cal mol ⁻¹ K ⁻¹)
Heat capacity (Total)	66.364 (cal mol ⁻¹ K ⁻¹)
Translational	2.981 (cal mol ⁻¹ K ⁻¹)

Rotational	2.981 (cal mol ⁻¹ K ⁻¹)
Vibrational	60.402 (cal mol ⁻¹ K ⁻¹)
Thermal energy (Total)	156.416 (kcal mol ⁻¹)
Translational	0.889 (kcal mol ⁻¹)
Rotational	0.889 (kcal mol ⁻¹)
Vibrational	154.638 (kcal mol ⁻¹)
Dipole moment (μ_{Total})	2.9067 (Debye)
μ_x	1.8573 (Debye)
μ_y	1.1498 (Debye)
μ_z	-1.9176 (Debye)

Based on the theoretical calculation values related to the electronic property and uniform or non-uniform of atomic charge distributions on the atoms along with the compound, the diammonium hydrogen citrate molecule exhibits non-uniform distribution of charges on the various atoms. Namely, the molecule is noted to be polar enough to interact intermolecularly with other molecules (Dennington et al., 2008; Prasad et al., 2010).

3.2. Optimized molecular geometric structure of diammonium hydrogen citrate

The most steady-state of title compound is given in Fig. 1 where all the atoms are labeled, symbolized and numbered in detail. One can see the selected geometric properties such as bond lengths, bond angles and dihedral angles related compound in Tables 2-4 clearly. It is apparent from the table that the carbon-carbon bond lengths are found to be different from each other (deviated from the symmetric form) due to the migration or orientation of oxygen and hydrogen atoms for the molecule (meaning the dominant character of intra-molecular charge transfer). It is to be mentioned here that the deviation in the bond distances of the title compound remarkably affects the corresponding bond angles and especially dihedral angles. As for the numerical bond distance parameters, the bond distances between carbon and carbon atoms (C-C) in the diammonium hydrogen citrate compound are computed to be about 1.5173 Å (smallest) and 1.5493 Å (largest) for the bonds of C2-C15 and C1-C2. This slight difference stems from the combination of electron engagement for the C-C bond lengths and conjugative effect in the title compound (Subashchandrabose et al., 2012; Dhas et al., 2011). Regardless, it is to be emphasized here that despite the different position of substituents the C-C bond lengths are noted to be not deviated significantly through the molecule studied. Thus, we can talk about the mean bond distance. In this respect, the mean C-C bond length calculated is found to be about 1.53396 Å.

Moreover, the bond distance between the carbon-oxygen atoms (C-O and C=O) are examined in detail. Namely, there are two C-O bond distances and three C=O bond lengths in the diammonium hydrogen citrate molecule. Among the C-O bond distances, the maximum value is obtained to be about 1.4083 Å for the bond of C1-O3 whereas the lowest value of 1.2236 Å is calculated for the C14-O18 bond length. As for the double bond between oxygen and carbon atoms in the molecule, it is assumed that the double bonding length is rather smaller as compared to the single bonding distance (Tezer and Karakus, 2009). The C6=O8 bond length is calculated to be about 1.2141 Å whereas the C14=O16 bond space is determined to be about 1.3285 Å. This is attributed to the fact that the strong intra-molecular regions regarding the charge transfer appear in the diammonium hydrogen citrate molecule (Peng et al., 2005; Qian et al., 2009).

Table 2. Bond Length parameters calculated at B3LYP/6-31G(d,p) level of theory in the gas. phase for diammonium hydrogen citrate molecule.

Parameters	Bond Lengths (Å)	Parameters	Bond Lengths (Å)
C1-C2	1.5493	C14=O16	1.3285
C1-O3	1.4083	C14-O18	1.2236
C1-C5	1.5384	C15=O17	1.3222
C1-C6	1.5457	C15-O19	1.2310
C2-H12	1.0928	O18-N24	2.9625
C2-H13	1.0965	O19-N20	2.9987
C2-C15	1.5173	N20-H21	1.6826
O3-H4	0.9734	N20-H22	1.0197
C5-H11	1.0953	N20-H23	1.0165
C5-C14	1.5191	N24-H25	1.7112
C6-O7	1.3431	N24-H26	1.0163
C6=O8	1.2141	N24-H27	1.0208
O7-H9	0.972	N24-H29	1.0164

The bond distances between carbon and hydrogen atoms (C–H) for the diammonium hydrogen citrate molecule are computed to be interval 1.0928 Å -1.0953 Å. The maximum value of 1.0953 Å is attributed to the C5–H bond length whereas the minimum value of 1.0928 Å is found for the bond length between C2 and H12 atoms. The similar scientific discussion can be remained for the O–N bond length. Numerically, the O18–N24 bond length is computed to be about 2.9625Å when the other single bond between oxygen and nitrogen atoms is determined to be about 2.9987 Å.

At the same time, the bond distances between nitrogen and hydrogen atoms (N–H) are found to be in a range of about 1.0163Å -1.7112 Å. The maximum N–H bond length is noted to be about 1.7112 Å for the N24–H25 bond space whereas the minimum value of 1.0163 Å ascribes to the N24–H26 bond distance. This is in relation to the presence of strong intra-molecular charge transfer regions in the molecule.

Furthermore, the bond lengths between the oxygen and hydrogen atoms are found to be about 0.972 A for the O7–H9 and 0.9734 A for the O3–H4 bond spaces, respectively. The main difference between the bond lengths is due to the crucial variations of charge distributions on the carbon, hydrogen, nitrogen and oxygen atoms, attraction on the valence electron clouds and especially σ -bonds between the atoms (Prasad et al., 1989; Ahmed and Henry, 1986).

Table 3. Bond Angle parameters for diammonium hydrogen citrate molecule.

Parameters	Bond angles (°)	Parameters	Bond angles (°)
C2-C1-O3	111.3121	H10-C5-H11	108.6619
C2-C1-C5	108.7923	H10-C5-C14	109.506
C2-C1-C6	107.3835	H11-C5-C14	107.5681
O3-C1-C5	106.8925	C1-C6-O7	113.8297
O3-C1-C6	113.3654	C1-C6-O8	122.7281
C5-C1-C6	109.0093	O7-C6-O8	123.3583
C1-C2-H12	110.8494	C6-O7-H9	105.5514
C1-C2-H13	108.8592	C5-C14-O16	112.6908
C1-C2-C15	113.5326	O19-N20-H23	124.6597
H12-C2-H13	107.4531	O19-N20-H28	124.607
H12-C2-C15	108.5872	H21-N20-H23	118.3538
H13-C2-C15	107.3285	H21-N20-H28	119.1691
C1-O3-H4	105.6028	H22-N20-H23	108.1374
C5-C14-O18	122.8653	H22-N20-H28	108.1644
O16-C14-O18	124.405	H23-N20-H28	107.7249
C2-C15-O17	112.8224	O18-N24-H25	52.0264
C2-C15-O19	123.4117	O18-N24-H26	124.2404
O17-C15-O19	123.7593	O18-N24-H27	38.2122
C14-O18-N24	89.6575	H25-N24-H26	120.9346
C15-O19-N20	88.7758	H25-N24-H27	90.2377
C15-O19-H21	50.8076	H25-N24-H29	118.7843
O19-N20-H22	42.6291	H26-N24-H27	108.3159
C1-C5-H11	109.014	H26-N24-H29	107.7984
C1-C5-C14	112.9539	H27-N24-H29	108.1635

The changes in the bond lengths between the atoms of diammonium hydrogen citrate molecule lead sensitively to vary the bond angles and dihedral angles. One can see the selected bond angles in Table 3, also. It is clear from the table that the bond angles of C-C-C atoms are found to be in the range from 108.7923° (minimum value for the C2-C1-C5) to 113.5326° (maximum value for the C1-C2-C15). The remarkable variations of the angles are noted to depend upon the charge distributions on the atoms, being favored by the atomic charge analysis part. C-C-O bond angles are found to be about 106.8925° for the angle of C5-C1-O3 and 119.32° for the angle of C2-C1-O3, respectively.

Table 4. Bond dihedral angles for diammonium hydrogen citrate compound.

Parameters	Bond dihedrals (°)	Parameters	Bond dihedrals (°)
O3-C1-C2-H12	178.7196	O3-C1-C6-O8	-178.6316
O3-C1-C2-H13	-63.2954	C5-C1-C6-O7	-120.7841
O3-C1-C2-C15	56.1802	C5-C1-C6-O8	62.4457
C5-C1-C2-H12	-63.7498	C1-C2-C15-O17	168.2167
C5-C1-C2-H13	54.2351	C1-C2-C15-O19	-12.6883
C5-C1-C2-C15	173.7108	H12-C2-C15-O17	44.4363
C6-C1-C2-H12	54.0938	H12-C2-C15-O19	-136.4687
C6-C1-C2-H13	172.0787	C14-C2-C15-O17	-71.4382
C6-C1-C2-C15	-68.4456	H13-C2-C15-O19	107.6568
C2-C1-O3-H4	-59.4952	C1-C5-C14-O16	138.2972
C5-C1-O3-H4	-178.171	C1-C5-C14-O18	-43.8804
C6-C1-O3-H4	61.6955	H10-C5-C14-O16	16.562
C2-C1-C5-H10	-58.7883	H10-C5-C14-O18	-165.6156
C2-C1-C5-H11	59.7023	H11-C5-C14-O16	-101.3572
C2-C1-C5-C14	179.2178	H11-C5-C14-O18	76.4652
O3-C1-C5-H10	61.5139	C1-C6-O7-H9	179.6316
O3-C1-C5-H11	-179.9954	O8-C6-O7-H9	-3.6214
O3-C1-C5-C14	-60.48	C5-C14-O18-N24	-179.1598
C6-C1-C5-H10	-175.5975	O16-C14-O18-N24	-1.595
C6-C1-C5-H11	-57.1069	C2-C15-O19-N20	-178.9578
C6-C1-C5-C14	62.4085	O17-C15-O19-N20	0.0389
C2-C1-C6-O7	121.5134	C14-O18-N24-H25	1.6092
C2-C1-C6-O8	-55.2568	C14-O18-N24-H26	106.5352
O3-C1-C6-O7	-1.8614	C14-O18-N24-H27	-177.9429
C15-O19-N20-H21	0.3046	C15-O19-N20-H23	-100.1372
C15-O19-N20-H22	-179.0499	C15-O19-N20-H28	101.925

Moreover, C-O-H bond angles are calculated to change from 105.6028 ° (minimum value for the C1-O3-H4) to 50.8076° (maximum value for the C15-O19-H21). Similarly, the different values are also found for the carbon and hydrogen atoms. Namely, the maximum C-H-H bond angle is observed to be about 107.4531° for the angle of H12-C2-H13 while the minimum value of 108.6619° is noticed for the H10-C5-H11 bond angle. As for the bond angles including the nitrogen and oxygens atoms together, the maximum angle of 89.6575° ascribes to the C14-O18-N24 bond angle whereas the minimum value of 88.7758 ° imputes to the C15-O19-N20 bond angle. The variation observed is associated with the strong intramolecular charge transfer among the atoms in the molecule and the presence of electronic donor ability.

Lastly, the bond angles between the nitrogen and hydrogen atoms are calculated to vary from the value of 90.2377° (minimum value for the H25-N24-H27) to 120.9346° (maximum value for the H25-N24-H26). One can see other probable bond angles related to the carbon, hydrogen, nitrogen and oxygen atoms in Table 4 where we

also depict the dihedral angles. According to the table, there several different dihedral angles in the diammonium hydrogen citrate molecule due to the varied charge distribution regions, electron engagements, conjugative effects, strong intra-molecular charge transfer regions, valence electron cloud effects and especially the presence of σ -bonds between the atoms.

3.3. Effective atomic charges based on Mulliken quantum mechanical computation method

Charge distributions due to the asymmetric distribution of electrons on the atoms of a molecule plays an important role in understanding the strong intra-molecular charge transfer regions, hyperpolarizability and vibrational frequency spectra of the molecule studied (Wade, 2006; Dhas et al., 2010). In the current work, we analyze the effective atomic charges by means of Mulliken quantum mechanical computation method at the B3LYP/6-31G(d,p) level of calculation for the most steady-state of diammonium hydrogen citrate compound. All the calculated effective atomic charges (deduced from Mulliken population analysis) are gathered in Table 5. It is visible from the table that the magnitudes of carbon atomic charges are calculated to be both the positive (π bonds at the region of lower charge distribution) and negative (σ bonds at the region of lower charge distribution) values as a result of different intra-molecular charge transfer regions and valence electron cloud effects (Arjunana et al., 2011). In more detail, the net Mulliken charges (partial charges) are found to be positive on the C₁, C₆, C₁₄ and C₁₅ atoms. This is attributed to the existence of slight high electronegative (negatively charged) regions related to the oxygen and nitrogen atoms.

Table 5. Mulliken and atomic polar tensor partial atomic charges for optimized geometry of diammonium hydrogen citrate molecule.

10	Atom number	Mulliken partial atomic charges	Atomic polar tensor charges
	C ₁	0.218386	0.432805
	C ₂	-0.258855	-0.074608
	O ₃	-0.573226	-0.660870
	H ₄	0.331097	0.370007
	C ₅	-0.242878	-0.048505
	C ₆	0.613956	0.976859
	O ₇	-0.476180	-0.634087
	O ₈	-0.494484	-0.700139
	H ₉	0.319108	0.279403
	H ₁₀	0.129429	-0.001999
	H ₁₁	0.145348	0.026932
	H ₁₂	0.152662	0.032563
	H ₁₃	0.140906	0.003954
	C ₁₄	0.594045	1.124170
	C ₁₅	0.587732	1.106465
	O ₁₆	-0.524021	-0.947673
	O ₁₇	-0.519356	-0.970461
	O ₁₈	-0.508111	-0.781858

O ₁₉	-0.529912	-0.789868
N ₂₀	-0.762272	-0.545682
H ₂₁	0.383474	0.625726
H ₂₂	0.295297	0.248495
H ₂₃	0.270784	0.157239
N ₂₄	-0.763077	-0.546519
H ₂₅	0.375347	0.598087
H ₂₆	0.263571	0.149158
H ₂₇	0.295674	0.262388
H ₂₈	0.269981	0.156522
H ₂₉	0.265575	0.151492

On this basis, the highest magnitude among the carbon atomic charge values is obtained to be about 0.613956 for the C₆ atom between two oxygen atoms. On the other hand, the most negative magnitude of -0.258855 is calculated for the C₂ atom.

The other carbon atomic charges are observed to be the intermediate positive magnitudes between -0.242878 (for the C₅ atom) and 0.594045 (for the C₁₄ atom). As for the oxygen atoms, all the Mulliken partial charges are found to be negative due to the excess electron density in the diammonium hydrogen citrate molecule as anticipated (acceptor property). The numerical values are obtained to be in a range between -0.573226 and -0.476180. The former (minimum) value is attributed to the O₃ atom, being the oxygen atom of the hydroxyl group and the presence of high positive charges at the vicinity of the atom in the diammonium hydrogen citrate compound. Besides, the Mulliken partial atomic charge regarding the O₇ atom double-bonded with the C₆ and H₉ atoms is computed to be the highest value. The other oxygen atoms exhibit the intermediate negative levels. In this regard, the O₈ and O₁₈ atoms present the values of -0.494484 and -0.508111 when the others (O₁₆, O₁₇ and O₁₉) show the Mulliken partial atomic charges of -0.524021, -0.519356 and -0.529912.

At the same time, we define the net Mulliken partial atomic charges for the nitrogen atoms. It is expected that the nitrogen atoms have the negative atomic charges of -0.762272 for the N₂₀ atom and -0.763077 for the N₂₄ atom. It is to be concluded that the charge distribution at the vicinity of nitrogen atoms exhibits the similar trend. In the diammonium hydrogen citrate molecule, the nitrogen atoms accept electrons due to their inherent donor features.

Moreover, all the hydrogen atomic charges are computed to be positive (due to their intrinsic acceptor characteristics) in a range of 0.129429 (for the H₁₀ atom)- and 0.383474 (for the H₂₁ atom). Namely, in the diammonium hydrogen citrate compound all the hydrogen atoms lose electrons. All in all, the charge transfer is carried out from the hydrogen atoms to the carbon, nitrogen and oxygen atoms. Shortly, the atomic position (leading to the different resonance magnitude) in the skeleton of compound plays the most crucial role on the Mulliken atomic charge magnitudes (Stephens et al., 1990).

One can also see the atomic polar tensor (APT) charges derived from electrostatic potential in Table 5. It is observed from the table that generally the APT atomic charge magnitudes are calculated to be greater than those of net Mulliken atomic charge magnitudes. This is due to the fact that the dipole derivative charges are obtained to be much more susceptible to the variation of asymmetric distribution of electrons on the atoms. Thus, the

Mulliken atomic charge magnitudes seem to be much more reliable as compared to those of APT atomic charge magnitudes.

3.4. Highest occupied molecular orbital for diammonium hydrogen citrate compound

Highest occupied molecular orbital (abbreviated as HOMO in the literature and called as the frontier orbital) enables the researchers to examine whether a compound interacts with other species or not. Namely, the physical quantity determines the fundamental characteristics (acceptor or donor) of a molecule. HOMO with the free electrons at the outermost orbital presents highly electronic donor ability and have an electron donating capacity (Gece, 2008). Accordingly, the energy level of HOMO is in relation to directly the ionization potential of a molecule. We depict the 3D plot for the HOMO of diammonium hydrogen citrate compound in Fig. 2 where the dark red regions display the regions of positive phase while the green blobs demonstrate the negative phase regions. It can easily be seen from the figure that the HOMO is mainly localized on the molecule except for the ammonium groups (no translation appears) in the title compound. In fact, the most electron transfer regions with the dark red and green blobs are found to be denser on the O3 and O8 atoms. That is to say, in case of the absorption of light much more electrons are excited to delocalize.

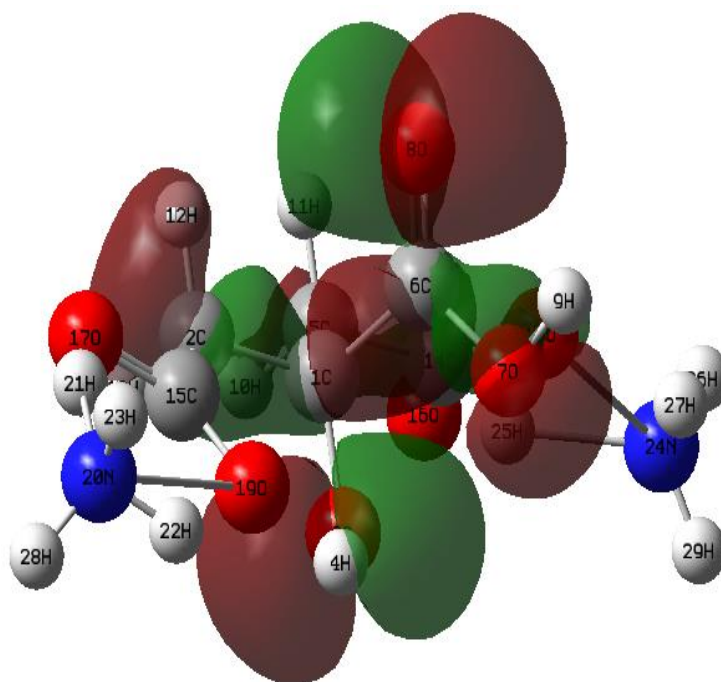


Figure 2. 3D plot for the HOMO of diammonium hydrogen citrate compound.

3.5. Lowest unoccupied molecular orbital for diammonium hydrogen citrate molecule

Lowest unoccupied molecular orbitals (LUMO) are the other frontier orbitals and play a crucial role to understand that the molecule studied exhibits high or low chemical reactivity, stability, bioactivity, kinetic stability, polarizability and intramolecular charge transfer. LUMO with the free places to accept electrons displays remarkably electronic acceptor ability and have an electron accepting capacity (Gece, 2008). Therefore, the LUMO energy of a molecule ascribes directly to the electron affinity. The 3D LUMO plot for the diammonium hydrogen citrate molecule is given in Fig. 3. It is visible from the figure that the LUMO is noted to localize mainly on the skeleton of compound, but slight blubs are observed on C₅-H₁₀ and H₁₁ atoms. In fact, there is no translation on the ammonium groups in the diammonium hydrogen citrate compound. Besides, the remarkable intramolecular charge transfers are carried out between C₁₅-O₁₇-O₁₉ and C₅-O₇-O₈ groups.

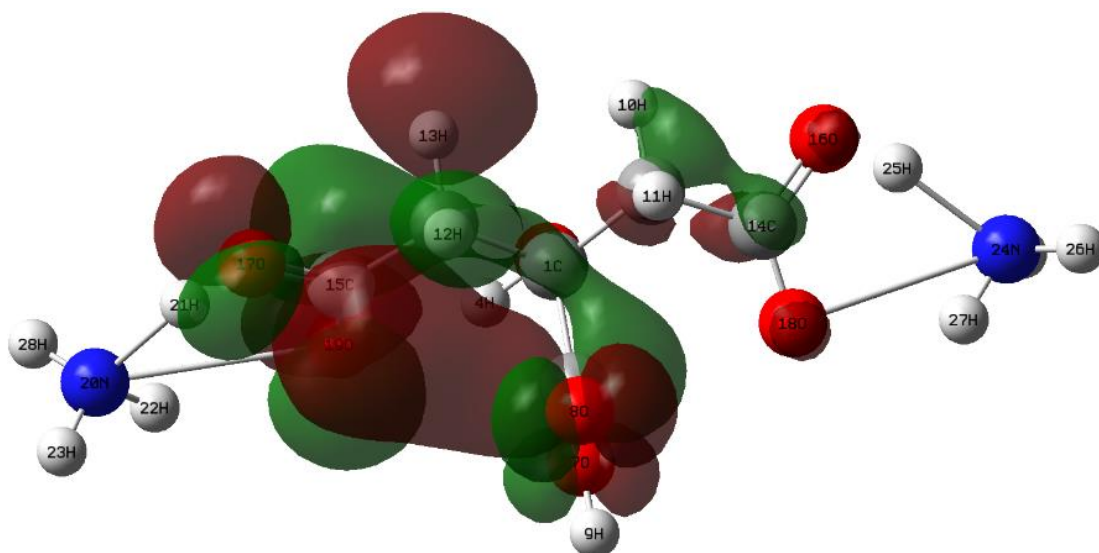


Figure 3. 3D plot for the LUMO of diammonium hydrogen citrate molecule.

As for the optical energy band gap of the diammonium hydrogen citrate molecule, as well known that the interaction between HOMO and LUMO orbital level is defined by the transition state of $\pi-\pi^*$ type in the molecular orbital theory (Fukui, 1975). Namely, the determination of energy band gap enables the researchers to develop a strong relationship between the fundamental characteristics such as chemical reactivity, stable, electronic acceptor ability, bioactivity, kinetic stability, polarizability and intramolecular charge transfer of molecule, and the potential application fields of the compound. In more detail, the small band gap energy means that the compound studied shows much more polarizability, electronic acceptor ability (soft electrophilic), antioxidant activity, chemical reactivity and lower kinetic stability. On this basis, the less band gap energy a compound has, the softer characteristics it exhibits (Fleming, 1976). In our research for this paper, the electronic energy band gap value is found to be about 0.25455 au (6.92666 eV). This is attributed to the fact that the diammonium hydrogen citrate compound exhibits rather hard electrophilic (nucleophilic) character with higher electronic donor ability.

We also define some electronic properties (ionization potential ($IP = -E_{HOMO}$), electron affinity ($EA = -E_{LUMO}$), electronegativity, chemical potential, chemical hardness, softness and electrophilicity index) belonging to the diammonium hydrogen citrate with the aid of HOMO and LUMO energies (Chattaraj and Sarkar, 2006). Chemical hardness and electronegativity values for the title compound are deduced from the following equations founded on the total energies and Koopman's theorem (Koopmans, 1933).

$$\text{Chemical hardness } (\eta) = [IP - EA] / 2$$

$$\text{Electronegativity } (\chi) = [IP + EA] / 2$$

where the parameters of IP (ionization potential = $-E_{HOMO}$) and EA (electron affinity = $-E_{LUMO}$) are inferred from the HOMO and LUMO orbital energies. Besides, the chemical potential (ϕ) is gathered for the maximal electron flow between donor and acceptor and can be calculated by the relation given below (Parr et al., 1999):

$$\text{Chemical potential } (\phi) = -\chi = -[IP + EA] / 2$$

At the same time, the electrophilicity index (ψ) can be obtained from the chemical potential parameter as follows (Parr, 1984):

$$\text{Electrophilicity index } (\psi) = \phi^2 / 2\eta$$

The global softness (ζ) related to the chemical reactivity can be formulized based on the global hardness. That is

$$\text{Global Softness } (\zeta) = 1/2\eta$$

All the computations are numerically depicted in Table 6 to make full characterization of diammonium hydrogen citrate compound. It is apparent from the table that the molecule exhibits the moderate electronic properties.

Table 6. Calculated energy values related to electronic properties of diammonium hydrogen citrate compound in its ground state at B3LYP/6-31G(d,p) calculation level.

Quantity	Value
Lowest MO Eigen value (a.u.)	-19,18054
Highest MO Eigen value (a.u.)	4.95944
HOMO (a.u.)	-0.24045
LUMO (a.u.)	0.01410
HOMO–LUMO gap (a.u.), [ΔE]	0.25455
Ionization potential, IP	0.24045
Electron affinity, EA	-0.01410
χ (Electronegativity) (a.u.)	0.113178
ϕ (Chemical potential) (a.u.)	-0.11318
η (Chemical hardness) (a.u.)	0.127275
ζ (Global Softness) (a.u.) ⁻¹	3.92850
ψ (Electrophilicity index) (a.u.)	0.05032
The virial ($-V/T$)	2.00880

3.6. Molecular electrostatic potential map of diammonium hydrogen citrate compound

Asymmetric distribution of electrons on the atoms in the molecule and related parameters (electron engagements, strong intra-molecular charge transfer regions, conjugative and valence electron cloud effects) can also be pointed out by the crucial quantities as regards molecular electrostatic potential and electrostatic potential. The former (molecular electrostatic potential=MEP) quantity is related to the interaction energy between electrical charge of a molecule (due to the molecule electrons and nuclei) and a positive test charge at a point defined as $r(x,y,z)$ in the space (Poltzer and Murray, 2002). We depict the MEP map in Fig. 4 where the red color shows the negative (electrophilic reactivity) regions, while the blue color illustrates the positive regions related to the nucleophilic reactivity.

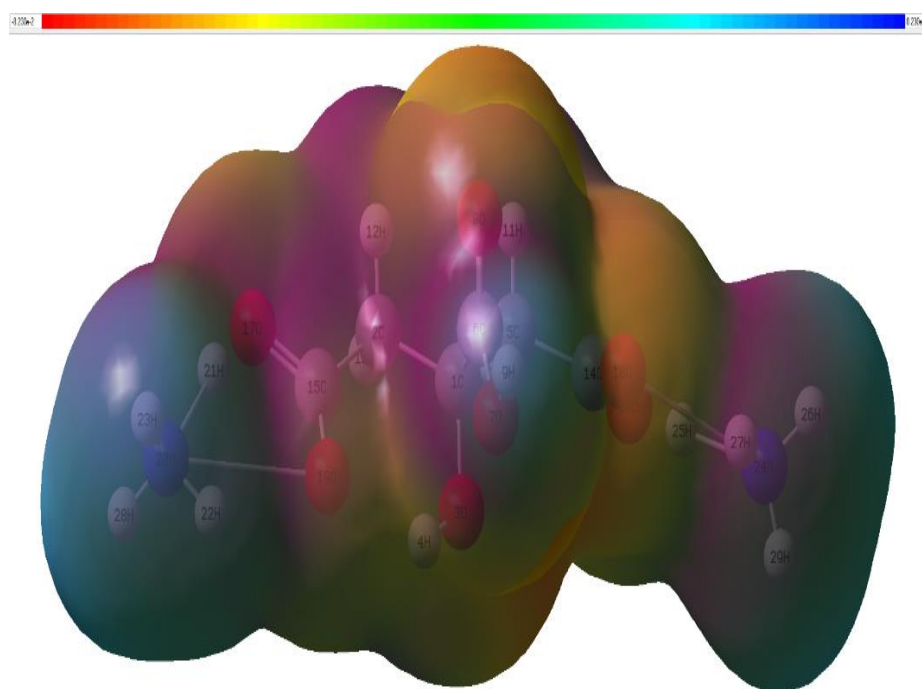


Figure 4. 3D plot for molecular electrostatic potential map of diammonium hydrogen citrate molecule.

