

DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
SÜS VE TIBBİ BİTKİLER
BOTANİK BAHÇESİ
DERGİSİ



Baş Editör

: Prof. Dr. Necmi AKSOY

Editör Kurulu

Alan Editörleri

Arboretumlar

Prof. Dr. Cemil ATA
Prof. Dr. Mustafa VAR
Doç. Dr. Hatice YILMAZ

Arborikültür

Prof. Dr. Hüseyin DİRİK
Doç. Dr. Süleyman ÇOBAN

Alpin Bahçeler

Doç. Dr. Didem AMBARLI
Doç. Dr. Mehmet ÖZCAN

Bahçe Bitkileri

Doç. Dr. Hülya ÜNVER

Bahçe Sergileri

Dr. Öğr. Ü. Halide Candan ZÜLFİKAR
Dr. Öğr. Ü. Sinem ÖZDEDE

Bilimsel Bitki Ressamlığı

Dr. Öğr. Ü. Gülnur EKŞİ BONA

Bitki Fizyolojisi

Doç. Dr. Hülya TORUN

Bitki Materyali

Prof. Dr. Cengiz ACAR
Doç. Dr. Engin EROĞLU

Bitki Zararları

Doç. Dr. Çağlar AKÇAY

Biyoinformatik

Prof. Dr. Tekin BABAÇ
Dr. Yasin BAKIŞ

Biyolojik Çeşitlilik

Prof. Dr. Alper Hüseyin ÇOLAK
Prof. Dr. Ergin HAMZAOĞLU
Prof. Dr. Gülen ÖZALP
Prof. Dr. Hayri DUMAN
Prof. Dr. Serdar Gökhan ŞENOL
Prof. Dr. Zeki AYTAÇ
Doç. Dr. Akif KETEN
Doç. Dr. Ersin KARABACAK
Doç. Dr. İsmail EKER
Dr. Öğr. Ü. Leyla ÖZKAN
Dr. Öğr. Ü. Necmettin GÜLER
Dr. Öğr. Ü. Nursel İKİNCİ

Botanik Bahçeleri

Prof. Dr. Gürkan SEMİZ
Doç. Dr. Hasan YILDIRIM
Dr. Öğr. Üyesi Ademi Fahri PİRHAN

Botanik Müzele,ri

Prof. Dr. Mehmet SAKINÇ
Dr. Gönenç GÖÇMENGİL

Botanik Tarihi

Prof. Dr. Feza GÜNERGÜN
Prof. Dr. Meral AVCI

Dendroloji

Prof. Dr. Zafer Cemal ÖZKAN
Prof. Dr. Rahim ANŞİN
Doç. Dr. Üyesi Mustafa KARAKÖSE
Doç. Dr. NURGÜL KARLIOĞLU
Dr. Öğr. Ü. Alper UZUN
Dr. Öğr. Ü. Bilge TUNÇKOL
Dr. Öğr. Neval GÜNEŞ ÖZKAN
Dr. Öğr. Ü. Nihan KOÇER
Dr. Öğr. Ü. Turgay BİRTÜRK

Doğa ve Çevre Eğitim Programları

Doç. Dr. Dilan BAYINDIR

Ekolojik Restorasyon ve Koruma

Prof. Dr. Oktay YILDIZ
Dr. Öğr. Ü. Murat SARGINCI

Ekoturizm

Doç. Dr. Pınar GÜLTEKİN

Etnobotanik

Prof. Dr. Ernaz ALTUNDAĞ

Fidanlık Tekniği

Prof. Dr. Emrah ÇİÇEK
Dr. Öğr. Ü. Şemsaddin KULAÇ

Herbaryumlar

Prof. Dr. Emine AKALIN URUŞAK
Prof. Dr. Ramazan Süleyman GÖKTÜRK
Doç. Dr. Barış ÖZÜDOĞRU
Doç. Dr. Gülderen YILMAZ
Doç. Dr. Mehmet BONA
Doç. Dr. Sırrı YÜZBAŞIOĞLU

Hortikültür

Dr. Öğr. Ü. Aysel ULUS
Dr. Öğr. Ü. Doğanay YAYIM YENER

In-situ ve Ex-situ Koruma

Prof. Dr. Emre Yaprak
Prof. Dr. Nilhan TUĞ

Korunan Alanlar

Prof. Dr. Haldun MÜDERRİSOĞLU

Teknik Editörler

Arş. Gör. Sertaç KAYA
Arş. Gör. Berfin ŞENİK
Öğr. Gör. Serdar ASLAN

Doç. Dr. Oğuz KURDOĞLU
Dr. Öğr. Ü. Serir UZUN

Peyzaj Çeşitliliği

Prof. Dr. Adnan UZUN
Prof. Dr. Hasan YILMAZ
Dr. Öğr. Ü. Simay KIRCA

Peyzaj Planlama

Prof. Dr. Osman UZUN
Prof. Dr. Aybike Ayfer KARADAĞ

Sulama Tekniği

Prof. Dr. Zeki DEMİR

Tıbbi ve Aromatik Bitkiler

Prof. Dr. Canan SAĞLAM
Prof. Dr. Menşure ÖZGÜVEN
Prof. Dr. Saliha KIRICI
Prof. Dr. Emine BAYRAM

Tohum

Doç. Dr. Ali Kemal ÖZBAYRAM
Dr. Öğr. Ü. Dr. Bilal ÇETİN

Yabancı Otlar

Prof. Dr. Ahmet ULUDAĞ
Prof. Dr. İlhan ÜREMİŞ
Doç. Dr. Zübeyde Filiz ARSLAN
Dr. Öğr. Ü. Ayşe YAZLIK

Dil Editörleri

Öğr. Gör. Dr. İsmail KOÇ
Arş. Gör. Mertkan F. TEKİNALP

Yazışma Adresi

Düzce Üniversitesi
Orman Fakültesi

81620 Konuralp Yerleşkesi / Düzce-TÜRKİYE

Corresponding Address

Duzce University
Faculty of Forestry

81620 Konuralp Campus / Düzce-TURKEY

Dergi yılda iki sayı olarak yayınlanır (This journal is published semi annually)
<http://stibid.duzce.edu.tr/> adresinden dergiye ilişkin bilgilere ve makale özetlerine ulaşılabilir
(Instructions to Authors" and "Abstracts" can be found at this address)

İÇİNDEKİLER

Pinus sylvestris var. hamata f. izzet-baysalii (Pinaceae): Batı Karadeniz Bölgesinden Yeni Bir Form.....	1
Salih Sercan KANOĞLU, Suat TOSUN	
Biyosferde Su Döngüsü ve Bitkiler Tarafından Suyun Alınma Mekanizmaları.....	8
Murat SARGINCI, Abdullah Hüseyin DÖNMEZ, Oktay YILDIZ	
İklim Değişikliğine Bağlı Olarak Gelişen Su Sıkıntısına Alternatif Bir Çözüm Önerisi Atmosferik Su Hasadı.....	21
Şansel BİLDİREN, Murat SARGINCI	
Ormanların Sürdürülebilirliği İçin Ele Alınması Gereken Bir Kavram; Daisugi Tekniği.....	36
Alperen MERAL, ENGİN EROĞLU	
Botanik Bahçeleri ve Kuşlar.....	43
Leyla ÖZKAN	



Pinus sylvestris var. *hamata* f. *izzet-baysalii* (Pinaceae): Batı Karadeniz Bölgesinden Yeni Bir Form

Salih Sercan KANOĞLU^{1*}, Suat TOSUN²

¹Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi, 34758 Ataşehir, İstanbul

²Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 14001 Bolu

*Sorumlu yazar: salih@ngbb.org.tr

ÖZET

Batı Karadeniz Bölgesi'nden sütunumsu-sarkık dallı bir sarıçam, *Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven f. *izzet-baysalii* Tosun & Kanoğlu, f. nov. olarak betimlenmiştir. Çalışmada betimin yanı sıra türe ait tip örneğin doğadaki ve herbaryum fotoğrafı verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bolu, Çamgiller, Sarıçam, Yeni Form, Türkiye.

Pinus sylvestris var. *hamata* f. *izzet-baysalii* (Pinaceae): A New form from North Western Black Sea Region

ABSTRACT

Pinus sylvestris L. var. *hamata* Steven f. *izzet-baysalii* Tosun & Kanoğlu, f. nov. is described for the first time Scots Pine, as a new forma who has a columnar-pendulous branches to science in the location of West Blacksea Region, Turkey. In the study, besides the description of the new form, the type specimen of the species in nature and the herbarium photograph are given.

Keywords: Bolu, Pinaceae, *Pinus sylvestris*, New Form, Turkey.

1. Giriş

Sarıçam, Dünyada en geniş coğrafi yayılışı olan çam türüdür (Tosun, 2012). Bu geniş yayılışı, toprağa ve iklime bağlı değişik koşullarda gelişmesi nedeniyle, literatürde 140'tan fazla alttür, varyete ve formu tanımlanmış, karmaşık bir türdür. Pravdin (1964) sarıçamın Dünya yayılışını 5 alttürde sınıflandırmıştır; subsp. *sylvestris*, subsp. *hamata* (Steven) Fomin, subsp. *lapponica* Fries, subsp. *sibirica* Ledeb., subsp. *kulundensis* Sukaczew. Farjon (2005, 2010); Businsky (2008); Eclenwalder (2009); Zsolt ve Istvan (2010) sarıçamın Dünya yayılışını 3 varyetede sınıflandırmıştır; var. *sylvestris*, var. *hamata* Steven, var. *mongolica* Litv. (Akkemik, 2014), Türkiye'de ise Kayacık (1954). Eliçin (1971); var. *hamata* (Steven) Fomin, Farjon (2010); var. *sylvestris* ve var. *hamata* (Steven) Fomin, Akkemik (2014); var. *sylvestris*, var. *hamata* Steven ve var. *compacta* (Tosun) Ü. Akkemik yayılış gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, bazı karakteristik farklılıklarla *Pinus sylvestris* L. subsp. *kochiana* (Klotzsch) Eliçin (Eliçin, 1971), *Pinus sylvestris* L. subsp. *hamata* (Steven) Fomin var. *compacta* Tosun, *Pinus sylvestris* L. var. *compacta* (Tosun) Ü. Akkemik taksonları yayımlanmıştır. Güner vd. (2012), Türkiye'de sadece *Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven yayılış gösterdiğini belirtmiştir. Kandemir, A. ve Mataracı, T. (2018) ise *Pinus sylvestris* L.

var. *elicinii* Kandemir & Mataracı, *Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven olarak iki varyete ve *Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven altında *Pinus sylvestris* L. var. *hamata* f. *hamata* ve *Pinus sylvestris* L. var. *hamata* f. *compacta* Kandemir & Mataracı olarak iki alt form olarak yayımlamıştır.

Yeni taksona ait bitki örneği ilk kez Eliçin tarafından Eskişehir-Çatacık, Sarıkamış, Oltu, Posof, Göle ormanlarında az sayıda bulunduğu belirtilmiş ve Eliçin, bu formu ekolojik tip olarak tanımlamıştır (Eliçin, 1971). Bu makalede tip lokalite olarak belirtilen örnekler ise Bolu'da Suat Tosun tarafından tespit edilmiştir. 2014 yılından beri sürdürülen çalışmalar neticesinde form olarak yayımlanmasına karar verilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bitki örnekleri Davis (1979), Farjon (2010), Akkemik (2014), Kandemir & Mataracı (2018) kaynakları kullanılarak incelenmiştir. Makalede geçen türlerin Türkçe isimleri Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler) kullanılarak yazılmıştır (Güner vd., 2012). Yeni taksona ait Türkçe isim tarafımızca önerilmiştir.

3. Sonuçlar

PINACEAE / ÇAMGİLLER

PINUS L. / ÇAM

Pinus sylvestris L. / Sarıçam

Pinus sylvestris L. var. *hamata* / Sarıçam

Pinus sylvestris L. var. *hamata* Steven f. *izzet-baysalii* Tosun & Kanoğlu, yeni form / f. nov. [Şekil (Figure) 1-2].

Tip örneği /Type : [Türkiye] Bolu, Aladağlar, kuzeybatı bakı, 1335m., 05.12.2014, 40° 34' 6" K — 31° 35' 31.9" D, S. S. Kanoğlu (2072), S. Tosun & B. Kanoğlu, (Holotype/Holotip: NGBB 4939).

Diyagnoz:

Sarkık sarıçam (*Pinus sylvestris* var. *hamata* f. *izzet-baysalii*) sarıçam (*Pinus sylvestris* var. *hamata* f. *hamata*) formuna morfolojik olarak benzerlik göstermesine rağmen, bu formdan; dallarının gövdeye geniş açı yaparak çıkması (120° - 140°) ve aşağıya doğru sarkması ve sütun şeklindeki habitusu ile ayrılır.

Diagnosis:

Although pendulous Scots pine (*Pinus sylvestris* var. *hamata* f. *izzet-baysalii*) is morphologically similar to Scots pine (*Pinus sylvestris* var. *hamata* f. *hamata*), from this form; it is separated by its branches coming out at an obtuse angle (120° - 140°) to the trunk and pendulous down and its columnar shaped habitus.

Description:

Columnar shaped tree, 5-10 m, or more (-15 m). Trunk is dark brown in older, young shoots is tawny. Branches with an obtuse angle (120° - 140°) and pendulous down. Leaves glaucous, channeled, twisted, rigid, 12-55 x 1-1.5 mm. Buds resinous, 5-12 mm. Cones elliptic-ovoid, dull brown, pendulous, 33-43 mm. Scales flattened, umbo mucronate. Seed black, smooth, glabrescent, 5-5.5 x 2-2.5 mm. Seed winged, dark brown-colorless, 19-23 x 4-7.5 mm. Male cones brown, 4.5-6 mm.



Şekil 1. *Pinus sylvestris* var. *hamata* f. *izzet-baysalii*, Holotip (Holotype) örneği

Betim:

Sütunumsu şeklinde ağaç, 5-10 m boyunda veya daha fazla (-15 m). Gövde koyu kahverengi, genç dallar esmer sarı. Dallar gövdeyle 120° - 140° açı yaparak çıkar ve aşağı sarkık. İğne yapraklar mavimsi yeşil, kanallı, ikili, sert, 12-55 mm uzunluğunda, 1-1.5 mm genişliğinde. Tomurcuk reçineli, 5-12 mm uzunluğunda. Kozalak, donuk kahverenkli, eliptik - yumurtamsı, 33-43 mm uzunluğunda, aşağı sarkık, saplı. Pullar düz, kalkan sivri çıkıntılı. Tohum siyah, yüzeyi düz, tüsüz, 5-5.5 mm uzunluğunda, 2-2.5 mm genişliğinde.

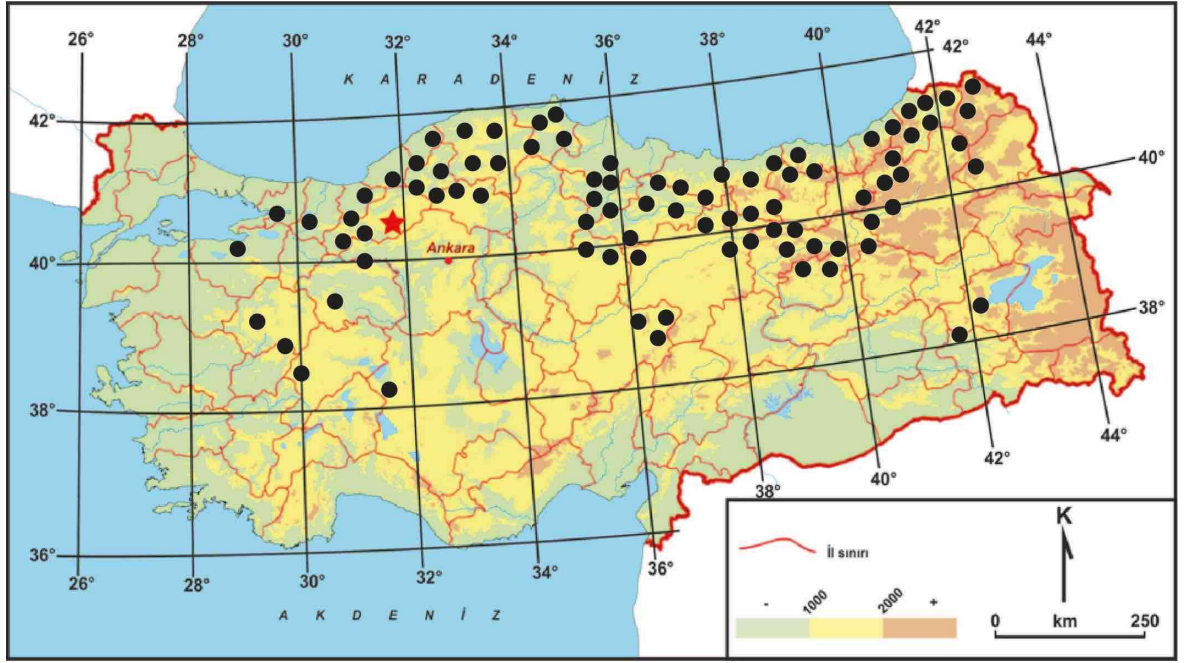
Tohum kanadı zarsı yapıda, koyu kahverengi - saydam renkli, 19-23 mm uzunluğunda, 4-7.5 mm genişliğinde. Erkek çiçek kurulları kahverengi, 4.5-6 mm uzunluğunda.



Şekil 2. *Pinus sylvestris* var. *hamata* f. *izzet-baysalii* habitusu, Aladağ/Bolu (Fotoğraf. S.S. Kanoğlu, 08.vii.2014).

Etimoloji:

Pinus sylvestris var. *hamata* f. *izzet-baysalii* formunun ismi, Bolu'ya yaptığı destek ve yatırımlardan ve bitkinin, doğduğu yayla olan Kuzgölcük Yaylası yakınında bulunmasına atfen Sayın İzzet Baysal anısına verilmiştir, (Şekil 3).



Şekil 3. *P. sylvestris* var. *hamata* f. *izzet-baysalii* ile *P. sylvestris* var. *hamata* f. *hamata* yayılış haritası.

Türkçe İsim: “sarkık sarıçam” yeni ad.

Paratip / Paratype: [Türkiye] Bolu, Aladağlar, Kuzgölcük yaylası yolunu 250 m geçince, 1330 m., 05.12.2014, S. S. Kanoğlu (2074), S.Tosun & B.Kanoğlu, (NGBB, DUOF).

4. Tartışma

Pinus sylvestris var. *hamata* f. *izzet-baysalii*'nin yayılışının tespit edildiği alanlarda ve sarıçam (*P. sylvestris* var. *hamata*) ile karışıma girdiği popülasyonlarda; toplam 26 birey tespit edilmiş ve form olarak yayımlanması uygun görülmüştür. İleride yapılacak çalışmalar ve bulunacak olan yeni yayılış alanları ile; bu zarif sütunumsu formlu sarıçam taksonunun; taksonomik kategori durumuna ilişkin değişikliğe gidilmesine sebep olabilir.

Toplanan bitki örnekleri ve elde edilen bulgular neticesinde, sütunumsu şekilde bir habitus yapısı ve gövdeden aşağı sarkık dallarının oluşturduğu bilgisi; mevcut flora ve literatür taramalarında bulunmadığından bilim dünyası için yeni bir forma olduğu anlaşılmış ve sarıçamdan morfolojik farklılıkları ortaya konularak, tarafımızca Türkiye Florası için yeni bir form olarak tanımlanmıştır, (Tablo 1).

Buna göre Türkiye Florası'nda Sarıçam taksonlarının ayırım anahtarları aşağıdaki şekilde verilmiştir.

- 1- Yapraklar parlak yeşil renkli, 8-13 cm uzunluğunda a- var. **elicinii**
- 1- Yapraklar mavimsi-yeşil veya koyu yeşil renkli, en fazla 7 cm uzunluğunda
- 2- Yapraklar mavimsi yeşil renkli, (1.2-) 3 - 5 (-7) cm, monopodial dallanmalı ağaçlar
- 3- Dallar gövdeye geniş açılı (120° - 140°) ve sarkık; yapraklar 1-1,5 mm kalınlığında b- var. **hamata** f. **izzet-baysalii**
- 3- Dallar gövdeye dar açılı (90° ve altında) ve yatay; yapraklar 2 mm kalınlığında

c- var. **hamata** f. **hamata**2- Yapraklar koyu yeşil renkli, en fazla 2.5 cm uzunluğunda; karmaşık dallanmalı-
çok gövdeli ağaçlarç- var. **hamata** f. **compacta****Tablo 1.** *P. sylvestris* var. *hamata* f. *izzet-baysalii* ile *P. sylvestris* var. *hamata* arasındaki farklar

Takson / Özellik	<i>Pinus sylvestris</i> var. <i>hamata</i> f. <i>izzet-baysalii</i>	<i>Pinus sylvestris</i> var. <i>hamata</i>
Boy	5-10 (-15 m)	25-40 m
Habitus	Sütunumsu şekilli, tepeye doğru daralan	Tepeye doğru açık oval-konik ve ileri yaşlarda geniş kubbeli
Kabuk rengi	Koyu kahverengi	Gri kahverengi
Dallar	Gövdeye geniş açılı ve sarkık	Gövdeye dar açılı ve yatay
Dal - gövde açısı	120° - 140°	90° ve altında
Yaprak uzunluğu (mm)	12 - 55	20-70
Yaprak kalınlığı (mm)	1 - 1.5	2
Kozalak boyu (mm)	33 - 43	20 - 57
Tohum (Kanat dahil) (mm)	4 - 7.5	10 - 15

Doğal yayılışını yaptığı alanların gen kaynağı olarak, sılasında (*In-situ*) korunması sağlanmalıdır. Bitkinin sahip olduğu sütunumsu habitusu peyzaj çalışmalarında ve yol ağaçlandırmalarında kullanım potansiyelini yükseltmektedir. Ayrıca Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi'nde, sarkık sarıçamdan toplanan tohumların üretim çalışmalarına başlanmıştır. Elde edilen fide ve fidanlarda bu genetik özelliğin devam edip etmediği önemli bir bulgu olacaktır. Aynı zamanda bu üretim çalışması, sarkık sarıçamın gurbette (*Ex-situ*) korunmasına katkı sağlayacaktır.

Other Examined Material / İncelenen Diğer Örnek:

[Türkiye] Bolu, Aladağlar, sarıçam ormanı, 1333 m., 08.07.2014, S. S. Kanoğlu (2063), S. Tosun & M. Akbalık.

Teşekkür

Çalışma sırasında desteklerini esirgemeyen Ali Nihat Gökyiğit Vakfı ve Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi'ne, Sayın Prof. Dr. Adil Güner ve değerli görüşlerini bizimle paylaşan Sayın Aljos Farjon ve Prof. Dr. Necmi Aksoy'a teşekkür ederiz.

5. Kaynaklar

- Akkemik, Ü., Yılmaz, H., Oral, D., Kaya A. (2010). Some Changes in Taxonomy of Pines (*Pinus* L.) Native to Turkey. *Journal of the Faculty of Forestry, İstanbul University* 61 (1): 63-78.
- Akkemik, Ü. (2014). *Pinus* L. Şu eserde: Akkemik, Ü. (Editör). Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları I., Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara. S: 179-196.
- Davis, P. H. (1979). *Flora of Turkey and East Aegeas Islands*, Vol. 1, Edinburgh Univ. Press, Edinburgh.
- Eliçin, G. (1971). Türkiye Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'larında Morfogenetik Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 1662, O.F. Yayın No: 180.
- Farjon, A. (2010). *A Handbook of the World's Conifers*, V. 1-2, Brill Academic Publishers, Leiden-Boston.
- Giray, N. (1994). Sarıçam. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi 67, El Kitabı Dizisi 7.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M.T., (edlr.). (2012). Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. İstanbul.
- Kandemir, A. ve Mataracı, T. (2018). *Pinus* L. Şu eserde: Güner, A., Kandemir, A., Menemen, Y., Yıldırım, H., Aslan, S., Ekşi, G., Güner, I. ve Çimen, A.Ö. (edlr.). Resimli Türkiye Florası 2: 324-354. ANG Vakfı Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları. İstanbul.
- Kanoğlu, S. S. (2014). NGBB Araştırma Gezisi; Yeni Bir Sarıçam Türünün Keşfine Yönelik Önçalışma. *Bağbahçe* 55: 22-23.
- Kanoğlu, S. S. (2015). NGBB Araştırma Gezisi; Yeni Bir Sarıçam Türünün Keşfine Yönelik Önçalışma 2. *Bağbahçe* 57: 22-23.
- Mataracı, T. (2012). Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.). *Bağbahçe* 39: 26-28.
- Tosun, S. (2012). Bolu'nun Ebe Çamları. Türkiye Tabiatını Koruma Derneği Bolu Şubesi Yayını.
- Tosun, S. (1988). Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'in Ülkemizdeki Yeni Varyetesi. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayını, Dergi Seri No 67: 23-31.
- Tosun, S. (2003). Üç Çam Türümüze Ait Ebeçamlarının Bolu'daki Doğal Yayılışı. *Karaca Arboretum Magazine* 7 (1): 23-26.



Biyosferde Su Döngüsü ve Bitkiler Tarafından Suyun Alınma Mekanizmaları

Murat SARGINCI^{1*}, Abdullah Hüseyin DÖNMEZ¹, Oktay YILDIZ¹

¹Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü

***Sorumlu yazar:** muratsarginci@duzce.edu.tr

ÖZET

Dünya yüzeyinin %75'ini su kaplamakta ve bu değer toplam dünya kütlelerinin sadece yaklaşık 4500 de 1'ini oluşturmaktadır. Su bütün canlılar için mutlaka gerek duyulan bir yaşam sıvısıdır. Çünkü bütün fizyolojik olaylar su ortamında oluşur. Aynı zamanda suyun ekolojik önemi, bitki türlerinin dünya üzerindeki dağılımlarında da çok önemli bir rol oynar. Yaşamın temeli olarak bilinen protoplazmayı da yine çoğunlukla su oluşturur. Bitkilerin yapıları incelendiğinde yapılarının %80-90 civarında sudan, geri kalan kısmının ise kuru maddeden oluştuğu görülmektedir. Hatta bu kuru maddenin hemen hemen 1/3'ünü de özümlemede oluşan su içermektedir. Dolayısıyla yaşamın devamlılığında, yaşam formlarının biyosfer üzerindeki dağılımlarına suyun büyük bir önemi bulunmaktadır. Bu yaşam formlarından biri olan bitkilerin ihtiyaç duyduğu suyu hangi mekanizmalar ya da kuvvetlerle alabildiğini bilmek ormancılık faaliyetlerinden, tarımsal faaliyetlere, bitki koruma faaliyetlerinden bitki yayılımlarının incelenmesine birçok alanda alınacak kararlarda stratejik bir öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Biyosfer, Su, Döngü, Bitki Su Alımı

Water Cycle In Biosphere And Mechanisms Of Water Uptake By Plants

ABSTRACT

Water is covered 75% of the Earth's surface and this value is only about 1 in 4500 of the total world mass. It is absolutely necessary for all living things as a living fluid. Because all physiological events occur in the water environment. At the same time, the ecological importance of the water plays a very important role in the distribution of plant species around the world. The protoplasm, also known as the basis of life, is also often formed by water. When the structures of the plants are examined, it can be seen that the structures are composed of about 80-90% water, and the rest are dry matter. In fact, almost 1/3 of this dry matter contains water which is formed in the assimilation. Therefore, there is a great importance of water for the continuity of life, for the distribution of life forms on biosphere. Knowing what mechanisms or forces are used for up taking needed water by plants, one of these life forms, has a strategic importance in decisions to be taken in many areas, such as forestry activities, agricultural activities, plant protection activities, examining plant distribution.

Keywords: Biosphere, Water Cycle, Plant Water Uptake

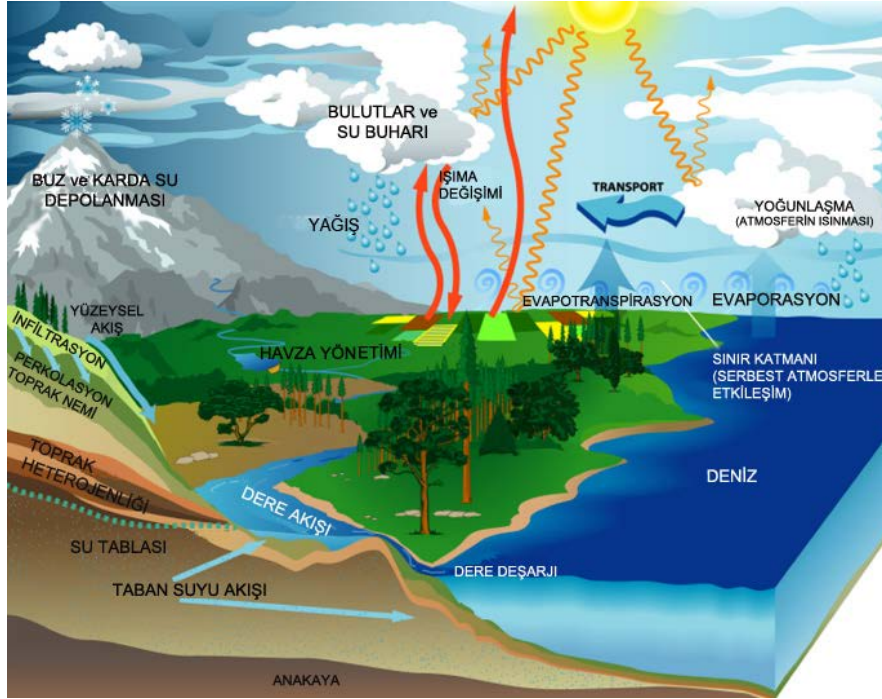
1. Biyosferde Su Döngüsü

Su, dünya yüzeyinin yaklaşık 3/4'ünü kaplar, fakat dünya kütlelerinin sadece yaklaşık 4500 de l'ini oluşturur (Schlesinger, 1997; Öztürk ve Seçmen, 2004). Dünyada bulunan suyun büyük bir kısmı okyanuslarda (% 96,5), buzullarda (% 2,4) ve yeraltında (%1) bulunur (Şekil 1). Bitkiler ile karada yaşayan organizmaların yaşamını destekleyen toprak suyu dünyada bulunan toplam suyun ancak % 0.01'lik çok az bir kısmını oluşturur (Schlesinger, 1997). Su yaşam için gerekli olan en önemli maddedir. Çünkü fizyolojik olaylar su ortamında oluşur. Aynı zamanda suyun ekolojik önemi, bitki türlerinin dağılımlarını düzenlemede de çok önemli bir rol oynar. Yaşamın temeli olarak bilinen protoplazmayı da yine çoğunlukla su oluşturur. Bitkilerin yapıları incelendiğinde yapılarının %80-90 civarında sudan, geri kalan kısmının ise kuru maddeden oluştuğu görülmektedir. Hatta bu kuru maddenin hemen hemen 1/3'ünü de özümlemede oluşan su içermektedir (Kacar, 1984; Güneş ve ark., 2004; Öztürk ve Seçmen, 2004).

Ekosistemlerdeki döngüler çok karmaşık bir yapıya sahiptir. Bazı döngüler canlı organizmalar ve atmosfer arasında gerçekleşirken, bazıları organizmalar ve toprak arasında gerçekleşmektedir. Bazı döngülerin ise her iki yolla gerçekleşmesi söz konusudur. Ayrıca bitkiler ve hayvanlar arasında içsel bir döngü söz konusudur ki bu döngü, besin elementlerinin organizmalar içinde muhafaza edilmesini ve yer değiştirmesini sağlar (Kimmins, 1997; Schlesinger, 1997; Waring ve Running, 1998). Belirtilen bu döngülere dayanarak, ekosistemlerdeki döngüler üç ana başlık altında toplanmakta ve bunlar sırasıyla jeokimyasal döngü (ekosistemler arası döngü), biyojeokimyasal döngü (ekosistem içi döngü) ve biyokimyasal döngü (organizmalar arası içsel döngü)'den oluşmaktadır (Çepel, 1995; Kimmins, 1997; Schlesinger, 1997; Waring ve Running, 1998; Odum ve Barret, 2008). Ekosistemdeki su döngüsü, bu döngülerden biyojeokimyasal döngü içerisinde yer almaktadır (Schlesinger, 1997; Odum ve Barret, 2008).

Yerkürenin içerdiği su kütlesi az-çok sabit olup, hiçbir su molekülü yerküre ve atmosfer dışına çıkamaz. Ancak güneş enerjisi ve yer çekiminin etkisiyle doğada düzenli olarak hareket eder. İşte suyun litosfer, hidrosfer ve atmosfer arasındaki bu hareketine Su Döngüsü ya da Hidrolojik Döngü denir (Wisler ve Brater, 1959; Schlesinger, 1997; Kocataş, 1999). Su döngüsünde suyun en çok depolandığı yer okyanuslar, en az miktarda depolandığı yer de atmosferdir. Suyun okyanuslardan ve karasal ekosistemlerden buharlaşması sonucu başlayan su döngüsünde, su öncelikle atmosfere çıkar; sonra da yağış halinde yerküreye geri döner (Şekil 2A). Okyanuslardan buharlaşan suyun % 91'lik kısmı doğrudan okyanuslara geri dönmekte, % 9'luk kısmı (40.000 km³) da kara parçaları üzerine düşmektedir. Karalar her ne kadar yeryüzünün % 30'luk kısmını kaplasa da buralardan buharlaşan su (71.000 km³) toplam küresel buharlaşmanın %15'ini oluşturur. Karasal yağışların (111.000 km³) üçte biri (40.000 km³) okyanuslardan, üçte ikisi (71.000 km³) karalardan buharlaşır ve geri döner (Chapin ve ark., 2002). Karaya düşen yağışların bir kısmı yüzeysel akışla ya da topraktan süzülerek tekrar okyanuslara ulaşır. Su döngüsünü etkileyen yağış faktörü enlemlere, yüksekliğe ve bölgenin atmosferik özelliğine bağlı olarak değişim gösterir. Yağışlarla yeryüzüne 465.000 km³ su gelmekte olup, bunun 365.000 km³ ü denizlere, 100.000 km³ ü ise karalara düşmektedir. Bu yağış miktarı yerküreye yılda ortalama 1000 mm'ye eşdeğer olmaktadır. Bu nedenle bir su damlacığının buharlaşıp tekrar yağış şeklinde yerküreye

düşmesi yılda 40-42 kez yinelenmektedir (Kocataş, 1999). Yapılan araştırmalara göre yağışın 7/9'u okyanuslara ve 2/9'u da karalara geri döner (Schlesinger, 1997; Akman ve Ark., 2004). Suyun bu döngüsünde gerekli olan enerji güneşten karşılanmakta ve güneş enerjisinin yaklaşık üçte biri bu döngünün sürdürülebilmesi için harcanmaktadır (Şekil 2B) (Odum ve Barret, 2008).



Şekil 1. Ekosistemde Su Döngüsü (Türkçe çeviri: Murat SARGINCI) (Anonim, 2022)

Yağışlarla yeryüzüne gelen suların doğadaki birikim yeri, kalma zamanı, şekli ve miktarı ile canlı yaşamı arasında sıkı bir ilişki vardır. Canlılar yerküredeki sudan her zaman doğrudan doğruya yararlanamazlar. Okyanus ve denizlerdeki suyun tuzlu olması, kutuplardaki suyun donmuş olması gibi bazı faktörler canlılar tarafından suyun kullanılmasını sınırlandırabilmektedir. Yapılan gözlemler sonucunda dünyadaki tatlı su miktarının gezegendeki su miktarının ancak %2,6'sı olduğu, bunun büyük bir kısmının da buzullara hapsediği ortaya çıkarılmıştır (Schlesinger, 1997; Kocataş, 1999; Chapin ve ark., 2002).

Su döngü halindeyken çok farklı izotopik şekillerde bulunur. Buna doğada üç farklı izotopu bulunan Oksijen (^{16}O , ^{17}O ve ^{18}O) ve üç farklı izotopu bulunan Hidrojen (^1H (protium), ^2H (deuterium), ve ^3H (tritium)) neden olmaktadır (Kramer, 1969; Gat, 1980; Kang, 1999). Suyun farklı izotoplarının doğada bulunuşu su döngüsünün, hal değiştirme, kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar ile taşınma olaylarının neden olduğu değişik aşamalarındaki fraksiyonlarından kaynaklanmaktadır. İzotopların fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki çok az bir farklılık, kütleleri farklı olan izotopik fraksiyonlara neden olur. Farklı aşamalarındaki su moleküllerinin izotoplarının dağılımı doğal su dinamiklerini ve bu dinamiklerin geçmişini belirlemede kullanılmıştır (Kang, 1999). Suyun, oksijen ve hidrojeninin durağan izotopları toprak-bitki-atmosfer havuzları arasındaki suyun akışı, su

kaynağının ve rezervuarlarının belirlenmesi gibi hidrolojik ve ekolojik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Che ve ark., 2019; Kübert ve ark., 2020).

Suyun farklı ortamlarda gerçekleşen döngüsü, yer kabuğunun ve üzerinde yaşayan canlıların dinamikleri üzerinde önemli bir rol oynar. Su yerkabuğunun parçalanması ve ayrışması ile erozyon üzerinde önemli bir role sahiptir, ayrıca materyallerin karalarda ve denizlerde taşınmasında önemli bir etkidir. Bununla beraber ekosistemdeki parçaların anlaşılmasında ve bunların dağılımlarının belirlenmesinde su döngüsünün bilinmesi çok önemli bir katkıda bulunmaktadır (Kang, 1999; Chapin ve ark., 2002). Suyun ekosistemdeki biyojeokimyasal döngüsü Şekil 1’de gösterilmektedir. Şekilde görülen bazı kavramlar aşağıda kısaca açıklanmıştır. Buna göre;

- **Evaporasyon (Buharlaştırma):** Sıvı haldeki su moleküllerinin, serbest su yüzeylerinden ve katı cisimlerin ıslak yüzeylerinden gaz haline geçmesi olayıdır. Suyun buharlaşması denizlerden, göllerden, nehirlerden ve karasal yüzeylerden olmaktadır (Wisler ve Brater, 1959; Çepel, 1993; Çepel, 1995; Waring ve Running, 1998; Odum ve Barret, 2008).

- **Transpirasyon (Bitkiden Buharlaştırma):** Bitkilerin kökleri ile aldıkları suyun, yapraklarında bulunan stoma denilen boşluklardan su buharı halinde atmosfere geçmesi olayına transpirasyon denir (Wisler ve Brater, 1959; Kramer, 1969; Çepel, 1993; Çepel, 1995; Waring ve Running, 1998; Odum ve Barret, 2008).

- **Evapotranspirasyon:** Evaporasyon ve transpirasyon olaylarını birlikte ifade eden bir terimdir. Bitkilerden terleme ile katı cisimlerin ıslak yüzeyleri ve su yüzeylerinden buharlaşan sudan oluşur (buharlaştırma + terleme), yani fiziksel olarak buharlaşan su ile biyolojik olarak bitkiler tarafından yapılan terlemedir (Wisler ve Brater, 1959; Çepel, 1993; Çepel, 1995; Akman ve Ark., 2004; Odum ve Barret, 2008).

- **İntersepsiyon:** Bitkilerin toprak üstü kısımları ile tuttıkları yağmur sularının, toprağa ulaşmadan atmosfere buharlaşarak geri dönmesi olayına intersepsiyon denir (Wisler ve Brater, 1959; Çepel, 1993; Çepel, 1995; Akman ve ark., 2004; Odum ve Barret, 2008).

- **İnfiltrasyon:** Toprak yüzeyine ulaşan suyun, toprak yüzeyinden içeriye girmesi olayına infiltrasyon denir (Wisler ve Brater, 1959; Çepel, 1993; Çepel, 1995; Akman ve ark., 2004; Odum ve Barret, 2008).

- **Perkolasyon:** Toprak içine girmiş olan suyun, yerçekiminin de etkisiyle toprak horizonlarında düşey yönde süzülmesi olayıdır (Wisler ve Brater, 1959; Çepel, 1993; Çepel, 1995; Akman ve ark., 2004; Odum ve Barret, 2008).

- **Yüzeysel Akış:** Eğimli bir arazide, yağış sularının toprağın içine girmeden eğim yönünde toprak yüzeyinden akması olayına yüzeysel akış denir (Wisler ve Brater, 1959; Çepel, 1993; Çepel, 1995; Akman ve ark., 2004; Odum ve Barret, 2008).