According to the figure, the red regions are generally localized on the vicinity of oxygen atoms in the compound studied. This is in coincidence with the fact that the red regions exhibit the most electronegative region due to the presence of excess negative atomic charges. Conversely, the nucleophilic reactivity regions are mainly localized on the ammonium groups in the diammonium hydrogen citrate compound. Namely, the regions present the most electronic donor ability due to the presence of excess positive atomic charges. The practical consequence deduced from the findings is that the diammonium hydrogen citrate molecule with rich electrophilic and nucleophilic reactivity regions is useful to bond metallicity and interact intermolecularly.

3.7. Electrostatic potential map of diammonium hydrogen citrate molecule

We provide electrostatic potential (ESP) map belonging to the diammonium hydrogen citrate compound in Fig. 5 to favor all the findings evaluated from the other parts of the paper. It is obvious from the figure that the most negative regions in the ESP map is spread over the vicinity of oxygen atoms (electrophilic reactivity regions).

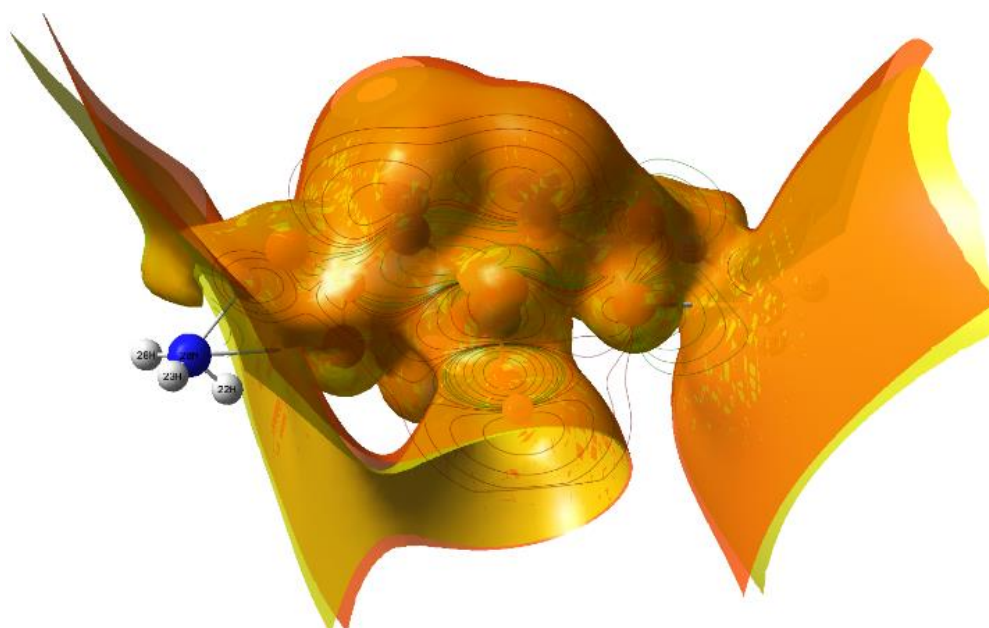


Figure 5. 3D plot for electrostatic potential map of diammonium hydrogen citrate molecule.

This is attributed to the fact that the π -electrons delocalize over the oxygen atoms. On the other hand, the figure guarantees that the ammonium groups take places in the nucleophilic reactivity regions. In the same figure, one can also see the total charge density contours. Based on the figure, the blue colors (positive charge distribution) indicating the nucleophilic reactivity regions are observed to be the predominance at especially the vicinity of ammonium groups.

16

4. CONCLUSION

In this current work, we make full characterization of diammonium hydrogen citrate molecule with the assistant of the density functional theory method at the standard B3LYP/6-31G(d,p) calculation level for the first time. In this regard, we examine the optimized molecular structures, total energies, atomic charges, thermodynamic constants, lowest unoccupied molecular orbital, highest occupied molecular orbital, electrostatic potential surface and molecular electrostatic potential contour maps. Besides, the calculation data enable us to determine the crucial (optical band-gap energy, chemical hardness, softness, electronegativity, chemical potential and electrophilicity index parameters) results related to the potential application fields of the compound. It is found that the diammonium hydrogen citrate molecule exhibiting non-uniform distribution of charges on the various atoms is useful to bond metallicity and interact intermolecularly due to its rich electrophilic (electronegative) and especially nucleophilic (electronic donor ability) regions. It is to be declared here that there is, of course, no translation regions on the ammonium groups in the diammonium hydrogen citrate compound. At the same time, this study becomes a leader for understanding the remarkable dependence of electron engagements, conjugative effects, strong intra-molecular charge transfer regions, valence electron cloud effects and especially the presence of σ -bonds between the atoms on the charge distribution regions in the diammonium hydrogen citrate. To conclude, this study developing a strong strategy on the fundamental characteristics; namely, chemical reactivity, stable, electronic acceptor ability, bioactivity, kinetic stability, polarizability and intramolecular charge transfer of molecule seriously enables to the researchers for the usage of potential application fields of diammonium hydrogen citrate molecule.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study is totally supported by Şırnak University Scientific Research Project Coordination Unit (Project No: 2017.03.03.02).

REFERENCES

- Frank, H. V., (2005). Citric Acid, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley-VCH.
- Srivastava, A, (2017). Optical Materials, Volume 64, February 1-8.
- Nair, S-L., Krishan, R., Vijayan, S., Wilson P., Prabhakaran, K., (2019). MgO calcination for easy direct coagulation casting of aqueous alumina slurries, *Ceramics International* Volume 45, Issue 5, 1 April, 5717-5723.
- Khan, W. U, Wang D., Zhang, W., Tang, Z., Ma, X., Ding, X., Du, S., Wang Y., (2017). High Quantum Yield Green-Emitting Carbon Dots for Fe(III) Detection, *Biocompatible Fluorescent Ink and Cellular Imaging*, *Scientific Reports* 7, Article Number: 14866, 01 November, 1-9.
- Mufidah, E., Wakayama, M., (2016). Optimization of d-lactic acid production using unutilized biomass as substrates by multiple parallel fermentation, *3 Biotech*, Springer, December, 6:186.
- Idzkowska, A., Sato, K., Sakka, Y., Szafran, M., (2015). Deflocculation and stabilization of Ti₃SiC₂ ceramic powder in gelcasting process, *Journal of the Ceramic Society of Japan*, vol.123, No.1443, November, 1010-1017.
- Dunn, J. D., Watson, J. T., Bruening, M.L., (2006). Detection of Phosphopeptides Using Fe(III)-Nitrilotriacetate Complexes Immobilized on a MALDI Plate, *Analytical Chemistry*, vol.78, 1574-1580.
- Huang, Q. L., Zhu, X., S., (2014). Synthesis and Characterization of SERS-Active Silver Nanomaterial, *Chinese Journal of Inorganic Chemistry*, Volume: 30 (2), 442-450.
- Taira, S., Osaka, I., Shimma, S., Kaneko, D., Hiroki, T., Kawamura-Konishi, Y., Ichihyanagi, Y., (2006). Oligonucleotide analysis by nanoparticle-assisted laser desorption/ionization, mass spectrometry, *Analyst*, vol.137, issue.9, 2006-2010.
- Berlinger, B., Náray, M., Sajó, I., Záray, G., (2009). Critical Evaluation of Sequential Leaching Procedures for the Determination of Ni and Mn Species in Welding Fumes, *The Annals of Occupational Hygiene*, Vol.53, Issue 4, June, 333-340.
- Dunn, J.D., Allison J., (2007). Detection of Multiply Charged Dyes Using Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometry for the Forensic Examination of Pen Ink Dyes Directly From Paper, *Journal of Forensic Sciences* Vol.52, Issue:5, September, 1205-1211.
- Zhang, Z., Zhou, L., Zhao, S., Deng., H., (2006). 3-Hydroxycoumarin as a New Matrix for Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry of DNA, *Journal of The American Society for Mass Spectrometry*, Vol.17 Issue: 12 Pages: 1665-1668.
- U. Soykan, S. Cetin, B. Ozturk, F. Karaboga, Y. Zalaoglu, M. Dogruer, G. Yildirim, C. Terzioglu, (2013). Synthesis and characterization of p-benzophenoneoxycarbonylphenyl acrylate by means of experimental measurements and theoretical approaches, and bulk melt polymerization, *J. Mol. Struct.* Vol.1049, 479-487.
- Durig, J. R.; Ganguly, A.; El Defrawy, A. M.; Guirgis, G. A.; Gounev, T. K.; Herrebout, W. A.; van der Veken, B. J. (2009). Conformational stability, r₀ structural parameters, barriers to internal rotation and vibrational assignment of cyclobutylamine, *J. Mol. Struct.* Vol.918, 64-76

- Sun, Y.X., Hao, Q. L, Lu, L. D., Wang, X., Yang, X. J., (2010). Vibrational spectroscopic study of o-, m- and p-hydroxybenzylideneaminoantipyrines, *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc.* Vol.75, 203–211.
- Breda, S., Reva, I., Fausto, R., (2008). Molecular structure and vibrational spectra of 2(5H)-furanone and 2(5H)-thiophenone isolated in low temperature inert matrix *J. Mol. Struct.* 887 (2008) 75.
- Foresman, J.B, Frisch, A., (1996). *Exploring Chemistry with Electronic Structure Methods: a Guide to Using Gaussian*, second ed., Gaussian, Pittsburgh.
- Scott, A.P., Radom, L., (1996). Harmonic Vibrational Frequencies: An Evaluation of Hartree-Fock, Møller-Plesset, Quadratic Configuration Interaction, Density Functional Theory, and Semiempirical Scale Factors, *J. Phys. Chem.* Vol.100, 16502-16513.
- Durig, J.R., El-Defrawy, A.M., Ganguly, A., Panikar, S.S., Soliman, M.S., (2011). Conformational Stability from Variable-Temperature Infrared Spectra of Xenon Solutions, *r₀* Structural Parameters, and Vibrational Assignment of Pyrrolidine, *J. Phys. Chem. A* vol.115 7473-7483.
- Miehlich, B., Savin, A., Stoll, H., Preuss H., (1989). Results obtained with the correlation energy density functionals of Becke and Lee, Yang and Parr, *Chem. Phys. Lett.* Vol.157, Issue3, 200-206.
- M. Alcolea Palafox, G. Tardajos, A. Guerrero-Martínez, V.K. Rastogi, D. Mishra, S.P. Ojha, and W. Kiefer, (2007). FT-IR, FT-Raman spectra, density functional computations of the vibrational spectra and molecular geometry of biomolecule 5-aminouracil, *Chemical Physics*, vol.340, 17-31.
- Handy, N.C., Masley, P.E., Amos, R.D., Andrews, J.S., Murray, C.W., Laming, G., (1992). The harmonic frequencies of benzene, *Chem. Phys. Lett.* Vol.197, issues4-5, 506-515.
- Frisch, M.J., Trucks, G.W., Schlegel, H.B., et al., (2010). *Gaussian 09*, Revision B.01, Gaussian Inc., Wallingford, CT.
- Kohn, W., Sham, L.J., (1965). Self-Consistent Equations Including Exchange and Correlation Effects *Phys. Rev.* vol.140, A1133-A1138.
- Becke, A.D., (1993). Density-functional thermochemistry. III. The role of exact exchange *J. Chem. Phys.* Vol.98, issue7, 5648-5652.
- Lee, C., Yang, W., Parr, R.G., (1988). Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density, *Phys. Rev. B* vol.37, 785-789.
- Jaronczyk, M., Cz Dobrowolski, J.,(2008). On isomers and tautomers of Nitro-1-deazapurine: A DFT study, *J. Mol. Struct. Theochem.* Vol.858, issues 1-3, 77-84.
- Merrick, J.P., Moran, D., Radom, L., (2007). An evaluation of harmonic vibrational frequency scale factors, *J. Phys Chem A*, vol.111, 11683-11700.
- Foresman, J.B., Frisch, A., (1995). *Exploring Chemistry with Electronic Structure Methods*, 2nd Ed. Gaussian, Inc., Pittsburgh, PA.
- Keresztury, G., Holly, S., Varga, J., Besenyi, G., Wang, A.Y., Durig, J.R., (1993). Vibrational spectra of monothiocarbamates-II. IR and Raman spectra, vibrational assignment, conformational analysis and ab initio calculations of S-methyl-N, N-dimethylthiocarbamate, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular Spectroscopy*, vol.49, issue 13-14, 2007-2026.
- Keresztury, G., (2002). Raman spectroscopy: theory, in: J.M. Chalmers, P.R. Griffith (Eds.), *Handbook of Vibrational Spectroscopy*, John Wiley & Sons, New York.
- Politzer, P., Truhlar, D.G., (Eds.), (1981). *Chemical Applications of Atomic and Molecular Electrostatic Potentials*, Springer Science+Business Media New York.
- Arjunan, V., Santhanam, R., Rani, T., Rosi, H., Mohan, S., (2013). Conformational, vibrational, NMR and DFT studies of N-methylacetanilide, *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc.* Vol.104, 182-196.

- Dennington, R.D., Keith, T.A., Millam, J.M., GaussView 5 0 9, Gaussian Inc., 2008.
- Prasad, O., Sinha, L., Misra, N., Narayan, V., Kumar, N., (2010). Molecular structure and vibrational study on 2,3-dihydro-1H-indene and its derivative 1H-indene-1,3(2H)-dione by density functional theory calculations, *J. Mol. Struct.* Vol.940, 82–86.
- S. Subashchandrabose, H. Saleem, Y. Erdogdu, O. Dereli, V. Thanikachalam, J. Jayabharathi, (2012). Structural, vibrational and hyperpolarizability calculation of (E)-2-(2-hydroxybenzylideneamino)-3-methylbutanoic acid, *Spectrochim. Acta A* 86, 231–241.
- Dhas, D.A., Joe, I.H., Roy, S.D.D., Balachandran, S., (2011). Nonplanar property study of antifungal agent tolinaftate-spectroscopic approach, *Spectrochim. Acta A* vol.79, 993–1003.
- Tezer, N., Karakus, N., (2009). Theoretical study on the ground state intramolecular proton transfer (IPT) and solvation effect in two Schiff bases formed by 2-aminopyridine with 2-hydroxy-1- naphthaldehyde and 2-hydroxy salicylaldehyde. *J. Mol. Model.* Vol.15, issue3, 223–232.
- Peng, X.J., Song, F.L., Lu, E., Wang, Y.N., Zhou, W., Fan, J.L., Gao, Y.L., (2005). Heptamethine Cyanine Dyes with a Large Stokes Shift and Strong Fluorescence: A Paradigm for Excited-State Intramolecular Charge Transfer, *J. Am. Chem. Soc.* Vol.127 4170–4171.
- Qian, G., Zhong, Z., Luo, M., Yu, D., Zhang, Z., Ma, D., Wang, Z.Y., (2009). Synthesis and Application of Thiadiazoloquinoxaline-Containing Chromophores as Dopants for Efficient Near-Infrared Organic Light-Emitting Diodes, *J. Phys. Chem. C* vol.113, 1589–1595.
- Prasad, J.V., S.B. Rai, S.N. Thakur, (1989). *Chem. Phys. Lett.* 164, 629–634.
- Ahmed, M.K., B.R. Henry, (1986). *J. Phys. Chem.* 90, 1737–1739.
- L.G. Wade Jr., *Organic Chemistry*, sixth ed., Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2006.
- Dhas, D.A., I.H. Joe, S.D.D. Roy, T.H. Freeda, (2010). *Spectrochim. Acta A* 77, 36–44.
- Arjunana, V., S.T. Govindarajab, S. Sakiladevic, M. Kalaivania, S. Mohand, *Spectrochim.* (2011). *Acta A* 84, 196–209.
- Stephens, P. J., K. J. Jalkanen, R. W. Kawiecki, (1990). "Theory of vibrational rotational strengths: comparison of a priori theory and approximate models". *J. Am. Chem. Soc.* 112 (18): 6518–6529.
- Gece, G., (2008). *Corros. Sci.* 50, 2981–2992.
- Fukui, K., (1975). *Theory of Orientation, Stereoselection*, 1st ed., Springer-Verlag, Berlin.
- Fleming, I., *Frontier Orbitals, Organic Chemical Reactions*, John Wiley and Sons, New York, 1976.
- Chattaraj, P.K., U. Sarkar, (2006). *D.R. Roy, Chem. Rev.* 106, 2065.
- Koopmans, T.A., (1933). *Physica* 1, 104.
- Parr, R.G., L. von Szentpaly, S. Liu, (1999). *J. Am. Chem. Soc.* 121, 1922.
- Parr, R.G., P.K. Chattaraj, (1991). *J. Am. Chem. Soc.* 113, 1854.
- Politzer, P., J.S. Murray, (2002). *Theor. Chem. Acc.* 108, 134–142.

Trabzon Yavuz Sultan Selim Camii'nin Akustik Özelliklerinin Bilgisayar Simülasyon Programı Aracılığıyla İncelenmesi

Mustafa KAVRAZ^{1*}, Barış İLBAN²

¹ KTÜ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü; mkavraz@ktu.edu.tr

² ATU Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü; barisilban@yandex.com

* Sorumlu Yazar; mkavraz@ktu.edu.tr

Gönderme tarihi: 25/06/2019

Kabul tarihi: 12/12/2019

ÖZET

Camiler İslam Dininin ibadet mekanları ve çok sayıda insanın bir arada ibadet ettiği binalardır. Bu sebeple iç mekanlarında oluşan sesin, ortam içerisinde dağılımı ile dinleyiciler tarafından optimum şekilde algılanması mimari akustik açısından önem taşımaktadır. Bundan dolayı çalışmada, Trabzon'da yer alan Yavuz Sultan Selim Camii'ne ait akustik özellikler incelenmiş, Bilgisayar Simülasyon Yöntemi ile Sesin Nesnel Parametreleri açısından değerlendirilmiştir. Değerlendirme Çınlama Süresi (RT), Erken Gecikme Süresi (EDT), Belirginlik (D50), Netlik (C80) ve Konuşma İletim Endeksi (STI) nesnel parametreleri ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada; caminin boş, %50 dolu ve %100 dolu olduğu durumlar için, alıcıların oturma ve ayakta durma pozisyonlarında, ses kaynağı olan imamın namaz kıldırıldığı ve hutbede vaaz verdiği iki konum dikkate alınmıştır. Simülasyon neticesi elde edilen nesnel parametre değerleri ile caminin akustik performansı tespit edilmiştir. Çalışmada kişi başına düşen iç mekan hacminin düşük olduğu ve buna bağlı olarak çınlamanın optimum düzeylerden düşük olduğu, konuşmaların ise anlaşılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: cami akustiği; akustik performans; sesin nesnel parametreleri; simülasyon

Investigation of Acoustic characteristic of Yavuz Sultan Selim Mosque in Trabzon by Computer Simulation Program

21

ABSTRACT

Mosques are places of worship of Islam and buildings where many people worship together. For this reason, distribution within the environment and optimally perception by the audience of the sound generated in the interior is important for the architectural acoustics. Therefore, in this study, acoustic properties of Yavuz Sultan Selim Mosque in Trabzon were examined and evaluated in terms of Objective Parameters of Sound by Computer Simulation Method. The evaluation was performed with objective parameters Reverberation Time (RT), Early Decay Time (EDT), Clarity (D50), Clarity (C80) and Speech Transmission Index (STI). In the Study, for the cases where the mosque is empty, 50% full and 100% full; the two positions in the sitting and standing positions of the receivers; where the imam, the source of sound, prayed and preached in the sermon were considered. The acoustic performance of the mosque was determined by the objective parameter values obtained as a result of the simulation. In the work was concluded that because of low volume of the interior space per person, the reverberance was lower than optimum values and the speech were understandable.

Keywords: mosque; acoustic; objective parameters of sound; simulation

1. GİRİŞ

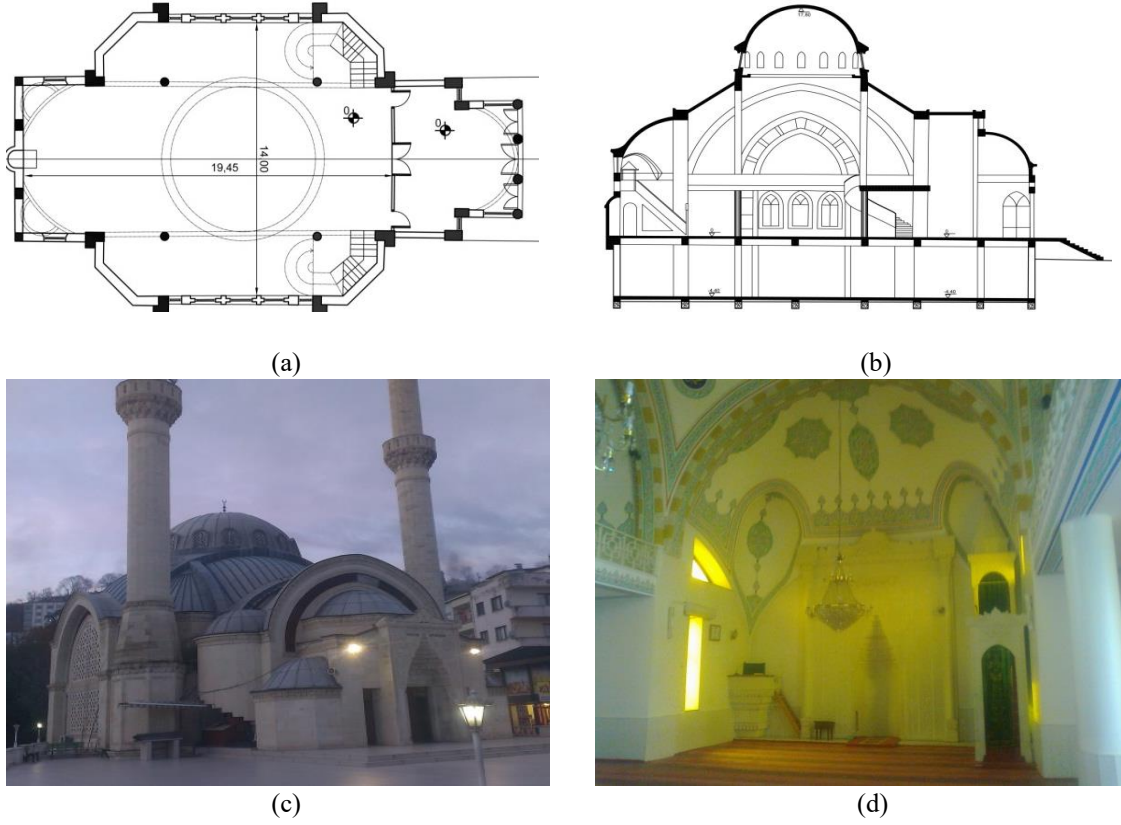
Hacim akustiği konusunda modern çalışmaların gerçekleştirilmesiyle birlikte birçok bilim adamı tarafından yapılan farklı araştırmalarda ağırlıklı olarak konser salonları, konferans salonları, tiyatro salonları gibi sahne yapıları incelenmiştir. Bu salonlarda ulaşılan akustik kalitenin ibadet mekânlarında da elde edilmesi için özellikle kiliseler ve camiler üzerinde de birçok araştırmalar yapılmış, yapı niteliğine özgü konfor koşulları belirlenmeye çalışılmıştır.

Abdou (2003) “Suudi Arabistan’daki Camilerin Akustik Karakterlerinin Ölçülmesi” (*Measurements of Acoustical Characteristics of Mosques in Saudi Arabia*) isimli çalışmasında Suudi Arabistan’daki farklı boyut ve mimari özellikteki 21 adet camiye akustik nitelikleri bakımından incelemiştir. Hacimlerine göre camileri 5 farklı gruba ayırmıştır. Camilerin boş durumlar için ölçümler fan ve klima sistemlerinin çalıştığı ve çalışmadığı durumlarda ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Carvalho ve Freitas (2011) “Acoustical Characterization of the Central Mosque of Lisbon” adlı çalışmalarında Lizbon Merkez Camii’nin akustik özelliklerini cami boş durumdayken ses güçlendirme sistemlerinin çalıştığı ve çalışmadığı durumlarda yerinde ölçümler yaparak incelemiştir. Sü ve Yılmaz (2008) “The Acoustical Characteristics of the Kocatepe Mosque in Ankara, Turkey” isimli çalışmalarında ODEON programı kullanarak Kocatepe Camii’nin akustik özelliklerini bilgisayar simülasyonu yöntemiyle incelemiştir. Kavraz (2014) “The Acoustic Characteristics of the Çarşı Mosque in Trabzon, Turkey” adlı çalışmasında Trabzon’daki Çarşı Camii’nin akustik özelliklerini Bilgisayar Simülasyonu Yöntemi ile incelemiştir. Camide mevcut durum ve duvarlarının ahşap kaplı olduğu iki farklı durumda inceleme yapılmıştır. Suarez vd. (2005) yaptıkları çalışmada bugün katedral olarak kullanılan Cordoba Camii’nin akustik özelliklerini incelemiştir. Yapının cami olarak kullanıldığı dönemdeki duruma, 15. yy’daki katedral olarak kullanılmaya başladığı duruma ve 16. yy’da yapılan eklemelerden sonraki duruma ait çınlama süreleri bilgisayar simülasyonu ile, günümüzdeki durumu ise yerinde yapılan ölçümlerle tespit edilip karşılaştırılmıştır. Gül ve Çalışkan (2013), Doğramacı Ali Paşa Camii üzerine yaptıkları çalışmada caminin akustik özelliklerini yerinde ölçüm ve bilgisayar simülasyonu yöntemleriyle incelenmiştir.

Bu çalışma kapsamında, Trabzon’da bulunan Yavuz Sultan Selim Camii’nin ibadet bölümünün mevcut durum için akustik özellikleri bilgisayar simülasyon programı aracılığıyla incelenmiştir.

2. MATERYALLER VE METOTLAR

Trabzon’un İnönü Mahallesi’nde yer alan ve inşasına 1988 yılında başlanan Yavuz Sultan Selim Camii Klasik Osmanlı mimarisinden farklı, modern çizgiler taşıyan oval bir plan tipine sahiptir. İç bölümü ana ibadet salonu (harim) ile üzerinde yer alan mahfil katından oluşmaktadır. Ana ibadet salonu ve balkon katıyla beraber toplam 390 m² kullanım alanına sahip olan cami betonarme konstrüksiyon ile inşa edilmiştir. 406 kişi kapasiteli caminin toplam iç hacmi 2460 m³’tür. Camide kişi başına düşen hacim yaklaşık 6 m³ olup ana kubbenin tepe noktasının zeminden yüksekliği 17,80 m’dir (Şekil 1).



Şekil 1. Yavuz Sultan Selim Camii'nin şekilsel ifadeleri: (a) Caminin planı (YSSCKD, 2014) (b) Caminin kesiti (YSSCKD, 2014) (c) Caminin dış görünümü (d) Caminin iç görünümü (İlban, 2016).

2.1. Caminin 3D Modelinin Hazırlanması

Temin edilen rölöveler ve mimari projeler (YSSCKD, 2014) ile yerinde gözlem ve ölçüm sonucu elde edilen verilere göre caminin Sketchup 8 programında üç boyutlu modeli hazırlanmıştır (Şekil 2). Model hazırlanırken ODEON Version 10.1 programının kullanım kılavuzunda yer alan tavsiyeler dikkate alınmıştır (Christensen, 2009).