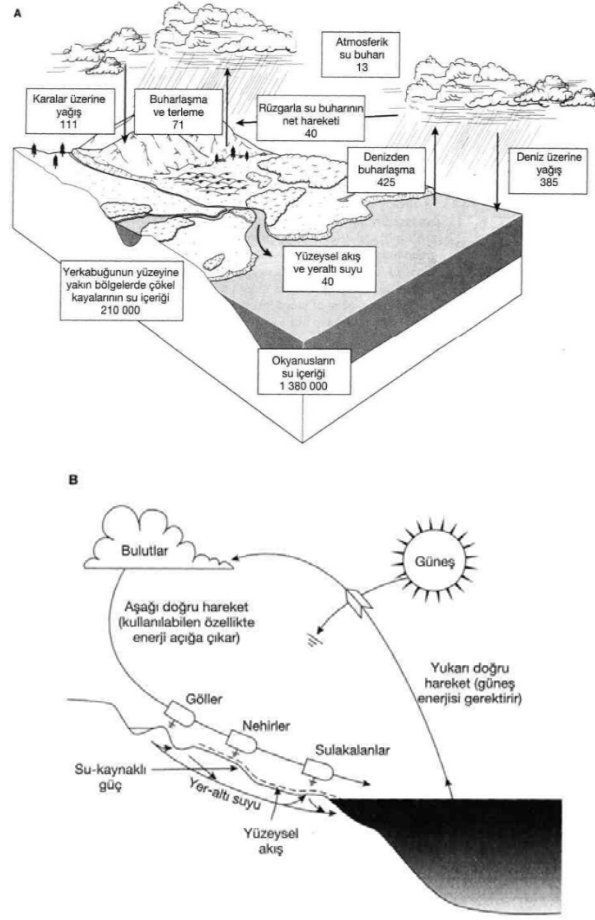
- **Yüzey Altı Akış:** Buna yatay veya eğik yönde perkolasyon da denebilir. Toprak içinde düşey yönde hareket eden suyun geçirimsiz veya az geçirgen bir tabakaya rastlaması sonucu eğim yönüne paralel yönde ya da suyun serbest enerjisine göre yatay

yönde hareket etmesi olayıdır (Wisler ve Brater, 1959; Çepel, 1993; Çepel, 1995; Akman ve ark., 2004; Odum ve Barret, 2008).

- Taban Suyu: Toprak içinde hareketinin sürdüren sızıntı suyu sıkı oturmuş ve geçirimsiz bir toprak tabakasına veya anakayaya rastlarsa bu tabakalar üzerinde birikir. Böylece taban suyu meydana gelir. Taban suyu, yer kabuğundaki boşlukları birbirine bağlayacak şekilde dolduran, yerçekimi etkisi altında meydana gelmiş bulunan, eğime ve farklı basınç potansiyellerine göre hareket edebilen sudur (Wisler ve Brater, 1959; Çepel, 1993; Çepel, 1995; Akman ve ark., 2004; Odum ve Barret, 2008).

Su döngüsü Şekil 2’de iki farklı bakış açısıyla gösterilmektedir. Şekil 2A’da küresel ölçekte su döngüsü verilmiştir. Burada suyun depolanma havuzları ve bu havuzlara olan yıllık giriş-çıkışlar tahmini rakamlarla gösterilmiştir. Şekil 2B’de ise su döngüsü, enerji ilişkileri açısından ele alınmıştır. Burada suyun buhar halinde yukarı doğru hareketi, güneşten gelen enerji ile sağlanır. Suyun sıvı halde aşağı doğru hareketi ise, enerji açığa çıkmasına yol açar. Açığa çıkan bu enerji ekosistemlerde değişik şekillerde kullanılmaktadır. Suyun aşağı doğru hareketinden doğan enerji, insanoğlu tarafından da hidroelektrik santraller kurularak elektrik enerjisine dönüştürülmektedir (Odum ve Barret, 2008).

Denizlerden buharlaşarak çıkan su miktarı (çıktılar), denizlere yağışlarla düşen su miktarından (girdilerden) fazladır (Chapin ve ark., 2002; Öztürk ve Seçmen, 2004; Odum ve Barret, 2008). Karalarda ise bunun tersi olmaktadır. Başka bir deyişle, karasal ekosistemlerdeki canlıların büyük bir bölümü karalardan değil, denizlerden gelen sular sayesinde varlıklarını sürdürmektedir. Nitekim, yerkürenin pek çok yerinde yağışların yüzde 90’a kadar varan bir bölümü denizlerden gelmektedir (Şekil 2A).



Şekil 2. (A) Küresel ölçekte su döngüsü. Şekilde, su depolama havuzları ve döngü içindeki akış yönleri verilmiştir. Rakamlar teraton (10¹⁸ g) cinsinden yıllık değerlerdir. (B) Su döngüsünde enerji ilişkileri (Odum ve Barret, 2008).

İnsan etkinlikleri yüzeysel akış oranını artırıcı etki yapmaktadır. Örneğin karaların asfalt ve betonlarla kaplanması, akarsuların doğal akış yataklarının setler ve kanallarla değiştirilmesi, tarım topraklarının başka amaçlarla kullanılması ve ormanların yok edilmesi gibi insan faaliyetleri yüzeysel akış miktarını arttıran etkinliklerden bazılarıdır. Yüzeysel akışın artması demek, sızarak yer altı depolarına giden suyun daha az olması demektir. Yer altı suları su döngüsünde en çok su depolayan üçüncü büyük havuzdur. Tatlı su göllerinde, ırmaklarda ve toprakta tutulan toplam su miktarının yaklaşık 13 katı kadar su, yer altı su depolarında tutulmaktadır. Akiferler en büyük yer altı su depolarıdır. Akiferler, yeryüzünün geçirgen yapılı (kalkerli, karstik, kum veya çakıldan meydana gelen) katmanlarının alt tabakalarında, suyu geçirmeyen kayalarla ve/veya killi çevrili geniş alanlarda oluşan yer altı gölleridir (Chapin ve ark., 2002; Odum ve Barret, 2008).

2. Bitkiler Tarafından Suyun Alınması Mekanizmaları

Su bütün canlılar için mutlaka gerek duyulan bir yaşam sıvısıdır. Fotosentezde suyun asimilasyonu sonucu oluşan su molekülündeki H⁺ atomu organik moleküllerin yapıtaşısıdır. Bununla birlikte bitki tarafından alınan toplam suyun sadece %0,01'i

fotosentez faaliyetlerinde kullanılır. Bitkiler tarafından alınan suyun büyük bir kısmı fiziksel amaçlarla (bitkilerin turgoru, serinlemesi, bitki besin maddelerinin bitkide taşınımı gibi) kullanılır. Suyun inorganik tuzlar, şekerler ve organik anyonları çözme özelliği vardır. Aynı zamanda su, tüm biyokimyasal tepkimelerin cereyan ettiği ortamdır. Bu nedenle birçok fiziksel ve kimyasal reaksiyonlarda suya gereksinim duyulur (Aydemir ve İnce, 1988; Dey ve Harborne, 1997; Güneş ve ark., 2004; Taiz ve Zeiger, 2008; Bonner ve Varner, 2012; Lambers ve Oliveira, 2019).

Suyun kendine özgü özellikleri bir çözücü olarak iş görmesini ve bitkide kolayca taşınmasını sağlar. Bu özellikler su moleküllerinin polar yapısından kaynaklanır (Taiz ve Zeiger, 2008; Bonner ve Varner, 2012). Su, topraktan bitkiye ve bitkiden de atmosfere geçerken, çok çeşitli ortamlarda (hücre çeperi, sitoplazma, zar, hava boşlukları) yolculuk yapar. Ayrıca suyun taşınma mekanizması ortamın tipine göre de değişiklik gösterir. Su moleküllerinin bitki zarlarından nasıl geçtikleri konusu yıllarca belirsizliğini korumuştur. Özellikle suyun bitki hücrelerine difüzyonunun, yalnızca plazma zarının çift lipid tabakasından mı olduğu, yoksa protein kaplı porların da bu işlemde bir rollerinin var olup olmadığı tartışmalıdır. Bu belirsizlik son yıllarda aquaporinlerin (su seçici por) keşfi ile son bulmuştur. Aquaporinler zarda su seçici kanallar oluşturan integral zar proteinleridir. Su, çift lipid tabakaya göre, bu kanallardan daha hızlı geçtiğinden, aquaporinler bitki hücrelerine suyun girişini kolaylaştırmaktadır (Kacar ve ark., 2002; Taiz ve Zeiger, 2008; Bonner ve Varner, 2012).

Topraktaki su miktarının nicel olarak bilinmesi, bu suyun hareket edip etmeyeceği, hareket doğrultusu ve hızının ne olacağı ve bitkilere yararlı olup olmadığı hakkında yeterli bir bilgi vermez. Nitekim farklı toprak tiplerinde bulunan aynı miktardaki suyun yararlılığı farklılık gösterebilmektedir (Dey ve Harborne, 1997; Kantarcı, 2000; Bonner ve Varner, 2012). Örneğin Yeşilsoy ve Aydın (1991) ağırlık üzerinden %15 su içeren kumlu bir toprakta gelişebilen bir bitki türünün, aynı oranda su içeren killi bir toprakta solma noktasında olabileceğini belirtmektedirler. Dolayısıyla toprakta bulunan suyun bitkiler tarafından nasıl alındığını bilmek için daha farklı mekanizmaları ve bunların nasıl işlediğini bilmek gerekmektedir.

Bütün yaşamları boyunca tamamen suda yaşayan bitkiler tıpkı bir tek hücre gibi bütün yüzeyleriyle su alma yeteneğindedirler. Kara bitkileri ise kendileri için gerekli olan suyu genel olarak topraktan, onları toprağa bağlayan kökleri yardımıyla alırlar. Bazı tropik bölgelerde yaşayan epifitler veya çöl bitkileri gibi özel koşullara uymak zorunda kalan kara bitkileri ayrıca toprak üstü organlarıyla (emici tüyler, yapraklar vs.) da su alabilirler. Ancak daha önce de belirtildiği gibi çoğunluğu oluşturan kara bitkileri su ve su da erimiş madensel tuzları kök emici tüyleri vasıtasıyla alırlar (Bozcuk, 2004; Lambers ve Oliveira, 2019). Köklerden suyun etkili bir şekilde emilimi için kök yüzeyi ve toprak arasında yakın temas gereklidir. Su alınımı için gerekli yüzey alanını sağlayan bu temas, toprak içinde kök ve kök tüylerinin büyümesi sonucu en üst düzeye çıkar. Kök epidermis hücrelerinin uzantısı olan kök tüyleri, kökün yüzey alanını büyük ölçüde arttırarak topraktan su ve iyonların absorpsiyon kapasitesini arttırır (Taiz ve Zeiger, 2008).

Bitkiler tarafından topraktan alınan su, köklerden yukarı doğru damarlı bir sistem (vasküler sistem) olarak adlandırılan ksilem'den taşınır. Su iletim elemanları açık tohumlu bitkilerde (Gymnosperm) ve kapalı tohumlu bitkilerde (Angiosperm) farklılık

gösterir. Açık tohumlu bitkilerde suyu yukarı doğru taşıma işini kısa traheitler gerçekleştirir. Yan çeperlerindeki fonksiyonel valfler sayesinde suyu, uç boşlukları birbirine bağlanmış traheitlerden yukarı doğru iletirler. Kapalı tohumlu bitkiler daha uzun ve geniş olan, ayrıca daha etkili su iletim elemanlarına sahiptir. Bunlar veseller olarak adlandırılır ve uçlarındaki sıralı delikli yüzeylerden birbirlerine bağlanmışlardır. Traheitlerde su kolonunda oluşan hava boşluklarının kapatılması, vesellere oranla daha kolaydır. Dolayısıyla suyun az olduğu koşullarda açık tohumlu bitkilerin ksilemlerinde hava boşluğu oluşması ve su kolonunun kırılması (kavitasyon), kapalı bitkilere oranla çok daha az rastlanabilecek bir durumdur. Bu nedenle su kıtlığına daha fazla dayanabilirler (Waring ve Running, 1998; Lambers ve Oliveira, 2019).

Bitkilerde suyun alınmasında ve taşınmasında değişik ortamlarda farklı mekanizmalardan yararlanır. Bitkilerde suyun taşınmasında difüzyon, kitle hareketi ve osmoz gibi temel mekanizmalar rol almaktadır. Basit olarak difüzyon, belli bir maddenin (katı, sıvı veya gaz) konsantrasyonu yüksek olan alandan, konsantrasyonu düşük olan alana doğru, madde parçacıklarının (moleküllerin) kinetik hareketleri sonucu gelişigüzel geçmesi olayıdır. Kitle hareketi ise iki nokta arasında oluşan basınç farkına bağlı olarak, moleküllerin difüzyondan farklı olarak tek tek değil de birlikte hareket etmeleri sonucu oluşan harekettir. Osmoz, difüzyonun özel bir şekli olarak tanımlanabilir. Buna göre seçici geçirgen bir zarla ayrılmış olan ortamda su moleküllerinin yoğunluğunun yüksek olduğu bölgeden, daha az yoğun olduğu bölgeye hareket etmesi olayı osmoz olarak tanımlanır (Kacar ve Ark., 2002; Yeşilsoy, 2002; Bozcuk, 2004; Lambers ve Oliveira, R. S., 2019).

Thorne ve Peterson (1954), suyun bitkiye girmesi için gerekli olan kuvvetleri sınıflandırırken 4 kategoriden bahsetmektedirler. Bu kuvvetler; 1) Osmotik kuvvet, 2) Emme kuvveti, 3) Metabolik kuvvet ve 4) Transpirasyonel çekme kuvvetidir. Bunların suyun bitkiye girişindeki en önemli faktörler olarak dikkate alınabileceğini ve herhangi bir zamanda bitkiye giren toplam su miktarının, net su hareketi kuvvetlerine ve toplam etkili kök yüzeyine bağlı olduğunu belirtmektedirler.

Suyun bitkilere doğru olan hareketi, sistemdeki bir nokta ile diğer bir nokta arasındaki suyun enerji durumundaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Uzun yıllar boyunca yapılan çalışmalar sonucunda, suyun topraktaki hareketini ve bitkiler tarafından alınması için gerekli olan mekanizmaları ifade edebilmek için “Su Potansiyeli” ifadesi ortaya çıkmıştır (Kramer, 1969; Waring ve Running, 1998; Kirkham, 2005; Taiz ve Zeiger, 2008). Su potansiyeli Yunanca Ψ harfi ile gösterilmektedir. Bu ifadeye alt simgeler eklenerek; Ψ_w şeklindeki ifadeyle su potansiyeli ve Ψ_T şeklindeki ifadeyle de toplam su potansiyeli belirtilmektedir. Geçmişte bu ifade “Kimyasal Potansiyel (μ)” olarak yaygın bir şekilde kullanılmış, ancak günümüz fizyologları tarafından toprak-su-bitki ilişkilerini açıklamak için kimyasal potansiyel yerine aynı anlama gelen su potansiyeli ifadesi kullanılmaktadır (Kramer, 1969; Kacar ve ark., 2002; Taiz ve Zeiger, 2008; Kirkham, 2014; Lambers ve Oliveira, 2019). Su potansiyeli, toprakta ya da bitkide bir miligram su parçasının potansiyel enerji durumunu ifade etmektedir (Kramer, 1969; Waring ve Running, 1998; Kirkham, 2014; Lambers ve Oliveira, 2019). Suyun enerji durumu genel olarak serbest saf suyun görece potansiyeli olarak basınç (megapascal) birimi ile ifade edilir ve bu basınç birimi alana uygulanan güce ($1\text{MPa} = 1.02 \times 10^5 \text{ kg m}^{-2}$

²⁾ denktir (Waring ve Running, 1998). Bu potansiyel enerji için referans noktası olarak saf suyun kimyasal potansiyeli sınır değer kabul edilmiş ve saf suyun su potansiyeli sıfır olarak kabul edilmiştir (Waring ve Running, 1998; Kacar ve ark., 2002; Kirkham, 2005; Kirkham, 2014). Daha açık bir ifade ile su potansiyeli denildiği zaman, aynı sıcaklık ve atmosfer basıncı altında bulunan çözeltideki suyun kimyasal potansiyeli ile saf suyun kimyasal potansiyeli arasındaki fark anlaşılır (Kacar ve ark., 2002). Bu tanım şu şekilde formüle edilebilir:

$$\Psi_w = (\mu_w - \mu_w^0)$$

Burada:

Ψ_w = Su Potansiyeli

μ_w = Çözeltideki Suyun Kimyasal Potansiyeli

μ_w^0 = Saf Suyun Kimyasal Potansiyeli

Biyolojik sistemlerde çözeltilerin su potansiyelini gösteren değerlerin hepsi sıfırdan küçük, yani negatiftir. Daha önce de belirtildiği gibi saf suyun su potansiyeli 0'dır. Buna karşın çözünmüş madde içeren çözeltilerin su potansiyeli (-) negatiftir ve çözünen madde miktarı arttıkça negatif değerinde artmaktadır. Bir başka deyişle çözeltilerin su potansiyeli çözünen madde miktarı arttıkça azalmaktadır (Kacar ve ark., 2002; Kirkham, 2005; Kirkham, 2014). Suyun hareket yönü her zaman su potansiyelinin negatif olduğu yöne doğrudur (Waring ve Running, 1998; Kirkham, 2005; Kirkham, 2014).

Toprak ve bitki içerisindeki su potansiyelinin oluşmasına dört ana faktör etki etmektedir: katı halin varoluşu (matrix); yerçekimi, çözünmüş madde; dış gaz basıncı veya su basıncı (Waring ve Running, 1998; Kirkham, 2005; Kirkham, 2014). Bu dört potansiyel enerji değerlerinin toplamının su potansiyeli ya da toplam su potansiyelini ifade etmesi, su potansiyelinin birçok faktör tarafından oluştuğunu vurgulamaktadır (Kirkham, 2005; Kirkham, 2014). O halde su potansiyelini bu faktörler çerçevesinde formüle edildiğinde:

$$\Psi_w = \Psi_p + \Psi_s + \Psi_m + \Psi_g$$

Şeklinde ortaya çıkmaktadır (Kramer, 1969; Waring ve Running, 1998; Kacar ve ark., 2002; Kirkham, 2005; Taiz ve Zeiger, 2008; Kirkham, 2014). Burada Ψ_p basınç potansiyel enerjisini ya da basınç potansiyelini, Ψ_s çözünen madde potansiyel enerjisini ya da çözünen madde potansiyelini (osmotik potansiyel), Ψ_m matrik (kapiler) potansiyel enerjisini ya da matrik potansiyeli, Ψ_g yerçekimi potansiyel enerjisini ya da yerçekimi potansiyelini ifade etmektedir.

Suyun kök bölgesinde yeterli olmasından dolayı transpirasyon yapmayan küçük ağaçlarda, yaprakların su potansiyeli $-0,2$ MPa'dır. Transpirasyon su kolonunda gerilime neden olur ve Ψ aniden $-1,5$ MPa veya daha altına düşer. Su potansiyeli değişimi (gradiyenti), $\Delta\Psi$, bu durumda transpirasyonun gerçekleştiği ve gerçekleşmediği koşullar arasındaki farkı belirtmektedir. Kuraklık stresi altında transpirasyon yapmayan ağaçlarda, gün doğumu öncesi su potansiyeli $-1,5$ MPa'dan bazen $-8,0$ MPa'a kadar düşmektedir. Fakat $\Delta\Psi$ değerleri benzer koşullar altında, stomalar kapalı kaldığı için genelde küçük kalmaktadır (Waring ve Running, 1998).

2.1. Basınç Potansiyeli (Ψ_p)

Basınç potansiyeli, belli bir noktada suyun ağırlığından kaynaklanan bir potansiyel enerjidir. Toprakta basınç potansiyeli iki ayrı bileşenden oluşabilmektedir. Bunlardan birincisi suya doymamış topraklardaki hava boşluklarında oluşan hava basıncı potansiyelidir. İkincisi ise suya doymuş topraklarda hidrostatik basınçtan dolayı oluşan hidrostatik basınç potansiyelidir (Kirkham, 2005; Kirkham, 2014). Bitkilerde ise hidrostatik basınç potansiyeli ile ifade edilmekte ve bir hücre ile diğer hücre arasında oluşan hidrostatik basınç farkını belirtmektedir. Koşullara göre hem pozitif hem de negatif olabilir (Waring ve Running, 1998; Kirkham, 2005; Kirkham, 2014). Hücre içerisinde, çok nadiren gözüken negatif bir çeper basıncı olmadığı sürece Ψ_p pozitiftir. Oluşan bu pozitif basınç Turgor Basıncı olarak adlandırılır (Kacar ve Ark., 2002; Taiz ve Zeiger, 2008; Kirkham, 2005; Kirkham, 2014). Bununla beraber Ψ_p , ksilemde transpirasyon süresince negatif veya gutasyon yapan bitkilerde kök basıncının bir sonucu olarak pozitif olabilir (Kramer, 1969; Taiz ve Zeiger, 2008). Ksilemde oluşan negatif basınç Emme Basıncı ya da Negatif Hidrostatik Basınç olarak ifade edilmektedir (Kacar ve ark., 2002). Hücreler dışında oluşan negatif basınç bitkide suyun uzun mesafeli taşınımında çok önemlidir (Taiz ve Zeiger, 2008).

2.2. Çözünen Madde (Osmotik) Potansiyeli (Ψ_s)

Çözünen madde potansiyeli, çözülmüş şeker ve tuzların katılımını ifade eder (Waring ve Running, 1998). Bir başka deyişle Ψ_s ifadesinden suda çözünen maddelerin etkisinden dolayı oluşan su potansiyelinin oranı anlaşılmaktadır. Eğer saf su ve çözelti bir seçici geçirgen zar ile birbirinden ayrılırsa basınç, zarın çözelti tarafında oluşmaktadır. Oluşan bu basınç zarın her iki tarafındaki suyun enerji farkına denktir (Kirkham, 2005; Kirkham, 2014). Genelde osmotik basınç olarak da adlandırılır. Ancak osmotik potansiyelin işareti, her ne kadar sayısal olarak birbirine eşit olsa da osmotik basınçtan farklı olarak negatiftir (Kramer, 1969; Waring ve Running, 1998; Kacar ve ark., 2002; Kirkham, 2005; Kirkham, 2014).

Donma noktası azalma dereceleri dikkate alınarak osmotik potansiyel ile ilgili yapılan ölçümlerde değerler sucul bitkilerde $-0,1$ MPa'dan, tuzcul bitkilerde -20 MPa'a kadar değişmektedir. Çoğunlukla halofit bitkilerde (tuzcul bitkiler) osmotik potansiyel $-5,0$ MPa ile $-8,0$ MPa değerleri arasında değişirken, diğer bitkilerin özsularında bu değerler $-0,4$ MPa ile $-0,2$ MPa arasında değişmektedir. Osmotik potansiyel değerleri aynı bitkide değişik organlarda farklılık gösterebilir. Örneğin yaprak hücrelerinde belirlenen osmotik potansiyel değerleri, kök hücrelerinde belirlenen osmotik potansiyel değerlerinden daha düşüktür (negatif yönde daha büyüktür) (Kacar ve ark., 2002).

2.3. Matrik (Kapiler) Potansiyel (Ψ_m)

Matrik potansiyel suyu bağlayan kolloitler ve yüzeylerin etkisi olarak ifade edilmektedir (Kramer, 1969). Toprak suyunda matrik potansiyel, topraktaki katı yüzeylerden (matrix) kaynaklanan küçük negatif kuvvetlerin oluşturduğu su potansiyeli oranını ifade eder (Waring ve Running, 1998; Kirkham, 2005; Kirkham, 2014). Bitkide ise hücre duvarları gibi katı yüzeylerden kaynaklanan küçük negatif kuvvetler sonucu ortaya çıkmaktadır (Waring ve Running, 1998). Matrik potansiyel, kapiler potansiyel olarak da isimlendirilmektedir. Bunun

nedeni matrik potansiyelin, silindirik kapiler tüplerde suyun yükselmesinde olduğu gibi, kapiler harekete bağlı olmasıdır (Kirkham, 2005).

Passioura (1980) ve Nobel (1999)'e göre matrik potansiyel su üzerinde etki yapan yeni bir kuvvete işaret etmemektedir. Çünkü yüzey etkileşimlerinin etkisi teorik olarak Ψ_p ve Ψ_s üzerindeki bir etki olarak hesaplanabilir. Kuru materyallerde bu yüzey etkileşimlerinin etkisi, Ψ_p ve Ψ_s bileşenlerine kolay bir şekilde ayırt edilemediği için sıklıkla birlikte gösterilirler ve matrik potansiyel olarak tanımlanırlar. Passioura (1980), toplam su potansiyeli değerine ulaşmak için Ψ_s ve Ψ_p 'lerinin bağımsız olarak hesaplanmasında Ψ_m 'in eklenmesinin doğru olmayacağını, bu potansiyelin oluşturduğu etkinin ihmal edilebilecek kadar küçük bir değer olduğunu belirtmektedir.

2.4. Yerçekimi Potansiyeli (Ψ_g)

Yerçekimi, ona eşit ya da zıt yönde etki eden bir kuvvet olmaksızın suyun aşağı yönde hareketine neden olur. Ψ_g terimi, referans özellikteki suyun üstündeki su yüksekliği (h), suyun yoğunluğuna (ρ_w) ve yerçekiminin hızlandırmasına bağlıdır. Bunu sembollerle aşağıdaki şekilde gösterebiliriz:

$$\Psi_g = \rho_w g h$$

Burada $\rho_w g$ 'nin değeri $0,01 \text{ MPa m}^{-1}$ 'dir. Yani yerçekimi bileşeni yüzeyden yukarı doğru yükseldikçe 1 m'de $0,01 \text{ MPa}$ 'lık bir değişime neden olur. Dolayısıyla 10 m'lik dikey bir mesafe, su potansiyelinde $0,1 \text{ MPa}$ 'lık bir değişime neden olur (Waring ve Running, 1998; Kacar ve ark., 2002; Taiz ve Zeiger, 2008).

Toprak bilimciler ve fizyologlar genelde referans seviye olarak toprak yüzeyini ya da taban suyunu alırlar. Genelde referans seviyesi suyun hareket yönünde olur ve suyun yükselmesi ile infiltrasyon dikkate alınır. Eğer referans seviyesi çalışma noktasının altında ise, iş su üzerinde yapılır ve yerçekimi potansiyeli pozitif olur. Eğer çalışma noktasının altında ise iş su tarafından yapılır ve dolayısıyla yerçekimi potansiyeli negatif olur (Kirkham, 2005; Kirkham, 2014).

Hücre düzeyinde su taşınımı söz konusu olduğu zaman yerçekimi bileşeni (Ψ_g) genellikle dikkate alınmaz; çünkü osmotik potansiyel ve hidrostatik basınca göre, bu değer ihmal edilebilecek kadar küçüktür (Kacar ve ark., 2002; Taiz ve Zeiger, 2008).

3. Kaynaklar

- Akman, Y., Ketenoğlu, O., Kurt, L., Güney, K., & Tuğ, M. (2004). Bitki ekolojisi. *Palme Yayıncılık, Ankara*, 322.
- Anonim, (2022). US Global Change Research Program, The Global Water Cycle, USGCRP Program Element. Strategic Plan for the Climate Change Science Program Final Report, July 2003. Erişim Tarihi: <https://downloads.globalchange.gov/ocp/ocp2003/ocp2003.pdf> 03.04.2022.
- Aydemir, O., & İnce, F. (1988). Bitki Besleme. *Dicle Üniversitesi Eğitim Fakültesi Yayınları, Diyarbakır*, 2.
- Bonner, J., & Varner, J. E. (Eds.). (2012). *Plant biochemistry*. Elsevier.
- Bozcuk, S., (2004). Bitki Fizyolojisi. *Hatiboğlu Yayınları, Ankara*, 22.
- Chapin, F.S., Matson, P.A., Mooney, H.A., & Vitousek, P.M. (2002). Principles of terrestrial ecosystem ecology.
- Che, C., Zhang, M., Argiriou, A.A., Wang, S., Du, Q., Zhao, P., & Ma, Z. (2019). The Stable Isotopic Composition of Different Water Bodies at the Soil–Plant–Atmosphere Continuum (SPAC) of the Western Loess Plateau, China. *Water*, 11(9), 1742.
- Çepel, N. (1993). Toprak-Su-Bitki İlişkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Üniversite Yayınları, İstanbul*, 3794.
- Çepel, N. (1995). Orman Ekolojisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Üniversite Yayınları, İstanbul*, 3886.
- Brownleader, M.D., Harborne, J.B., & Dey, P.M. (1997). 3 Carbohydrate Metabolism: Primary Metabolism of. *Plant Biochemistry*, 111.
- Gat, J.R. (1980). The isotopes of hydrogen and oxygen in precipitation. In *Handbook of environmental isotope geochemistry*, 1.
- Güneş, A., Alpaslan, M., & İnal, A. (2004). Bitki Besleme ve Gübreleme. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara*, 1539.
- Kacar, B. (1984). Bitki Besleme. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara*, 899.
- Kacar, B., Katkat, V., & Öztürk, Ş. (2002). Bitki Fizyolojisi. *Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayınları, Bursa*, 198.
- Kang, D. (1999). Simulation of the water cycle in Biosphere 2. *Ecological Engineering* 13, 301-311.
- Kantarci, D. (2000). Toprak İlmi. *Orman Fakültesi Üniversite Yayınları, İstanbul*, 4261.
- Kimmins, J. P. (1997). Forest ecology a foundation for sustainable management. *Vancouver, The University of British Columbia*, 511-518.
- Kirkham, M. B. (2014). *Principles of soil and plant water relations*. Academic Press.
- Kocataş, A. (1999). Ekoloji, Çevre Biyolojisi. Beşinci Baskı. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir*, 51.
- Kramer, P. J. (1969). Plant and soil water relationships: A modern synthesis. *Plant and soil water relationships: a modern synthesis*.
- Kübert, A., Paulus, S., Dahlmann, A., Werner, C., Rothfuss, Y., Orłowski, N., & Dubbert, M. (2020). Water stable isotopes in ecohydrological field research: Comparison

- between in situ and destructive monitoring methods to determine soil water isotopic signatures. *Frontiers in plant science*, 11, 387.
- Lambers, H., & Oliveira, R. S. (2019). Plant water relations. In *Plant physiological ecology* (pp. 187-263). Springer, Cham.
- Arkebauer, T.J. (2000). Physicochemical and Environmental Plant Physiology. *Crop Science*, 40(3), 847-847.
- Odum, E.P., & Barret, G.W. (2008). Ekolojinin Temel İlkeleri. *Palme Yayıncılık, Ankara*.
- Öztürk, M. A., & Seçmen, Ö. (2004). Bitki Ekolojisi. *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, İzmir*, 141.
- Passioura, J.B. (1980). The transport of water from soil to shoot in wheat seedlings. *Journal of Experimental Botany*, 31, 333–345.
- Schlesinger, W.H. (1997). Biogeochemistry: An Analysis of Global Change. *Academic Press, San Diego, CA*
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2008). Bitki Fizyolojisi. *Palme Yayıncılık, Ankara*.
- Thorne, D.W., & Peterson, H.B. (1954). Irrigated Soils. Their Fertility and Management. *The Blakiston Company, USA*.
- Waring, R.H., & Running, S.W. (1998). Forest Ecosystems. Analysis At Multiple Scales. *Academic Press, USA*.
- Wisler, C.O., Brater, E.F., (1959). Hydrology. Second Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc., London: Chapman & Hall, Limited. Library of Congress catalog card Number: 59-14981. Printed in the USA.
- Yeşilsoy, M. S., Aydın, M., (1991). Toprak Fiziği. Adana: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı No:124.
- Yeşilsoy, M. Ş., (2002). Toprak Bitki Su İlişkileri. 2. Baskı. Adana: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi genel Yayın No: 94. Ders Kitapları Yayın No: A-23.

Düzce Üniversitesi Süs ve Tıbbi Bitkiler Botanik Bahçesi Dergisi



“DÜSTİBİD”

İklim Değişikliğine Bağlı Olarak Gelişen Su Sıkıntısına Alternatif Bir Çözüm Önerisi: Atmosferik Su Hasadı *

Şansel BİLDİREN^{1*}, Murat SARGINCI¹

¹Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü

***Sorumlu yazar:** sanseliseviyorum@hotmail.com

ÖZET

Yaşamın devamlılığı için gerekli olan su, hızlı nüfus artışı, sanayileşme, arazi kullanım değişikliği, tarımda kullanılan geleneksel sulama yöntemleri ve iklim değişikliğinin etkileri nedeniyle tehdit altındadır. Bu faktörler yağış rejimi ve miktarında farklılıklara, kuraklığın artmasına ve buna bağlı olarak su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. Suyun kullanım ve dağıtımının dengelenmesine ve kaynakların yeni stratejilerle sürdürülebilir ve dönüştürülebilir bir şekilde kullanılmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Doğadaki canlılardan esinlenerek yapılan su hasadı, bu canlıların özelliklerini ve mekanizmalarını kullanır. Atmosferik su hasadı, son yıllarda popüler hale gelen ve kıt su kaynaklarına erişim için bir çözüm olabilecek biyo-ilham teknolojilerinden biridir. Havadaki neme her yerden erişilebilir, potansiyel bir tatlı su kaynağıdır ve yenilenebilir bir enerji kaynağı (güneş/rüzgâr enerjisi) ile üretilebilir. Bu çalışmada, yaz kuraklığı olan botanik bahçeleri de dahil olmak üzere kurak ve yarı kurak alan veya bölgelerde toprak-su-bitki ilişkileri açısından önemli bir yere sahip olan atmosferik su hasadı, alternatif su yönetimi olabilir.

Anahtar Kelimeler: Atmosferik su hasadı 1, Botanik bahçeleri 2, İklim Değişikliğine uyum 3.

An Alternative Solution Proposal for Water Shortage Due to Climate Change: Atmospheric Water Harvesting

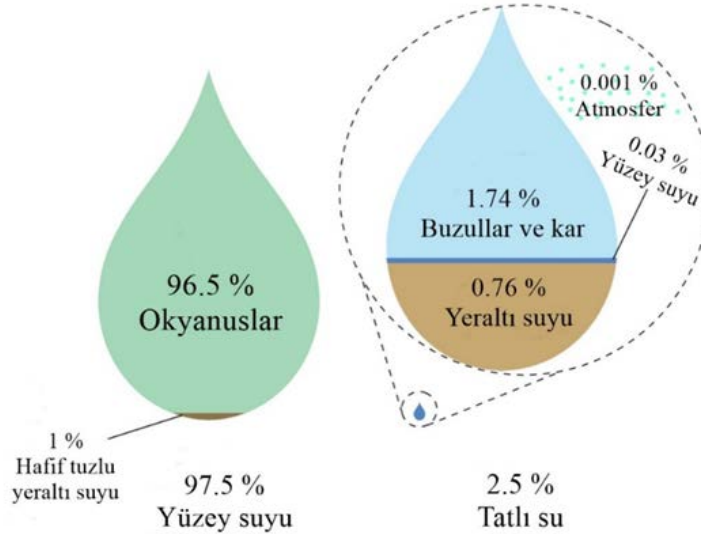
ABSTRACT

Water, necessary for the continuity of life, is threatened due to rapid population growth, industrialization, land use change, traditional irrigation methods used in agriculture, and the effects of climate change. These factors cause differences in precipitation regime and amount, an increase in drought, and consequently a decrease in water resources. It is necessary to pay attention to balancing the use and distribution of water and use the resources in a sustainable and transformable way with new strategies. Water harvesting inspired by living things in nature uses these creatures' features and mechanisms. Atmospheric water harvesting is one of the bio-inspired technology that became popular in recent years and can be a solution to accessing scarce water resources. Moisture in the air is accessible from anywhere, is a potential source of freshwater, and can be generated by a renewable energy source (solar/wind energy). In this study, atmospheric water harvesting, which has an important place in terms of soil-water-plant relations in arid and semi-arid areas or regions, including botanical gardens with summer drought, can be an alternative water management.

Keywords: Atmospheric water harvesting 1, Botanical gardens 2, Climate change adaptation 3.

1. Giriş

Günümüzde yaşanan şiddetli kuraklıklar, nüfus artışı, su talebinin artışı, su yönetimindeki yanlış stratejiler gibi durumlar dünyadaki tatlı su kaynaklarını daha da tehdit etmektedir (Shalamzari ve Zhang, 2018). Türkiye üç tarafı denizlerle çevrili ve ortalama yüksekliği yaklaşık 1100 m olan ılıman kuşak ile subtropikal kuşak arasında kalan Akdeniz iklim bölgesinde bulunmaktadır (Türkeş, 2008) ve buna rağmen, su zengini bir ülke değildir. Türkiye küresel olarak su fakirlik indeksine göre 147 ülke arasından 78. sırada çıkmıştır (Lawrance ve ark., 2002). Türkiye’de yıllık ortalama yağış 643 mm’dir. Tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama 112 milyar m³tür ve bunun 57 milyar m³ü kullanılmaktadır. Ülkemizde kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 1960 yılında 4.000 m³ iken, 2000 yılında 1.652 m³, 2009 yılında 1.544 m³, 2020 yılında ise 1.346 m³ olmuştur. Falkenmark indeksine göre Türkiye şu anda yıllık kişi başına düşen su miktarı ile su azlığı çeken bir ülke konumundadır (DSİ, 2022; Çapar, 2019). Dünyayı ele aldığımızda ise gezegenimizin yüzeyinin %71’i sularla, kalan %29’u ise karalarla kaplıdır. Görünürde oldukça fazla su kaynağı var gibi gözükse de kullanılabilir sular (tatlı sular), tüm su kaynaklarının sadece %2,5’ini oluşturmaktadır (Şekil 1). Bu tatlı suyun yaklaşık %69’u Antarktika ve Grönland’ın buz tabakasında bulunur ve kalan %30’u yeraltında depolanır. Bu nedenle insanların doğrudan kullanabileceği tatlı su (nehir ve tatlı su gölleri gibi), tüm su kaynaklarının sadece %0,4’ünü oluşturmaktadır (Kalmutzki ve ark., 2018).



Şekil 1. Dünyadaki tüm suyun yüzde dağılımı (Shiklomanov, 1993’ten uyarlanmıştır).

Birleşmiş Milletler Dünya Su Gelişim Raporu 2020 (The United Nations WWDR, 2020) verilerine göre küresel su kullanımı son 100 yılda altı kat artmıştır ve artan nüfus, ekonomik kalkınma ve değişen tüketim kalıplarının bir sonucu olarak da yılda yaklaşık %1 oranında istikrarlı bir şekilde büyümeye devam etmektedir. Bu nedenle tatlı su eksikliği çözülmesi gereken en büyük krizlerden biri haline gelmiştir. Günümüzde bu sorunu çözmek için çeşitli teknolojiler kullanılmaktadır. Deniz sularının tuzdan arındırılması yeni tatlı su kaynakları geliştirmenin temel yollarından biridir, fakat bu oldukça maliyetlidir (Ghaffour ve ark., 2013). Bunun yanında ilk olarak su kıtlığı çeken alanlar iç kesimlerdir ve bu bölgelerde deniz suyu kaynakları bulunmamaktadır. Bu nedenle kurak alanlarda

kullanılabilecek bir tatlı su teknolojisi geliştirmek önemlidir (Lifeng ve ark., 2022). Her yerden erişilebilen ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olan güneş enerjisi ile kolayca birlikte çalıştırılabilen atmosferik su hasadı; bol miktarda tatlı suyun potansiyel bir kaynağıdır (Tu ve ark., 2018). Atmosferik su, devasa bir yenilenebilir su rezervuarı olarak kabul edilmektedir (Wahlgren, 2001). Atmosferin dünyadaki tüm nehirlerin toplam hacminin altı katı olan 12,9 tera ton su içerdiği tahmin edilmektedir (Shiklomanov, 1998). Atmosferik su genellikle üç temel tipte bulunmaktadır: bulutlar, sis ve su buharı. Bulut ve sis, küçük su damlacıklarından oluşmaktadır (tipik olarak 0,5 ila 5 mm arasında değişen yağmur damlacıklarının boyutuna kıyasla 1 ila 40 µm çapında), ancak sisteki su damlacıklarının konsantrasyonu genellikle daha büyüktür (Beysens ve ark., 2000). Gezegenimizin atmosferinde bulunan damlacıklar ve buhar şeklinde bulunan çok fazla miktarda su içeriği, tüm tatlı suyun yaklaşık %10'unu oluşturmaktadır (Kim ve ark., 2017). Bu nedenle eğer atmosferik su verimli bir şekilde hasat edilebilir ve kullanılabilirse, su kıtlığı büyük ölçüde hafifletilebilir. Dünyadaki brüt su miktarı, su döngüsü ile sabit kalsa da yağışların düştüğü mekân, zaman, yağış şekli, yüzeysel akış ya da yeraltı su kaynaklarının beslenme oranları değiştiğinde dünyamızı oldukça ciddi problemler beklemektedir. Buna iklim değişikliği de eklenince uyum kapsamında; kayıp ve kaçakların azaltılması, yağmur suyu ve arıtılmış su gibi alternatif su kaynaklarının kullanımı, su ekonomisine katkı sağlayacak teknolojilerin kullanımı gibi uygulamalara geçilmesi önerilmektedir (Çapar, 2019). Geleneksel su yönetimi yaklaşımına alternatif olmayı amaçlayan uygulamalardan bir tanesi de atmosferik su hasadıdır (Tu ve ark., 2018). Atmosferdeki suyun atmosferik su jeneratörü yardımıyla hasadı sağlanabilmektedir. Atmosferik su jeneratörü suyu havadaki nemden çeken nem alma-yoğuşma teknolojisini kullanan bir cihazdır. Atmosferden elde edilen su daha sonra filtrelenebilir karbon, ters osmoz ve UV sterilizasyon ışınları dahil olmak üzere çeşitli filtrelerden geçirilerek arındırılarak tatlı su elde edilmektedir. Bu elde edilen su aynı zamanda içme suyu olarak da kullanılabilmektedir (Tripathi ve ark., 2016). Bu makalede atmosferik su hasadına, atmosferik su hasadı teknolojilerinin çalışma prensibine ve yapılan çalışmalarla ilgili bilgiler yer almaktadır. Yaz kuraklığı çeken alanlarda ve iklim değişikliğinin etkilerinin şiddetlenmesiyle su kaynaklarının yönetiminde zayıflamalar olabilecek bölgelerde, aynı zamanda kırsal ve kentsel alanlarda (buna botanik bahçeleri ve arboretumlarda dahil) muhtemel su sıkıntıları beklenmektedir. Bu derlemenin amacı su sıkıntısı çekebilecek bölgelerde atmosferik su hasadının alternatif bir su kaynağı potansiyeli olduğunu vurgulamaktır.