2.2. Malzemeler ile İlgili Yapılan Kabuller

Yapılan üç boyutlu modeller ODEON Version 10.1 programına aktarıldıktan sonra yüzeyler için ODEON Version 10.1 malzeme kütüphanesindeki malzemelerden en uygunları seçilmiştir. Yavuz Sultan Selim Camii modelini oluşturan yüzeyler, yüzeyleri oluşturan malzemeler ve bu malzemelere ait oktav bantlardaki ses yutma katsayıları Tablo 1'de yer almaktadır. Malzemelerin ses dağıtma katsayıları ise, ODEON 10.1 programının kullanım kılavuzunda verilen tablodaki önerilere uygun olarak tanımlanmıştır (Christensen, 2009).

Tablo 1. Yavuz Sultan Selim Camii yüzey malzemeleri ve malzemelere ait ses yutma katsayıları

	No	Yüzey	Malzeme	ODEON Kodu	Ses Yutma Katsayıları					
					125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Zemin yüzeyleri	1	Zemin döşemesi	Halı	7005	0,08	0,24	0,57	0,69	0,71	0,73
	2	İbadet edenler	İnsan	11050	0,15	0,23	0,56	0,78	0,88	0,89
Duvar yüzeyleri	3	Duvarlar	Sıva	4002	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	4	Mihrap	Mermer	2001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
	5	Pencereler	Cam	10001	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
	6	Pencere denizlikleri	Mermer	2001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
	7	Kapılar ve duvar dibi kaplama	Ahşap	*	0,1	0,1	0,1	0,08	0,08	0,09
Tavan-kubbe yüzeyleri	8	Kubbeler	Sıva	4002	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	9	Tavanlar	Sıva	4002	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Diğer yüzeyler	10	Minber, kürsü	Sıva	4002	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

* (Abdülrahimov, 2005)

2.3. Doluluk Oranlarına Göre Oluşturulan Senaryolar

Camilerde ses kaynağı olarak imamın yer aldığı iki konum bulunmaktadır. Bunlar namaz esnasında ibadet edenlerin en önünde durarak namazı yönettiği mihrap ve vaaz esnasında üzerine çıkıp cami cemaatine konuşma yaptığı minberdir. “namaz modu” ve “vaaz modu” olarak adlandırılacak bu iki durumu temsil etmek için iki konuma, üzerinde buldukları zeminlerden 150 cm yüksekliğe (ISO, 2009) birer adet ses kaynağı tanımlanmıştır.

Cami; cuma namazı, teravih namazı, bayram namazı gibi camilerde yoğunluğun fazla olduğu ibadetler için cami %100 dolulukta, vakit namazları gibi yoğunluğun düşük olduğu ibadetler için camiler %50 dolulukta kabul edilmiştir (Kavraz, 2014). Bu doluluk oranları, namazın kıyam ve son oturuş (Ka’de-i ahire) olarak adlandırılan, ayakta durma ve oturma pozisyonlarına göre de düzenlenmiştir. Kurgulanan her durumun namaz modunda (mihraptaki ses kaynağı noktasının aktif olması-1) ve vaaz modunda (minberdeki ses kaynağının aktif olması-2) olarak adlandırılmış olan iki farklı faaliyet modu ile kombinasyonları sonucu oluşan on farklı durumdan sekizi araştırmada esas alınacak senaryolar olarak kabul edilmiştir (vaaz modunda, ibadet edenlerin ayakta durma pozisyonunda oldukları %50 ve %100 dolulukta iki durum, camideki ibadet faaliyetleri süreçlerinde karşılıkları bulunmadığı için araştırma kapsamına alınmamıştır). Kabul edilen bu sekiz senaryo;

- Senaryo 1: Caminin boş olduğu namaz modu, 1(boş)
- Senaryo 2: Caminin boş olduğu vaaz modu, 2(boş)
- Senaryo 3: Caminin %50 dolu, ibadet edenlerin oturma pozisyonunda olduğu namaz modu, 1(O)(%50)
- Senaryo 4: Caminin %50 dolu, ibadet edenlerin oturma pozisyonunda olduğu vaaz modu, 2(O)(%50)

- Senaryo 5: Caminin %50 dolu, ibadet edenlerin ayakta olduğu namaz modu, 1(A)(%50)
- Senaryo 6: Caminin %100 dolu, ibadet edenlerin oturma pozisyonunda olduğu namaz modu, 1(O)(%100)
- Senaryo 7: Caminin %100 dolu, ibadet edenlerin oturma pozisyonunda olduğu vaaz modu, 2(O)(%100)
- Senaryo 8: Caminin %100 dolu, ibadet edenlerin ayakta olduğu namaz modu, 1(A)(%100)

şeklindedir.

2.4. Alıcılar ve Ses kaynakları

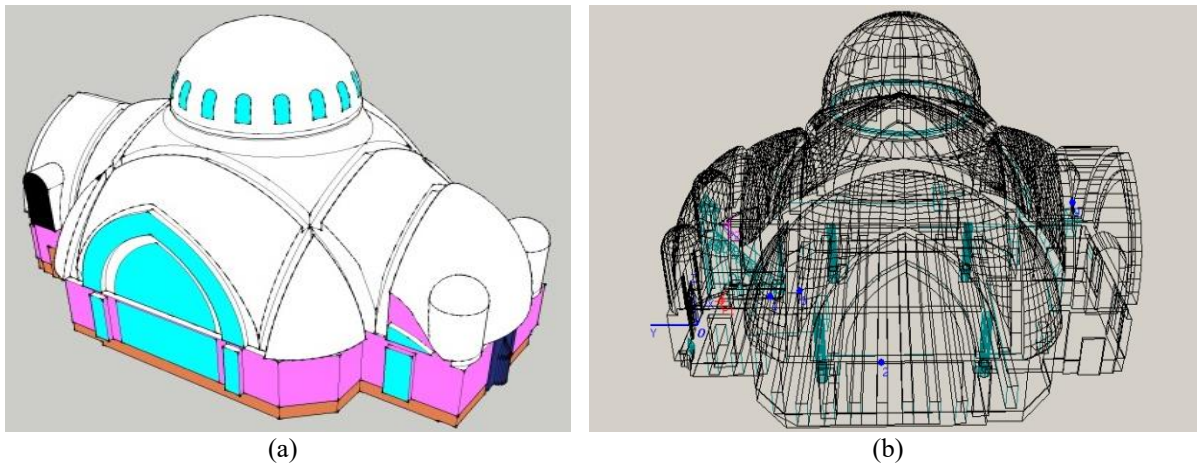
ODEON Simülasyon programı ile camide ibadet edenler için belirlenen alan “Grid Definition” bölümünde tanımlanmıştır. Doluluk ve yarı doluluk durumlarında ibadet edenleri temsilen oluşturulan dikdörtgen prizmaların üst yüzeyleri 50 cm x 50 cm boyutunda grid yüzeyleri halinde tanımlanmış ve alıcı konumları belirlenmiştir. Boş durumda alıcı konumlarının yüksekliklerinin belirlenmesi için ise tam doluluk durumunda ibadet edenlerin buldukları zemin grid yüzeyi olarak tanımlanıp 160 cm yükseltilmiştir.

Ses kaynağı noktaları; imamın namaz esnasında bulunduğu mihrap (Kaynak 1) ve vaaz sırasında çıktığı minber (Kaynak 2) olmak üzere iki noktada tanımlanmıştır. Her iki konumda da, ses kaynağı buldukları zemin düzleminin 150 cm üzerine (ISO, 2009) yerleştirilmiştir.

2.5. Programın Çalıştırılması Süreci

Çalışma kapsamında caminin doluluk oranları ve cami içerisinde gerçekleşen faaliyetlere göre oluşturulan senaryolar doğrultusunda Sketchup 8 programında hazırlanan modeller .dxf dosya formatında kaydedilerek ODEON version 10.1 programına aktarılmıştır. İlk olarak, modellerin oluşturulması ve farklı dosya formatlarına dönüştürülmeleri sırasında oluşabilecek geometrik hatalara karşı “3D Geometry Debugger” komutu ile modeller kontrol edilmiş ve modellerin hatasız oldukları belirlenmiştir. Daha sonra yüzeylerde modelleme sırasında yapılan veya format dönüşümü sırasında oluşabilen, simülasyon işlemi sırasında ışınların mekan içerisinden kaçmasına sebep olabilecek boşlukların simülasyon sonuçlarını etkileyebilecek miktarda olup olmadığı “3D Investigate Rays” komutu ile kontrol edilmiştir. Kontroller tamamlandıktan sonra kurgulanan senaryolar doğrultusunda ses kaynağı ve alıcı noktaları tanımlanmış, grid konumları belirlenip yüzeylere ilgili malzemeler atanmıştır

“Global Estimation” komutu ile yaklaşık çınlama süresi tespit edilen cami için gerekli “Number of Rays” ve “Impulse Response Length” değerleri atandıktan sonra her faaliyet modunda simülasyon işlemi başlatılmıştır. Şekil 2’de camiye ait simülasyon modeli yer almaktadır.



Şekil 2. (a) Yavuz Sultan Selim Camii'nin Sketchup 8 programında hazırlanan üç boyutlu modeli (b) Simülasyon modeli (İlban, 2016).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Camiye ait modellerin ODEON version 10.1 programında akustik simülasyonlarının gerçekleştirilmesi sonucu sesin nesnel parametre değerleri elde edilmiştir. Çalışma kapsamında sesin nesnel parametrelerinden; Çınlama Süresi (RT), Erken Gecikme Süresi (EDT), Belirginlik (D50), Netlik (C80) ve Konuşma İletim Endeksi'ne (STI) ait sonuçlar değerlendirilmiştir. Caminin akustik açıdan değerlendirilmesinde kullanılan ses, nesnel parametrelerine ait optimum değerler Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 1. Camilerin akustik açıdan değerlendirilmesinde kullanılan sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları

T30 (sn)	EDT (sn)	D50 (%)	C80 (dB)	STI
1,74-2,12	1,89-2,31	30-70	-4 +4	≥0,45

Kayılı'nın (2005) önerdiği grafiğe göre tespit edilen optimum değerler Abdulrahimov'un (2005) önerdiği \pm %10 tolerans aralığına göre hesaplanıp optimum değer aralıklarının alt ve üst sınırları belirlenmiştir. EDT için optimum değer aralığı, Gade'nin (1989) önerdiği Çınlama süresi-EDT ilişkisine göre hesaplanarak belirlenmiştir (Gade, 1989)

Belirginlik parametresi için optimum değer olarak ISO 3382'de önerilen %30-%70 aralığı esas alınmıştır (ISO, 2009). Netlik parametresi için optimum değer olarak Beranek'in (1996) önerdiği -4dB +4 dB aralığı esas alınmıştır (Beranek, 1996), (Tablo 2). STI parametresi için, 0-1 arasındaki STI değerler aralıklarının sınıflandırıldığı tabloda "yeterli" ve daha üst kategorilerdeki (0.45 ve üzeri) değerler optimum olarak kabul edilmiştir (Tablo 3).

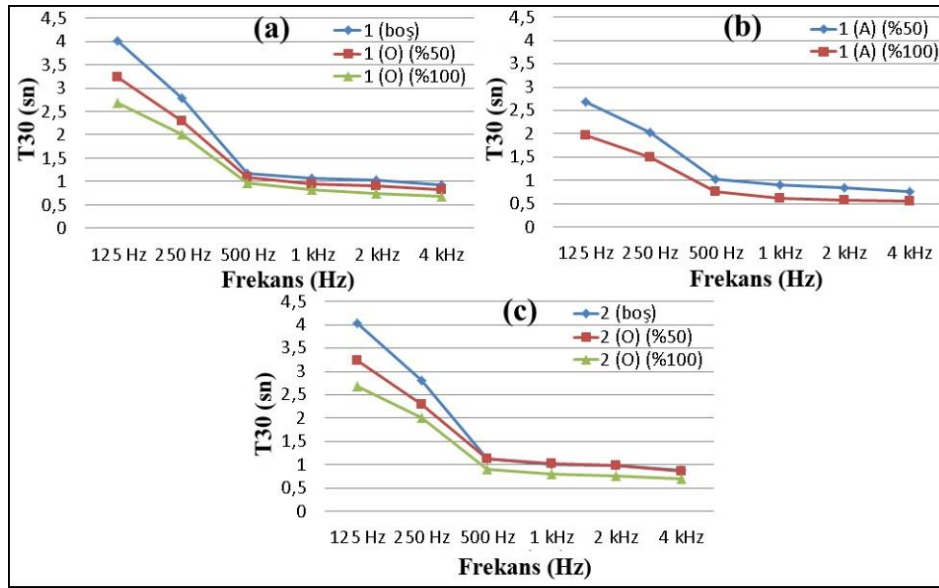
Tablo 3. STI Değer aralıklarının sınıflandırılması (Houtgast ve Steeneken, 2002).

Nitelik	STI değeri
Kötü	0 - 0,32
Zayıf	0,32 - 0,45
Yeterli	0,45 - 0,60
İyi	0,60 - 0,75
Mükemmel	0,75 - 1

3.1. Elde Edilen T30 Değerlerinin Analizleri

Yavuz Sultan Selim Camii için elde edilen ortalama T30 değerlerinin doluluk oranlarına göre grafikler Şekil 3'te yer almaktadır. Yavuz Sultan Selim Camii'nin hacmi için önerilen optimum T30, 1,74sn – 2,12 sn değer aralığındadır (Tablo 2). Orta frekanslarda her durum için elde edilen T30 değerleri optimum değerlerin altında kalmıştır. Kişi başına düşen hacmin düşük değerde olması T30 değerlerinin orta frekanslarda çok düşük olmasına neden olmuştur.

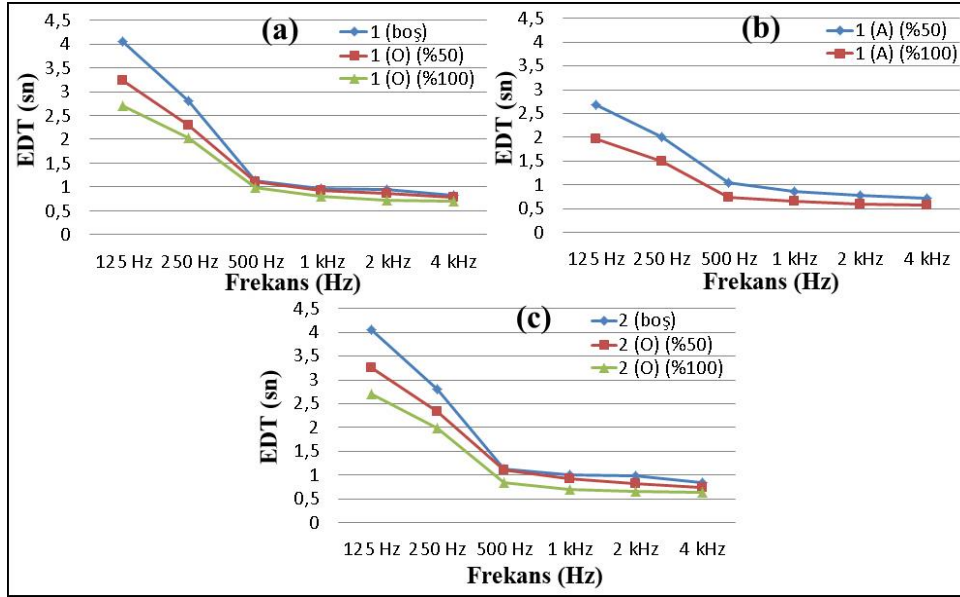
Halı ve kumaş yüzeylerde oktav bant frekans aralıklarındaki ses yutma katsayı değerlerinin değişim farklarının yüksek olmasından dolayı, alçak frekanslarda yüksek olan T30 değerleri orta ve yüksek frekanslarda çok düşük düzeyde elde edilmiştir. Doluluk oranı azaldıkça T30 değerlerindeki artış özellikle alçak frekanslarda gözlenmekteyken orta ve yüksek frekanslarda daha sınırlı düzeyde kalmıştır. Orta frekanslarda en yüksek T30 değeri 1,12 sn ile caminin boş olduğu namaz modunda, en düşük T30 değeri ise 0,86 sn ile caminin %100 dolulukta ve ibadet edenlerin oturma pozisyonunda olduğu vaaz modunda elde edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Yavuz Sultan Selim Camii doluluk oranına göre ortalama T30 değerleri

3.2. Elde Edilen EDT Değerlerinin Analizleri

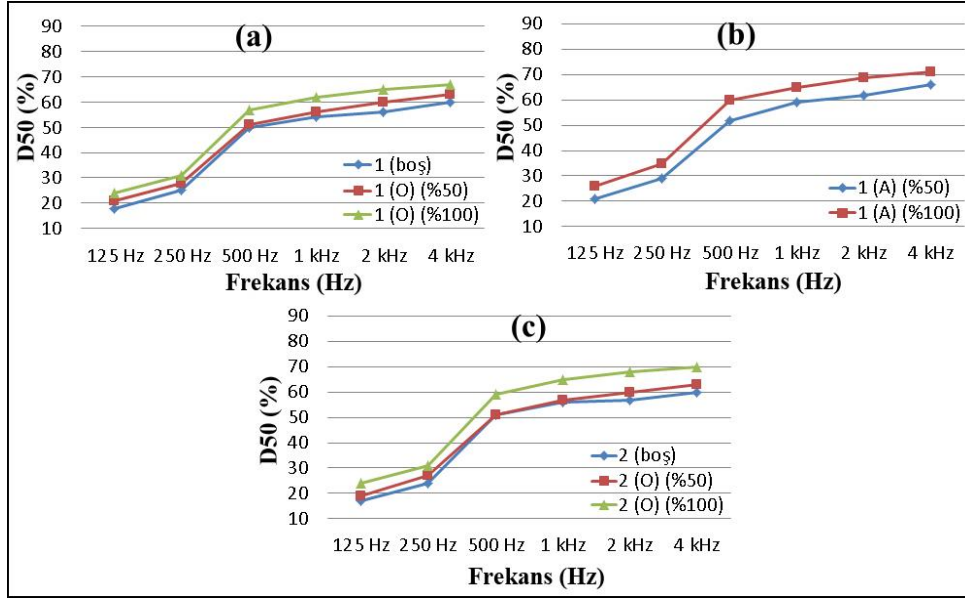
Yavuz Sultan Selim Camii için elde edilen ortalama EDT sonuçlarının doluluk oranlarına göre grafikleri Şekil 4'te yer almaktadır. Caminin hacmi için önerilen optimum EDT parametresi 1,89sn – 2,12 sn değer aralığındadır (Tablo 2). EDT değerleri genel olarak T30 değerlerinden daha düşük düzeylerde elde edilmiştir. Doluluk oranı arttıkça EDT değerlerinde de, T30 değerlerinde olduğu gibi alçak frekanslarda daha belirgin olmak üzere azalma meydana gelmiştir. Orta frekanslarda hiçbir durumda optimum değerler elde edilememiş, tüm durumlarda mevcut değerler optimum değerlerin altında kalmıştır. Orta frekanslarda en yüksek EDT değeri 1,06 sn ile caminin boş olduğu vaaz modunda, en düşük EDT değeri ise 0,70 sn ile caminin %100 dolulukta ve ibadet edenlerin ayakta durma pozisyonunda olduğu namaz modunda elde edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Doluluk oranlarına göre Yavuz Sultan Selim Camii ortalama EDT değerleri

3.3. Elde Edilen D50 Değerlerinin Analizleri

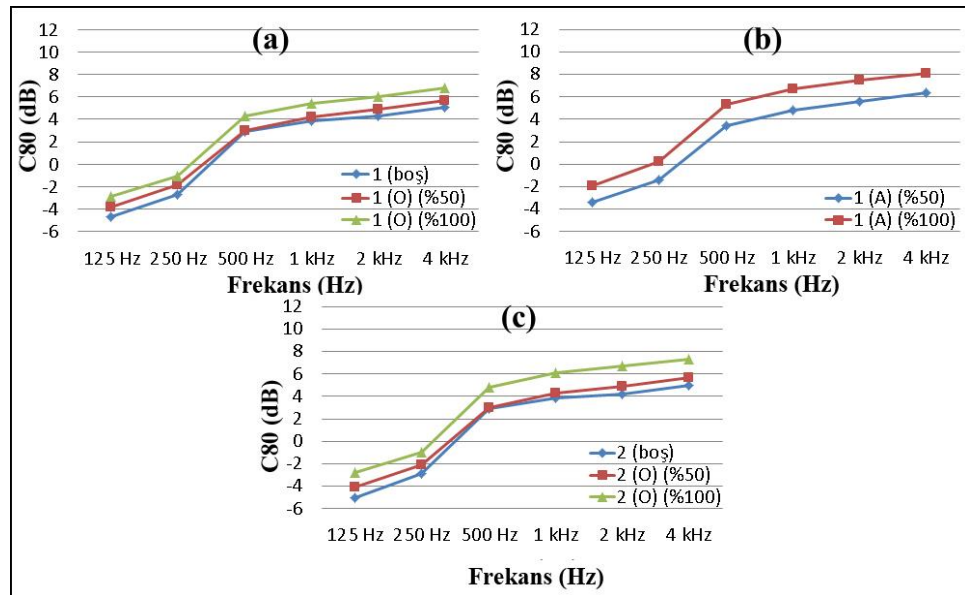
Yavuz Sultan Selim Camii için elde edilen ortalama D50 değerlerinin doluluk oranlarına göre grafikleri Şekil 5'te yer almaktadır. Optimum D50 parametresi %30 - %70 değer aralığındadır (Tablo 2). D50 değerleri doluluk oranlarına göre incelendiğinde, orta frekanslarda bütün durumlarda değerler optimum aralıkta, optimum üst sınırına yakın olarak elde edilmiştir. Doluluk oranının artışıyla D50 değerleri de yükselmiştir. Orta frekanslarda en yüksek D50 değerleri %62,5 ile caminin %100 dolulukta ve ibadet edenlerin ayakta durma pozisyonunda olduğu namaz modunda, en düşük EDT değerleri ise %52 ile caminin boş olduğu namaz modunda elde edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Doluluk oranlarına göre Yavuz Sultan Selim Camii ortalama D50 değerleri

3.4. Elde Edilen C80 Değerlerinin Analizleri

Yavuz Sultan Selim Camii için elde edilen ortalama C80 değerlerinin doluluk oranlarına göre grafikleri Şekil 6'da yer almaktadır. Optimum C80, -4dB +4dB değer aralığındadır (Tablo 2). Grafikler incelendiğinde, C80 değerlerinin orta frekanslarda optimum üst sınırına yakın olarak, yüksek frekanslarda ise optimum üst sınırının üzerine düzeylerde elde edildiği görülmektedir. Düşük çınlama süresi sebebiyle C80 değerleri yüksek düzeylerde elde edilmiştir. Doluluk oranının artışıyla C80 değerleri de yükselmiştir. Orta frekanslarda en yüksek C80 değerleri 6dB ile caminin %100 dolulukta ve ibadet edenlerin ayakta durma pozisyonunda olduğu namaz modunda, en düşük C80 değerleri ise 3,4 dB ile caminin boş olduğu namaz modunda elde edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Doluluk oranlarına göre Yavuz Sultan Selim Camii ortalama C80 değerleri

3.5. Yavuz Sultan Selim Camii İçin Elde Edilen STI Değerlerinin Analizleri

Yavuz Sultan Selim Camii için elde edilen STI parametresine ait değerler Tablo 4'te yer almaktadır. Değerlendirmede 0,45 ve üzeri değerler yeterli kabul edilmiştir (Tablo 2). Camide T30 değeri düşük olduğundan konuşmanın anlaşılabilirliğinde bir sorun meydana gelmemiştir. Bütün doluluk ve ses kaynağı noktası aktifliği durumlarında STI değerleri optimum düzeylerde elde edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 4. Yavuz Sultan Selim Camii STI değerleri

Faaliyet modu	STI
1 (boş)	0.65
1 (O) (%50)	0.58
1 (O) (%100)	0.61
1 (A) (%50)	0.6
1 (A) (%100)	0.65
2 (boş)	0.56
2 (O) (%50)	0.58
2 (O) (%100)	0.62

4. SONUÇLAR

Yavuz Sultan Selim Camii'ne ait akustik özelliklerin incelendiği ve Bilgisayar Simülasyon Yöntemi ile Sesin Nesnel Parametreleri açısından değerlendirildiği çalışma kapsamında, orta frekanslarda; RT, EDT ve C80 değerleri genel olarak optimum düzey sınırları dışında elde edilmiştir. D50 ve STI değerleri ise optimum sınırlar içinde elde edilmiştir. Özellikle, kişi başına düşen hacmin düşük değerde olması nedeniyle T30 ve EDT değerleri orta frekanslarda düşük düzeylerde elde edilmiştir. Ayrıca doluluk oranının artmasıyla birlikte özellikle düşük frekanslarda bu değerlerde etkili düşüş elde edilmiştir. Doluluk oranının artışıyla artış gösteren D50 değerleri orta frekanslarda bütün durumlarda optimum sınır aralığında elde edilmiştir. Frekans artışıyla birlikte D50 değerlerinde de artış elde edilmiştir. Doluluk oranının artışıyla artış gösteren C80 değerleri orta frekanslarda optimum üst sınır düzeyine yakın veya üst sınırın üzerinde elde edilmiştir. T30 değerlerinin düşük olması nedeniyle STI değerleri optimum aralıklarda elde edilmiştir. Kişi başına düşen iç mekan hacminin yetersiz olması sebebiyle yeterli çınlama süresi elde edilememiştir. İdeal akustik performans, yüzey malzemelerinde değişiklik yapıp daha yansıtıcı malzemelerin kullanılması ile de elde edilecek durumda değildir, yüksek maliyetli geometri değişikliklerini gerektirmektedir. Bu sonuçlar, camilerin tasarımları sırasında kullanılan, kişi başına düşen iç mekan hacmi gibi tasarım kriterlerinin önemini göstermektedir.

NOT

Çalışma, "Bilgisayar Simülasyon Yöntemi ile Camilerin Akustik Açından Değerlendirilmesi ve Düzenlenmesi: Trabzon ve Rize Örneği" başlıklı Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir

KAYNAKÇA

- Abdou, A.A., (2003). Measurement of Acoustical Characteristics of Mosques in Saudi Arabia, Acoustical Society of America, 113, 1505-1517.
- Abdülrahimov, R., 2005. Salonların Akustiği ve Tasarımı, Trabzon.
- Beranek, L.L., 1996. How They Sound: Concert and Opera House, Acoustical Society of America, New York.
- Carvalho, A.P.O. ve Freitas, C.P.T., (2011). Acoustical Characterization of the Central Mosque of Lisbon, Forum Acusticum 2011, Aalborg, Denmark, 43-55.
- Christensen, C.L., (2009). Odeon Room Acoustics Program Version 10.1 Industrial, Auditorium and Combined Editions, odeon A/s, Denmark.
- Gade, A.C., (1989). Acoustical Survey of Eleven European Concert Halls, The Acoustics Laboratory, Technical University of Denmark, Report No:44.

- Gül, Z. S. ve Çalışkan, M., (2013). Impact of Design Decisions on Acoustical Comfort: Case Study of Doğramacızade Ali Paşa Mosque, *Applied Acoustics* 74, 834-844
- Houtgast, T., and Steeneken, H. J.M. (2002). Basics of the STI Measuring method: Past, Present and Future of the Speech Transmission Index. Houtgast, T., Steeneken, H., Ahnert, W., Braidă, L., Drullman, R., Festen, J., Jacob, K., Mapp, P., McManus, S., Payton, K., Plomp, R., Verhave, J., Wijngaarden, S. V., (Eds), (pp. 13–44). Soesterberg, The Netherlands: TNO Human Factors.
- İlban, B., Bilgisayar Simülasyonu Yöntemi ile Camilerin Akustik Açısından Değerlendirilmesi ve Düzenlenmesi: Trabzon ve Rize Örneği, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016, Trabzon.
- ISO, 2009. Acoustics – Measurement of rooms acoustic parameters – Part 1:Performance Spaces”, BS EN ISO-3382-1.
- Kavraz, M., (2014). The acoustic characteristics of the Çarşı Mosque in Trabzon, Turkey, *Indoor and Built Environment*, 1-9.
- Kayılı, M., (2005). Acoustic Solutions in Classic Ottoman Architecture, Foundation for Science Technology and Civilisation, Publication ID: 4087.
- Suarez, R., Sendra, J. J., Navarro, J. ve Leon, A. L., (2005). The Sound of Cathedral-Mosque of Cordoba, *Journal of Cultural Heritage*, 6, 307-312.
- Sü, Z. ve Yılmaz S., (2008). The Acoustical Characteristics of the Kocatepe Mosque in Ankara, Turkey, *Architectural Science Review*, 51,1, 21-30.
- YSSCKD, (2014). Yavuz Sultan Selim Camii Mimari Projesi, Yavuz Sultan Selim Camii Koruma Derneği Arşivi, Trabzon.

By Investing Renewable Energy Technologies, How Spain Could Meet Its Energy Needs In 2030 And Reduce Its Domestic Greenhouse Gas Emission

Mazlum Cengiz^{1*}

¹Şırnak University, Şırnak, Turkey, mazlumcengiz@sirnak.edu.tr

*Corresponding author; mazlumcengiz@sirnak.edu.tr; Tel. +90 544 234 5195

Gönderme tarihi: 14/10/2019

Kabul tarihi: 30/12/2019

Abstract

In this study, energy supplies of Spain, solar and geothermal energy resource potential of Spain, energy needs of Spain in 2030, 110Mtoe, based on population change, and how this energy demand can be supplied by renewable energy sources in order to achieve its target of reducing domestic greenhouse gas emissions at least 40% by 2030 were examined. Building a photovoltaic power plant that has a capacity of 2000 MW per year and a flash geothermal plant which is suitable for low temperature developments has a capacity of 683 MW per year were proposed to meet energy need of the country in 2030. The estimated cost of the photovoltaic solar power plant, and the flash geothermal plant were calculated. Furthermore, the greenhouse emission from the photovoltaic solar plant and the geothermal plant was presented and the results are compared with the greenhouse emissions from a natural gas plant. The required land area for these two renewable energy plants are evaluated, as well. Moreover, the obstacles, which are water footprint of the solar photovoltaic power plant and flash geothermal plant, monitoring and track these new technologies, and required land area for these energy plants, of developing these new technologies are discussed and suggestions that could assist with overcome these obstacles are given.

Keywords: Renewable Energy; Spain; Greenhouse Gas Emission; Solar Energy; Geothermal Energy

Yenilenebilir Enerji Teknolojilerine Yatırım Yaparak, İspanya 2030 Yılındaki Enerji İhtiyacını Nasıl Karşılatabilir Ve Sera Gazı Emisyonunu Nasıl Azaltır.

Özet

Bu çalışmada, İspanya'nın enerji kaynakları, İspanya'nın güneş enerjisi ve jeotermal enerjisi potansiyeli, nüfus değişimine bağlı olarak, İspanya'nın 2030 daki enerji ihtiyacı (11030 toe), İspanya'nın sera gaz emisyonunu 2030 yılına kadar en az %40 azaltmak için hangi yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanarak bu enerji ihtiyacını karşılayabileceği incelenmiştir. Yılda 2000 MW enerji üretme kapasiteye sahip bir fotovoltaik santral ve düşük sıcaklıklara uygun olan ve yılda 683 MW enerji üretme kapasiteye sahip flaş jeotermal santralinin inşa edilmesinin 2030 yılında ülkenin enerji ihtiyacını karşılayabileceği öne sürüldü. Çalışmada, fotovoltaik güneş enerjisi santrali ve flaş jeotermal santralinin tahmin edilen kurulum maliyeti hesaplandı. Ayrıca, fotovoltaik güneş enerjisi ve jeotermal santrallerinin kurulumundan dolayı tahmini sera gaz salınımı sonuçları hesaplandı ve bu sonuçlar benzer kapasiteye sahip doğal gaz santralinden salınan sera gazı emisyonlarıyla karşılaştırıldı. Bu iki yenilenebilir enerji santralinin kaplayacağı arazi alanı da hesaplandı. Daha da önemlisi, güneş fotovoltaik santral ve flaş jeotermal santralinin su ihtiyacının karşılanması, bu yeni teknolojilerinin izlenmesi ve takibi ve bu enerji santralleri için gerekli arazi konularında yaşanabilecek sorunlar tartışıldı. Bu sorunların çözümüne yardımcı olabilecek öneriler verildi.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir Enerji; İspanya; Sera Gazı Emisyonu; Güneş Enerjisi; Jeotermal Enerji

1. INTRODUCTION

The total primary energy supply (TPES) of Spain was 114 Mtoe (million tonnes of oil equivalent) in 2014, yielding a -2 percent annual energy growth since 2004 (International Energy Agency, Spain Overview, 2015). Spain supplies its energy needs from oil, natural gas, nuclear, wind, solar, geothermal, biofuel, waste, and hydro energy (International Energy Agency, Spain Overview, 2015). In 2014, Spain generated 41% of its total energy needs from oil; 21% from natural gas; 13% from nuclear energy; 10% from coal; 6% from renewable sources such as wind, solar, and geothermal; 5% from biofuels and other waste; and 4% from hydro sources (International Energy Agency, Spain Overview, 2015). Spain decreased its energy production from fossil fuels and increased its energy generation from renewable energy sources, waste, and nuclear energy from 2004 to 2009, and from 2009 to 2014, demonstrated in Figure 1 (International Energy Agency, Spain Overview, 2015).

According to the Latvian Presidency of the Council of the European Union, all European Union (EU) Member States have agreed to reduce domestic greenhouse gas emissions (GHG) at least 40% by 2030 as outlined by the United National Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) ([Climate Action; Committee on Climate Change](#)). As a member of the EU, Spain is fully dedicated to meeting this GHG target set by UNFCCC.

The Latvian Presidency of the Council of the European Union asserts that the target of domestic decrease of GHG will be beyond 20%, which is further than their obligation compared to 1990 ([Climate Action; Committee on Climate Change](#)). Therefore, in order to reduce their greenhouse emissions, Spain has been improving energy generation from renewable sources ([Climate Action; Committee on Climate Change](#)).

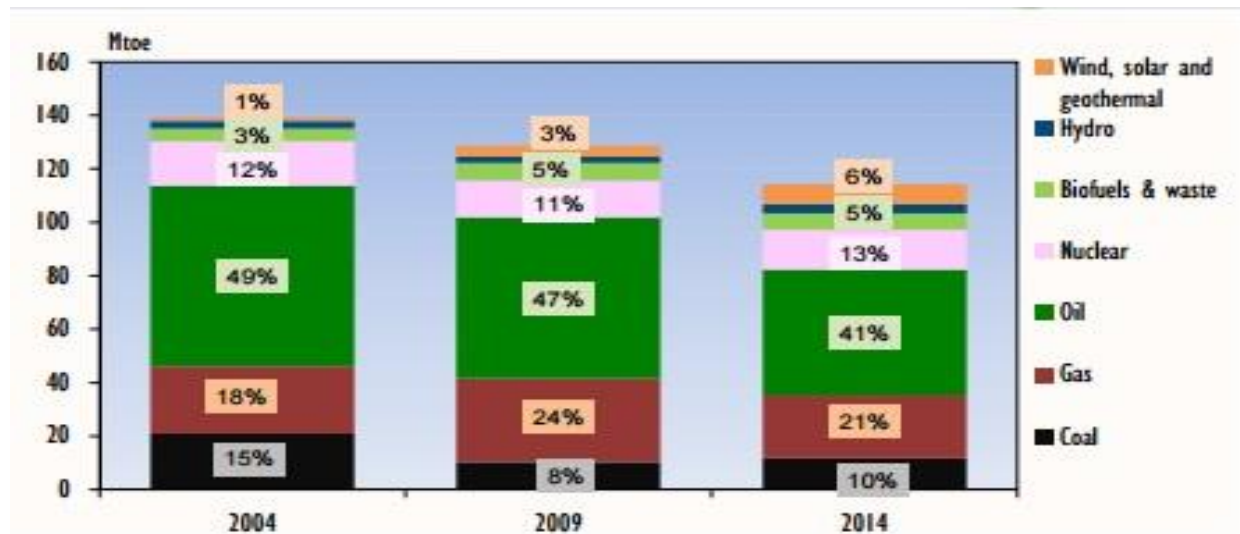


Figure 1- The percentage of energy sources Spain used to generate its energy needs (International Energy Agency, Spain Overview, 2015).

Spain mainly utilizes the energy produced for transport, industry, residential, and commercial sectors. In 2013, 35% of the energy generated was consumed by the transport sector; 31% was consumed in industry; 18% was consumed by the residential sector; and the remaining 16% was consumed by the commercial sector (International Energy Agency, Spain Overview, 2015). Spain's electricity production was 274 terawatt hours in 2014. Out of the 274 terawatt hours of electricity generated in 2014, 38.4 % was generated from renewable sources: 19.1% was generated from wind energy; 14.3% was generated from hydro sources; and 5% was generated from solar sources (International Energy Agency, Spain Overview, 2015). The remaining 61.6% of the electricity was generated by other means: 20.9% was generated by nuclear sources; 17.2% was generated by natural gas; 16.3% was generated by coal; 5.2% was generated by oil; and 2% was generated by biofuels and organic waste (International Energy Agency, Spain Overview, 2015). According to the Central Intelligence Agency (CIA), Spain imported 10.2 billion kilowatt hour (kWh) electricity and exported 16.94 billion kWh in 2013. CIA indicates that Spain has very low domestic oil and gas production so the country heavily depends on imports. The country's current energy system is increasing the export of oil and natural gas in order to decrease the domestic demand. The export of oil increased by 143% from 2004 to 2014 (International Energy Agency, Spain Overview, 2015).

2. RESOURCE POTENTIAL OF SPAIN

2.1. Solar Energy Potential

As stated previously, 38.4 % of Spain's 274 terawatt hour electricity production was provided from renewable sources in 2014, only 5% of which comes from solar sources (International Energy Agency, Spain Overview, 2015). Even though Spain has not produced large amount of electricity from solar power, it is considered one of the most attractive countries in Europe for investment in photovoltaics (PV) because of its high solar irradiation potential. Spain's installed capacity of solar power is 4.33 gigawatt (GW) (World Energy Council, 2013). When regarding fixed solar systems, the average radiation of solar power in Spain is $1,500 \pm 300$ kilowatt hour per meter square (kWh/m²) with an average energy yield of between 1000 kilowatt hour per kilowatts peak (kWh/kWp) in the north and 1500 kWh/kWp in the south (Maaßen et al., 2011). According to World Energy Council (2013), some regions in Spain receive 2000 kWh of solar radiation per square meter annually. Southern regions of the country show the most promise for PV development (Maaßen et al., 2011). The southern areas of Murcia, Andalusia, Extremadura, Ceuta y Melilla, and Castilla de la Mancha each boast a potential amount of

energy of greater than 1,900 kWh/m² and a potential output of around 1,400 kWh/kWp (Maaßen et al., 2011). Solar irradiation and PV power for each autonomous region are shown in Figure 2. (Maaßen et al., 2011).

The areas of direct normal irradiation (DNI) in Spain is displayed in Map 1 (Maaßen et al., 2011). The DNI indicates the amount of solar radiation that is normal to a surface (Maaßen et al., 2011). Areas with a high DNI index can be considered ideal locations for solar panels (Maaßen et al., 2011). Areas of high DNI include much of the southern part of Spain according to Map 1 (Maaßen et al., 2011).

The global horizontal irradiation (GHI) hotspots in Spain is shown in Map 2 (Solargis, 2016). GHI is the total amount of irradiation reaching a horizontal surface (Solargis, 2016). Much like the DNI map, GHI tends to be the most prevalent in the southern part of the country (Solargis, 2016). Southern areas such as Murcia, Andalusia, and Ceuta show great potential for solar energy harvesting based on their DNI and GHI data (Solargis, 2016).

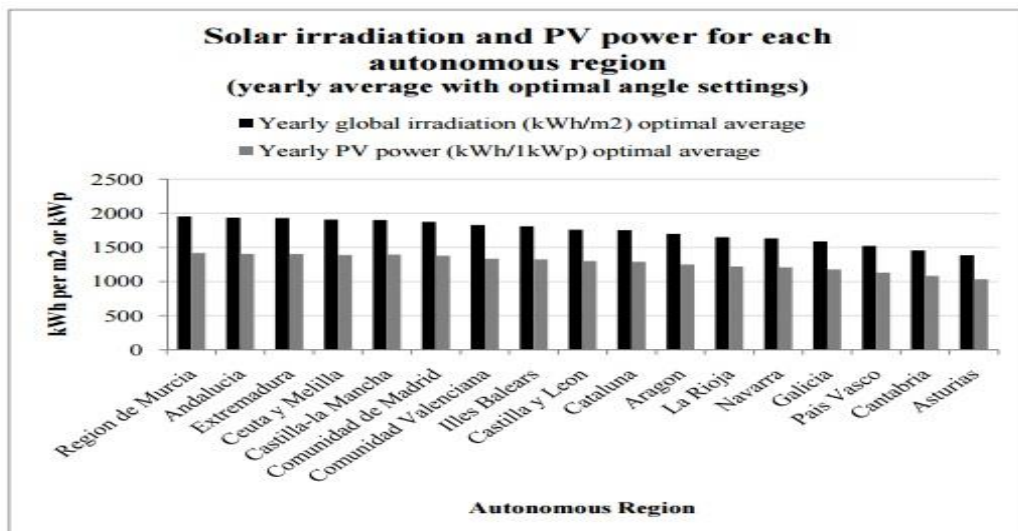
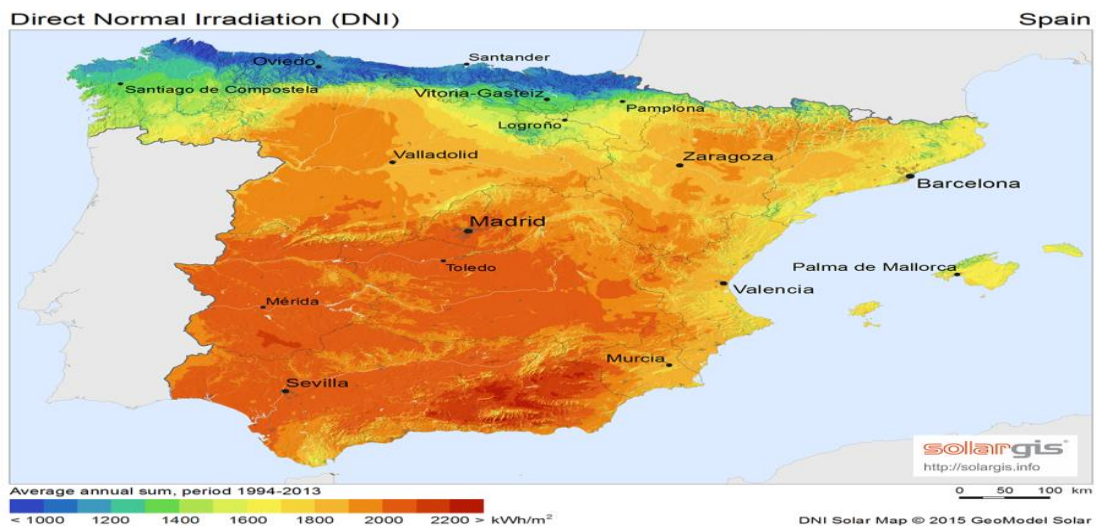
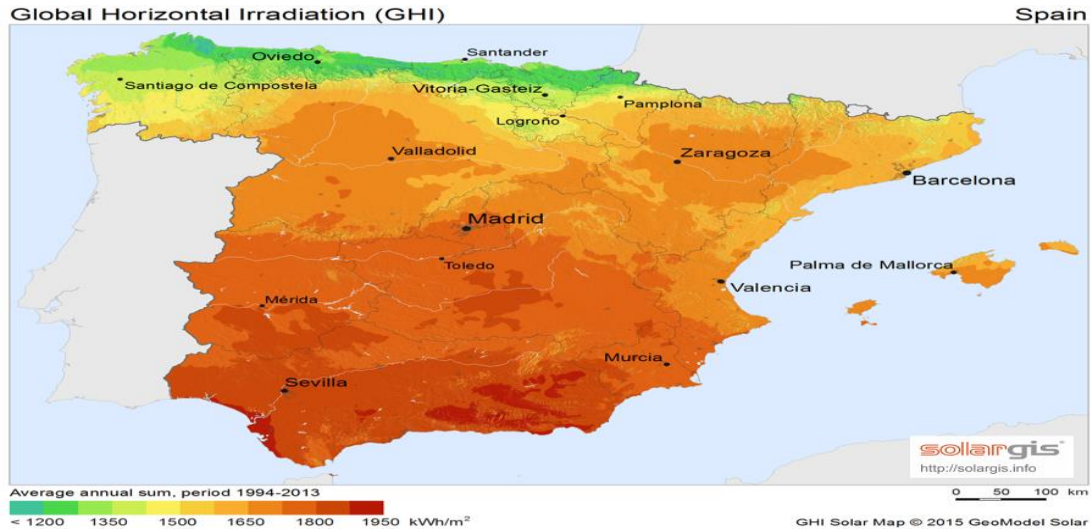


Figure 2: Solar irradiation and power for each autonomous region of Spain (Maaßen et al., 2011).



Map 1: The DNI map of Spain; the southern area around Murcia gives a high DNI value (Solargis, 2016).



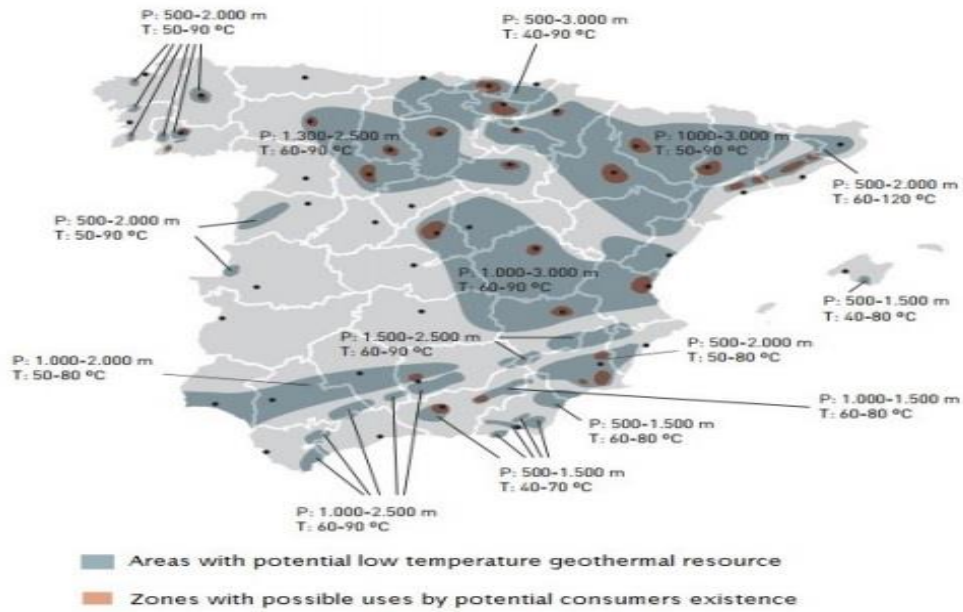
Map 2: The GHI map of Spain; the southern area around Murcia is a prime location for solar energy harvesting (Solargis, 2016).

2.2. Geothermal Energy Potential

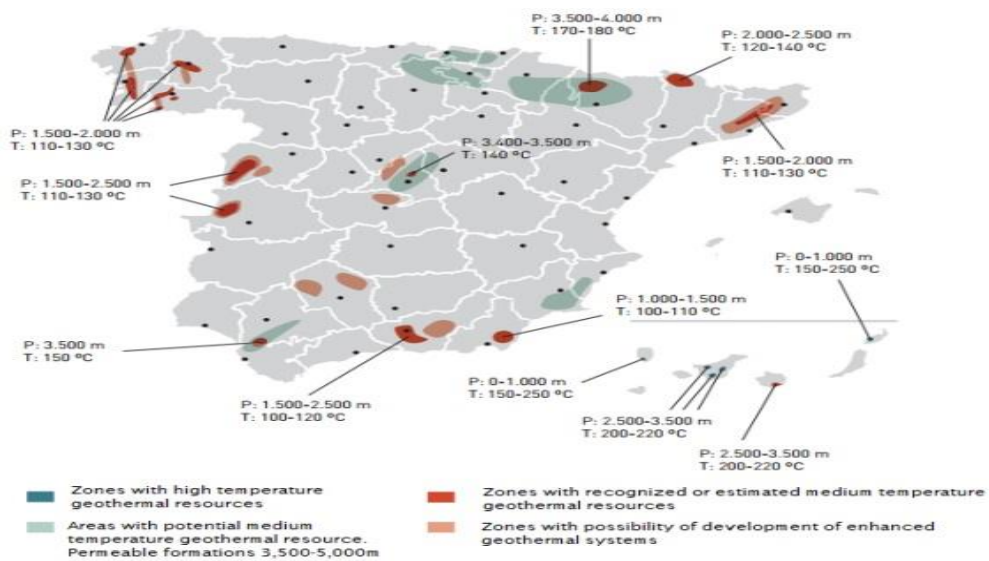
Spain has widely distributed low-enthalpy geothermal resources in the northern, southeast, northwest and the center of the country (World Energy Council, 2013). There is a high temperature resource on Tenerife, and Lanzarote and La Palma each have a high dynamic range resource (World Energy Council, 2013). 6 megawatts thermal (MWt) amount of capacity has been installed for individual space heating, greenhouse heating, bathing and swimming (World Energy Council, 2013). Limited rate of capacity is installed for direct purposes so geothermal power is not a major energy resource in Spain (World Energy Council, 2013). The areas having significant geothermal potential are located in the southeast (Granada, Almeria, and Murcia), northeast (Barcelona, Gerona, and Tarragona), northwest (Orense, Pontevedra, and Lugo) and center (Madrid) of the Iberian Peninsula. Additionally, Albacete, Lerida, Leon, Burgos and Mallorca all show lower geothermal potential: the temperatures range from 50 to 90°C and are therefore considered to be low temperature geothermal resources (World Energy Council, 2013). The volcanic archipelago of the Canary Islands is the only area where high-enthalpy fluid may likely exist (World Energy Council, 2013).

Where low-temperature geothermal sources are located in Spain is shown in Map 3 (Arrizabalaga et al., 2015). While there are a sufficient number of geothermal regions throughout the country, the bulk of these low-temperature regions are concentrated in the northern and eastern areas of Spain (Arrizabalaga et al., 2015).

Medium and high temperature geothermal resources found in Spain is demonstrated in Map 4. (Arrizabalaga et al., 2015). There are significantly fewer medium and high temperature geothermal resources compared to the low temperature geothermal resources, and these areas tend to be primarily in the northern and center areas of the country (Arrizabalaga et al., 2015).



Map 3: Low-temperature of geothermal resources, 30-100 *degree Celsius* (°C), and zones with good potential for resource exploitation (Arrizabalaga et al., 2015).



Map 4: Medium and high temperature geothermal resources and possible enhanced geothermal systems (Arrizabalaga et al., 2015).

3. ENERGY NEEDS OF SPAIN IN 2030

Spain's energy consumption decreased from 122 Mtoe in 2000 to 116 Mtoe in 2015 (Global Energy Statistical Yearbook, 2019). Although the energy consumption decreased, Spain's population increased from 40,750,000 people in the year 2000 to 46,122,000 in the year 2015 (The United Nation, Population Division, 2019). Therefore, while Spain has a decreasing trend in energy consumption, the population of Spain has an increasing trend throughout 15 years. However, according to Department of Economic and Social Affairs, Spain's population is projected to drop to 45,920,000 in 2030 (The United Nation, Population Division, 2019). This is predicted to complement Spain's goal of reducing its total energy needs in 2030 because population decrease will contribute

to reduction of energy needs of Spain. Assuming exponential decrease in energy consumption, the annual decrease rate in energy consumption, i , is 0.34% which is calculated substituting 112 Mtoe and 116 Mtoe over a 15-year period into the equation below:

$$122 = 116 * (1 - i)^{15} \tag{1}$$

Therefore, Spain's total energy need in 2030 can be predicted to be 110 Mtoe since there is 0.34 % decrease rate in energy consumption.

The calculation of Spain's total energy need by 2030, N:

$$116 = N * (1 - 0.0034)^{15}; N = 110 \text{ Mtoe} \tag{2}$$

Using the predicted total energy need, the predicted energy consumption per capita of Spain in 2030 can be calculated:

$$\frac{[110 * 10^3 \text{ ktoe} * \frac{10^6 \text{ kg oe}}{\text{ktoe}}]}{45,920 * 10^3} = 2395.5 \text{ kg oe (kilograms of oil equivalent)} \tag{3}$$

Spain utilizes 38% of its annual production for transportation and the rest of it is for electricity (International Energy Agency, Spain Overview, 2015). Therefore, it can be predicted that Spain's energy need for transportation and electricity could be 41.8 Mtoe and 68.2 Mtoe, respectively.

According to the prediction of U.S. Energy Information Administration (EIA) (2016), the world energy consumption will increase 48% percent between 2012 and 2040. Despite the EIA's prediction, Spain seems to not follow this trend since Spain has improved the security of its energy supplies (The International Energy Agency, 2009). The International Energy Agency (IEA) (2009) recommends that Spain varies its energy resources, including increasing energy efficiency.

3.1. Target Fraction

In 2014, the total energy consumption of Spain was 113 Mtoe with electricity consumption making up 62% of the total energy consumption (Global Energy Statistical Yearbook, 2019). Of this electricity consumption, Spain produced 38% of its electricity from renewable energy sources (International Energy Agency, Spain Overview, 2015). With one tonne of oil being equivalent (toe) to 0.01163 gigawatt hours (GWh), the electricity production from renewable energy sources in 2014 was 70.60 Mtoe can be expressed as 309623.164 GWh.

The conversion of 113 Mtoe to GWh for electricity production from renewable energy sources is shown below:

$$113 \text{ Mtoe} * 10^6 \frac{\text{toe}}{\text{Mtoe}} * 0.62 * 0.38 * 0.01163 \frac{\text{GWh}}{\text{toe}} = 309623.164 \text{ GWh} \tag{4}$$

These values from 2014 can be used to predict the total energy generated in 2030. The targeted fraction of future energy demand that Spain hopes to provide from development of solar and geothermal energy can be predicted as 42% of total energy need. This equates to 333129.75 GWh since the prediction of the total energy need in 2030 is 110 Mtoe:

$$110 \text{ Mtoe} * 10^6 \frac{\text{toe}}{\text{Mtoe}} * 0.62 * 0.42 * 0.01163 \frac{\text{GWh}}{\text{toe}} = 333129.72 \text{ GWh} \tag{5}$$

The difference between the energy generated in 2030 and the energy generated in 2014 shows how much energy generation will increase over the course of 16 years:

$$333129.72 \text{ GWh} - 309623.164 \text{ GWh} = 23506.556 \text{ GWh} \tag{6}$$

Hence, 23506.556 GWh is predicted to be generated from investment of solar and geothermal energy.

3.1.1. Unit Cost Estimate and Comparison

In order to reach the objective of producing 42% electricity need from renewable sources, Spain would have to build a photovoltaic power plant that has a capacity of 2000 MW per year and a flash geothermal plant which is suitable for low temperature developments has a capacity of 683 MW per year.

3.1.2. The estimated cost of the PV solar power plant by the conversion calculation

$$2000 \frac{MW}{year} * 8760 \text{ hour} = 17520000 \frac{MWh}{year} = 17520 \frac{GWh}{year} = 1.752 * \frac{10^{10} kWh}{year} \quad (7)$$

The costs of producing solar energy is 4 cents per kWh (\$0.04/kWh) (Energy Post, 2015). Therefore, 700.8 million US dollars would be invested for the PV solar power plant.