2. Atmosferik Su Hasadı

2.1. Atmosferik Su Hasadının Tarihsel Gelişimi

Atmosferdeki sudan yararlanma düşüncesi yüzyıllar öncesine dayanmaktadır. Bazı anlatılar ve hatta efsaneler, esasen büyük taşlar ve ağaçlar kullanılarak yapay olarak hasadı sağlanan “çiy yayları” ve “çiy havuzları” ile ilgilidir. Bu bilgiler insanlığın çok eski zamanlardan beri atmosferik suyu alternatif bir tatlı su kaynağı olarak gördüğünü açıklamaktadır (Beysens ve ark., 2000). Atmosferik su hasadı cihazlarının tarihi Ukrayna’da Kırım yarımadasının şehri Feodosia’da başlamıştır. Theodosia’yı (şimdiki Feodosia’nın Yunanca ismi) MÖ 6. yüzyılda kuran ilk Yunanlıların su ihtiyaçlarını karşılamak için çiy

kondansatörleri kullandıkları tahmin edilmektedir. (Hitier, 1925; Jumikis, 1965; Gioda ve Acosta Baladon, 1991). Bu görüşü ilk olarak, 1905 ve 1912 yıllarında kâse şeklinde deneysel bir taş yoğunlaştırıcı yapan Rus ormancı Zibold ortaya atmıştır (Nikolayev ve ark., 1996). Bunun yanında, bazı araştırmacılar Zibold'un deneysel sonuçlarına itiraz etmiştir. Bu nedenle, Yunanlıların yaptığını iddia ettiği ilk çiy yoğunlaştırıcısı, bilimsel bir hikâye olmaktan çok hala bir efsane olmaya devam etmektedir (Zibold, 1905; Hitier 1925; Beysens ve ark., 2000). Daha sonra Zibold'un bu girişimleri birçok bilimsel araştırmacıya ilham kaynağı olmuştur. Atmosferik su hasadına yönelik tesisler kurulmuş ve başarıyla yoğunlaştırılmış su üretilmiş olsa da miktarı beklenenden az olmuştur. Bu çalışmalar için umutlar boşa çıktıktan sonra, Monteith tarafından 1957'de yayımlanan yayın, odağı gözlem ve çiy ölçüm girişimlerinden, çiy oluşumu ve çiy buharlaşmasının enerji ve ısı dengesi mekanizmalarını anlamaya kaydırmıştır (Monteith, 1957). O zamandan beri, modern atmosferik su hasadı teknolojileri üzerine araştırmalar devam etmiştir (Gindel, 1965) ve çoğunlukla kurak ve yarı kurak alanlarda uygulanan bir dizi atmosferik su hasadı yöntemi üzerinde çalışılmıştır (Klemm ve ark., 2012; Khalil ve ark., 2016).

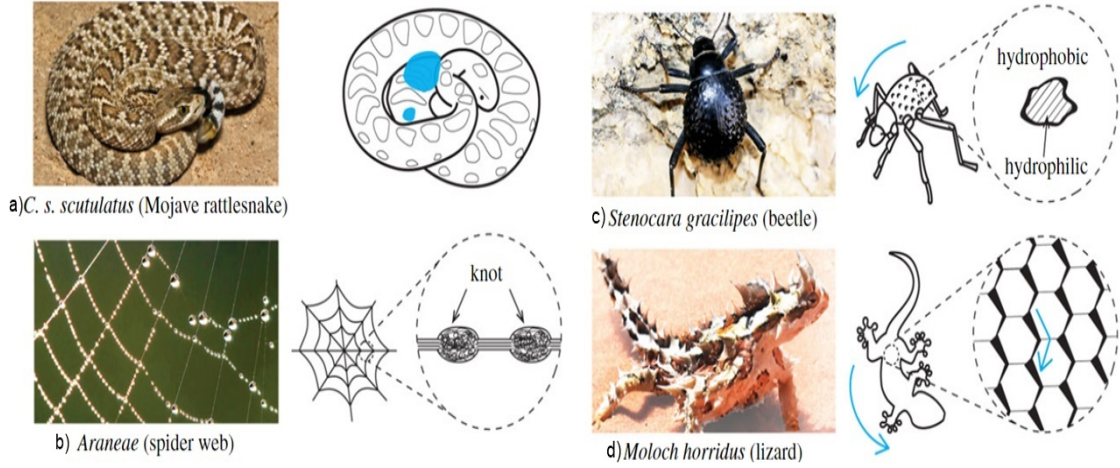
2.2. Atmosferik Su Hasadı Yapabilen Bazı Canlılar

Atmosferik su hasadı teknolojileri ya da mekanizmaları biyomimetik yaklaşımdan yararlanmıştır. Biyomimetik teriminin ana teması ise “doğanın en iyi fikirlerinden öğrenerek tasarlama” anlamına gelmektedir (Zari 2009; Mutlu Avinç ve Arslan Selçuk, 2019), aynı zamanda teknolojik soruların anlaşılmasına olanak tanımak için doğal ilkelerin irdelenmesini belirtmektedir (Pohl ve Nachtigall, 2015). Doğada yaşamını sürdüren birçok canlı buldukları yere adaptasyon sağlamış ve morfolojik yönden farklı stratejiler geliştirerek suyu sürdürülebilir şekilde temin edip kullanmayı ve depolamayı sağlamıştır. Bu canlılardan bir tanesi Namib Çöl Böceği (*Stenocara gracilipes*)'dir. Böceğin kitin tabakasında hidrofilik yapıda küçük tepecikler ve mumsu yapıya sahip hidrofobik oluklar bulunmaktadır (Şekil 2). Bu canlı sis rüzgarları olduğunda vücudunu 45°'lik bir açıda sabitlemekte ve siste bulunan su taneciklerini sırt kabuğuna çarptırarak onları hidrofilik tepecikleri sayesinde tutmaktadır. Tepeciklerde çoğalan su tanecikleri belli bir ağırlığa eriştiğinde oluklara doğru akmaktadır. Hidrofobik oluklarda artık tutunamayan su damlaları canlının 45° açılı duruşu ve yerçekiminin de etkisiyle oluklardan aşağı kayarak böceğin ağzına ulaşmaktadır (Guadarrama-Cetina ve ark., 2014).



Şekil 2. Namib Çöl Böceği (Web-1).

Namib çöl böceği gibi kurak bölgelere uyum sağlamış bazı bitki ve hayvanlar Şekil 3 ve Şekil 4'te görüldüğü gibi sisten ya da su buharının yoğunlaşmasından su hasadı gerçekleştiren yüzey yapıları geliştirmiştir (Brown ve Bhushan, 2016; Bhushan, 2018; Bhushan, 2020). Dış kısımdaki yapılar, sis ve yoğunlaşmadan kaynaklanan damlacıkların biriktiği ve büyüdüğü bir alana sahiptir. Bu mekanizmalardaki kilit nokta; hasat edilen suyun buharlaşmadan depolandığı ya da tüketilmesi gereken yere taşınması gerektiğidir. Örneğin bazı bitkilerde toplanan su, depolama için köklere ve gövdeye taşınırken, çöl böcekleri ve kertenkelelerde toplanan su tüketim için ağza taşınır.

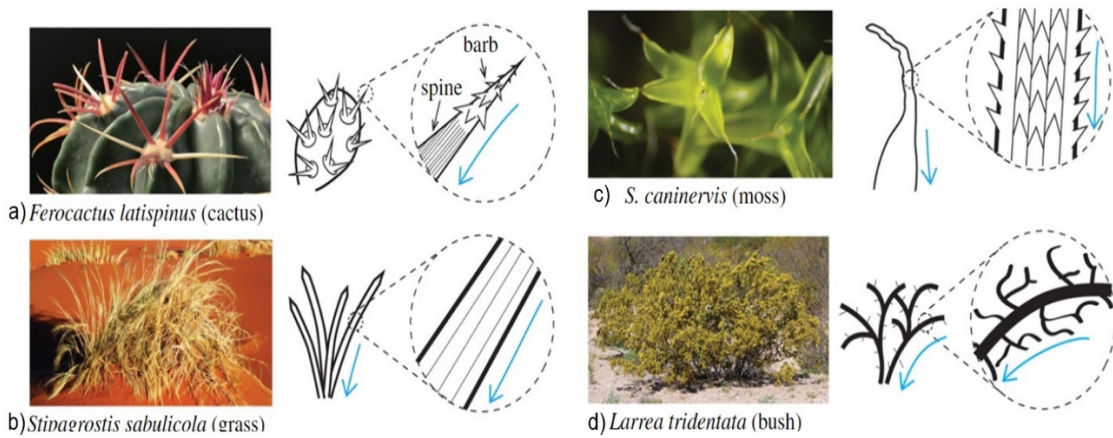


Şekil 3. Su hasadı için mekanizmalarından ilham alınan çöl hayvanları (Bhushan, 2020'dan uyarlanmıştır).

Stenocara gracilipes ve *Onymacris unguicularis*, sisten su toplanması sonucu hayatta kalırlar. Namib çölünde sis hasadı ile ilgili ilk gözlem Hamilton ve Seely (1976) tarafından, böceklerin gece sisleri sırasında ortaya çıkması ve rüzgâra doğru yönelirken başlarını eğmeleri ile yapılmıştır (Şekil 3c). *Moloch horridus*, batı ve güney Avustralya'daki kurak bölgelere özgü bir kertenkele türüdür. Bentley ve Blumer (1962) su damlacıklarının ağza ulaşmadan önce deriye yayıldığını bildirmiştir. Derideki açık kanallar boyunca kılcak hareketi nedeniyle su hareketi oluşmaktadır (Şekil 3d). Birçok sürüngen, sis suyu hasadı yapmaktadır. Örneğin, çöl yılanları yağmur yağarken yuvalarından çıkar ve açıkta kıvrılır. Sarılarak, vücut halkalarını birbirleriyle yakın temas haline getirirler ve su, Şekil 3a'da (Cardwell, 2006; Gorb ve Gorb, 2017) gösterildiği gibi, halkalar arasında oluşan sıklıklarda tutulur. Bir başka su hasadı için mekanizmasından ilham alınan canlı ise örümceklerdir. Şekil 3b'de gösterildiği gibi çiy parıldayan bir örümcek ağı fotoğraflanarak kanıtlandığı gibi, örümcek ağlarının su topladığı bilinmektedir. İpeksi ağda bulunan proteinlerin higroskopik doğası, su damlacıklarının yoğunlaşması ve silindirik ipek ipliğin şişmesi ile sonuçlanır. Bu silindir daha sonra Rayleigh kararsızlığı* nedeniyle parçalanır, burada bir sıvı silindiri yüzey alanını azaltmak için daha küçük damlalara bölünür ve bunun sonucunda, yüzey boyunca periyodik olarak aralıklı bir dizi düğüm içeren bir "ip üzerinde boncuk" yapısı oluşur (Brown ve Bhushan, 2016; Edmonds ve Vollrath, 1992).

*az yoğun bir akışkan üzerinde daha yoğun bir akışkan olduğunda ve yoğun akışkandan az yoğun akışkan yönüne doğru bir yerçekimi kuvveti olduğunda ortaya çıkar.

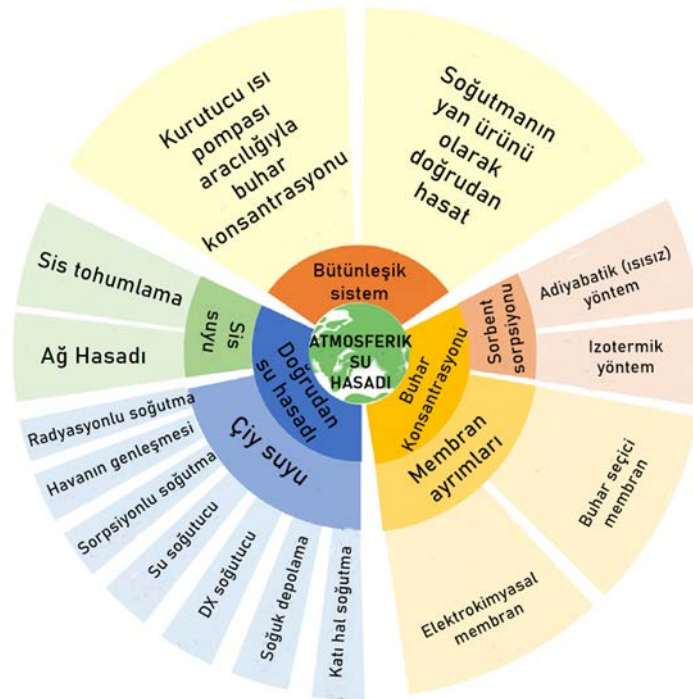
Namib çöl böceği, *Moloch kertenkelesi*, bazı örümcekler ve yılanlar gibi koşulların oldukça sert olduğu sıcak ve kurak olan Sahra, Namibya ve Atacama çöllerinde bile birçok bitki ve hayvan hayatta kalabilmektedir. Çöl bitkileri ve hayvanları özel adaptasyonlara sahiptir. Çöl bitkilerinde ve hayvanlarında bulunan, benzersiz yapılar ve morfolojiler ortamdaki suyun hasadında onlara yardımcı olmaktadır. Bazı bitkiler yeraltındaki su kaynaklarına erişebilmek için derinlere ulaşan köklerini büyütürken hayatta kalabilmektedir, aynı zamanda su kaybını en aza indiren diken şeklindeki yapraklara sahiptir. Kaktüs gibi sukulent yapıdaki bitkiler su depolamalarına yardımcı olan kalın, etli gövdelere sahiptir (Mooney ve ark., 1977). *Ferocactus latispinus* türleri üzerinde mikroskobik konik dikenlere sahip dikenlerin bir şemasını göstermektedir (Şekil 4a). Su damlacıkları konik kısımların üzerinde toplanır ve Laplace basınç gradyanını sağlayan eğrilik gradyanı nedeniyle tabana doğru hareket eder. Damlacıklar ayrıca küçük dikenlerin uçlarında birikebilir ve kritik boyuta ulaştıklarında konik kısımlara doğru hareket ederler. Konik kısımların tabanında bir kez, bitki suyu absorbe eder. Laplace basınç gradyanı, su damlacıklarının yerçekimine meydan okuyabileceği ve yukarı tırmanabileceği kadar büyüktür. Sisten su hasadı için uyarlanmış diğer bitki türleri arasında Namib çölüne özgü bir ot olan *Stipaerostis sabulicola* bulunur (Brown ve Bhushan, 2016). Su damlacıkları birleşmeden önce yaprak üzerinde toplanır ve bitkinin tabanına doğru iner (Louw ve Seely, 1980; Root-Nebelsick ve ark., 2012). Yapraklar, Şekil 4b'de gösterilen bu sıvı akışını belirleyen uzunlamasına sırtlara sahiptir. Çöl yosunu aşırı kurak bölgelerde hayatta kalabilir. *Syntrichia caninervis*, çölde yaygın olarak bulunan çöl yosunlarıdır. Bu bitki eşsizdir, çünkü fotosentezin gerçekleşmesi için yaprak yüzeylerinin ıslak olması gerekir ve kök benzeri yapıları topraktan su toplamaz. *S. caninervis*'in her bir yaprağının ucunda, kılçık veya trikoma olarak adlandırılan 0,5-2 mm uzunluğunda saç benzeri yapılar bulunur ve bunlar sis, çiy ve yağmurdan su toplamak için kullanılır (Şekil 4c) (Koch ve ark., 2008; Pan ve ark., 2016). *Larrea tridentata* çalısı kurak bölgelerde hayatta kalabilir ve sisten su topladığı bilinmektedir. Bitkinin yapraklarındaki ince tüyler, çok ağır hale geldiklerinde bitki yapısına düşmeden önce birleştikleri ve büyüdükleri sis damlacıklarını kesmekte ve sonunda Şekil 4d'de gösterildiği gibi köklere ulaştırmaktadır. Atmosferik su hasadı teknolojileri bu örneklerdeki gibi biyomimetik yaklaşımlardan yararlanmıştır.



Şekil 4. Su hasadı için mekanizmalarından ilham alınan çöl bitkileri (Bhushan, 2020'dan uyarlanmıştır).

2.3. Atmosferik Su Hasadı Teknolojileri

Su, sürekli olarak dünya yüzeyinin altında ve üstünde döngü halindedir. Su kütleleri, bulutlar, buharlaşma ve yoğuşma su döngüsünün bir parçasıdır. Atmosferik su genellikle üç temel tipte bulunmaktadır: bulutlar, sis ve su buharı. Bulut ve sis, küçük su damlacıklarından oluşmaktadır (tipik olarak 0,5 - 5 mm arasında değişen yağmur damlacıklarının boyutuna kıyasla 1 -40 µm çapında), ancak sisteki su damlacıklarının konsantrasyonu genellikle daha büyüktür (Beysens ve Milimouk, 2000). Havadaki su formlarına göre, atmosferik su hasadı teknolojileri; suni yağmur hasadı, (Bruintjes, 1999; DeFelice ve Axisa, 2017), sis suyu hasadı (Klemm ve ark., 2012; Fessehaye ve ark., 2014) ve çiy suyu hasadı (Dai ve ark., 2018) olarak üç farklı kategoriye ayrılabilir. Hava değişikliği ("bulut tohumlama" veya "yapay yağmur" olarak da bilinir) yalnızca troposferde bol su bulutlarının toplandığı durumlarda önemli miktarda yağış üretebilir (Bruintjes, 1999; DeFelice ve Axisa, 2017). Sis suyu hasadı, hava değişiminden farklı olarak, belirli kurak bölgelerde önemli miktarda içme suyu temini için kanıtlanmış bir teknolojidir (Klemm ve ark., 2012). Nem hasadı, nemli havanın soğutulmuş bir yüzey üzerinden geçirilmesi ile elde edilebilir ve yüzey sıcaklığı havanın çiylenme noktası sıcaklığından düşükse yoğunlaştırılmış sıvı su elde edilir (Khalil ve ark., 2016). Çeşitli atmosferik su hasadı teknolojilerinin teknik olarak sınıflandırılması Şekil 5'te gösterilmiştir.