3.1.3. The estimated cost of the flash geothermal plant

By subtracting the total energy generated in 2030 by the energy generated by solar sources, the energy generated by geothermal power can be found:

$$23506.556 - 17520 = 5986.556 \text{ GWh/year} \quad (8)$$

Therefore, 5986.556 GWh/year (683 MW per year) electricity could be provided from geothermal sources in southern part of Spain.

Recent electric generation cost for flash geothermal plant is \$ 0.07/kWh (International Energy Agency Renewable Energy Essentials: Geothermal, 2010). The estimated cost is

$$5986.556 \text{ GWh} * \frac{10^6 kWh}{GW} * \frac{\$0.07}{kWh} = \$419.06 \text{ million} \quad (9)$$

Thus, 419.06 million US dollars would be invested for a flash geothermal plant that have a capacity of 5986.556 GWh.

The total amount of investment for these new technologies would be

$$\$ (700.8 + 419.06) \text{ million} = \$1119.86 \text{ million} = \$1.11986 \text{ billion}. \quad (10)$$

Spain supplies its major electricity generation production from oil and natural gas (International Energy Agency, Spain Overview, 2015). The cost of natural gas per kWh is between 7 and 10 cents so the average cost of it is 8.5 cents per kWh (Feldman, 2009). If Spain produces its 23506.556 GWh/year electricity need from natural gas instead of the new solar and geothermal technologies, this amount of electricity would cost 1998 million US dollars.

The calculation of electricity cost from natural gas:

$$23506.556 \text{ GWh} * \frac{10^6 kWh}{GW} * \frac{\$0.085}{Kwh} = 1.998 \text{ billion US dollar} \quad (11)$$

Additionally, the cost of petroleum per kWh is 21.56 cents (The Institute for Energy Research, 2012) so if Spain generates its 23506.556 GWh/year electricity from petroleum sources, this amount of electricity would cost:

$$23506.556 \text{ GWh} * \frac{10^6 kWh}{GW} * \frac{\$0.2156}{Kwh} = \$10.7 \text{ billion US dollar} \quad (12)$$

4. ESTIMATION OF GREENHOUSE EMISSIONS AND COMPARISON

Electricity production from solar energy technologies is defined as carbon-free because their operations do not emit greenhouse gases (Fthenakis and Kim, 2007). However, carbon dioxide and other gases are released throughout the extraction, processing, and disposal of associated materials related to solar energy harvesting (Fthenakis and Kim, 2007). Greenhouse gas emissions estimated to vary widely from 40 to 180 grams of carbon dioxide equivalent per kilowatt-hour (gCO₂-eq/kWh) for photovoltaics (Fthenakis and Kim, 2007). According to European Commission, photovoltaic installations in Germany have emitted 180 gCO₂-eq/kWh. Additionally, another research shows supporting evidence that greenhouse gases from photovoltaic life cycle are 39-110 gCO₂-eq/kWh (Fthenakis et al., 2008). Therefore, the greenhouse gas emissions associated with solar energy and photovoltaic panels are estimated in terms of its life cycle, including material production (e.g. mining, smelting, refining, purification), solar cell and PV module production, balance of system (BOS) production (e.g. inverters, transformers, wiring, structural supports), system operation and maintenance, system decommissioning and disposal or recycling (Fthenakis and Kim, 2007). CO₂ emissions from the material production are assumed 15 gCO₂-eq/kWh (Fthenakis and Kim, 2007). The average radiation of solar power and resource potential in Spain is 1,500±300 kWh/m²/year. Silicon ribbons with 11.5% efficiency for converting photons to electricity are assumed to be manufactured as a solar module. The manufacturing has around 31 gCO₂-eq/kWh emissions based

on BOS production since this value is suitable for average solar radiation of 1700 kWh/m²/year, shown in Figure 3 (Fthenakis and Kim, 2007). The system operations and maintenance are estimated to be 0 gCO₂-eq/kWh.

Thus, the estimation of greenhouse emissions associated with photovoltaic power plant having capacity of 2000 MW has 46 gCO₂-eq/kWh.

The average greenhouse gas emissions from hydrothermal flash and dry steam plants is 91 gCO₂-eq/kWh. Methane (CH₄) also contributes to greenhouse gas emissions and raises the average emissions up to 127 gCO₂-eq/kWh (106 g/kWh for CO₂ only) (Sullivan and Wang, 2013). Therefore, the estimation of the greenhouse gas emissions associated with new technology, a flash geothermal plant, having capacity of 5986.556 GWh (683 MW/year) is 127 gCO₂-eq/kWh. Thus, the greenhouse gas emissions from these two new technologies are estimated to be 173 gCO₂-eq/kWh.

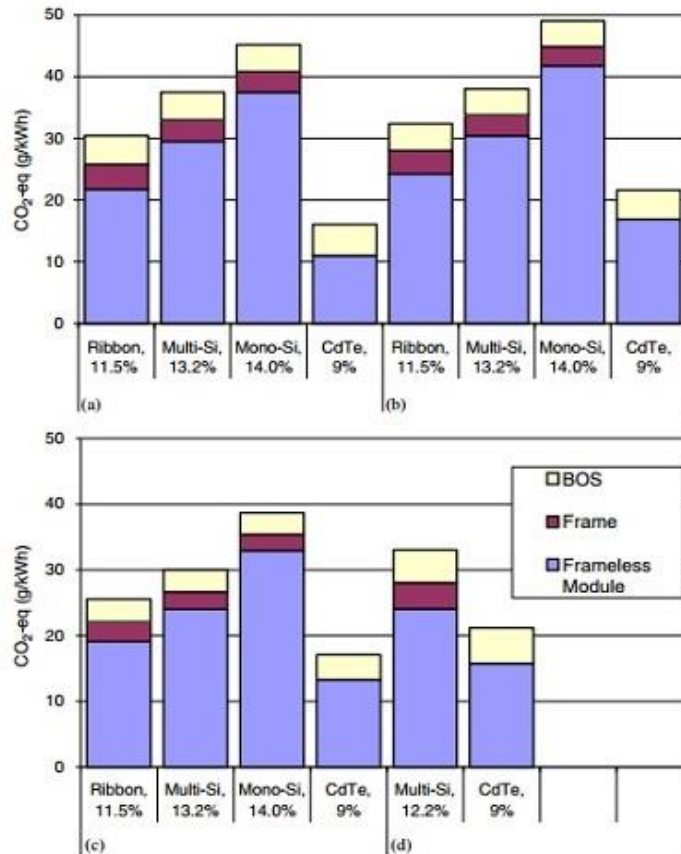


Figure 3: GHG emissions of manufacturing frame and frameless solar modules for average solar radiation (1700 kWh/m²/year) (Fthenakis and Kim, 2007).

The estimated calculation of greenhouse gas emissions from the photovoltaic power plant:

$$\left(2000 \frac{MW}{year} * 10^3 \frac{kW}{MW} * 8760 h * \left(46g CO_2 - \frac{eq}{kWh} \right) \right) = 8.06 * 10^{11} gCO_2/year \quad (13)$$

The estimated calculation of greenhouse gas emissions from the flash geothermal power plant:

$$\left(863 \frac{MW}{year} * 10^3 \frac{kW}{MW} * 8760 h * \left(127 gCO_2 - \frac{eq}{kWh} \right) \right) = 9.6 * 10^{11} gCO_2/year \quad (14)$$

Thus, the estimated total greenhouse gas emissions are 17.66E+11 gCO₂/year (17.66E+8 kgCO₂/year)

Greenhouse gas emissions of a natural gas power plant ranges from 170 gCO₂/year (0.17 kgCO₂/year) to 870 gCO₂/year (0.87 kgCO₂/year) (Alavijeh et al., 2013) since natural gas is one of the major sources of electricity production in Spain. Therefore, the average greenhouse gas emissions are estimated 520 gCO₂/year based on Table 1 (Alavijeh et al., 2013).

The estimated calculation of greenhouse gas emission form a natural gas plant:

$$\left(2863 \frac{MW}{year} * 10^3 \frac{kW}{MW} * 8760 h * \left(520 \text{ gCO}_2 - \frac{eq}{kWh} \right) \right) = 1.3 * 10^{13} \text{ gCO}_2/\text{year} \quad (15)$$

Table 1: Natural gas power plants characteristics and detail information for 32 different power plants (Alavijeh et al., 2013).

Power plant	Fuel consumption (m ³ /h)	Full load (MW)	Load (MW)	Capacity factor	CO ₂ (kg/ kWh)	NO _x (g/ kWh)
Number 1	7648.00	28.60	16.00	0.56	0.81	3.40
Number 2	7499.00	25.60	15.00	0.59	0.85	3.94
Number 3	23000.00	79.00	49.00	0.62	0.30	1.06
Number 4	8180.00	28.60	18.00	0.63	0.77	3.42
Number 5	4900.00	15.00	9.50	0.63	0.87	4.06
Number 6	9000.00	28.60	19.50	0.68	0.78	3.09
Number 7	8000.00	29.20	20.00	0.68	0.68	1.71
Number 8	5000.00	15.00	11.00	0.73	0.77	1.04
Number 9	7200.00	24.30	18.00	0.74	0.78	0.35
Number 10	8600.00	25.60	19.00	0.74	0.77	2.74
Number 11	8200.00	29.20	22.50	0.77	0.71	1.63
Number 12	27800.00	123.40	96.00	0.78	0.56	2.06
Number 13	27800.00	123.40	96.00	0.78	0.55	2.07
Number 14	23300.00	79.00	64.00	0.81	0.68	2.75
Number 15	40000.00	165.00	134.00	0.81	0.57	0.20
Number 16	40000.00	165.00	136.00	0.82	0.56	0.35
Number 17	41300.00	165.00	136.00	0.82	0.58	0.34
Number 18	30000.00	123.40	102.00	0.83	0.56	1.81
Number 19	42597.00	165.00	141.00	0.85	0.23	0.10
Number 20	43000.00	165.00	142.00	0.86	0.18	0.09
Number 21	28617.00	123.40	109.00	0.88	0.50	0.29
Number 22	43899.00	165.00	146.00	0.88	0.23	0.20
Number 23	43000.00	165.00	146.00	0.88	0.17	0.06
Number 24	29143.00	123.40	111.00	0.90	0.50	1.66
Number 25	32420.00	123.40	112.00	0.91	0.59	2.25
Number 26	44767.00	165.00	151.00	0.92	0.56	0.25
Number 27	45418.00	165.00	154.00	0.93	0.56	0.46
Number 28	30455.00	123.40	116.00	0.94	0.50	1.57
Number 29	8750.00	24.30	24.00	0.99	0.70	1.76
Number 30	31506.00	123.40	123.00	1.00	0.49	1.54
Number 31	30000.00	123.40	123.00	1.00	0.47	1.60
Number 32	9300.00	24.30	26.70	1.10	0.65	0.89
Summation	790299	3051.9	2606.2			

5. REQUIRED LAND AREA

A photovoltaic power plant having a capacity of 25 MW/year of 12% efficient PV modules requires a 1.3 MW PV installation on 2.7 acres (Fthenakis and Kim, 2007). Therefore, it can be estimated that a photovoltaic power plant that has a capacity of 2000 MW/year requires 104 MW PV installation and 216 acres land area.

The estimated calculation of land required for the PV power plant:

$$\frac{\left[2000 \frac{MW}{year} * 2.7 \text{ acres} \right]}{1.3 \text{ MW}} = 4154 \text{ acres} \quad (16)$$

The largest geothermal plant in the world, The Geysers, has a capacity of around 1517 MW and has an area of 13 acres (Union of Concerned Scientists, 2013). A flash geothermal plant having a capacity of 683 MW could approximately require 5.85 acres.

$$\frac{[683 \text{ MW/year} * 13 \text{ acres}]}{1517 \text{ MW/year}} = 5.853 \text{ acres} \quad (17)$$

Thus, the total area required for these two new technologies is 4159.83 acres. However, a thermal power plant that has a capacity of 5*660 MW requires 206.5 acres (Nath, 2007).

6. CONCLUSION AND DISCUSSION

With an energy production need predicted to be 110 Mtoe in 2030, Spain could theoretically reach the goal of 42% electricity production from renewable energy sources by 2030 if Spain invested in the PV solar and the flash geothermal plant having a capacity of 2000 MW and 683 MW, respectively. These new technologies would be a good choice because their greenhouse gas emissions were much less than a natural gas power plant. The greenhouse gas emissions from both of these new technologies are $17.66E+11$ gCO₂/year, and the emissions from the natural gas plant are $1.3 * 10^{13}$ gCO₂/year. Additionally, Spain has a target of at least 40% domestic reduction in greenhouse gas emissions by 2030 ([Climate Action; Committee on Climate Change](#)) so these new technologies would help Spain reach this target as well as Nationally Determined Contributions' (NDC) goals for Spain. Producing electricity energy from the PV solar power plant and flash geothermal plant would be less expensive than generating electricity from either natural gas or petroleum, which is another benefit of these new technologies. If the 2683 MW energy demand was produced with natural gas and petroleum, it would cost 1.998 billion US dollars and 10.7 billion US dollars, respectively. However, the new solar and geothermal technologies would cost 1.11986 billion US dollars to reach the 42% target by 2030.

The water consumption would be a problem for the PV solar power plant and the flash geothermal plant because both technologies require water for operations. It is predicted that water consumption would be decreased to unsustainable levels. A flash geothermal plant utilizing groundwater for cooling purposes might change the level of the water or the chemical, physical and biological components of water, thereby impacting the water quality (Hähnlein et al., 2013). The majority of habitants in Europe and approximately half of the world's population depend on groundwater in terms of drinking water source (Hähnlein et al., 2013). Furthermore, flora and fauna form their habitats in aquifers that is also the main reservoir of fresh water for human consumption (Hähnlein et al., 2013). Thus, the water footprint in a flash geothermal plant would be one reason opposing the production of electricity from this technology. Water is also used for cooling purposes, mirror cleaning, and make-up for the steam cycle in a PV solar power plant (Damerau et al., 2011). There is a water scarcity in south eastern Spain, and the Segura Basin in Spain is considered one of the most water-stressed regions in Europe due to its high irradiation potential (Maaßen et al., 2011; Soto-García et al., 2013). Additionally, Spain has low, medium and high temperature geothermal resources in south of Spain (Arrizabalaga et al., 2015). The water scarcity in south of Spain might be a reason why Spain has not invested a lot into solar power plants and geothermal power plants. This barrier could be overcome with using dry cooling technologies at increased cost and energy penalties. For instance, direct dry cooling using air-cooled condensers, Heller systems, and hybrid technologies are alternative technologies for dry cooling. Even though using these technologies significantly reduce the amount of water in a solar power plant, they come with disadvantages: investment costs are around 2% higher, and for a hybrid cooling system these investment costs can be as much as 3% higher, and the energy output of a dry-cooled plant is less than that of a wet-cooled plant (Damerau et al., 2011). However, it can be assumed that if Spain used the dry cooling technologies for the PV solar and the flash geothermal plant, the electricity production of these two technologies would be less expensive than generating energy from a natural gas plant or a thermal power plant utilizing petroleum.

Another obstacle of developing these new technologies would be monitoring and tracking them. Spain has developed renewable energy sources rapidly and on a large scale, so it might be more difficult for officials to monitor and track the development of renewable energy with the new technologies (The International Energy Agency, 2009). Thus, the monitoring and tracking the new technologies would be expensive and difficult for Spain.

Yet another barrier of investing the PV power plant and the flash geothermal plant would be allocating the required land area. The required land area for these new technologies would be 4159.83 acres, while a thermal power plant only requires 206.5 acres (Nath, 2007) and produces more electricity than the two new technologies would produce. However, when we consider greenhouse gas emissions from the thermal power plant and Spain's NDC goals, the new technologies would appear to be the better investment.

References

- Alavijeh, H. S., Kiyoumarsioskouei, A., Asheri, M. H., Naemi, S., Alavije, H. S., & Tabrizi, H. B. (2013). Greenhouse gas emission measurement and economic analysis of Iran natural gas fired power plants. *Energy policy*, 60, 200-207.
- Arrizabalaga, I., De Gregoria, M., Garcia de la Noceda, C., Hidalgo, R., & Urchueguia, J. F. (2015). Country update for the Spanish geothermal sector. In *Proceedings, World Geothermal Congress* (pp. 19-24).
- Central Intelligent Agency.
<https://www.cia.gov/library/publications/resources/the-world-factbook/geos/sp.html>
- Climate Action. EU Climate Action.
https://ec.europa.eu/clima/citizens/eu_en
- Committee on Climate Change (n.d.). Legal duties on climate change.
<https://www.theccc.org.uk/tackling-climate-change/the-legal-landscape/>
- Damerou, K., Williges, K., Patt, A. G., & Gauché, P. (2011). Costs of reducing water use of concentrating solar power to sustainable levels: Scenarios for North Africa. *Energy policy*, 39(7), 4391-4398.
- Energy Post (2015). Fraunhofer: Solar power will cost 2 cts/kWh in 2050.
<http://energypost.eu/fraunhofer-solar-power-will-cost-2-ctskwh-2050/>
- Feldman S. (2009). 2.5 Cents Per Kilowatt Hour: America's Cheapest, Cleanest 'Holds Steady' *Insideclimate news*.
<https://insideclimatenews.org/news/20090930/25-cents-kilowatt-hour-americas-cheapest-cleanest-fuel-holds-steady>
- Fthenakis, V. M., Kim, H. C., & Alsema, E. (2008). Emissions from photovoltaic life cycles. *Environmental science & technology*, 42(6), 2168-2174.
- Fthenakis, V. M., & Kim, H. C. (2007). Greenhouse-gas emissions from solar electric-and nuclear power: A life-cycle study. *Energy Policy*, 35(4), 2549-2557.
- Global Energy Statistical Yearbook (2019).
<https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>
- Hähnlein, S., Bayer, P., Ferguson, G., & Blum, P. (2013). Sustainability and policy for the thermal use of shallow geothermal energy. *Energy Policy*, 59, 914-925.
- International Energy Agency (2009). Energy Policies of IEA Countries, Spain 2009 Review.
<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/spain2009.pdf>
- International Energy Agency Renewable Energy Essentials: Geothermal (2010).
https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Geothermal_Essentials.pdf
- International Energy Agency (2015). Spain Overview.
<https://www.iea.org/media/countries/slt/SpainOnepagerJuly2015.pdf>
- Maaßen, M., Rübsamen, M., & Perez, A. (2011). Photovoltaic solar energy in Spain. *International Finance and Economics*.
- Nath, R. (2007). Report on the Land Requirement of Thermal Power Stations. *Government of India (Ministry of Power), Central Electricity Authority, New Delhi, India*.
- Sullivan, J. L., & Wang, M. Q. (2013). Life cycle greenhouse gas emissions from geothermal electricity production. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 5(6), 063122.
- Solargis (2016). Solar resource maps of Spain.
<https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/spain>
- Soto-García, M., Martínez-Alvarez, V., García-Bastida, P. A., Alcon, F., & Martín-Gorriz, B. (2013). Effect of water scarcity and modernisation on the performance of irrigation districts in south-eastern Spain. *Agricultural water management*, 124, 11-19.
- The Institute for Energy Research (IER) (2012). Energy Generating Costs: A Primer.
<http://instituteforenergyresearch.org/analysis/electric-generating-costs-a-primer/>
- The United Nation Population Division (2019).
<https://population.un.org/wpp/dataQuery/>
- U.S. Energy Information Administration (2016). EIA projects 48% increase in world energy consumption by 2040.
<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=26212#>

Union of Concerned Scientists (2013). Environmental Impacts of Geothermal Energy.
http://www.ucsusa.org/clean_energy/our-energy-choices/renewable-energy/environmental-impacts-geothermal-energy.html#.WDkrvLIrLIU

World Energy Council (2013). World Energy Resources: Geothermal.
https://www.worldenergy.org/assets/images/imported/2013/10/WER_2013_9_Geothermal.pdf

Araştırma makalesi

Meta –Topolinin ve Farklı Sitokinin Türevlerinin Afrika Menekşesi (*Saintpaulia Ionanthalac Wendl.*)' in İn Vitro Mikro Çoğaltımı ve Sürgün Gelişimi Üzerine Etkisi

Nevzat SEVGİN^{1*}

^{1*} Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şırnak
Sorumlu Yazar; nsevgin@sirnak.edu.tr

Gönderme tarihi: 30/10/2019

Kabul tarihi: 30/12/2019

ÖZET

Afrika menekşesi (*Saintpaulia Ionanthalac Wendl.*) en çok tercih edilen ve ticari olarak çok değerli çiçekli iç mekan süs bitkileri içerisinde yer almaktadır. *Saintpaulia Ionanthalac Wendl.* nin çelikle çoğaltımı kolay olmasına rağmen çelik ile üretimde sınırlı sayıda yeni bitki oluşturmaktadır. Bu çalışmada MS ortamına ilave edilmiş Meta-topolin, TDZ, BA ve 2-İP nin *Saintpaulia Ionanthalac Wendl.* in Sürgün gelişimi üzerine etkisi incelenmiştir. MS ortamına 0.01mg·L⁻¹ IBA ve 0,5mg·L⁻¹ Meta-topolin, Benzyladenine (BA), Thidiazuron (TDZ) ve isopentenyl adenine (2-İP) bitki büyüme düzenleyicileri ilave edilmiş ve eksplant başına oluşan mikrosürgünlerin gelişimi incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda sürgün gelişimi bakımından eksplant başına 22,4 adet mikrosürgün ile en çok sürgün Meta-topolin de kaydedilirken en düşük mikrosürgün sayısı 9 adet ile BA ilaveli ortamda elde edilmiştir. 0.5mg·L⁻¹ IBA konsantrasyonunda köklendirmeye alınan mikro çoğaltılan sürgünlerin %100 köklenmiş ve köklenen mikro sürgünler dış ortama başarılı bir şekilde aktarılmıştır. Dış ortama aktarılan mikro sürgünlerin %100 canlı kalmış ve sağlıklı bir şekilde gelişmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Saintpaulia Ionanthalac Wendl.*; Meta-topolin; Benzyladenine; Thidiazuron; 2-İP

45

The Effect of Meta-Topolin and Different Cytokinin Derivatives on In Vitro Micropropagation of in Vitro Micropropagation and Shoot Development of African Violet (*Saintpaulia Ionanthalac Wendl.*)

ABSTRACT

African violet is one of the most preferred and commercially valuable flowering indoor ornamental plants. Although African violet (*Saintpaulia Ionanthalac Wendl.*) is easy to propagate with leaf cuttings, it produces a limited number of new plants through the leaf cuttings. In the study, the MS medium was supplemented with 0.01mg·L⁻¹ IBA and 0,5mg·L⁻¹ Meta-topolin, BA, TDZ ve 2-İP in order to determine the effective cytokinin type for shoot formation. In this study among four plant growth regulators evaluated. In this study Among four plant growth regulators evaluated, Meta-Topolin was the most effective for shoot induction overall. Although the higher shoot numbers were obtained with Meta-Topolin (22.4 shoots perexplant), the lowest shoot numbers were obtained with BA (9 shoots perexplant). 100% of microshoots rooted and rooted shoots were successfully acclimatized to natural conditions. 100% of the microshoots transferred to ex vitro conditions remained alive and developed in a healthy.

Keywords: *Saintpaulia Ionanthalac Wendl.*; Meta-topolin; Benzyladenine; Thidiazuron; 2-İP

1. GİRİŞ

Yaygın olarak *Saintpaulia Ionanthalac Wendl.* olarak bilinen *saintpaulia*, *Gesneriaceae* familyasındaki çok yıllık otsu çiçekli bir bitki türüdür. *Gesneriaceae* familyasındaki 2000 (Ghalechahi ve ark., 2018) den fazla türden yaklaşık 25 tür (Silva ve ark., 2017) Tanzania'nın kuzeyindeki ve güney Kenya'daki vadilerdeki kaya yüzleri gibi serin ve nemli ortamlarda doğal olarak yetişir (Anonymous, 2019). *S. ionantha* dâhil olmak üzere sekiz *Saintpaulia* türü IUCN (2014) tehdit edilen bitkilerin kırmızı listesinde yer almaktadır. Bahçe bitkilerinde Afrika menekşeleri olarak adlandırılan ve kültürü yapılan çeşitler *S. ionantha* ve *S. confusa*'dan geliştirilmiştir (Eastwood ve ark., 1998). Amerika Birleşik Devletleri'nde bahçe bitkisi olarak ilk kültüre alımı II. Dünya Savaşı Sonrası olmuştur

(Tsukamoto ve ark., 1982). Şuan dünyanın birçok bölgesinde ticari olarak çok değerli bir iç mekan süs bitkisi olarak kullanılmaktadır. 2014 yılında Amerika Birleşik devletlerinde 788 milyon dolarlık saksılı çiçeklerin 4.07 milyon dolarını *Saintpaulia İonanthac Wendl* oluşturmuştur (Web 1). Sahip oldukları özelliklerinden dolayı (çiçek büyüklüğü, çiçek rengi, yaprak şekilleri, yaprak büyüklükleri, üniform çiçeklenmeleri, karışık çiçekleri ve bitki boyları) günümüze kadar binlerce *Saintpaulia İonanthac Wendl*. çeşidi geliştirilmiştir. *Saintpaulia İonanthac Wendl* tohumdan ziyade çelik ile çoğaltılmaktadır. Çünkü *Saintpaulia İonanthac Wendl*'nin tozlanması arı ile olmakta (Martins, 2005) ve tohumun olgunlaşması döllenmeden sonra sekiz ay veya daha fazla sürmekte (stork ve stork, 2007). Dahası tohumun çimlenmesi birkaç haftayı bulabilmekte (Hill ve Goodship, 1998). Ticari *Saintpaulia İonanthac Wendl*. yaygın olarak yaprak çeliklerinden vejetatif olarak çoğaltılmaktadır. Bu şekilde çoğaltım yüksek miktarda damızlık materyal gerektirdiği gibi hem zaman almakta hem de köklenme esnasında yaprakların çürümesine ve fire vermesine sebebiyet vermekte.