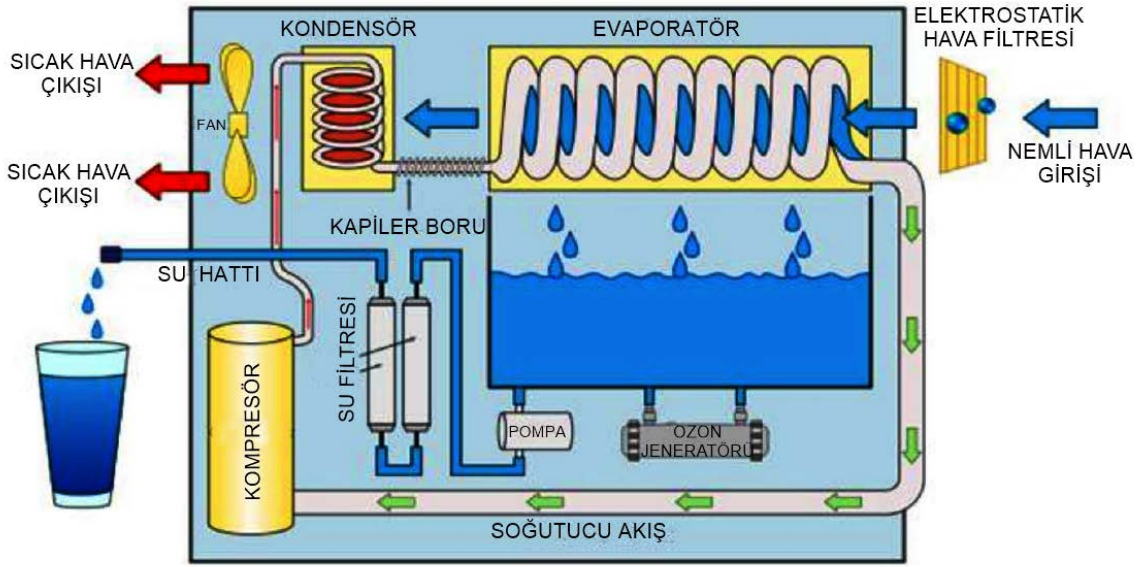


Şekil 5. Atmosferik Su Hasadı Yöntemlerinin Teknik Olarak Sınıflandırılması (Tu ve ark., 2018'den düzenlenerek alınmıştır).

2.4. Atmosferik Su Jeneratörü Çalışma Prensibi

Atmosferik su jeneratörleri genel olarak buzdolabı ve klimalarla aynı olan buharlaşma-soğutma prensibiyle çalışmaktadır. Bir atmosferik su jeneratörü havayı; bir kompresör soğutucu akışkanı bir kondansatör ve ardından onu çevreleyen ve havayı soğutan bir

evaporatör bobini içinde dolaştırmaktadır. Bu hava sıcaklığını çiy noktasına kadar düşürerek su buharının yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Daha sonra kontrollü hızlı bir fan, havayı bobinin üzerine itmektedir. Elde edilen su daha sonra suyun saf kalmasına yardımcı olmak ve yoğuşma suyu tarafından evaporatör rezistansındaki ortam havasından toplanabilecek virüs ve bakterilerin oluşturduğu riski azaltmak için de arıtma ve filtreleme sistemli bir bekletme tankına geçirilmektedir (Şekil 6). Suyun üretilme hızı bağıl neme, ortam havası sıcaklığına ve kompresörün boyutuna bağlıdır. Atmosferik su jeneratörleri bağıl nem ve hava sıcaklığı arttıkça daha verimli hale gelmektedir. Genel bir kural olarak, sıcaklık 18,3 °C altına düştüğünde veya bağıl nem %30'un altına düştüğünde soğutma-yoğuşmalı atmosferik su jeneratörleri verimli çalışmamaktadır. Bir atmosferik su jeneratörünün maliyeti cihazın kapasitesine, yerel nem ve sıcaklık koşullarına ve üniteye güç verme maliyetine bağlıdır (Tripathi ve ark., 2016).



Şekil 6. Atmosferik Su Hasadı Jeneratörünün Genel çalışma prensibi (Tripathi ve ark., 2016'den çevrilerek uyarlanmıştır).

2.5. Atmosferik Su Hasadı ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Doğa kurak koşullarda hayatta kalmak için farklı yöntemler benimsemiştir. Bitkilerin havadaki nemi absorbe ettiğini ortaya koyan ilk çalışmalardan biri 1727'de Hales tarafından yapılmıştır. Stone tarafından 1957'de bitkilerde çiy ve suyun emilimi üzerine yoğunlaşan bir literatür taraması yapılmıştır (Stone, 1957). Malik ve ark. (2014), (*Opuntia microdasys*, *Stipagrostis sabulicola* ve *Trianthema hereroensis*) böcekler, kurbağalar, kertenkeleler ve örümceklerle ilgili literatür taraması yapılmıştır. Atmosferik su hasadı ile ilgili fikirleri 1987 yılından bu yana, ancak daha büyük ölçeklerdeki deneyler Batı Afrika (Namibya), Güney Amerika (Şili ve Peru) (Schemenauer ve Cereceda 1992a) ve Orta Doğu (Suudi Arabistan ve Umman, muson mevsimi) kıyı çöllerinde (Schemenauer ve Cereceda, 1992b) ve dünyanın birçok kurak bölgesinde (Schemenauer ve Cereceda, 1991) yapılmıştır. Başarılı sonuçlar, günümüzde dünyanın birçok yerinde başlatılan ve uygulanan benzer sis hasadı projelerine ilham kaynağı olmuştur (Batisha, 2015). Bu çalışmada %40 sis daldırma

süresi ve 3 m/s rüzgâr hızı ile %50 su hasadı randımanı olan tipik koşullarda 0,1–0,5 gram/m³ civarında sıvı su içeriği elde edilmiştir (Wahlgren, 2001; Montecinos ve ark., 2018). Yüksek irtifa sisi kullanan gelişmiş sistemlerin çoğu ise günde 3–7 kg/m² su üretme kabiliyetine sahiptir (Klemm ve ark., 2012). Abdul-Wahab ve ark. (2007), Hint musonlarının neden olduğu sis yaşanan Umman Sultanlığı'nın Dhofar Bölgesi'ndeki bazı dağlık alanlardaki evlerin yakınlarına konut tipi sis hasadı teknolojileri inşa etmişler ve onların potansiyelini incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda 77 gün boyunca toplanan toplam sis suyu hasadının 995, 880 ve 753 litre/m² olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar, tüm sis hasadı teknolojilerinin sis suyu toplamada çok etkili olduğunu kanıtlamıştır (Abdul-Wahab ve ark., 2007). Bir başka çalışmada Schemenauer ve Cereceda (2003) uygulanabilir ve verimli bir sis çıkarma projesinin aşağıdaki kriterleri karşılaması gerektiğini belirtilmiştir: i) sis yıl boyunca sık sık meydana gelmeli ve nispeten uzun bir süre devam etmelidir; ii) nispeten yoğun su buharı içeriğine sahip yüksek rakımlı sisler, kurak topraklardaki sisli suyu hasadı projeleri için birincil ilgi konusudur; iii) daha yüksek bir verimlilik elde etmek için sis toplamaya rüzgâr eşlik etmelidir. Alternatif yaklaşımlar arasında, çiğ su toplama sisli su toplama ile karşılaştırıldığında iklimsel ve coğrafi kısıtlamalardan minimum düzeyde etkilendiği için ideal aday olarak yaygın şekilde kabul edilmiştir (Sharan 2008; Muñoz-García 2013, Kotzen 2014; Khalil ve ark., 2016; Sharan ve ark., 2017). Nem tutma performansı esas olarak ortam bağıl nemine bağlıdır. Genel olarak, kurak bölgelerde bağıl nem genellikle %30'dan azdır. Ortam bağıl nemi %80'den büyük olduğunda, sis özellikle güneşli bir sabahta nispeten daha kolay oluşmaktadır (Tu ve ark., 2018).

Aktif kondansatörler artık su kalitesi ve / veya miktar sorunları olan bölgelerde yerel olarak yönetilen su tedarik sistemleri için yenilikçi bir seçenek olarak kabul edilmektedir. Verimleri taşınabilir cihazlarla günde 20 litreye ve daha büyük tarımsal su cihazlarıyla 200.000 litre/ gün'e ulaşabilen çeşitli aktif kondansatör tasarımları patentlenmiştir (Nebbia 1961; Khalil 2016). Enerji tüketimi esas olarak sistem tasarımına bağlı olmaktadır. Bugüne kadar, ticari olarak temin edilebilen atmosferik su hasadı teknolojilerinin çoğu, su üretmek için geleneksel klima teknolojilerini kullanmaktadır ve test edilen verimlilik oranları 650–850 wattaat(elektrik)/ kg aralığında ve aralarında en iyi verimlilik yaklaşık 250 wattaat (elektrik)/kg olarak tespit edilmiştir (Bui ve ark., 2017).

Kim ve ark. (2018) kurak iklimler için adsorpsiyon bazlı atmosferik su hasadı cihazı ile ilgili yaptığı bir çalışmada sorbentleri kullanan atmosferik su jeneratörlerinin, düşük bağıl nem koşullarında su buharını yakalayabildikleri ve bol miktarda güneş-termal enerji kaynağı tarafından daha yüksek verimlilikle çalıştırılabildiğini ifade etmiştir. Oldukça kurak bir iklime sahip (Tempe, Arizona, ABD) ve bağıl nemin %10-40 arasında olduğu bir bölgede yaklaşık %14'lük bir termal verimlilikle (güneş enerjisi girdisinden suya dönüşüm) çalışan metal-organik çerçeve (MOF)-801 [Zr₆O₄(OH)₄(fumarat)₆] kullanan hava soğutmalı sorbent bazlı atmosferik su toplama cihazının tek bir günlük döngü için her kg metal organik çerçeve başına 0,25 litre'den fazla su hasat ettiği belirtilmektedir.

Birçok atmosferik su hasadı teknolojisinden, sis suyu hasadı (Ju ve ark., 2012), su buharının çiyleştirilmesi (Gido ve ark., 2016) ve sorpsiyon bazlı atmosferik su hasadı (Xu ve ark., 2020) dahil olmak üzere üçü en çok bilinen ve tanınanlardır (Tu ve ark., 2018). Sorpsiyon ve ışınımsal soğutmaya dayalı atmosferik su hasadı teknolojilerinin, merkezi tatlı su kaynağı olmayan kurak bölgeler için çözüm olabileceği düşünülmektedir. Atmosferik su

hasadı, metal-organik çerçeveler, hidrojel ve tuz gömülü sorbentler gibi gözenekli higroskopik malzemelerin yanı sıra gündüz ışınımlı atmosferik soğutma malzemelerinin avantajlarından yararlanmaktadır. Biyomimetik stratejiye dayalı sis hasadı, ağırlıklı olarak bağıl nemin %65'in üzerinde olduğu oldukça nemli ortamlarda çalışan umut verici bir teknolojidir (Yu ve ark., 2022).

Mendoza-Escamilla ve ark. (2019), madencilik faaliyetinden sonra kirlenen yarı kurak bir bölgede tatlı su hasadı için atmosferik su jeneratörü kullanımına ilişkin bir fizibilite çalışması yapmışlardır. Çalışma yıllık ortalama bağıl nemin yaklaşık %60 olduğu Meksika, San Luis Potosi, Matehuala bölgesinde yürütülmüş , olan atmosferik su jeneratörlerini kullanmak için gerekli çevresel koşullara sahip olduğu bulunmuştur. En düşük hasadın olduğu ay 0,89 - 3,6 litre/gün ile ocak ayı olurken, en yüksek hasadın olduğu ay ise sırasıyla 3,9 - 18 litre/gün ve su üretim maliyetleri sırasıyla 0,0093 ve 0,038 Amerikan doları/litre ile ağustos ayı olmuştur. Çalışma, atmosferik su jeneratörlerinin kullanımının su kıtlığını hafifletmeye yardımcı olacağı sonucunu çıkartmaktadır.

Wang ve ark. (2019), tatlı su hasadı için yaptıkları bir çalışmada kullanımı yaygın olmayan arayüzey solar ısıtma destekli sıvı sorbentli atmosferik su jeneratörü kullanmıştır. Bu çalışma ile günde 2,89 kg m⁻² ve yaklaşık %70 bağıl nemde sadece güneş enerjisi girişi ve %66,9'a kadar yüksek desorpsiyon enerji verimliliği ile atmosferik tatlı su elde edilebileceği ifade edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda düşük maliyetli ve etkili bu yaklaşımla, suyu atmosferden hasat etmek, kurak, karayla çevrili ve tatlı suyun kıt olduğu diğer alanların susuzluğunu gidermek için etkili bir yol olduğu belirtilmiştir. Li ve ark. (2018), atmosferik tatlı su hasadını hedefleyen bir çalışmada atmosferik su jeneratörü için yüksek su buharı emme kapasiteli hibrit bir hidrojel kullanılmıştır. Bu sayede yani nem çekerek sıvılaştıran tuz ve hidrojel sayesinde düşük nemli havada bile etkili bir su hasadı kapasitesine sahip olduğu belirtilmiştir. 35 gram kuru hidrojel içeren "evde montajı kolay" bir prototip cihaz, açık havada saha koşullarında test edilmiştir ve doğal güneş ışığı altında 2,5 saat içinde 20 gram tatlı su hasadı sağlamıştır. Bu tip atmosferik su üreticinin ucuz ve ekonomik, geniş bir nem aralığında mükemmel çalışan, elektriğe ihtiyaç duymayan ve bu nedenle özellikle uzak bölgelerde temiz su üretimi için uygun olduğu ifade edilmiştir (Li ve ark., 2018).

Pokorny ve ark. (2022) yaptıkları bir çalışmada çöl iklimi koşullarında insanlara içme suyu sağlamanın alternatif bir yolunu sunmak için, mobil otonom atmosferik su jeneratörünün bir prototipi tasarlanmış ve deneysel olarak araştırmıştır. Çöl iklim koşullarında atmosferik buhardan verimli su ekstraksiyonu sağlamak için, bir hava akımından diğerine su buharı kütle aktarımı sağlamak için bir kurutucu çark kullanılmıştır. Geliştirilen prototip, 0,23 kilogram/saat ila 1,45 kilogram/saat su toplama hızı ve 1,00 kilowatt saat/kg ila 4,65 kilowatt saat/kg birim performans katsayısı ile kurak yerlerde suyu etkin bir şekilde hasadının sağlanabileceği tespit edilmiştir. Ardından, Riyad (Suudi Arabistan) ve Tamanrasset (Cezayir) çöl iklim koşulları için farklı kontrol stratejileri ile tam bir yıl simülasyon analizi yapılmıştır. Simülasyonun sonuçları, tam otonom modda, Riyad ve Tamanrasset iklim koşulları için sırasıyla yıllık ortalama 7,9 kilogram/gün ve 8,1 kilogram/gün su üretim oranlarına ulaşıldığını göstermiştir (Pokorny ve ark., 2022).

Kabeel ve ark. (2014), bir çalışmada Basra Körfezi ülkeleri veya benzerleri için atmosferik su hasadını güneş bazlı termoelektrik jeneratör kullanarak tasarlamıştır.

Tasarlanan sistem için akış banyosu üzerindeki basınç düşüşü, hedef parametre olarak metrekare başına su verimliliği ve ortam sıcaklığı ile nemin etkisi olmak üzere dört parametre incelenmiştir. Üç farklı iklim bölgesinde Kızıldeniz, Basra Körfezi ve Güney Avrupa'dır (Güney İspanya), sadece yaz iklim koşulları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Hava fanı için gerekli pompalama gücünün 9,1 watt'ı geçmediği tespit edilmiştir ve ünitenin tatlı su verimliliği 3,9 litre/saat'e kadar çıkmıştır (Kabeel ve ark., 2014).

3. Sonuç

Atmosferik su hasadı teknolojilerinin su kıtlığı sorununu çözmesi, geleneksel bir kaynakla çalıştırılması yerine yenilenebilir enerji kaynaklarıyla entegre bir şekilde düzenli çalıştırılabilmesi, taşınabilir ve her yerde kullanılabilir olması, elektrik tüketimi açısından tasarruf sağlaması gibi avantajları bakımından uygun bir seçenek olduğu yapılan çalışmaların sonuçları doğrultusunda söylenebilir. Bu gösteriyor ki kurak ve yarı kurak alanlarda ya da yaz kuraklığı çeken bölgelerde havadaki sudan etkin bir şekilde yararlanmayı mümkün kılan atmosferik su hasadı teknolojileri bu alanlardaki bitkilerin su ihtiyacı için, özellikle arboretum veya botanik bahçelerindeki yaz kuraklığında oluşabilecek su kıtlığına yeni bir çözüm ve su yönetimine de ek alternatif bir kaynak olabilir.

4. Kaynaklar

- Abdul-Wahab, S.A., Hilal, A.H., Al-Najar, K.A., & Al-Kalbani, M.S. (2007). Feasibility of fog water collection: a case study from Oman. *J. Water Supply Res. Technol. Aqua*, 56, 275-280.
- Anonim, (2018). <https://watercalculator.org/water-use/climate-change-water-resource> . Erişim Tarihi: 14.04.2022.
- Anonim, (2018). The Effects of Climate Change. <https://climate.nasa.gov/effects/>. Erişim Tarihi: 14.04.2022.
- Batisha, A.F. (2015). Feasibility and sustainability of fog harvesting Sustain. *Water Qual. Ecol.*, 6, 1-10.
- Bentley, P.J. & Blumer, W.F.C. (1962). Uptake of water by the lizard, *Moloch horridus*. *Nature*, 194(4829),699-700.
- Beysens, D., Milimouk I. & Schweitzer A. (2000). The case for alternative fresh water sources. *Environmental Science*, 11(4).
- Bhushan, B. (2018). *Biyomimetics: bioinspired hierarchical-structured surfaces for green science and technology*. 3rd edn. Cham, Switzerland: Springer International.
- Bhushan, B. (2020). Design of water harvesting towers and projections for water collection from fog and condensation. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 378, 2167.
- Brown, P.S. & Bhushan, B. (2016). Bioinspired materials for water supply and management: water collection, water purification and separation of water from oil. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 374, 2073.
- Bruintjes, R.T. (1999). A review of cloud seeding experiments to enhance precipitation and some new prospects. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 80, 805-820.
- Bui, D.T., Chua, K. J. & Gordon, J.M. (2017). Comment on “Water harvesting from air with metal-organic frameworks powered by natural sunlight”. *Science*, 358, 6367.

- Cardwell, M. D. (2006). Rain harvesting in a wild population of *Crotalus s. scutulatus* (Serpentes:Viperidae). *Herpetol. Rev.*, 37, 142–144.
- Çapar, G. (2019). *Su Kaynakları Yönetimi ve İklim Değişikliği*. İklim Değişikliği alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi (iklimİN), İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 8, Ankara.
- DeFelice, T. P. & Axisa, D. (2017). Modern and prospective technologies for weather modification activities: developing a framework for integrating autonomous unmanned aircraft systems. *Atmos. Res.*, 193, 173-183.
- Dai, X., Sun N., Nielsen, S.O., Stogin, B.B., Wang, J., Yang, S., & Wong, T.S. (2018). Hydrophilic directional slippery rough surfaces for water harvesting. *Science Advances*, 4(3).
- DSİ, (2022). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. Erişim: <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754>.
- Edmonds, D.T., & Vollrath, F. (1992). The contribution of atmospheric water vapour to the formation and efficiency of a spider's capture web. *Biological Science*, 248,1322, 145-148.
- Ghaffour, N., Missimer, T.M. & Amy, G.L. (2013). Technical review and evaluation of the economics of water desalination: Current and future challenges for better water supply sustainability. *Desalination*, 309, 197–207.
- Gido, B., Friedler, E. & Broday, D. M. (2016). Assessment of atmospheric moisture harvesting by direct cooling. *Atmospheric Research*, 182, 156–162.
- Gindel, I. (1965). Irrigation of plants with atmospheric water within the desert. *Nature*, 207, 1173.
- Gioda, A., Acosta Baladtn, A., Fontanel, P., Hernfindez Martin, Z. ve Santos, A. (1992). L'arbre fontaine. *La Recherche*, 23, 1400-1408.
- Gorb, S.N., & Gorb, E.V. (2017). *Functional surfaces in biology III- diversity of the physical phenomena*. Cham, Switzerland: Springer International.
- Guadarrama-Cetina, J., Mongruel, A., Medici, M. G., Baquero, E., Parker, A. R., Milimouk, Melnychuk, I., González-Viñas, W., & Beysens, D. (2014). Dew Condensation on Desert Beetle Skin. *The European Physical Journal E*, 37(11), 109.
- Hamilton, W.J. & Seely, M.K. (1976). Fog basking by the Namib desert beetle, *Onymacris unguicularis*. *Nature*, 262, 284-285.
- Hitier, H. (1925). Condensateurs des Vapenrs Atmosphriques dans l'Antiquitt. *Comptes-Rendus Acadtmie d'Agriculture*, Paris, pp. 679-683.
- J. Ju, H. Bai, Y. Zheng, T. Zhao, R. Fang & L. Jiang, (2012). A multi-structural and multi-functional integrated fog collection system in cactus. *Nature Communications*, 3, 1247.
- Jumikis, A.R., (1965). Aerial wells: secondary sources of water. *Soil Science*, 100, 83-95.
- Kabeel, A.E., Abdulaziz, M. & El-Said, E.M.S. (2014). Solar-based atmospheric water generator utilisation of a fresh water recovery: A numerical study. *Journal of Ambient Energy*, 37(1),68-75.
- Kalmutzki, M.J., Diercks, C.S. & Yaghi, O.M. (2018). Metal-Organic Frameworks for Water Harvesting from Air. *Adv. Mater.*, 30(37), 1704304.
- Khalil, B., Adamowski, J., Shabbir, A., Jang, C., Rojas, M., Reilly, K. & Ozga-Zielinski, B. (2016). A review: dew water collection from radiative passive collectors to recent developments of active collectors Sustain, *Water Resour. Manag.*, 2, 71-86.
- Kim, H., Yang, S., Rao S.R., Narayanan S., Kapustin E.A., Furukawa H., Umans A.S., Yaghi O.M. & Wang E.N. (2017). Water harvesting from air with metal-organic frameworks powered by natural sunlight. *Science*, 356, 430–432.

- Kim, H., Rao S.R., Kapustin, E.A., Zhao, L., Yang, S., Yaghi, O.M. & Wang, E.N. (2018). Adsorption-based atmospheric water harvesting device for arid climates. *Nature Communications*, 9, 1191.
- Klemm, O., Schemenauer, R. S., Lummerich, A., Cereceda, P., Marzol, V., Corell, D., Heerden, J.O., Reinhard, D., Gherezghiher, T., Olivier, J., Ossour, P., Frost, E.J., Estrela, M.J., Valiente, J.A. & Fessehay, G.M. (2012). Fog as a fresh-water resource: overview and perspectives. *Ambio*, 41(3), 221-234.
- Koch, K., Bhushan, B., & Barthlott, W. (2008). Diversity of structure, morphology and wetting of plant surfaces. *Soft matter*, 4, 1943–1963.
- Kotzen, B. (2014). Novel ideas for maximising dew collection to aid plant establishment to combat desertification and restore degraded dry and arid lands. In EGU General Assembly Conference. Vienna, Austria.
- Lawrance, P., Meigh, J., & Sullivan, C. (2002). *The Water Poverty Index: an International Comparison*. Keele Economic Research Papers, Keele University.
- Li, R., Şi, Y., Alsaedi, M., Wu, M., Shi, L., & Wang, P. (2018). Hybrid Hydrogel with High Water Vapor Harvesting Capacity for Deployable Solar-Driven Atmospheric Water Generator. *Environ. Sci. Technol.*, 52(19), 11367-11377.
- Louw, G.N., Seely, M.K. (1980). Exploitation of fog water by a perennial Namib dune grass, *Stipagrotis sabulicola*. *S.Afr. J. Sci.*, 76, 38–39.
- Malik, F.T., Clement, R.M., Gethin, D.T., Krawszik, W. & Parker, A.R. (2014). Nature's moisture harvesters: a comparative review. *Bioinspir. Biomim.*, 9(3), 031002.
- Mendoza-Escamilla, J.A., Hernandez-Rangel, F.J., Cruz-Alcantar, P., Saavedra-Leos, M.Z., Morales-Morales, J., Figuera-Diaz, R.A., Valencia-Castillo, C.M., & Martinez-Lopez, F.J. (2019). A Feasibility Study on the Use of an Atmospheric Water Generator (AWG) for the Harvesting of Fresh Water in a Semi-Arid Region Affected by Mining Pollution. *Appl. Sci.* 9(16), 3278.
- Mooney, H.A., Weisser, P.J., & Gulmon, S.L. (1977). Environmental adaptations of Atacaman Desert Cactus *Copiapoa haseltoniana*. *Flora*, 166(2), 117–124.
- Monteith, J.L. (1957). Dew. *Q. J. Royal Meteorol. Soc.*, 83(357), 322-341.
- Muñoz-García, M.A., Moreda, G.P., Raga-Arroyo, M.P., & Marín-González, O. (2013). Water harvesting for young trees using Peltier modules powered by photovoltaic solar energy. *Comput. Electron. Agr.*, 93, 60-67.
- Mutlu Avinç, G., & Arslan S. (2019). Mimari Tasarımda Biyomimetik Yaklaşımlar: Pavyonlar Üzerine Bir Araştırma. *Online Journal of Art and Design*, 7(2).
- Nebbia, G. (1961). The problem of obtaining water from the air. In Proceedings of the Conference on Solar and Aeolian Energy.
- Nikolayev, V.S., Beysens, D., Gioda, A., Milimouka, I., Katiushin, E. & Morel, J.P. (1996). Water recovery from dew. *J. Hydrol.*, 182(1-4), 19–35.
- Pan, Z., Pitt, W.G., Zhang, Y., Wu, N., Tao, Y., & Truscott, T.T. (2016). The upside-down water collection system of *Syntrichia caninervis*. *Nat. Plants*, 2, 16076.
- Pohl, G. & Nachtigall, W. (2015). *Biomimetics for Architecture & Design*. Nature Analogies-Technology: Springer.

- Pokorny, N., Shemelin, V., & Novotny, J. (2022). Experimental study and performance analysis of a mobile autonomous atmospheric water generator designed for arid climatic conditions. *Energy*, 250, 123813.
- Roth-Nebelsick, A., Ebner, M., Miranda, T., Gottschalk, V., Voigt, D., Gorb, S., Stegmaier, T., Sarsour, J., Linke, M. & Konkrad, W. (2012). Leaf surface structures enable the endemic Namib Desert grass *Stipagrostis sabulicola* to irrigate itself with fog water. *J. Soc. Interface*, 9(73), 1965–1974.
- Schemenauer, R.S., & Cereceda, P. (1991). Fog water collection in arid coastal locations. *Ambio*, 20,303–308.
- Schemenauer, R.S., & Cereceda, P. (1992a). The quality of fog water collected for domestic and agricultural use in Chile. *Journal of Applied Meteorology*, 31, 275–290.
- Schemenauer, R.S., & Cereceda, P. (1992b). Monsoon cloud water chemistry on the Arabian Peninsula. *Atmospheric Environment*, 26A, 1583–1587.
- Schemenauer, R.S., Cereceda, P. & Osses P. (2003). The complementary aspects of projects to collect rain, fog and dew. In XIth IRCSA Conference.
- Shalamzari, M. J., & Zhang, W. (2018). Assessing water scarcity using the water poverty index (wpi) in Golestan province of Iran. *Water*, 10(8).
- Sharan, G. (2008). Harvesting dew water using radiative-cooled condenser to supplement drinking water supply in hot arid coastal area of north-west India. In International Conference on Agricultural Engineering. Hersonissos, Greece
- Sharan, G., Roy, A.K., Royon, L., Mongruel, A., & Beysens, D. (2017). Dew plant for bottling water. *Journal of Cleaner Production*., 155, 83-92.
- Shiklomanov, I.A. (1993). *World fresh water resources*. In *Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources*. pp. 13. New York, NY: Oxford University Press.
- Shiklomanov, I.A. (1998). *Monograph World Water Resources*. UNESCO.
- Stone, E.C. (1957). Dew as an ecological factor: I. a review of the literature. *Ecology*, 38(3),407-413.
- Tripathi, A., Tushar, S., Pal, S., Lodh, S., Tiwari, S., & Desai, P.R.S. (2016). Atmospheric Water Generator. *International Journal of Enhanced Research in Science, Technology and Engineering*, 5(4), ISSN: 2319-74635.
- Tu, Y., Wang, R., Zhang, Y. & Wang, J. (2018). Progress and Expectation of Atmospheric Water Harvesting. *Joule*, 2, 1452-1475.
- Türkeş, M. (2008). *REC Türkiye Öncülerin Eğitimi Ders Notları*, TÜİK (2016). İşgücü İstatistikleri.
- Wahlgren, R.V. (2001). Atmospheric water vapour processor designs for potable water production: a review, *Water Res.*, 35(1),1–22.
- Wang, X., Li X., Liu, G., Li, J., Hu, X., Xu, N., Zhao, W., Zhu, B., & Zhu, J. (2019). An Interfacial Solar Heating Assisted Liquid Sorbent Atmospheric Water Generator. *Angewandte Chemie*, 131(35), 12182-12186.
- WWDR, U. (2020). The United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change In: UNESCO.
- Yu, Z., Zhu, T., Zhang, J., Ge, M., Fu, S., & Lai, Y. (2022). Fog Harvesting Devices Inspired from Single to Multiple Creatures: Current Progress and Future Perspective. *Advanced Functional Materials*, 32(26), 2200359.

- Zari, M.P. (2009). An architectural Love of the Living: Bio-Inspired Design in The Pursuit of Ecological Regeneration and Psychological Wellbeing. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 120, 293-302.
- Ziboid, F.I. (1905). The role of underground dew in water supply of Feodosia. *Trudy opytnykh lesnitchestv*, No. III (in Russian, manuscript kept in the Feodosian Museum). French Translation: Rapport CEASaclay, 1995, DIST, No. 95002495.

Düzce Üniversitesi Süs ve Tıbbi Bitkiler Botanik Bahçesi Dergisi



“DÜSTİBİD”

Ormanların Sürdürülebilirliği İçin Ele Alınması Gereken Bir Kavram; Daisugi Tekniği

Alperen MERAL^{1*}, Engin EROĞLU²

¹Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü

²Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü

***Sorumlu yazar:** alperenmeral@bingol.edu.tr

ÖZET

Günümüzde gelişen nüfus ve artan kentleşme ile doğan barınma ve beslenme ihtiyaçları, orman alanlarımızın üzerinde ciddi baskılar oluşturmaktadır. Özellikle kentlerde, yeşil alan kıtlığı ülkemizin en önemli sorunlarının başında gelmektedir.

Tarım alanı ve yerleşim yerleri açmak için yerine herhangi bir fidan dikilmeden kesilen ağaçlar hem arazi tahribatına hem de ormansızlaşmaya yol açmaktadır. Özellikle iklim değişikliğinin bu kadar gözle görünür seviyelere ulaştığı günümüzde bu durum her geçen gün iklim, arazi kullanımı ve biyoçeşitlilik üzerindeki olumsuz etkilerin artmasına yol açmaktadır.

Hazırlanan bu derlemede ormansızlaşmaya çare olabilmesi muhtemel Daisugi tekniği üzerinde durulmuş, tekniğin hangi amaçlarla ortaya çıktığı ve uygulama şekilleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Özellikle endüstriyel odun üretiminde tekniğin faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Daisugi, Orman, Sürdürülebilir ormancılık

A Concept That Should Be Considered for the Sustainability of Forests; Daisugi Technique

ABSTRACT

Housing and nutrition needs arising from the developing population and increasing urbanization create serious pressures on our forest areas. Especially in cities, the scarcity of green areas is one of the most important problems in our country.

Trees that are cut without planting any saplings in order to open agricultural areas and settlements cause both land destruction and deforestation. Especially today, where climate change has reached such visible levels, this situation leads to an increase in the negative effects on climate, land use, and biodiversity day by day.

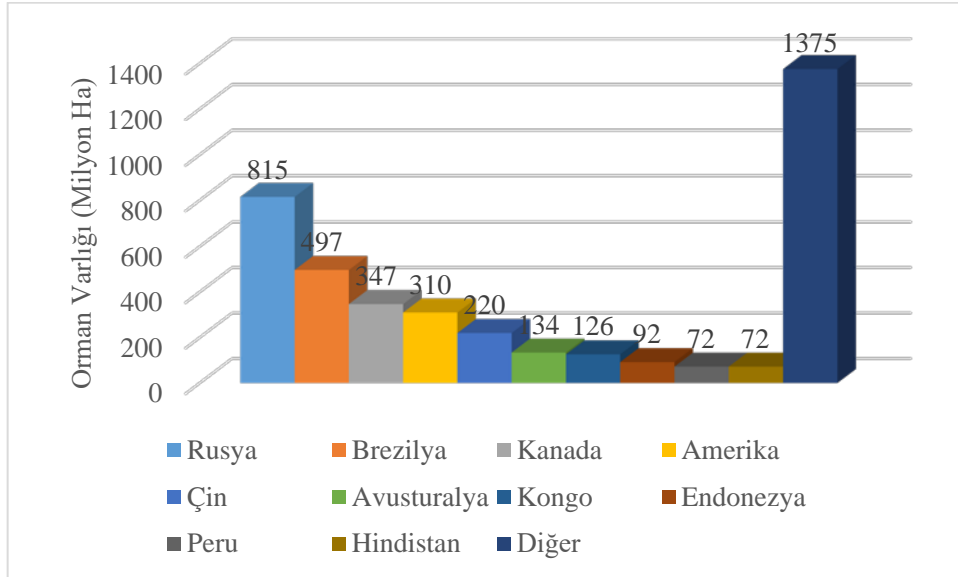
In this review, the Daisugi technique, which can be a solution to deforestation, has been emphasized, and the purpose of the technique and its application methods have been tried to be revealed. It is thought that the technique can be beneficial, especially in industrial wood production.

Keywords: Daisugi, Forest, Sustainable forestry

1. Giriş

Farklı bakış açıları ile geniş değerlendirme alanlarına sahip alanlar olan ormanlar, kereste ürünleri kaynağı, sayısız biyolojik çeşitlilik formuyla birlikte ağaçlardan oluşan bir ekosistem, yerli halklar için yerleşim yerleri, karbon depolama için geniş bir havuz ve çoklu ekosistem hizmetlerinin önemli kaynaklarından (Robin L. Chazdon vd., 2016). Arazi örtüsü açısından değerlendirildiğinde benzersiz hayvan ve bitki topluluklarının desteklendiği ekosistemler olarak görülen ormanlar, arazi kullanımı açısından değerlendirildiğinde ise mevcut bitki örtüsüne bakılmaksızın yasalar ile belirlenmiş arazilerdir. Bu araziler geçici olarak ağaçlardan yoksun kalabilmektedirler (R.L. Chazdon, 2014; Robin L. Chazdon vd., 2016).

FRA 2020'ye göre ormanlar küresel alanın %30,28'ini kaplamaktadır. Toplam orman alanı 4,06milyar ha olup, küresel bazda kişi başına düşen orman miktarı 0,5ha'dır. Ancak ormanlar dünya çapında eşit olarak dağılım göstermemektedir. Dünya ormanlarının yarısından fazlası 5 ülkede bulunurken, %66'sı ise 10 ülkede bulunmaktadır (FAO, 2020) (Şekil 1).



Şekil 1. Dünyadaki Orman Varlığı

Orman Genel Müdürlüğü verilerine göre ise 2020 yılında Türkiye genelinde 22,933,000ha orman varlığı (ülke genelinin %29,4'ü) bulunmaktadır (Anonim, 2021).

Orman alanları dünya genelinde 1990 ile 2020 yılları arasında %32,5'ten %30,8'e gerilemiştir. Bu da 178 milyon ha'lık (yaklaşık Libya büyüklüğünde bir alana eşittir. Bu azalışla beraber bazı ülkelerde ortaya konulan strateji planları ve kazanılan yeni ormanlar sayesinde orman kayıpları yılda 7,84milyon ha'dan 4,74ha'ya kadar gerilemiştir. Orman kayıplarının başlıca nedeni olarak artan nüfusun beslenme ihtiyacını karşılamak amacıyla tarım alanlarının genişlemesi gösterilmektedir (FAO, 2020). Son yıllarda orman örtüsündeki en büyük olumsuz değişiklikler Orta Afrika, Amazon Havzası, Endonezya ve Papua Yeni Gine'nin çoğunluğunu oluşturan tropikal yağmur ormanlarında görülürken, en büyük olumlu değişiklikler ise tundra ormanlarının ağırlıklı olarak görüldüğü Kanada ve Rusya'da meydana gelmiştir (FAO, 2020; Song vd., 2018).

Ormanlar odun üretimi açısından yoğun olarak kullanılan alanlardır. Türkiye, ormancılık altyapısını ve strateji planlarını planlarını yeni planlama felsefesine göre hazırlamaktadır. Ancak tüm bu planlama süreçlerine rağmen, 30 yılı aşkın süre içerisinde odun üretimi merkezli planlanan ormanlık alanların mevcut ağaç varlığı ve ağaç sayılarının artımı bakımından zaman içindeki yapısal değişimi ve bu açıdan plan uygulamalarının başarısı yeterince göz önünde bulundurulmamıştır (Yolasiğmaz ve Keleş, 2009).

Eski çağlardan günümüze, odun, biyoenerji olarak her zaman verliğini ve önemini korumuştur. Günümüzde, dünyada gerçekleştirilen yuvarlak odun üretiminin neredeyse yarısı (1,8milyar m³) enerji amaçlı kullanılmaktadır (Yolasiğmaz ve Keleş, 2009).

Bu derlemede sürdürülebilir ormancılık açısından Japonya'da uygulanan ağaç kesmeden odun üretme tekniği olan ve ormansızlaşmanın kısmen de olsa azaltılabileceğini düşünülen Daisugi tekniğine değinilecektir.

2. Daisugi Tekniği

Kelimenin tam anlamıyla 'Dai' masa, Sugi ise 'sedir' anlamlarını taşımaktadır. Bu eski bonsai tekniği sedir ağacından yapılmış bir masanın üzerine diğer sedir ağaçlarını koymuşsunuz gibi gösterir (Anonim 2020a).

Teknik asil samurayların hala var olduğu 14.yy'da geliştirilmiştir. O zamanlar samurayların barınakları için Kitayama Maruta denen uzun ince sugi ağaçlarından üretilen kerestelere ihtiyaç duyulmaktaydı. Sugi ağaçlarının sınırlı olması dolayısıyla çok fazla ağaç kesmeden daha fazla kereste elde etmenin yolunu arayan uzmanlar daisugi tekniğine başvurmuşlardır (Takahashi vd., 2005; Anonim 2020a). Daha güçlü ve yoğun ahşabın yanı sıra daha esnek olan daisugi kerestesi daha estetik, aynı zamanda tayfunlara daha dayanıklı evlerin inşa edilmesini mümkün kılmıştır (Yamashita vd., 2009).

Teknik; kerestesinin değerli olması ve işleme kolaylığı açısından sadece sedir ağaçları üzerine kurgulanıyor olsa da, diğer bitkilerle de kullanılması mümkündür (Anonim 2020a).

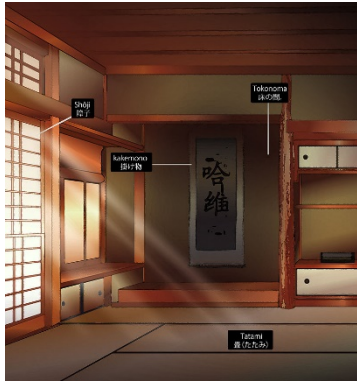
Tekniğin önemli bir kısmını sugi plantasyonlarının dikim ve bakımı oluşturur. Nakagawa köyünde yeni sugi arazilerinin ekimi için 400 yıllık Cryptomeria ağacı korunmaktadır. Dikim için seçilen, çelikleri alınacak ağaçların geniş taç yapısına sahip olmaları ve doğru açılı ışığa maruz kalmaları gerekmektedir. Çünkü seçilen ağaçlar maruz kaldığı ışığın açısına göre yönelmektedirler. Elde edilen çelikler, toprak tipi, sahaya gelen ışığın açısı ve sahanın maruz kaldığı rüzgar dikkate alınarak dikilmelidir (Jong vd., 2022).

Bu uygulama Kitayama'da katmanlama ile çoğalma özelliğine sahip doğal bir Cryptomeria türü üzerine gelişmiştir. Daha çok yüksek kaliteli reçineli küçük kütüklerin üretiminin ana amaç haline gelmesi ile ortaya çıkmıştır. Bu yöntemde ağaç gövdesinin taban dalları budanarak gövde canlı tutulur. Gövdenin kesilmesinden sonra kütük korunur ve canlı tutulan taban dallarından birkaç yeni gövdenin büyümesine olanak sağlanır. Bu işlemler tekrarlanarak tek kütük üzerinden seleksiyon kesimi yapılır (Toda, 1974). Böylece tüm ağacı kereste için kesmek yerine, tomrukçular sadece üst kısımları keserek bitkinin taban ve kök yapısını bozulmadan bırakabilmektedirler (Anaonim, 2020b).



Şekil 2. Daisugi tekniği ile şekillendirilmiş ağaçlar (Anonim, 2020a)

Bu teknik, orman varlığının az olduğu Kyoto'nun kuzey dağları olan Kitayama'da odun ve ağaç kıtlığını çözmeyen alternatif olarak ortaya çıkmıştır (Anonim, 2020c). Buralardan elde edilen keresteler genellikle Tokonoma girintisinin ana direkleri için kullanılmaktadırlar.