İn vitro ortamda az miktarda materyalden kısa sürede çok sayıda yeni bitki oluşturmak mümkün olmakta ve seri üretime olanak sağlamaktadır. Bu çalışmanın amacı Meta –topolin, TDZ, BA ve 2-İP nin *Saintpaulia İonanthac Wendl* in vitro mikro çoğaltımı üzerine olan etkisine bakılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

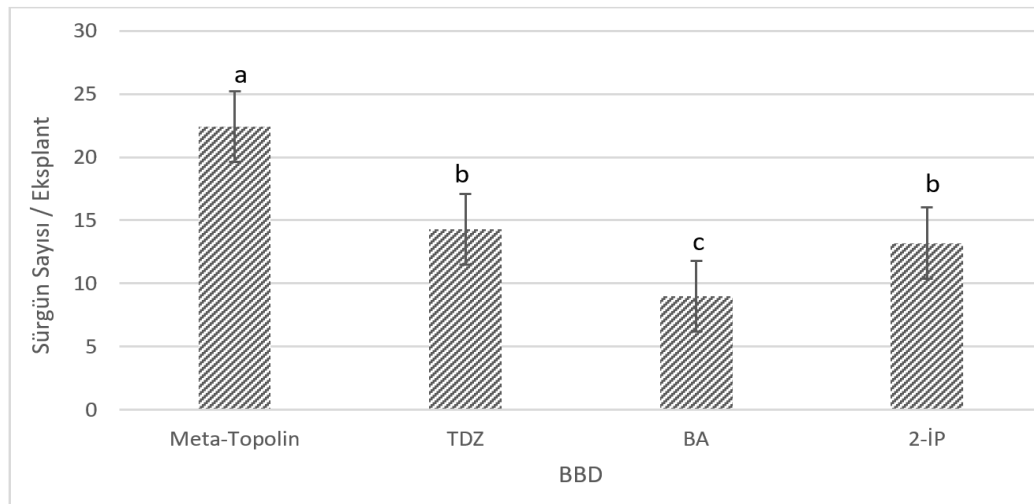
Bu çalışma 2019 yılında Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyoteknoloji Laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan bitki materyali (*Saintpaulia İonantha Wendl.*) saksı içerisinde büyütülen çiçekli *Saintpaulia İonanthac Wendl.* den temin edilmiştir. Mikroçoğaltım materyali olarak *Saintpaulia İonanthac Wendl.* nin yaprakları kullanılmıştır. *Saintpaulia İonanthac Wendl.* nin yaprakları ana bitkiden ayrıldıktan sonra musluk suyu altında iyice yıkanmıştır. Kopartılan yapraklar 30sn %70 etil alkol ile muamele edilmiş daha sonra litreye 10 damla Tween–20 içeren %15 lik ticari çamaşır suyu (%5 NaOCl içeren) içerisinde ara-sıra karıştırılarak 10 dakika bekletildikten sonra üç kez steril saf su ile durulanmışlardır. Yüzeysel sterilizasyon işleminden sonra menekşe yaprakları kare (2.25cm²) şeklinde parçalara ayrıştırılarak petriyer içerisinde 1.0 mg·L⁻¹ Benzyladenine (BA) + 0.01 mg·L⁻¹ Indole-3- butyric acid (IBA) + 30 g·L⁻¹ sukroz içeren ve 5.5 g·L⁻¹ agar (Sigma, A-1296) ile jelleştirilmiş MS (Murashige and Skoog, 1962) ortamı üzerinde kültüre alınmışlardır. Üçüncü alt kültürün sonunda sürgün gelişimi üzerine farklı sitokininlerin (Thidiazuron, isopentenyl adenine, Meta-topolin ve Benzyladenine) etkisini belirlemek amacıyla 0.5mg·L⁻¹ ve + 0.01 mg·L⁻¹IBA + 30 g·L⁻¹ sukroz içeren ve 5.5 g·L⁻¹ agar ile jelleştirilmiş MS (Murashige and Skoog, 1962) ortamı üzerinde eksplantlar kültüre alınmışlardır. Kültür kabına (Magenta kabı) dört eksplant konulmuş ve 23 ± 2 °C sıcaklığa sahip iklim odasında 16/8 ışık/karanlık fotoperiyot ve soğuk floresan lamba (80 µmolm⁻²s⁻¹) altında gelişmeye bırakılmıştır. Her deneme iki kez tekrarlanmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş, her muamele için 4 tekerrür (her biri 4 eksplant içeren magenta kabı) kullanılmış ve bütün deneme iki kez tekrar edilmiştir. Dört haftanın sonunda sürgün sayısı (çoğalma) ve sürgün uzunlukları ile canlı kalan eksplant sayısı kaydedilmiştir. Sürgün gelişimi için en iyi bitki büyüme düzenleyici belirlendikten sonra oluşan mikro sürgünlerin köklenmesi için 0.5mgL⁻¹IBA içeren MS ortamı üzerinde köklenmeye alınmışlardır. Köklendirme denemesinin sonunda, in vitro'dan çıkartılan mikro sürgünlerin kökleri akan çeşme suyu altında yıkanarak ortam ve agardan temizlenmiştir. Kök yıkama işleminden sonra mikro sürgünler 1:1 oranında torf ve perlit içeren köpük bardaklara şaşırtılmış ve şeffaf pet bardak ile üzerleri kapatılarak yüksek nisbi nem sağlanmıştır. İklim odasına (23 ± 2 °C, 16 /8 (ışık/karanlık)) konulan bitkiler yaklaşık 20 gün sonra pet bardak tamamen kaldırılarak bitkinin oda koşullarında büyümesi sağlanmıştır.

İstatistiksel Analizler: Elde edilen veriler SPSS istatistiksel analiz paket programı (Standart versiyon 16.0) kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuşlardır. Uygulamalar arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan önemlilik derecesini ortaya koymak için Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kültüre alınan *Saintpaulia Ionantha Wendl.* sürgün gelişimi için genellikle sitokin ve oksin gibi bitki büyüme düzenleyiciler gerektirir (Ghorbanzade ve Ahmabadi, 2014). İyi bir sürgün rejenerasyonu için bitki büyüme düzenleyici konsantrasyonları ve kombinasyonlarının iyi yapılması gerekir. İn vitro kültüre alınan yaprak eksplantlarında mikrobiyal bulaşmalar düşük olmuştur. Mikrobiyal bulaşma (fungus, bakteri vs.) dan arı mikrosürgünler elde edildikten sonra farklı büyüme düzenleyiciler içeren MS ortamı üzerinde kültüre alınmışlardır.

Eksplant başına oluşan sürgün sayısı bakımından bitki büyüme düzenleyici konsantrasyonları arasındaki fark $P < 0.05$ önemli bulunmuştur. Özellikle sürgün gelişimi ve oluşan sürgünlerin görünüşü ve kalitesi bakımından Meta-topolinin etkisi kullanılan diğer 3 bitki büyüme düzenleyici ye göre çok daha iyi sonuç vermiştir. Bir eksplanttan meydana gelen ortalama sürgün sayısı en fazla 22.4 ile Meta- topolin ortamında kaydedilir iken en düşük sürgün sayısı 9 ile BA ilaveli ortamda elde edilmiştir (Şekil 1).

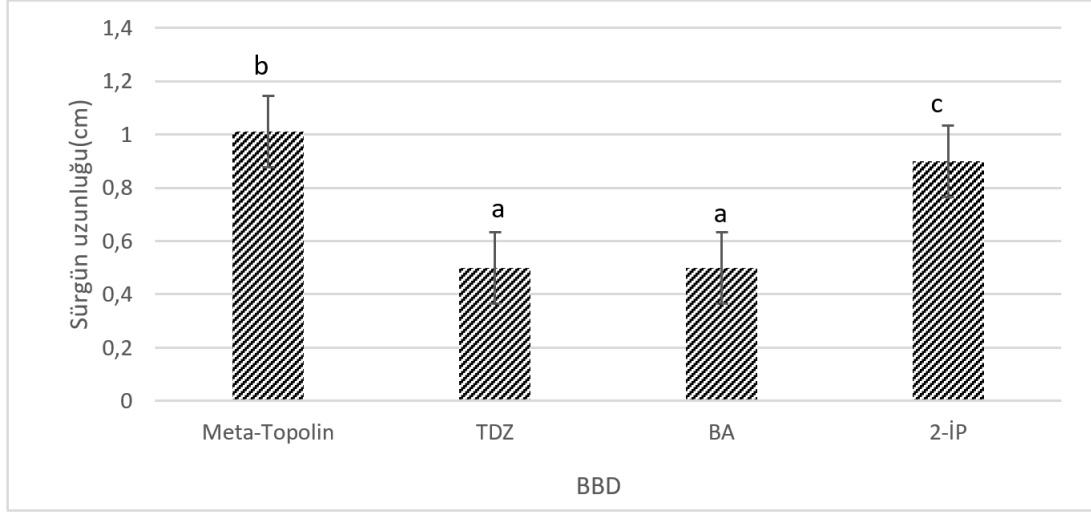


Şekil 1. Farklı bitki büyüme düzenleyici ortamında eksplant başına meydana gelen ortalama sürgün sayısı

TDZ (Mithila ve ark., 2003; Shukla ve ark., 2013) ve BA (Sunpui and Kanchanapoom, 2002; Daud ve ark., 2008) uygulamasının *Saintpaulia Ionanthac Wendl*'nin sürgün gelişimi üzerine olumlu etki yaptığı bildirilmiştir. Ghorbanzade ve Ahmabadi (2014) yapmış oldukları çalışmada 1 mgL^{-1} TDZ ortamında en iyi sürgün rejenerasyonunu elde eder iken özellikle bizim çalışmamızda $0,5 \text{ mgL}^{-1}$ TDZ ilaveli ortamda sürgün ile birlikte yüksek oranda kallus elde edilmiştir ve TDZ ile karşılaştırıldığında Meta-topolin bitki büyüme düzenleyicinin daha etkili olduğu görülmüştür.

Eksplant başına oluşan ortalama sürgün uzunlukları bakımından Bitki büyüme düzenleyiciler arasındaki fark önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Meta- topolin ilaveli ortam sürgün sayısına etki ettiği gibi sürgün uzunluğu bakımından en iyi sitokin olarak kaydedilmiştir. Bir eksplanttan meydana gelen ortalama sürgün uzunluğu Meta-

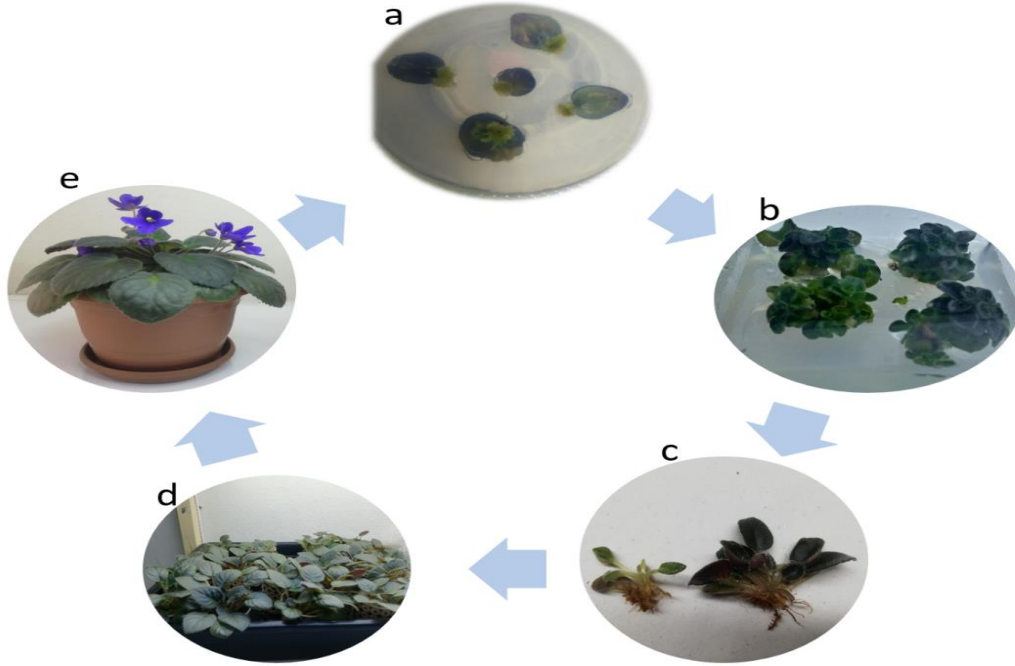
topolin varlığında 1.1 cm 2-İP ilaveli ortamda 0.9 cm, TDZ ve BA ilaveli ortamlarda 0.5 cm olarak kaydedilmiştir (Şekil 2.) Ancak TDZ ortamda fazla miktarda kaydedilen kallus oluşumu sürgün sayısı ve sürgün uzunluğunu etkilemiştir. Hem sürgün sayısı hemde sürgün uzunluğu bakımından yapılan incelemede Meta topolinin *Saintpaulia İonantha Wendl.* mikro çoğaltımında diğer sitokininlere göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.



Şekil 2. Farklı bitki büyüme düzenleyici ortamında eksplant başına oluşan ortalama sürgün uzunlukları

Sürgün gelişimi için en iyi bitki büyüme düzenleyici çeşidi belirlendikten sonra 0,5cm boyundaki *Saintpaulia İonantha Wendl* mikro sürgünleri 0,5 mgL⁻¹IBA içeren MS ortamı üzerinde köklendirmeye alınmışlardır. 20 günün sonunda yapılan incelemede bütün mikro sürgünlerin köklendiği görülmüştür. Köklenmiş olan mikro sürgünler tedrici olarak dış ortama alıştırmak amacıyla pet bardaklara aktarıldıktan sonra iklim odasında mini sera içerisinde aklimatize edildikten sonra başarıyla dış ortama aktarılabilmiştir (Şekil 3). Dış

ortama aktarılan *Saintpaulia İonantha Wendl* bitkicikleri saksı içerisinde başarılı bir şekilde büyümeye bırakılmıştır.



Şekil 3. *Saintpaulia İonantha Wendl*.in Mikroçoğaltım aşamaları (a) yaprakтан sürügn rgenerasyonu (b) in vitro mikrosürgünlerin çoğaltılması (c) köklendirilmiş mikrosürgünler (d) tedrici olarak ex vitro ya çıkartılan mikrosürgünler (e) dış ortamda saksıya aktarılmış sağlıklı bitki

4. SONUÇ

Sonuç olarak Afrika menekşesi (*Saintpaulia İonantha Wendl*) ülkemizde genellikle yaprak çelikleri ile çoğaltımı yapılan ve piyasa değeri yüksek olan bir süs bitkisidir. Ancak çelik ile çoğaltımı sınırlı sayıda olmakta ve fazla miktarda damızlık bitki gerekmektedir. Ancak doku kültürü ile yapılacak olan çoğaltımda hem damızlık materyale olan gereksinim azalacak hem de kısa sürede çok sayıda bitki üretimi sağlanacaktır. Yapılan bu çalışmada Afrika menekşesi (*Saintpaulia İonantha Wendl*) uygun ortam kullanıldığında kısa sürede çok sayıda bitki çoğaltılabileceği ve in vitro mikroçoğaltım için Meta-Topolinin 0,5 mgL⁻¹ kullanımının diğer TDZ, BA, 2-İP bitki büyüme düzenleyiciler ile karşılaştırıldığında daha iyi sonuç verdiği ve ticari bir üretim için Meta - Topolinin kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Anonimous, (2019). Saintpaulia. [http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q= Saintpaulia](http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=Saintpaulia) (last accessed: 30 March, 2017).
- Daud. N., Taha, R.M., & Hasbullah, N.A. (2008). Studies on plant regeneration and somaclonal variation in *Saintpaulia ionantha* Wendl. (African Violet). *Pak J Biol Sci* 9:1240–1245
- Eastwood, A., Bytebier, B., Tye, H., Tye, A., Robertson, A., & Maunder, M. (1998). The conservation status of *Saintpaulia*. – *Curtis's Botanical Magazine* 15: 49–62.
- Ghalecahi, B., Aslanpour, M., Shoor, M., Sharifi, A., & Kharazi, M. (2018). Effect of Light Variables Treatments On Growth And Flowering Of *Saintpaulia* (*Saintpaulia İonantha Wendi*). *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. 9(6), 597- 610. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2018.55
- Ghorbanzade, Z., & Ahmabadi, M. (2014). An Improved System for Rapid in vitro Regeneration of *Saintpaulia ionantha* Plant Tissue Cult. & Biotech. 24(1): 37-45, 2014

- Hill, J., & Goodship, G. (1998). African violets: the complete guide. Crowood Press, Wiltshire, pp 67–78
- IUCN. (2014). SSC East African Plants Red List Authority. *Saintpaulia ionantha*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T158153A763135 (<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T158153A763135.en>), last accessed: 30 March, 2017).
- Martins, D. J. (2005). The wild side of the African violet. – Swara, JulySept 2005: 44–47.
- Mithila, J., Hall, J.C., Victor, J.M., & Saxena, P.K. (2003). Thidiazuron induces shoot organogenesis at low concentrations and somatic embryogenesis at high concentrations on leaf and petiole explants of African violet (*Saintpaulia ionantha* Wendl). *Plant Cell Rep.* 21 : 408-414.
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant* 15:473–497
- Shukla, M., Sullivan, J.A., Jain, S.M., Murch, S.J., & Saxena, P.K. (2013). Micropropagation of African violet (*Saintpaulia ionantha* Wendl.). *Methods Mol. Biol.* 11013: 279-289.
- Silva, J.A.T., Dewir, H.Y., Wicaksono, A., Sahijram, L., Kim, H., Zeng, S., Chandler, S.F., & Hosokawa, M. (2017). African violet (*Saintpaulia ionantha* H. Wendl.): classical breeding and progress in the application of biotechnological techniques. *Folia Hort.* 29/2 : 99-111
- Stork, K., & Stork, J. (2007). You can grow African violets: the official guide authorized by the African violet society of America, Inc. iUniverse, Inc., Lincoln, pp 158–163
- Sunpui, W., & Kanchanapoom, K. (2002). Plant regeneration from petiole and leaf of African violet (*Saintpaulia ionantha* Wendl.) cultured in vitro songlanakaran j. *Sci Technol.*, 24 (3):357-364.
- Tsukamoto, Y., Maekawa, S., Yamamoto, K., & Sasaki, M. (1982). *Saintpaulia*. Bunka Publishing, Tokyo, Japan. Web 1: <http://www.plantdergisi.com/prof-dr-servet-varis/afrika-meneksesi-yetistirme-ve-uretimi.html>

Derleme

Diyafram Duvarlar ve Top-Down Yöntemine Bir Örnek: Atatürk Kültür Merkezi- Kızılay Metro Bağlantı Hattı Projesi

Şule KARADÜZ^{1*}, Ömür ÇİMEN²

¹Şule KARADÜZ; sulekaraduz91@gmail.com

²Ömür Çimen; omurcimen@sdu.edu.tr

* Sorumlu Yazar; sulekaraduz91@gmail.com , Tel.+90 531 395 65 66

Gönderme tarihi: 23/07/2019

Kabul tarihi: 30/12/2019

ÖZET

Bu çalışmada top-down kazı yöntemi ve diyafram duvarların uygulamaları, avantajları ve dezavantajları araştırılmış, Atatürk Kültür Merkezi (AKM)- Kızılay Metro Bağlantı Hattı Projesindeki uygulamalar incelenmiştir. Çalışmada; yapılaşmanın, nüfusun ve mevcut yeraltı yapılarının yoğunlukta olduğu kent merkezlerinde stabilize bir kazı gerçekleştirmek için gereken tasarım ve uygulama süreçleri araştırılmış, ekonomik ve güvenli bir inşaat için zemin araştırmalarıyla beraber uygulamada çok yönlü denetimin önemi vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Top-down Yöntemi, Diyafram Duvarlar, Atatürk Kültür Merkezi- Kızılay Metro

An Example of Diaphragm Walls and Top-Down Method: Atatürk Cultural Center- Kızılay Subway Connection Line Project

ABSTRACT

In this study, the applications, advantages and disadvantages of the top-down excavation method and diaphragm walls were investigated and the applications in the Atatürk Cultural Center (AKM) - Kızılay Metro Connection Line Project were examined. In the study; required processes of design and application to realize a stabilized excavation in urban centers where constructions, population and existing underground structures have been investigated and the importance of multidimensional supervision in practice has been emphasized along with soil investigations for an economical and safe construction.

Keywords: Method of Top-down, Diaphragm Walls, Atatürk Culture Center- Kızılay Metro

1. GİRİŞ

Günümüzde kullanılabilir inşaa alanlarının kısıtlı, yapılaşmanın ise yoğun olduğu kentsel alanlarda ihtiyaç duyulan metro istasyonları, yeraltı otoparkları ve çok bodrumlu projelerde derin kazılar gerçekleştirmek bir zorunluluk haline gelmiştir. Stabilize bir kazı için, derin kazı yöntemi ve derin kazı destek sistemlerinin seçimi büyük önem taşır. AKM- Kızılay Metro Bağlantı Hattı Projesi kapsamında gerçekleştirilen AKM istasyonu inşaatında top-down kazı yöntemi tercih edilmiş, kazı diyafram duvarlarla desteklenmiştir.

Top-down yöntemi özellikle şehir içi yapılaşmanın yoğun olduğu yerlerde, tarihi binalara ve önemli binalara yakın olunması ve inşanın hızlı tamamlanması gereken durumlarda tercih edilmektedir (Arıkoler, 2011).

Öztorun (2007), çalışmasında top-down yönteminin ülkemizde metro inşaatlarında ilk kez kullanıldığı Ankara Metrosu Kızılay İstasyonunu incelemiştir. Yöntemin, yoğun olan Kızılay trafiğinin aksamaması ve kısa sürede açılabilmesi için tercih edildiğini bildirmiştir. Projedeki tasarım ve uygulama süreçleriyle alakalı çıkarımlarını aktarmıştır.

Arıkoler (2011), çalışmasında top-down yöntemini ele almış, top-down yönteminin hangi koşullarda tercih edildiği, hangi destek yapılarının kullanıldığını araştırmış ve bu yapıların tasarım ve uygulama aşamalarını irdelemiştir. Yöntemin, avantajları ve dezavantajlarıyla ilgili değerlendirmelerde bulunmuş, örnek bir vaka analizindeki top-down uygulaması konusunda da çıkarımlar yapmıştır.

Durgunoğlu ve ark. (2013), İstanbul Boğazı kıyısındaki iki tarihi yapının restorasyon çalışmasında uygulanan, diyafram duvarlarla desteklenmiş bir top-down kazısını incelemiştir. Projede revize edilen destek yapılarının arasında kalan kısıtlı çalışma alanında en uygun kazı yönteminin top-down yöntemi olduğu bildirilmiştir. Projedeki uygulamalar ve analizler anlatılmıştır. Top-down yöntemi ve kazının kalıcı diyaframlarla desteklenmesinin güvenli, ekonomik ve aynı zamanda projeye zaman kazandırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Li ve ark. (2014), çalışmasında yüksek hızlı demiryolu hattı altına inşa edilen bir metro istasyonu çalışmasını araştırmıştır. Geleneksel top-down yönteminin bu tür alanlarda sıklıkla kullanılmasına rağmen projede uzun zemin çekme mesafesi ve yüksek kazı deformasyonu riski oluşturduğundan kanal tipi kazı sistemi önerilmiş ve uygulaması anlatılmıştır. Vaka analizinde, top-down kazısına alternatif olarak sunulan kanal tipi kazıların hem maliyeti hem de deformasyonu azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Gökalp, A.(2017), çalışmasında ülkemizde gerçekleştirilmiş olan üç farklı projenin diyafram duvar iksa uygulamaları hakkında bilgiler vermiş, mühendislik uygulamaları hakkında değerlendirmelerde bulunmuştur.

Ding ve ark. (2018), tarafından yapılan çalışmada Çin'in Hangzhou şehrindeki bir metro projesinin temel çukurunun gerilme-deformasyon davranışı incelenmiştir. Düşey duvar yer değiştirmeleri, eksenel kuvvetler ve yüzey deformasyonları ölçülmüş, Hangzhou'da yumuşak zeminlerde bulunan diğer bir metronun derin temel çukurlarından elde edilen verilerle kıyaslanmıştır. Teorik ve deneysel çalışmalar sonunda, yapılacak kazının kısımlar halinde yapılmasıyla, temel çukurunun en/boy oranının azaltılabileceği ve böylece diyafram duvarların yüzey zemin oturmaları ile yer değiştirmelerin etkili şekilde kontrol edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmada ise, AKM-Kızılay güzergahında gerçekleştirilen bir metro bağlantı hattı inşaatı araştırılmıştır. Kullanılan kazı ve destek sistemlerinin tasarım süreçleri anlatılmış, uygulamaları incelenmiş ve top-down yöntemi ile diyafram duvarların uygulama süreçleri hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

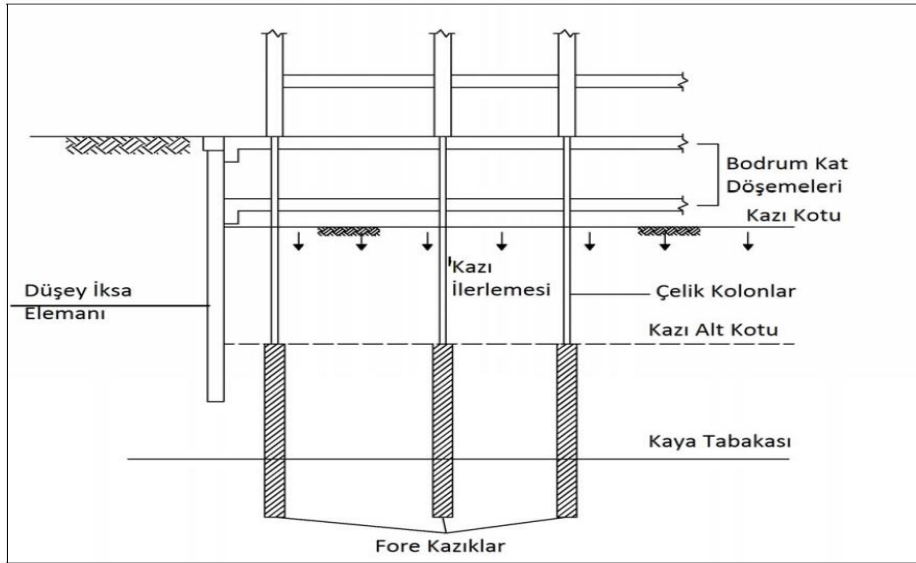
2. MATERYALLER VE METOTLAR

2.1 Derin kazı yöntemleri

Derin kazıları gerçekleştirmek için birçok yöntem bulunmaktadır; bu yöntemlerden uygun olanın seçilmesinde; zemin koşulları, çevresel koşullar, inşa süresi, ekonomik koşullar çevredeki mevcut yapılar ve eldeki ekipman ve malzeme gibi birçok unsur önemli rol oynar. Başlıca kazı yöntemleri, aç-kapa, ankrajlı, zemin çivili, yatay destekli kazı, ada kazısı ve top-down yöntemleridir. Bu yöntemler arasından yukarıda bahsedilen faktörler göz önünde bulundurularak en uygun yöntem seçilir veya bu yöntemlerin kombinasyonları uygulanarak derin kazı gerçekleştirilir (Arıkoler, 2011)

2.1.1 Top- down inşaat yöntemi

Bilinen tüm kazı yöntemlerinin aksine top-down yönteminde, kazı aşamaları üst yapıya ait kat döşemeleri oluşturularak temel derinliğine inilmektedir. Oluşturulan kat döşemeleri destek elemanı görevi görürler. Kazı tamamlandığında, yeraltı yapısının inşaatı da tamamlanmış olur. (Karadüz, 2019)
Top-down yöntemi uygulamasında öncelikle düşey iksa elemanları oluşturulup, birinci kademe kazısı yapılır. Zemin kat döşemesi tamamlandıktan sonra üst yapı inşa edilmeye başlanır ve daha sonra birinci bodrum döşemesi oluşturulur. Tasarlanan temel derinliğine ulaşılan kadar aynı işlemler tekrarlanır. En son temel döşemesi oluşturulur ve böylece bodrum katların inşası tamamlanmış olur.



Şekil 1. Top-down kazı metodu (Ekici, 2011)

Top-down yöntemi üst yapı inşası ve kazının aynı anda yapılıyor olmasından dolayı daha kısa inşaat süresi sağlar. Döşemeler, yatay destek elemanları ve ankrajlara göre daha rijit olduğundan kazı güvenli ilerler. Tüm avantajlar maliyet dezavantajı doğurur bu yüzden top-down yöntemi özel projelerde uygulanır. Ayrıca kazı sırasında havalandırma ve aydınlatma probleminin olması da başka bir dezavantajdır.

2.2 Derin kazı destekleme yöntemleri

Destekleme sistemlerinin projelendirilmesi için, inşa amacı, sistem rijitliği, servis süresi, zemin koşulları, artezyen durumu, kazı çukurunun şekli ve boyutları, düşey ve yatay deplasmanlar, çevre yapıların surumu, maliyet büyük önem arz etmektedir (Gökalp, 2017) Kazı destek sistemleri düşey ve yatay olarak ikiye ayrılır. Ankrajlar, zemin çivileri, boru destekler yatay, palplanş perdeler, kazıklı perdeler, mini kazıklar, kuyu tipi betonarme perdeler ve diyafram duvarlar ise düşey desteklerdir.

2.2.1 Diyafram duvarlar

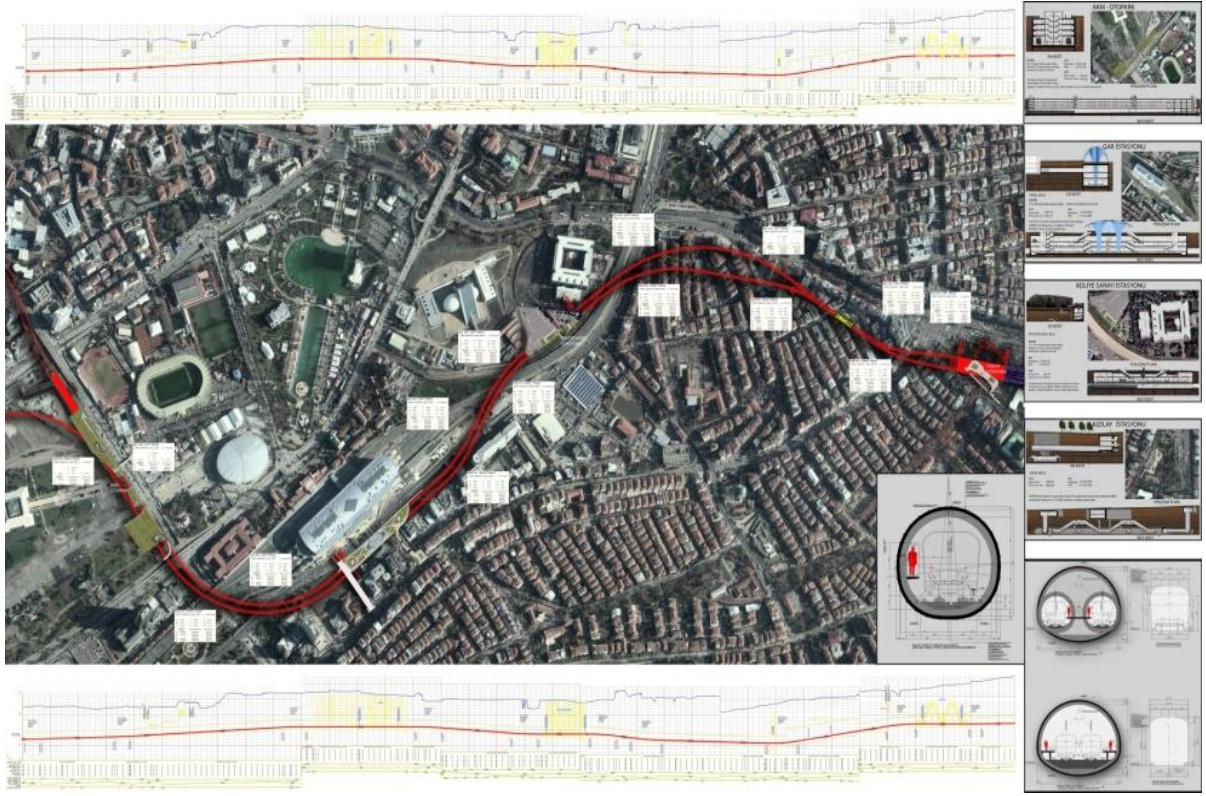
Diyafram duvarlar iksa sistemlerinde temel çukurunun sınırları boyunca zemin yükünü taşır, hidrostatik basınç altında zeminde kabarmayı ve sızdırmazlığı sağlama amacıyla kullanılır. Yüksek yeraltı su seviyesi altında yapılacak derin iksa kazılarında ideal bir çözüm teşkil eder. Diyafram duvarlar geçici iksa yapısı olarak teşkil edilebileceği gibi, kalıcı olarak da tasarlanabilir ve inşa edilir. Yüksek rijitlikte olmaları iksa kazısı sırasında deformasyonların sınırlandırılmasına büyük avantaj sağlar. Diyafram duvarlar top-down kazı yöntemi, ankrajlı sistemler, destekli sistemler gibi birçok derin kazı yönteminde kullanılmaktadır.

Metro inşaatlarının istasyon yapıları için diyafram duvar ile top-down inşaat yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntem yayın konusu olan AKM- Kızılay Metrosunda AKM istasyonu yapımında kullanıldığı gibi daha önce Ankara Metrosu Kızılay istasyonunda da uygulanmıştır. Yöntem, diyafram duvar imalatının akabinde iç destek elemanı olarak istasyon kat döşemesi imalatı ve kazının daha sonra yapılması prensibine dayanmaktadır. Bu yöntem zemin-yapı etkileşimi problemlerine daha açıktır. Kazının tamamlanması beklenmeden inşaatın zemin kotundan aşağıya, gerekirse yukarıya doğru da ilerleyebilmesinden dolayı inşaat süresinin kısalması yöntemin en büyük avantajıdır. Top-down yönteminde diyafram duvar imal edildikten sonra en üst kat döşemesi zemin tesviyesi yapılarak imal edilir. Döşeme imalatı için kullanılacak betonarme donatıları diyafram duvar panellerinin üst kısmında kalan filizlerle bağlanarak yapının monolitik çalışması sağlanır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 AKM- Kızılay Hattı Bağlantı Projesi

Bu bölümde, T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü tarafından ihale edilen "AKM (Atatürk Kültür Merkezi) (M4)- Kızılay Hattı Yapım ve Elektromekanik Sistemleri Temin, Montaj ve İşletmeye Alma" işi kapsamında yapılan AKM- GAR bağlantı projesinde diyafram duvarlar ve top-down inşaatı araştırılmıştır. Araştırmada projenin yüklenici firması Duygu Mühendislik- Kolin İnşaat AKM- Kızılay Metro Hattı Yapım ortaklığı desteğiyle koordineli olarak çalışılmıştır. Proje güzergahı Şekil-2' de görülmektedir.



Şekil 2. Akm- Kızılay Metro Bağlantı Hattı Projesi güzergahı

3.1.1 AKM İstasyonu diyafram duvar imalatı

İlk etapta perde duvarın geleceği yer topoğrafik olarak işaretlendikten sonra kılavuz duvarlar yapılmıştır. Alan kil olduğu için, çalıştıkça kil zeminle sıvanıp bir süre sonra boş döneceğinden hidro-freze grab tercih edilmemiştir. Grab hendeği 2-3 m kazdıktan sonra bentonit-su süspansiyonu basılmıştır. Bentonitin belli bir yoğunlukta ($1,6 \text{ g/cm}^3$) olması sağlandı ki; düzlem bulamaç ile sıvansın ve oluşturulan basınçla sürşarj yükleri karşılansın. Grabler sabit bir buma bağlı olmayıp serbest atışla çalıştıklarından, çukuru belirlenen uzunlukta kazmamış olabilir. Buna karşı, donatılar hazırlandıktan sonra kuyuya stop-end boruları indirilerek betonlama tamamlandıktan sonra stop-end boruları çekilmiştir. Şantiyede bu aşamaların denetimi oldukça önem taşır, AKM diyaframları yapılırken, stop-end'ler zamanında çekilmediği için birkaç kez kuyuda kalmıştır ve bu maliyet kayıplarına neden olmuştur. Kuyulara indirilen donatı kafeslerinin imalatları şantiyede gerçekleştirilmiştir. Kuyu derinliği (35 m) fazla olduğundan, donatılar kaynaklı birleştirmeye eklenerek kullanılmıştır. Beton dökümüne başlamadan önce, kuyuların tabanına kadar (35 m) betonun ayrışmasını önlemek amacıyla tremi boruları indirilmiştir. Tremiler beton dökümü sırasında doldukça ara verip hareket ettirilerek devam edilmiştir.

Beton, daha önce kuyuya sıvanan bentonit süspansiyonundan daha yoğun olduğundan, bentoniti yukarı çıkarmış, buradan toplanan bulamaç tanklara gönderilip içindeki taneler temizlenerek 2-3 kez daha kullanım sağlanmıştır. Dibe çöken malzeme vidanjörle çekilerek kimyasal atık tesisine gönderilmiştir. Beton döküm işlemleri tamamlandıktan sonra stop-end boruları çekildikten sonra ikincil paneller için priz süresi beklenmiştir. Perde duvar tamamlandıktan sonra düşey elemanların donatıları hazırlanırken döşemelerin bağlantısı için filizler bırakılmış ve paslanmaya karşı koruma altına alınmıştır (Şekil-3).



Şekil-3. İmalatı tamamlanan diyafram perdeler

Sondaj esnasında görülmemiş, zeminle alakalı lokal değişiklikler, boşluklar, doğalgaz, elektrik, su hatları ve su cephelerinin varlığı zaman zaman kazılarda fark edilebilir. AKM inşaatında diyafram duvar kazıları esnasında yağmur suyu hatlarına rastlanmıştır. Bu durum zaman ve yine maliyet kayıplarına neden olmuştur çünkü hattın inşa sahasına rastlayan kısmı kapatılarak hattın yönü değiştirilmiştir (Şekil-4).



Şekil-4. Diyafram imalatı esnasında karşılaşılan yer altı hatları

Projede kalıcı diyafram kolon açıklığı 33 metredir. Açık kazı yapılsaydı çelik strutlar kullanarak desteklemek gerekeceğinden maliyet artacaktı bundan kaçınmak için kazı top-down'a revize edilmiştir. Düşey elemanların monolitik çalışması yalnızca döşeme bağlantıları vasıtasıyla sağlanmıştır. Diyafram perdelerin inşası tamamlandıktan sonra ilk döşeme kotuna kadar diyaframın üzeri kırılmış ve donatılar düzeltilmiştir. Top-down kazısı tamamlandıktan sonra yapının monolitik çalışması için döşemeler kirişe bağlanmıştır.

3.1.2 Atatürk Kültür Merkezi İstasyonu top-down inşaatı

Daha önce bahsedildiği gibi maliyeti düşürmek için ve kazının çevre yapılara ve koşullara zararını en aza indirmek için top-down kazısı tercih edilmiştir. Top-down uygulaması yapılırken önce 10 cm grobeton dökülüp, üzerine naylon serilip üzerine donatılar dizilmiş ve beton dökülmüştür. Beton döküldükten sonra alt kazıya geçildiğinde grobeton düşüp, kalıp görevi görmüştür. Kazı, aşağı inen kazı makinesinin kovayı doldurup, vinç ile çıkarılması ve bu işlemin tekrarlanması prensibiyle yapılmıştır. Kazı çevresinde diyafram duvarlar olduğundan, geçirimsiz olan diyafram duvarlar içeri su almadığı gibi kazı sırasında ortaya çıkan su cephelerinin dışarı çıkmasını da engellemiştir. Kazı top-down kazısına revize edilirken, su problemi öngörülemediğinden ilk etapta kazı

makinesi zemine saplanmış ve vinçle çıkarılmıştır. Problem deneyimlenerek aşılmış ve dolayısıyla zaman kaybı ve maliyet artışına neden olmuştur (Şekil-5). Kazının bundan sonraki aşamalarında kazı alanında açığa çıkan yeraltı suyu kanallar yöntemiyle drene edilmiş ve oradan pompalar aracılığıyla uzaklaştırılmıştır. (Şekil-6)



Şekil-5. Top- down inşaatında meydana gelen yeraltı suyu problemi

56

Döşeme betonu dökülürken, pompanın hortumu rezervasyon boşluklarından uzatılmıştır. Alt döşeme betonları dökülürken ise, yer pompaları kurulmuştur. Düşey elemanlardaki filizlere ankrajlı birleştirmeyeyle döşeme donatısı bağlanmıştır.

Bağlantı detayları ve döşeme donatısı yerleştirildikten sonra üst döşeme plağında olduğu gibi beton dökülmüş ve kazı işlemine aynı prensiple devam edilmiştir. Son döşemenin kirişi atıldıktan sonra 7,45 m daha kazı yapıp, temel kotuna inilmiş ve TBM (Tunnel boring machine) yapıları oluşturulmaya başlanmıştır (Şekil-5).



Şekil-6. Top- down kazısı tamamlandıktan sonra TBM yapılarının oluşturulmaya başlanması

4. SONUÇLAR

İstinat yapısı olarak kullanılan diyafram duvarların geçirimsiz yapıları top-down kazısında kazı çukurunda biriken suyun tahliye edilmesini zorlaştırdığından ek maliyet doğurmuştur. Bu gibi problemlerin tecrübeyle aşılması maliyeti artırdığından bu tip maliyetlerden kaçınmak için projelendirme aşamasında gerekli önlemler alınmalıdır.

Proje sahası altında bulunan kanalizasyon sistemi, yağmur suyu hattı, elektrik ve doğal gaz hatları kazı uygulaması esnasında ortaya çıkarak zaman ve para kaybına neden olmuştur. Büro ve yüzey incelemeleri proje aşamasında daha detaylı yapılarak bu tip kayıplardan kaçınılmalıdır.

Atatürk Kültür Merkezi (AKM)- Metro hattının istasyon bölümlerinde kalıcı destek yapısı olarak diyafram duvarlar projelendirilmiş ve inşa edilmiştir. Diyafram duvar uygulamasının yapıldığı projenin bazı kısımlarında açıklığın fazla olmasından dolayı diyafram duvar çukurlarının yanal yüzeylerinin desteklenmesinde bentonit çamuru yetersiz kalmış, çukurlar çelik strut borularıyla desteklenmiştir. Bu durum da projede iksa sistemini ekonomik olmaktan uzaklaştıran etkenlerden olmuştur.

Teşekkür: Proje sahasında çalışmama imkan sağlayan Duygu Mühendislik- Kolin İnşaat Ortaklığına teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- Arıkoğlu, T. (2011). Top- Down Yöntemi İle Derin Kazı Yapılması ve Top- Down Yöntemine Bir Örnek. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Turkey.
- Ding Z., Jieke J., Han, T. (2018). Analysis Of Monitoring Data Of Zoning Excavation Of Narrow And Deep Foundation Pit In Soft Soil Area. Journal Of Geophysics And Engineering, 15(4), 1231- 1242.
- Durgunoglu, T., Kulac, F., İkiz, S., Akcakal, O. (2013). Top- Down Construction Alongside Of Bosphorus- A Case Study. The 18 th International Conference of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2-6 September, Paris, France, 1967- 1970.
- Ekici, H. (2011). Derin Kazı Sistemleri Ve Derin Kazılara Bir Örnek: Akasya Acıbadem Projesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Turkey.
- Gökalp, A. (2017). Farklı Destek Sistemleri Uygulanan Diyafram Duvarların Performansı. 7. Geoteknik Sempozyumu 22-23-24 Kasım 2017, İstanbul, 71-97.
- Karadüz, Ş. (2019). Derin Kazı Teknikleri Ve Derin Kazı Destekleme Sistemlerine Bir Örnek: Atatürk Kültür Merkezi- Kızılay Metro Hattı Projesi, Gar Bölümü. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Turkey.
- Li, M., Chen, J., Xu, A., Xia, X., Wang, J. H. (2014). Case Study Of Innovative Top- Down Construction Method With Channel- Type Excavation. Journal Of Construction Engineering And Management. 140(5), 222-225
- Öztorun, N. K. (2007). Ankara Metrosu Kızılay İstasyonu Örneği İle Yukarıdan Aşağıya (Top- Down) İnşaat Yöntemi. Zemin Mekaniği Ve Temel Mühendisliği 1. Özel Konulu Sempozyumu, 8-9 Kasım 2007, İstanbul, 107- 118.

Derleme

Kuraklık Stresinde Kalsiyum'un Bitkiler Üzerindeki Etkisi

Abdülkerim BULUT¹, Nevzat SEVGİN¹, Yelderem AKHOUNDNEJAD^{1*}

Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şırnak¹

*Sorumlu Yazar:y_akhondnejad@hotmail.com

Gönderme tarihi: 19/10/2019

Kabul tarihi: 13/12/2019

ÖZET

Kuraklık stresi, bitkilerin yaşamlarının herhangi bir döneminde büyümesini ve verimini etkileyen, bitkilerde değişik tepkilerin alınmasına yol açabilen özellikleri birbirine benzeyen yeni bitkilerin oluşmasına yol açan değişik çevresel faktörlerin etkisindedir. Kalsiyum (Ca), bitkide farklı fizyolojik ve biyokimyasal reaksiyonlarda stres direncini artırmak için sinyal molekülü olarak görev yapan, önemli bir makro besindir. Bu çalışmada, farklı abiyotik streslerin bitki büyümesi, gelişimi, fizyolojik özellikleri ve verimi üzerine etkileri verilmiştir. Bitkilerin abiyotik stresi sürdürme ve tolerans mekanizmaları da değerlendirilmiştir. Ayrıca, kalsiyum kaynaklı abiyotik stres toleransı büyüme, fizyoloji ve verim artışı açısından da değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler; Kuraklık; Fizyoloji; Kalite; Stres; Verim

Effect of Calcium on Plants Under Drought Stress

ABSTRACT

Plants are environmental factors that affect growth and productivity at any time of their lives but that can lead to different reactions; in other words, plants that do not resemble each other are environmental factors that affect properties differently. Calcium (Ca) is an essential macro nutrient it acts as signaling molecule in different physiological and biochemical processes in plant to improve stress resistance. In this study, we focused on the effects of different abiotic stress on plant growth, development, physiological properties and yield. Abiotic stress was evaluated on the mechanism of maintaining and tolerating plants. In addition, calcium-based abiotic stress tolerance were reviewed in terms of growth, physiology and yield improvement.

Keywords; Drought; Physiology; Quality; Stress; Yield

1. GİRİŞ

Bitkiler, değişik çevre faktörlerinin etkisiyle, farklı streslere maruz kalarak yaşamlarını sürdürmeye çalışmaktadırlar. Bu çevre faktörleri; toprak, iklim, doğal olmayan kirleticiler, hayvanlar ve diğer bitkiler ile rekabet şeklinde sıralanabilir. Abiyotik faktörler olan kuraklık, yüksek sıcaklık, radyasyon, tuzluluk veya don vb. ile biyotik faktörler olan patojen, diğer organizmalarla rekabet vb. stresler, ekonomik öneme sahip bitkilerin normal fizyolojik yapılarında değişikliklere yol açmaktadırlar. Bu stresler, bitkilerin biyo sentetik kabiliyetini azaltmakta, normal işlevlerini değiştirmekte ve bitkinin ölümüne yol açabilecek hasarlara sebep olabilmektedir (Lichtenhaler, 1996).

Doğal olarak bitkiler, bu olumsuz çevresel koşullarda yaşamlarına devam edebilmeleri ve gelecek nesilleri sürdürebilmeleri için belirli bir seviyeye kadar kendilerini savunana bilecek mekanizmalar geliştirebilmektedirler. Çevresel stresin üstesinden gelmek sadece gıda üretiminin sürdürülebilir bir şekilde artması için değil, aynı zamanda çevresel dengenin korunması için de gereklidir. Abiyotik strese bitkilerin toleranslılığı, çeşitli faktörlere bağlı olan heterojen bir özelliktir. Olumsuz çevre koşulları çoğunlukla farklı antropojenik

faaliyetlerin doğrudan veya dolaylı etkisinden kaynaklanmaktadır. Kuraklık, tuzluluk ve yüksek sıcaklık nedeniyle bitkiler, dehidrasyon stresiyle karşı karşıya kalmakta ve bu stres etkisi ile bitki büyüme ve üretimi sınırlanmaktadır (Vorasoot ve ark.,2003). Bu durum, bitkilerin topraktaki normal kök büyümesini, besin alımını ve hareketliliğini engelleyerek,bitki dokularında mineral elementlerin birikmesinide etkilemekte ve bu nedenle çeşitli fizyolojik ve anti-oksidatif bitki reaksiyonlarını oluşturur(Luo ve ark., 2011).Kuraklıktan etkilenme derecesi, genotipe bağlı olarak farklı şiddetlerde oluşabileceği gibio genotipin stres altında geliştirdiği metabolik değişimlere, yani fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerde bağlıdır (Kayabaşı, 2011). Bitkilerde bazı fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerdeki değişiklikler nedeniyle genomik ekspresyon meydana gelmektedir. Kalsiyum (Ca), stres direncini artırmak için bitkide farklı fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerde sinyal molekülü olarak hareket ettiği için, önemli bir makro besindir ve ikinci haberci olarak da bilinir (White ve Broadley, 2003). Kalsiyum, abiyotik stresi azaltmak için hücre zarı stabilizasyonu, besin alımının yanı sıra, enzimatik ve hormonal düzenlemelerde önemli ölçüde rol oynamaktadır (Ahmad ve ark., 2015).

Bu nedenle bu derlemede, farklı abiyotik streslerin bitki büyümesi, gelişimi, fizyolojik özellikleri ve verimi üzerindeki etkileri ile bitkilerin abiyotik stresi sürdürme ve tolere etme mekanizmaları üzerinde durulacaktır.

2.ABİYOTİK STRESE BİTKİNİN YANITI

Küresel iklim değişikçe kuraklığın sıklığı ve şiddeti endişe verici bir oranda artmaktadır (Walter ve ark., 2011). Su veya nem eksikliği nedeniyle bitkiler, genellikle yaşam döngüsünün herhangi bir büyüme ve gelişim evresinde, kuraklık stresinden zarar görürler. Yağış eksikliği, yeraltı suyu eksikliği ve daha yüksek buharlaşma, kuraklığın şiddeti üzerinde etkilidir (Mishra ve Cherkauer, 2010).

2.1.Kuraklık

Çimlenme, büyüme ve kuru madde birikimini engelleyerek bitki büyümesini ve gelişimini direkt etkilemektedir. Bu su sıkıntısı, turgor kaybına neden olmakta, enerji dengesini, enzimatik aktiviteyi azaltmakta, bu da hücre bölünmesini, uzamasını ve farklılaşmasını bozmakta ve sonuç olarak da bitkinin verimliliğini azalttığı bildirilmektedir (Kiani ve ark., 2007). Su eksikliğinin erken etkilerinden birisi fotosentez oranındaki düşüş nedeni ile vejetatif büyümedeki azalmadır. Su eksikliğine, gövde büyümesi ve özellikle yaprak büyümesi kök büyümesinden daha hassastır (Sağlam, 2004). Kuraklığın bitkinin vejetatif evresine etkisi daha düşük ekonomik zarar gösterirken, üreme evresindeki kuraklık stresi, verimi önemli düzeyde etkilemektedir (Reddy ve ark., 2003). Kuraklık stresiyle azalan terleme, besin emilimini azaltır ve böylece bitkide de besin eksikliği zararı görülebilir. Kuraklığa bağlı olarak yetersiz besin elementi ve su alımının bir başka etkisi ise membran bütünlüğünün bozulmasıdır. Enzim aktivitelerinin değiştirilmesi ve enerji dağılımının olmaması da kuraklık altında besin birikimini bozmaktadır (Baligar ve ark., 2001).Kuraklık stresi üzerine, stomatal kapanma, terleme ve CO₂ asimilasyonunda azalmaya neden olmaktadır (Miyashita ve ark., 2005). Kurak koşulların olduğu ilk dönemlerde, bitki daha fazla suya ulaşabilmek için gövde uzamasını yavaşlatıp kök gelişimini artırır(Öztürk, 2015).Çiçeklenme aşamasında meydana gelebilecek kuraklık stresi, bitkilerde polen kısırlığını artırarak verimi azaltmaktadır. Örneğin yapılan bir çalışmada, çiçeklenme döneminde kuraklık stresine bağlı olarak ayçiçeğinde (*H. annuus*) verimin azaldığı gözlemlenmiştir (Hussain ve ark., 2008). Çiçeklenme döneminde kuraklık nedeniyle su açığı olması durumunda tahıl veriminin ortalama yaklaşık %50 oranında azaldığını göstermiştir. Ayrıca değişik ürünler ile yapılan çalışmalarda çiçeklenme döneminde kuraklık stresine bağlı olarak önemli verim kayıplarını

oluştugu bildirilmiştir (Shahryari ve ark.,2008). Kontrollü koşullar ve kuraklık stresinde çeltik bitkisinde büyüme ve gelişme farklılığı gösterilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Kuraklık stresinin çeltik bitkisinin büyüme ve gelişimine etkisi.

3.KALSİYUM KAYNAKLI BÜYÜMEVE FİZYOLOJİSİNİDÜZENLENMESİ

3.1 Abiyotik Stres Altındaki Bitkiler

Kalsiyum (Ca)

Hücre duvarı stabilizasyonu, iyon taşınımını ve seçiciliğin düzenlenmesi, iyon değişim davranışının düzenlenmesi ve enzim aktivasyonunda yer alan, bitki zarının yapısal ve fonksiyonel bütünlüğü gibi birçok süreçte bitki büyümesi ve gelişimi için gerekli makro besin maddelerinden biridir (Rengel, 1992). Bu nedenle Ca, sadece bitki için bir mineral besin elementi olmayıp, aynı zamanda hücre ve bitki gelişim süreçlerine ve birçok fizyolojik ve hücresel yönü düzenleyerek, farklı stres koşullarına bitki tepkisine aracılık etmektedir (White ve Broadley, 2003). Kalsiyum, tohumun çimlenmesi, büyümesi ve gelişmesi, su ilişkileri, fotosentez ve daha pek çok konuda düzenleyici rol oynamaktadır, Ayrıca Ca, tuzluluk, kuraklık, sel, ısı, soğutma ve ağır metal stresi gibi abiyotik stresler altında çeşitli ürünlerin verim iyileştirmesini düzenleyebilmektedir. Kalsiyum takviyesi, sadece bitkinin morfolojik ve fizyolojik özelliklerini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda verim özelliklerinin yanı sıra, tuzlu su koşullarında verimi de önemli ölçüde artırmaktadır (Parvin ve ark., 2015). Kalsiyum takviyesi, kuraklık stres koşullarında ve kontrollü koşullarda daha fazla sayıda çiçek ve tatlı biberin meyve ağırlığını artırmıştır. Kalsiyum, domates bitkisinin meyve verimini, meyveler tarafından azot alım oranını arttırdığı da bilinmektedir. Kalsiyum karbonat süspansiyonunun, domates meyvelerinde güneş yanıklığının hasarlarını azalttığı bildirilmektedir (Patane ve ark.2018).

3.2.Tohum Çimlenmesi

Bitki yaşam döngüsünün temel aşaması tohum çimlenmesidir; aynı zamanda bitkilerin meydana gelmesini ve verimini etkileyen, büyüme ve gelişimin hayati bir aşamasıdır.Tohum çimlenmesi, tohumun su alması ile metabolik aktiviteyi yeniden aktive eden ve kuru tohumdan fide radikula (kökçük) ve plumulanın (gövde)

ortaya çıkması ile başlar (Bewley ve Black, 1994). Doğal olarak tohumlar, çimlenmeleri için gerekli olan temel besin maddelerini içerir, ancak bunların mevcudiyeti (tuzluluk, kuraklık, soğuk vb) stresler tarafından engellenir (Knight ve Knight, 2001). Bu durumda Ca, birçok fizyolojik ve hücrel tepkiyi düzenleyerek stres koşullarına karşı koruma sağlamaktadır (Zehra ve ark., 2012).

Toz koşulları altında Ca, Na⁺ girişini kısıtlamakta ve böylece NaCl'un tohum çimlenmesi üzerindeki olumsuz etkisini azaltmaktadır (Marcar, 1986). Tohum astarlama maddesi olarak 50 mM Ca²⁺ (CaCl₂) konsantrasyonunun kullanılması, kuraklık stresi altında arpada (*Hordeum vulgare*) genotiplerinden bağımsız olarak tohum çimlenmesi için en faydalı olduğunu göstermiştir (Kaczmarek ve ark., 2017). Tohum ozmoprimuming olarak Ca kullanımında çeltik (*Oryza sativa*) gibi diğer alan ve tahıl bitkileri için olumlu tepki göstermiştir (Basra ve ark., 2004). Ozmoprimuming, tohumların düşük su potansiyeline sahip bir ozmotik solusyon içerisinde belirli bir süre bırakılarak kontrollü su alımının sağlanması, ancak kök çıkışının engellenmesi esasına dayanmaktadır (Heydecker ve Gibbins, 1978). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum*) ve ayçiçeğinin (*Helianthus annuus*) çimlenme oranını, fide oluşumunu ve fide büyümesi üzerinde gelişme göstermiştir (Nayyar ve ark., 1995). Güney kandili ağacı (*Koeleruteria paniculata*) orta veya düşük dozda Ca²⁺ geliştirilmiş tohum çimlenme özelliklerini ortaya konmuştur (Cai ve ark., 2013).

3.3 Büyüme

Kalsiyum, bitkilerin büyümesini ve gelişimini geliştirerek bitkilerin abiyotik streslere toleransını arttırmaktadır. Ek olarak Ca, bitki kökünü arttırarak, bitki kuru maddesini artırabilir ve domateste (*Solanum lycopersicum*) tuzlu su koşullarında kuru ağırlığını azaltabilir (Tuna ve ark., 2007). Kalsiyum uygulamasında, bitki boyu, yaprak ve dal sayısı, domateste (*S. Lycopersicum*) artarken, tuz stres altında yaprak alanında negatif etkisi görülmüştür (Parvin ve ark., 2015). Bitkilerde ozmotik, farklı streslere karşı (kuraklık, tozluluk, sıcaklık) ve yaşamsal hayatını devam etmek açısından önemli rol oynamaktadır. Bu önemli yaşamsal aktivite içerisinde, stomal ve fotosentez mekanizmalarında bitki ve hücre gelişimine önemli derecede etkisi görülmektedir (Perassaklı 1987). Kalsiyum, epidermal hücre duvarlarının kuvvete ve kalınlığa önemli katkıda bulunur. Kalsiyum ayrıca pektinin birikmesinde yardımcı olur, böylece meyvelerin çatlamaya karşı daha iyi dayanması sağlanır (Choi ve ark., 2010). Kuraklık stresinde farklı kalsiyum seviyelerinin etkileri, canlı bitkilerin hücrelerinde, sitoplazma oranı arttığını görülmektedir (Knight, 2000).

3.4 Su İlişkileri

Prolin içeriği, bitkinin su durumu ile ilgilidir ve birikimi farklı abiyotik stres koşullarında arttığı tespit edilmiştir (Hasanuzzaman ve ark., 2018). Ayrıca, eksojen Ca dengeli bir Prolin içeriği düzenleyerek, bitki su durumunu iyileştirdiği görülmüştür (Rahman ve ark., 2016). Kalsiyum ayrıca tuz stresli maş fasulyesinde (*Vigna radiata*) Pro birikimini azalttığı gözlemlenmiştir (Manivannan ve ark., 2007). Kuraklık gerilmiş bitki üzerinde eksojen Ca uygulaması, artan Pro aşağılayıcı enzim nedeniyle daha düşük Pro içeriği göstermiştir (Jaleel ve ark., 2007). Buna ek olarak, Ca, sitoplazmanın ozmotik mukavemetini düzenleyerek hücrel dehidrasyondan tuz kaynaklı hasarı önlemiştir. Kalsiyum karbonatla püskürtülen domates bitkilerinde, kalsiyum karbonatla püskürtülmeyen domates bitkilere göre solunum aktivitelerini ve yaprak transpirasyonu azaltma neden olur. Buna göre hücre turgorunda azalma olmadan bitkinin gelişimini devam ettirmektedir (Patane ve ark., 2018).

4. KALSİYUM KAYNAKLI OKSİDATİF HASAR AZALTMA

4.1 Antioksidan Savunma Düzenlenmesi

Çeşitli abiyotik stresler üzerine, bitki oksidatif strese bakarak oksidatif hasardan geçer. Makro besin maddesi olan Ca, bitki hücre metabolizmasının sinyal iletim mekanizmasında önemli bir rol oynamaktadır. Doğrudan veya dolaylı olarak Ca, hedef proteinleri, protein kinazlarını ve enzimatik antioksidanlar da dahil olmak üzere diğer proteinleri aktive etmek için Ca-bağlayıcı proteinler yoluyla düzenler (Lwalaba ve ark., 2017). Kalsiyum membranı daha entegre tutar ve azaltılmış lipidperoksidasyonu önler ve böylece bitkinin abiyotik streslere toleransını güçlendirmiştir (Antosiewicz ve Hennig, 2004).

Farklı abiyotik stres durumu altında, sitosolik Ca^{2+} içeriğinde, farklı antioksidan savunma mekanizmalarını düzenleyerek ve membran lipid peroksidasyonunun azalmasıyla bitkinin olumsuz çevreye uyum sağlamasına neden olan çeşitli biyolojik yukarı ve aşağı tepkileri uyarmak için net bir artış göstermiştir (Nayyar ve Kaushal., 2002). Diğer bazı araştırmacılar, Ca'nın çeltikdeki ROS üretimini kontrol ederek Cd kaynaklı oksidatif hasarı etkili bir şekilde azaltabileceğini belirtmişlerdir (Srivastava ve ark., 2014). Kalsiyum artırılmış soğuk gerilmiş ekmeklik buğdayda lipid peroksidasyonu ve membran hasarında azalma görülmüş ve bu da bitkilerin soğuk strese bağlı oksidatif hasara karşı toleransını göstermiştir (Nayyar ve kaushal, 2002).

4.2 Abiyotik Stres Koşullarında Ca tarafından mineral besin alımının düzenlenmesi

Kalsiyum, bitkilerde membran bütünlüğü ve iyon taşıma düzenlemelerinin dengelenmesinde rol oynayan çok önemli bitki besin maddesidir (Sivasankara Moorthy, 2013).

Kalsiyum, hücre hasarı durumunda kaybedilen besinleri geri pompalamayı gerektiren plazma membranını düzenleyerek kuraklığa bağlı hasardan kurtulmak için de gereklidir (Palta, 2000). Kalsiyum uygulaması, hem Ni-stresli hem de kontrollü koşullar altında *L. esculentum* bitkilerinin bitki sürgünlerinde ve köklerinde K^+ alımı gibi mineral besin alımının artmasına neden olmuştur (Mozafari ve ark., 2013).

5. SONUÇLAR

Kuraklık, Dünya gıda üretimini tehdit etmektedir. Bu olumsuz çevre koşulları, çoğunlukla farklı antropojenik faaliyetlerin doğrudan veya dolaylı etkisinden kaynaklanmaktadır. Bitkilerin farklı stres koşullarına daha toleranslı olmasını sağlayarak, Dünya gıda üretimini arttırmak esastır. Bu nedenle, kimyasal yaklaşımların kullanımını da dâhil olmak üzere bazı tedbirler alınması gerekmektedir.

Bitkilerin toleransını arttırmak için bitki besin maddelerinin kullanımının olumlu sonuçları çok umut vericidir. Bununla birlikte, fizyolojik süreçleri artırarak eksojen Ca ile stres hafifletme mekanizmaları, Ca'un diğer sinyal molekülleri ve fito hormonlarla etkileşimlerini odaklanmayla, daha fazla araştırma gerektirmektedir. Bu nedenle, Ca, çevresel sapmalar altında hücre içi yanıtları uyarmada da etkili olan çok önemli bir besin elementidir.

KAYNAKÇA

Ahmad, P., Sarwat, M., Bhat, N. A., Wani, M. R., Kazi, A. G., & Tran, L. P. (2015). Alleviation of cadmium toxicity in *Brassica juncea* L. (Czern. & Coss.) by calcium application involves various physiological and biochemical strategies. *PLoS One*, 10:e0114571.

- Antosiewicz, D. M., & Hennig, J. (2004). Over expression Of Lct1 In Tobacco Enhances The Protective Action Of Calcium Against Cadmium Toxicity. *Environpollut*, 129:237–245.
- Baligar, V.C., Fageria, N.K., & He, Z.L. (2001). Nutrient use efficiency in plants. *Commun Soil Sci Plant Anal*, 32:921–950.
- Basra, S., Farooq, M., Hafeez, K., & Ahmad, N. (2004). Osmohardening: a new techniqu eforrice seed invigoration. *Inter Rice ResNotes* 29:80–8.
- Bewley, J. D., & Black, M. (1994). Seeds: physiology of development and germination. *Seeds* pp 1-33.
- Biemelt, S., Keetman, U., Mock, H. P., & Grimm, B. (2000). Expression and activity of isoenzymes of superoxide dismutase in wheat roots in response to hypoxia and anoxia. *Plant Cell Environ*, 23:135–144.
- Cai, X.Y., Chen, X. D., Li, C. Z., & Liu, C. (2013). Effects of exogenous Ca²⁺ on the seed germination of *Koeleria paniculata* in limestone area of Southwest China under drought stress. *Zhongguo ke xueyuan Shenyangyingyongshengtai yan jiusuo zhu*, 24:1341–1346.
- Choi, H. M., Son, I. C., & Kim, D. I. (2010). Effects of calcium concentrations of coating bag on pericarp structure and berry cracking in 'Kyoho' grape (*Vitis* sp.). *Korean J Horticult Sci Technol*, 28:561–566.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M. M., Bhuyan, M., Oku, H., & Fujita, M. (2018). Exogenous nitric oxide pretreatment protects *Brassica napus* L. seedlings from paraquat toxicity through the modulation of antioxidant defense and glyoxalase systems. *PlantPhysiolBiochem*, 126:173–186.
- Heydecker, W., Gibbins, B., 1978. The 'priming' of seeds. *Acta Horticulturae*, 83: 213-215.
- Hussain, M., Malik, M., A., Farooq, M., Ashraf, M. Y., & Cheema, M. A. (2008). Improving Drought Tolerance by Exogenous Application of Glycinebetaine and Salicylic Acid in Sunflower. *J Agron Crop Sci*, 194:193–199.
- Jaleel, C. A., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., & Panneerselvam, R. (2007). Water deficit stress mitigation by calcium chloride in *Catharanthus roseus*: Effects on oxidative stress, proline metabolism and indole alkaloid accumulation. *ColloidsSurf B –Biointerfaces*, 60:110–116.
- Kaczmarek, M., Fedorowicz-Strońska, O., Głowacka, K., Waśkiewicz, A., & Sadowski, J. (2017). CaCl₂ treatment improves drought stress tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.). *acta physiol plant*, 39:41.
- Kayabaşı, S. (2011). Kuraklık stresinde yetiştirilen soyada (*Glycinemax* L.) bazı fizyolojik parametreler ile prolin birikiminin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Kiani, S. P., Grieu, P., Maury, P., Hewezi, T., Gentzbittel, L., & Sarrafi, A. (2007). Genetic variability for physiological traits under drought conditions and differential expression of water stress-associated genes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *TheorAppl Genet*, 114:193–207.
- Knight H. (2000). Calcium signaling during abiotic stress in plants, *Int. Rev. Cytol.* 195, 269–325.
- Knight, H., & Knight, M. R. (2001). Abiotic Stress Signalling Pathways: Specificity And Cross-Talk. *TrendsPlantSci*, 6:262–267.
- Lichtenhaler, H.K. (1996). Vegetation Stress: an Introduction to the Stress Concept in Plants *J. Plant Physiol*, 148:4-14.
- Luo, Y. X., Zhao, R., Zhou, X., Zuo, J., & Zhangand, Y. Li. (2011). Physiological acclimation of two psammophytes to repeated soil drought and rewatering. *ActaPhysiol. Plant.*, 33: 79-91.
- Lwalaba, J.L.W., Zvobgo, G., Fu, L., Zhang, X., Mwamba, T. M., Muhammad, N., Mundende, R.P.M., & Zhang, G. (2017). All eviating effects of calcium on cobalt toxicity in two barley genotypes differing in cobalt tolerance. *Ecotoxicol Environ Saf*, 139:488–495.
- Manivannan, P., Jaleel, C. A., Sankar, B., Somasundaram, R., Murali, P. V., Sridharan, R., & Panneerselvam, R. (2007). Salt stress mitigation by calcium chloride in *Vignaradiata* (L.) wilczek. *Acta Biol Cracov Bot*, 49:105–109.
- Marcar, N. E. (1986). Effect of the calcium on the salinity tolerance of Wimmera ryegrass (*Loliumrigidum* Gaud. Ev. Wimmera) during germination. *Plant and Soil*, 93:129–132.
- Mishra, O. V., & Cherkauer, K. A. (2010). Retrospective droughts in the crop growing season: Implications to corn and soybean yield in the Midwestern United States. *Agric For Meteorol* 150:1030–1045.
- Miyashita, K., Tanakamaru, S., Maitani, T., & K. (2005). Recovery responses of photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance in kidney bean following drought stress. *EnvironExp Bot*, 53:205–214.
- Mozafari, H., Asrar, Z., Pourseyedi, F.R.S., & Yaghoobi, M. M. (2013). Calcium and L-histidine interaction on growth improvement of three tomato cultivars under nickel stress. *Acta Biol Szegediensis*, 57:131–144.
- Nayyar, H., & Kaushal, S. K. (2002). Chilling induced oxidative stress in germinating wheat grains as affected by water stress and calcium. *BiolPlant*, 45:601–604.
- Nayyar, H., Walia, D.P. & Kaistha, B.L., (1995). Performance of bread wheat (*Triticum aestivum*) seed primed with growth-regulators and inorganic salts. *Indian Journal of Agricultural* 65: 112-116.
- Öztürk, N.Z. (2015). Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde bilinenler ve yeni yaklaşımlar. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(5): 307-315.

- Patane, C., Pellegrino, A., & Silvestro, i. D. (2018). Effects of calcium carbonate application on physiology, yield and quality of field-grown tomatoes in a semi-arid Mediterranean climate. *Crop & Pasture Science*, 2018, 69, 411–418.
- Palta, J. P. (2000). Stress Interactions at the Cellular and Membrane Levels. *Hort Sci*, 25(11):1377–1381.
- Parvin, K., Ahamed, K. U., Islam, M. M., Haque, M. N., Hore, P. K., Siddik, M. A., & Roy, I. (2015). Reproductive behavior of tomato plant under saline condition with exogenous application of calcium. *Middle-East J SciRes*, 23(12):2920–2926.
- Perassakli, M., Huber, J.T., & Tucker, T. C. (1987). Dry matter yield, nitrogen absorption, and water uptake by sweet corn under salt stress. *J. Plant Nutr*, 12: 279-290.
- Rahman, A., Nahar, K., Hasanuzzaman, M., & Fujita, M. (2016). Calcium Supplementation Improves Na⁺/K⁺ Ratio, Antioxidant Defense and Glyoxalase Systems in Salt-Stressed Rice Seedlings. *Front PlantSci*, 7:609.
- Reddy, T. Y., Reddy, V. R., & Anbumozhi, V. (2003). Physiological responses of groundnut (*Arachis hypogea* L.) to drought stress and its amelioration: a critical review. *Plant Growth Regul*, 41(1):75–88.
- Rengel, Z. (1992). The role of calcium in salt toxicity. *Plant Cell Environ*, 15:625–632.
- Sağlam, A. (2004). Ağır kuraklık stresi geçirmiş *Ctenanthe setosa* bitkisinin yeni kuraklık koşullarına adaptasyon yeteneğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Shahryari, R., Gurbanov, E., Gadimov, A., & Hassanpanah, D. (2008). Tolerance of 42 bread wheat genotypes to drought stress after anthesis. *Pak J BiolSci*, 11:1330–1335.
- Sivansankara moorthy, S. (2013). Effect of Supplementary calcium enhances plant growth, photosynthetic pigments and uptake of nutrient in *oryza sativa* L. Under NaCl stress. *Int J Chem Life Sci*, 2:1189-1192.
- Srivastava, R. K., Pandey, P., Rajpoot, R., Rani, A., Gautam, A., & Dubey, R. S. (2014). Exogenous application of calcium and silica alleviates cadmium toxicity by suppressing oxidative damage in rice seedlings. *Protoplasma*, 252:959–975.
- Tuna, L., Kaya, C., Ashraf, M., Altunlu, H., Yoksa, İ., & Yagmu, B. (2007). The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*. Volume 59, Issue 2, Pages 173-178.
- Vorasoot, N., Songsri, P., Akkasaeng, C., Jogloy, S., & Patanothai, A. (2003). Effect of water stress on yield and agronomic characters of peanut. *Songklanakarin J Sci Technol*, 25:283–288.
- Walter, J., Nagy, L., Hein, R., Rascher, U., Beierkuhnlein, C., Willner, E., & Jentsch, A. (2011). Do plants remember drought? Hints Towards a drought-memory in grasses. *Environ Exp Bot*, 71:34–40.
- White, P. J., & Broadley, M. R. (2003). Calcium in plants. *Ann Bot*, 92:487–511.
- Zehra, A., Gul, B., Ansari, R., & Khan, M. A. (2012). Role of calcium in alleviating effect of salinity on germination of *Phragmites karka* seeds. *South Afr J Bot*, 78:122–128.

1. YAZI TÜRLERİNE GÖRE YAZIM KURALLARI

Dergilere yayımlanmak üzere gönderilecek yazıların türlerine göre yazım kuralları aşağıda tanımlanmıştır. Dergiye sunulacak makaleler yazım kurallarında belirtilen esaslara, [sufbd_taslak](#) ve [sufbd_template](#)'e uygun bir şekilde hazırlanmalıdır.

1.1. ORJİNAL ARAŞTIRMA MAKALESİ

- Makaleler Türkçe veya İngilizce ve/veya Türkçe-İngilizce dillerinde yazılabilir.
- Yayınlar, Microsoft Office Word uyumlu programlarda, Times New Roman yazı karakterinde, tüm kenarlardan 2.5 cm boşluk olacak şekilde, iki yana yaslı, 1.5 satır aralıklı olarak hazırlanmalı ve sayfa numarası sayfanın ortasına gelecek şekilde ayarlanmalıdır.
- Araştırma makalelerinde; metin, kaynaklar, şekiller ve tablolar dahil 15 sayfadan daha uzun olmamalıdır. Şekiller ve tablolar metnin sonunda verilmelidir.
- Makale Türkçe ise: Türkçe Başlık, Yazar isim ve adresleri, Özet ve Anahtar Kelimeler, İngilizce Başlık (titel), özet (abstract), Anahtar Kelimeler (Keywords), Giriş, Materyal ve Yöntem, Sonuç ve Tartışma, Teşekkür (gerekirse) ve Kaynaklar olarak sıralanmalıdır.
- Makale İngilizce ise: İngilizce Başlık, Yazar isim ve adresleri, Abstract, Keywords, Türkçe Başlık, Özet, Anahtar Kelimeler, Introduction, Material and Methods, Result and Discussion, Acknowledgments (gerekliyse) ve References sırası içinde düzenlenmelidir.

Başlık: Başlık eserin içeriğine uygun, olabildiğince kısa ve açık olmalıdır. Kelimelerin ilk harfleri büyük olacak şekilde, küçük harflerle, 13 punto, koyu (bold) yazılmalı ve sayfaya ortalanmalıdır.

66

Yazar Adları: Yazar(lar)ın adı soyadı (adlar küçük, soy adlar büyük harf), 12 punto ve normal olarak yazılmalıdır. Yazar adresleri yazar adlarının altına ve 10 punto ile numaralandırılarak yazılmalıdır. Yazarlara ait adresler (eğer farklı ise) ilgili yazarın isminin sonuna üst simge biçiminde rakam verilerek belirtilmelidir Sorumlu yazar, yıldız işareti (*) ile dipnot olarak ilk sayfanın sonunda e-posta adresi verilmelidir.

Özet: Çalışmanın amacını, nasıl yapıldığını, sonuçları ve sonuçlar üzerine yazar(lar)ın yaptığı değerlendirmeleri içermeli, 300 kelimeyi aşmamalı ve 10 punto ile yazılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: En az 3 en fazla 6 adet olmalıdır. Özeti altına “**Anahtar kelimeler**”, Abstract’ın altına “**Keywords**” verilmelidir. “**Anahtar kelimeler**” ve “**Keywords**” alt başlıkları sola dayalı, 10 punto, koyu yazılmalı ve kelimeler birbirinden noktalı virgül (;) ile ayrılmalıdır.(*Örneğin*, Kelime 1; kelime 2; kelime 3 gibi). Bu kısımda kısaltma olmamalıdır.

İngilizce Başlık: İngilizce başlık, ortalı, 13 punto, koyu ve kelimelerin ilk harfleri büyük olmak üzere küçük harflerle yazılmalıdır.

Abstract: Abstract, 300 kelimeyi geçmeyecek şekilde 10 punto ile İngilizce olarak yazılmalıdır.

Ana bölüm başlıkları: Büyük harf ile koyu (12 p), Birinci alt bölüm başlıkları: Küçük harf koyu (12 p), İkinci alt bölüm başlıkları: Küçük harf koyu ve italik olmalıdır (12 p).

1. Giriş: Çalışmanın önemini, amacını ve konu ile ilgili daha önce yapılmış temel araştırmaları kapsamalıdır. Literatür özeti ve çalışmanın amacı ve önemi bu kısımda verilmelidir ve 12 punto ile yazılmalıdır.

2. Materyal ve Yöntem: Araştırma materyali ve yöntemi ayrıntılı olarak bu kısımda belirtilmeli ve 12 punto ile yazılmalıdır. Gerekliyse yöntemle ilgili alt başlık kullanılabilir.

Çalışmada istatistik değerlendirmeler yapılmış ise Materyal ve Yöntem bölümünün son alt başlığı aşağıdaki gibi yazılmalıdır.

İstatistiksel analiz: Verilerin değerlendirmesinde kullanılan istatistik yöntemler, paket program vb. bilgiler yazılmalıdır.

3. Bulgular ve Tartışma: Araştırma bulguları ve tartışma ve bu kısımda verilmeli Araştırmada elde edilen sonuçların önemi vurgulanarak daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırılmalıdır ve 12 punto ile yazılmalıdır.

4. Sonuç: Araştırmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler 12 punto ile bu kısımda verilmelidir.

Tablo ve Şekiller: Sayısal değerler “Tablo x.”; Grafik, harita, fotoğraf, resim vb., ise “Şekil x.” olarak adlandırılmalıdır. Tablo ve şekiller, yazı içine (Tablo 1) veya (Şekil 1) şeklinde yerleştirilmemeli ve ilgili cümle sonunda belirtilmelidir. Tablo başlıkları ilgili tablonun üstünde, şekil açıklamaları ise ilgili şeklin altında sekme kullanmadan, ilk kelimenin ilk harfi büyük, diğer sözcüklerin tüm harfleri küçük harfle ve 11 punto olarak yazılmalıdır. Tablo içi yazılar tercihe göre 9-11 punto olabilir. Tablo ile ilgili açıklamalar yıldız işareti (*) ile tablonun altında verilmelidir. Tablo ve şekiller sayfaya ortalı yerleştirilmeli ve sayfanın en sonunda verilmelidir.

Sayısal ifadelerde: Genel görünüm bakımından ondalık ayraç olarak nokta kullanılmalı (Örnek: 25.17 °C; 4.25 kg; %12.5 vb.), okumanın kolaylaştırılması amacıyla binlik ayraç olarak zorlanmış bir boşluk (nonbroken/forcedspace) bırakılmalı, (Örnek: 15 000; 45 564 123; 45 123.25 vb.), sayıların bulunduğu çizelgelerde rakamlar ortaya yerleştirilmeli, ondalık ayraçlardan sonra gelen rakam sayıları eşit olmalı (örnek: 25.12; 45.36; % 12.10; % 45.80 vb.), ardışık iki rakam verilmesi gerektiğinde iki rakam arasına tire işareti (-) konulmalıdır (örnek; 14.2-17.3; % 12-47 vb.).

Eser içerisinde kaynak gösterme: “Yazar ve Yıl” esasına göre aşağıdaki şekilde yapılmalıdır;

Tek isimli kaynaklar; (Özbek, 1982),....İki isimli kaynaklar; (Couch ve Metz, 1977),....İkiden fazla isimli kaynaklar; (Couch ve ark., 1999),....Türkçe ve yabancı dilde yazarı belirtilmeyen kurum yayınları ve internetten alınan bilgiler; (Anonim, 2006),... - (Web1, 2003),...şeklinde verilmelidir. Ayrıca, metin içinde bir konu açılırken ya da bilgi verilirken, bilginin alındığı kaynak(lar) cümle arasında ya da cümle sonunda verilmek istendiğinde, kaynaktaki isim sayısına göre (Öztürk ve Selli, 2013; Göncü, 2014; Çetin ve ark., 2015) örneğine uygun olacak şekilde kaynak gösterilmelidir. Metin içinde, ele geçmemiş bir eserdeki bir konudan, başka bir yayından yapılacak aktarmalar şu şekilde gösterilebilir; “Akın ve arkadaşlarının (1950) bildirdiğine göre, Taner (1945),.....olarak belirlemişlerdir” veya “.....tanımlanmıştır (Özkütük, 1945: Akın ve ark. 1950'den)”. Metin içinde yer alan ancak ele geçmeyip başka bir kaynaktan alıntı yapılan eserlere (Özkütük ve ark., 1950) “Kaynaklar” bölümünde yer verilmemelidir.

Teşekkür: Varsa ilgili kurum veya kişilere teşekkür bu bölüme yazılmalıdır.

Kaynaklar: Makalenin sonunda bulunmalı ve yararlanılan kaynaklar yazar soyadına göre alfabetik ve aynı yazar içinse kronolojik olarak sıralanmalı ve 12 punto ile yazılmalıdır. Referanslar APA formatına uygun şekilde listelenmelidir. Alt satırlar 1 cm içeriden ve tabsız olarak yapılmalı ve kaynaklar arasında boşluk bırakılmamalıdır. Kitap isimleri ile periyodik yayınlar italik yazılmalıdır.

Kaynakların yazımı aşağıdaki örneklere göre yapılmalıdır.

a) Dergi Makalesi

Yücel, D. Ö., Anlarsal, A. E., & Yücel, C. (2006). Genetic variability, correlation and path analysis of yield, and yield components in chickpea (*Cicer arietinum L.*). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30(3), 183-188.

b) Kitap

Tükel, T., & Hatipoğlu, R. (1997). Çayır Mera Amenajmanı. *Çukurova Üniversitesi. Ziraat. Fak. Ofset Atölyesi*, (s 152).

c) Kitap bölümü

Fıratlı, Ç. (1993) Arı yetiştirme: Hayvan Yetiştirme. M. Ertuğrul (Ed.), 239-270, *Bilgi Yayınevi*, Ankara.

d) Kongre/sempozyum/konferans kitabı

Yücel, C., Yucel, D., Ortas, I., İslam K.R. (2013). İklim Değişikliklerinin Tarım Üzerine Olası Etkileri, Alınması Düşünülen Tarımsal Önlemler. Türkiye X. Tarla Bitkileri Kongresi, 10-13 Eylül, Konya, S: 418-424

e) Online Belge

Cartwright, J. (2007) Big stars have weather too. *IOP Publishing Physics Web*: <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>, Accessed 26 June 2007.

f) Tezler

Trent, J. W. (1975) Experimental Acuterrenal Failure. *Doktora Tezi (Yüksek Lisans Tezi)*, University of California.

g) Yazarı ve/ veya tarihi bilinmeyen bir kaynak

Anonim, (2004) T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Elazığ İl Md. Kayıtları.

- Makale Yazımında “Uluslararası Birim Sistemine” (SI) uyulmalıdır.

1.2. DERLEME TÜRÜ YAZILAR

Yeterli sayıda bilimsel makalenin taranıp, güncel bilgi ve teknoloji düzeyinde özetlenen, değerlendirme yapan ve bulguları karşılaştırarak yorumlayan yazılar Derleme Türü Yazılar kapsamında değerlendirilir. Orijinal araştırma yazıları için yukarıda tanımlanan yazım kuralları derleme türü yazılar için de geçerlidir ve 4 sayfadan daha uzun olmamalıdır.

1.3. TEKNİK NOT

Pratikte değeri olan bir yenilik getiren ve var olan yöntemlere üstünlüğü olan bir ilerleme veya kolaylık sağlayan çalışmalar Teknik Not kapsamında değerlendirilir ve orijinal araştırma yazıları için yukarıda tanımlanan yazım kuralları Teknik Not türü yazılar için de geçerlidir ve 3 sayfadan daha uzun olmamalıdır.

1.4.EDİTÖRE MEKTUP

Dergide yazılmış araştırma makalesi için editöre yazılan ek bilimsel katkı, yorum ve eleştiri getiren çalışmalar Editöre Mektup kapsamında değerlendirilir. Orijinal araştırma yazıları için yukarıda tanımlanan yazım kuralları editöre mektup türü yazılar için de geçerlidir ve 3 sayfadan daha uzun olmamalıdır.