Şekil 3. Tokonoma girintisi (URL 4)

2.1. Neden *Cryptomeria japonica* ağacı?

Antik çağlardan beri Sugi olarak bilinen *Cryptomeria japonica*, Japonya'daki en önemli kozalaklı ağaç türlerinden biri olmuştur (Hashimoto, 1983; Ohba, 1993). 1986 yılında Japonya'da Taiwan'a götürülen *Cryptomeria japonica* tohumları ile deniz seviyesinden yüksekliği 800-2000m aralarında değişen yüksekliklerde 45000 ha orman plantasyon yapılmıştır (Sakaguchi, 1983).

Eski çağlarda Japonya'da sugi ormanlarının hüküm sürdüğüne inanılmaktadır. Sugi, zamanın ilkel aletleri ile bile bölünebilen yumuşak odunlu düz bir gövdeye sahip olduğundan, ev yapımında, ahşap gemi yapımında, çeltik tarlalarında, inşaat ve günlük kullanılan birçok eşyanın yapımında kullanılmıştır (Ohba, 1993) (Şekil 2).



Şekil 4. *Cryptomeria japonica* ormanı, gövdesi ve yaprak yapısı (URL1;2;3)

Muromachi ve erken Edo dönemlerinde, bambu çemberli ahşap fiçilerin yapımına başlanmış ve Japon pirinç şarabı, soya fasülyesi, soya sosu ve soya ezmesinin nakliyesinde bir devrim yaratmıştır. Sugi ahşabı düz gövdesi, işlenebilirliği, hoş rengi ve kokusu nedeniyle ev kirişleri, mertekler ve çeşitli panoların üretimi için uygundur. Ayrıca bu ağaç, Japonya'daki diğer tüm ağaç türlerinden daha fazla boy ve çap yapmaktadır. Bunun yanında ülkenin doğal koşullarına tamamen uyum sağlamıştır. Sugi fide ve çelik yoluyla kolayca üretilir (Ohba, 1993).

2.2. Daisugi Tekniğinin Avantajları ve Dezavantajları

Bu teknik ile üretilen dallar, normal sugi bitkilerinden çok daha kısa sürede (yaklaşık 20 yılda hasat edilecek duruma gelirler. Bir temel gövdeden bir seferde yüz sürgüne kadar ürün elde edilebilmektedir. Elde edilen ürünler genellikle normal sugi ağaçlarından daha küçük olmalarına rağmen daha farklı özelliklere sahiptirler. Kereketleri normal sugi ağaçlarından %140 daha esnek olmasına rağmen iki kat daha güçlü ve yoğundur (Anonim 2020a).

Bunların yanında 20 yılda hasat boyuna erişebilmesi, başka bitkiler üzerinde denenmemiş ve adaptasyon çalışmalarının yapılmamış olması, bakımının zorluğu ve üretim maliyetlerinin yüksekliği nedeni ile günümüzde popülaritesini yitirmiş bir yöntemdir (Anonim 2020b,c).

3. Sonuç ve Öneriler

Disugi tekniği günümüzde popülaritesini kaybetmiş olsa da özellikle endüstriyel odun üretimi açısından önemli olabilecek potansiyele sahip bir teknik olarak gözümüze çarpmaktadır. Her ne kadar diğer bitkiler ile de uygulanabileceği literatürlerce söylene de bu konuda herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. 20 yılda hasada gelecek kerestelerin oluşturulabilmesi ve tek gövde üzerine çoklu kütüklerin elde edilebilecek olması yöntemi cazip hale getirmektedir. Özellikle ormansızlaşmanın arttığı günümüzde ağaç kesiminin

önüne geçebilecek ve ormancılığa alternatif bir yöntem olarak kullanılabilceği düşünülmektedir.

Yöntemin kullanılabilmesi için diğer bitkiler ile uygulanabilirliğinin araştırılması, yöntemi ile en iyi sonucu veren *Cryptoemeria japonica* ağacının iklim ve toprak yapısına uygunluğu için adaptasyon çalışmalarının yapılması, daha hızlı odun ve kereste üretimine olanak verip vermediğinin araştırılması gerekmektedir.

4. Kaynakça

- Anonim (2020a). Daisugi, The ancient bonsai technique that can prevent deforestation. <https://earthbuddies.net/daisugi/> (Erişim Tarihi: 07.09.2022).
- Anonim (2020b). A Japanese forestry technique prunes upper branches to create a tree platform for more sustainable harvests. <https://www.thisiscolossal.com/2020/10/daisugi-trees-japan/> (Erişim Tarihi: 07.09.2022).
- Anonim (2020c). Daisugi: The Japanese forestry technique of creating a tree platform for other trees. <https://www.spoon-tamago.com/2020/10/20/daisugi-japanese-forestry-technique/#comments> (Erişim Tarihi: 07.09.2022)
- Anonim (2021). Türkiye Orman Varlığı. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Chazdon, R.L. (2014). Second growth: The promise of tropical forests regeneration in an age of deforestation. Chicago: IL: University of Chicago Press.
- Chazdon, Robin L., Brancalion, P. H. S., Laestadius, L., Bennett-Curry, A., Buckingham, K., Kumar, C., & Wilson, S. J. (2016). When is a forest a forest? Forest concepts and definitions in the era of forest and landscape restoration". *Ambio*, 45(5), 538–550.
- FAO. 2020. The state of the worlds forests; forests, biodiversity and people. Rome.
- Hashimoto, Y. (1983). *Cryptomeria* in Peoples's Republic of China. In: Sakaguchi K (ed) all of the sugi, *Cryptomeria japonica*. Natural for Extens Assoc. Tokyo.
- Jong, W. D. E., Urushima, A. F., Jacquet, B., & Takahashi, T. (2022). Cedars of the North Mountains : Historical forest culture and practices in modern day. *Nature policies*, 24(1), 1–13.
- Ohba, K. (1993). Colonial forestry with Sugi. İçinde L. W. J. Ahuja M.R. (Ed.), Colonial Forestry (ss. 66–90). London: Springer-Verlag.
- Sakaguchi, K. (1983). *Cryptomeria japonica* in Taiwan. In: Sakaguchi K (ed) All of the sugi, *Cryptomeria japonica*. İçinde Nat For Extens Assoc (ss. 599–617). Tokyo.
- Song, X. P., Hansen, M. C., Stehman, S. V., Potapov, P. V., Tyukavina, A., Vermote, E. F., & Townshend, J. R. (2018). Global land change from 1982 to 2016. *Nature*, 560(7720), 639–643.
- Takahashi, T., Yamamoto, K., Senda, Y., & Tsuzuku, M. (2005). Estimating individual tree heights of sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) plantations in mountainous areas using small-footprint airborne LIDAR. *Journal of Forest Research*, 10(2), 135–142.
- Toda, R. (1974). "Vegetative propagation in relation to Japanese forest tree improvement". *New Zealand journal of forestry science*, 410–417.
- URL1. <https://www.waterwereld.nu/images/japanseceder7.JPG>, (Erişim Tarihi: 07.09.2022).

- URL2. <https://media.gettyimages.com/photos/interior-of-a-humid-forest-of-big-trees-and-trunks-in-island-of-picture-id1047023994?s=2048x2048> (Erişim Tarihi: 07.09.2022).
- URL3. <https://threatenedconifers.rbge.org.uk/conifers/cryptomeria-japonica> (Erişim Tarihi: 07.09.2022).
- URL 4. <https://en.wikipedia.org/wiki/Tokonoma> (Erişim Tarihi: 07.09.2022).
- Yamashita, K., Hirakawa, Y., Nakatani, H., & Ikeda, M. (2009). "Tangential and radial shrinkage variation within trees in sugi (*Cryptomeria japonica*) cultivars". *Journal of Wood Science*, 55(3), 161–168.
- Yolasışmaz, H. A., & Keleş, S. (2009). "Artvin Balcı Planlama Birimi ağaç serveti ve artımının konum ve zamana bağlı olarak değişimi". *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9(1), 42–53.

Düzce Üniversitesi Süs ve Tıbbi Bitkiler Botanik Bahçesi Dergisi



“DÜSTİBİD”

Botanik Bahçeleri ve Kuşlar*

Leyla ÖZKAN^{1*}

¹Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Yaban Hayatı Ekolojisi ve Yönetimi Bölümü

***Sorumlu yazar:** leylaozkan@duzce.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada botanik bahçeleri ve kuşlar birlikte değerlendirilmiştir. Kuşlar ve diğer yaban hayatı elemanları pek çok etken nedeniyle negatif olarak etkilenmektedir. Dünya kuşlarının genel durumu kötüleşmeye devam etmekte ve tehdit altındaki türlerin %80'inden fazlasının popülasyonları şu anda azalmaktadır. Öncelikli amaç olarak hem yerli hem de egzotik bitkilerin sergilendiği botanik bahçeleri şehirleşme ile habitat daralması yaşayan pek çok tür ve bununla birlikte insan yerleşimlerine adapte olabilmiş türler düşünüldüğünde, kuşlar için önemli bir yaşam alanı oluşturabilir. Dünyadaki botanik bahçeleri incelendiğinde, özellikle kuşlar bakımından da düzenlemeler yapıldığı ve hatta bazı botanik bahçelerinde kuş gözlem etkinlikleri düzenlendiği görülmektedir. Düzce Üniversitesi'nde kurulma aşamasında olan Süs ve Tıbbi Bitkiler Botanik Bahçesi de, yerleşkede yaşayan yerli ve göçmen kuş türleri için yeni bir yaşam ve hatta üreme alanı oluşturabilecek potansiyele sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Düzce, Kampüs, Kuşlar.

Botanical Gardens and Birds

ABSTRACT

In this study botanical gardens and birds were evaluated together. Birds and other wildlife elements are negatively affected by many factors. The general condition of the world's birds continues to deteriorate and the populations of more than 80% of threatened species are now declining. Botanical gardens, where both native and exotic plants are exhibited as the primary purpose, can create an important habitat for birds, considering many species that have experienced habitat shrinkage due to urbanization, as well as species that have adapted to human settlements. When the botanical gardens in the world are examined, it is seen that arrangements are made especially in terms of birds and even bird watching activities are organized in some botanical gardens. The Ornamental and Medicinal Plants Botanical Garden, which is in the process of being established at Düzce University, has the potential to create a new habitat and even a breeding ground for native and migratory bird species living in the campus.

Keywords: Birds, Campus, Duzce.

1. Biyolojik Çeşitlilik ve Kuşlar

Anadolu; zengin bitki örtüsü, topografyası ve iklimsel koşullarının oluşturduğu birçok farklı makro ve mikro habitatları ile tanımlanmakta ve bu özelliklerinin sonucu olarak, zengin bir faunaya sahip olduğu belirtilmektedir (Demirsoy, 1977). Orman, dağ, step, mağara, sulak alan, kıyı ve deniz ekosistemlerine sahip olması ile birlikte bu ekosistemlerin farklı form ve kombinasyonlarının görülmesi de bu çeşitliliğin oluşmasına katkı sağlamıştır (Kızıroğlu, 1989). Bu fauna zenginliğinin oluşumundaki etkenler irdelendiğinde; 1) Anadolu sadece Akdeniz havzasının değil, aynı zamanda Palearktık bölgenin de paleocoğrafik olarak

en aktif alanlarından biridir (Steininger ve Rögl, 1984). Paleocoğrafik değişkenlik türleşme olayları üzerinde direkt etkili faktörlerdendir ve bu anlamda yüksek değişkenliğe sahip olan Anadolu'nun önemli bir türleşme alanı olmasını sağlamıştır. 2) Anadolu Kuvaterner buzul dönemlerinde taksonlar için önemli sığınaklardan biridir (Hewitt, 1996; Çıplak, 2004; Şirin, ve ark. 2010).

Diğer yandan kıta özelliği gösteren yapısı ve önemli kuş göç yollarının geçtiği bir bölge oluşu sebebiyle de, zengin bir kuş faunasına sahiptir (Şekil 1). Özellikle Türkiye'nin güneyi, kuzey-güney ve güney-kuzey göçü esnasında, Akdeniz engeli öncesinde ve sonrasında, önemli konaklama, beslenme ve üreme alanlarına sahiptir. Dünyada 11162 kuş türü yaşamaktadır (Anonim, 2022), dünya üzerinde belirlenen biyoçeşitlilik sıcak noktalarından üçünü sınırları içerisinde barındıran Türkiye'de ise; Eken ve Bozdoğan (2006)'na göre 460, Kızıroğlu (2015)' na göre 513 kuş türü ile önemli bir avifaunaya sahiptir. Bu sayılar ile Avrupa'da düzenli olarak gözlenen kuş türlerinin yaklaşık %70'ine ev sahipliği yapmaktadır.



Şekil 1. Türkiye kuş göç yolları (Turan, 2009).

Kuşlar, geniş ve görünmez olan birçok ekosistem hizmeti sunarlar. Besin zincirindeki konumlarıyla av olarak diğer canlıların besinlerini oluşturmaları, kendileri avcı olarak başta böcekler olmak üzere diğer canlı gruplarıyla beslenerek onların sayısını dengede tutmaları yanında, bitkilerin tozlaşması ve tohum dağılımından, çürükçül beslenen ve toprağın dönüşümünde önemli yeri olan mantar sporlarının dağılımına ve bakterilerin yayılmasına kadar çok yönlü şekilde ekosistemler için doğrudan veya dolaylı katkılarda bulunurlar (Wenny ve ark., 2011; Da Silva ve ark., 2016).

Kuşlar ve diğer yaban hayatı elemanları; habitat kaybı veya daralması, sanayileşme, şehirleşme, turizm vb. kaynaklı etkiler veya tarımsal ilaçlar, çeşitli atıklar gibi kirleticilerin etkisiyle oluşan çevre kirliliği gibi antropojenik etkiler, bozulan ekosistem dengeleri sonucu besin zincirlerinde meydana gelen farklılaşmalar, iklim değişikliği ve bunlara benzer pek çok etken nedeniyle negatif olarak etkilenmektedir. Scott (2008) son iki yüz yılda insan nüfus artışı ile türlerin yok oluş hızlarının paralel bir şekilde arttığını bildirmektedir (Şekil 6).

IUCN (Uluslararası doğa ve doğal kaynakları koruma birliği)'nin verilerine göre; köpek balıklarının %37'si, çift yaşamlıların %41'i, sürüngenlerin % 21'i, kuşların %13'ü, memelilerin %27'si, mercan resiflerinin %33'ü, cycad'ların (Cycadaceae) %69'u ve iğne yapraklıların %34'ü tükenme tehlikesi ile karşı karşıyadır (IUCN, 2022). Yine IUCN tarafından yapılan değerlendirmelerde son 1500 yılda 159 kuş türünün yok olduğunu tahmin etmektedir.

Bununla birlikte 2017 itibariyle BirdLife, dünya çapında 1.469 kuş türünün (toplamın %13.4'ü veya kabaca sekizde biri) yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olduğunu tespit etmiştir. Bu türler küçük, parçalanmış veya azalan aralıklara, küçük popülasyonlara sahiptir veya hızla azalmaktadır. Bunlardan 223 tür, "Kritik Olarak Tehlike Altında" olarak kabul edilir ve yakın gelecekte son derece yüksek bir yok olma riskiyle karşı karşıyadır (BirdLife International, 2017).

Küresel koruma çabalarına rağmen, dünya kuşlarının genel durumu kötüleşmeye devam etmektedir. Dünyanın tehdit altındaki türlerinin %80'inden fazlasının popülasyonları şu anda azalmakta ve popülasyon çöküşleri yaşanmaktadır (BirdLife International, 2017).

Kuş popülasyonlarının azalmasında; avcılık, ormansızlaştırma, şehirleşme, kirlilik, balıkçılık, zehirlenme, besin sıkıntısı temel tehditlerdir ve iklim değişikliği de giderek artan bir öneme sahip olmaktadır (BirdLife International, 2017).

Bu çalışmada botanik bahçeleri kuşlar bakımından değerlendirilmiştir.

2. Botanik Bahçeleri ve Kuş Etkileşimleri

Kuşlar oldukça aktif hareket edebilmeleriyle kıtalararası yer değiştirme yeteneğine sahip, hem karasal hem de sucul ekosistemlerde yayılışı olan ve tüm kıtalara dağılmış bir omurgalı sınıftır. Filogenetik statüleri oldukça belirli ve tanımlamaları nispeten kolay olan bir gruptur. Bu niteliklerinin yanında besin zincirinde yüksek oranda bulunmaları, hem doğal hem de insan etkisiyle gerçekleşen değişimlere karşı hassas olmaları ile biyoçeşitliliğin izlenmesi bakımından indikatör canlı gruplarından biri olarak görülmektedirler (Whelan ve ark., 2008). Bu doğrultuda bir alanda kuşların varlığı ve popülasyon eğilimlerinin durumu oldukça önemlidir.

Tüm canlıların ve kuşların popülasyonlarındaki azalmalar özellikle sanayileşme ile birlikte artmış ve habitat kayıpları bu sürece katkı sağlayan önemli bir faktör olmuştur. Şehirleşme ile birlikte meydana gelen habitat kayıpları pek çok kuş türünün bu alanda varlığını sürdürmemesine neden olmakla birlikte serçe, ispinoz, güvercin, kumru, martı, karga vb. türler gibi bazı kuş türlerine ise yaşam alanları oluşturmaktadır. Tüm yaban hayvanları için temel gereksinim olan; besin, örtü, su ve alan (BÖSA) bileşenlerinin türlerin ihtiyacına göre sağlanması bu canlıların bölgede varlığını sürdürmesine imkan sağlamaktadır. Şehirlerdeki, park, bahçe, gölet vb. alanlar ile birlikte botanik bahçeleri de kuş çeşitliliğini artırmaya yönelik alanlar oluşturmakta hem yerli hem de göçmen kuş türlerini ağırlamaktadır.

Bu alanlardaki bitkisel formasyon meyve ve tohum ile beslenen kuşlara besin sağlanması ile birlikte, alanda varlık gösteren böcekler de insektivor kuşlar için beslenme imkanı sağlamaktadır. Botanik bahçelerinde hem yerli hem de egzotik bitkiler sergilenmektedir. Kuşlar bakımından değerlendirildiğinde özellikle yerli bitki formlarının

kullanılmasına özen gösterilmesi önemlidir. Botanik bahçelerinde ayrıca gölet, havuz, su kapları vb. yapılar kullanılarak su ihtiyacının karşılanması bir diğer önemli husustur. Ayrıca gölet içinde kullanılacak kayalık vb. yüksek alanlar burada kuşların tünemesine imkan vermektedir. Botanik bahçesi içerisindeki ağaçlar, çalılar, kayalık vb. yapılar kuşlar için saklanma, dinlenme ve yuva yapmak için bir örtü oluşturmaktadır. Bunlara ek olarak Botanik bahçesi içerisine yerleştirilecek yapay yuvalar ile kuşların alanda sağlıklı bir şekilde üremesine ayrıca katkı sağlanabilir. Yapılacak bu düzenlemelerle birlikte hem kuşlar için sağlıklı bir yaşam alanı oluşturulması mümkün hale gelebilir hem de Botanik bahçesi, içinde kuş seslerinin duyulduğu ve kuş gözlemi yapılan bir merkez haline getirilebilir.

3. Dünyada Botanik Bahçeleri ve Kuşlar

3.1. Royal Botanic Gardens Victoria (Melbourne/Avustralya)

Royal Botanic Gardens Victoria; şehir merkezine 45 km mesafede konumlanan ve Avustralya yerli bitkileri üzerine uzmanlaşmış bir Botanik bahçesidir. Bahçedeki kuş varlığı üzerine yapılan bir çalışmada, 18 türün tek sefer gözlemlendiği toplam 160 tür kaydının bulunduğu ve bu kuş türlerinin %57'sini yaygın türlerin oluşturduğu bildirilmektedir (Coates ve Harris, 2007).

3.2. Glasgow Botanic Gardens (Glasgow/İskoçya)

Glasgow Botanic Gardens; Glasgow kentinin batı ucunda yer alan, en dikkat çekici olanı Kibble Sarayı olan birkaç seraya, ılıman ve tropikal flora elemanlarına sahip bir botanik bahçesidir. Farklı farklı yıllarda yapılan gözlemler ve en son 2020'de yapılan düzenli çalışmaların birleştirilmesi ile 1894-2020 yılları arasındaki veriler derlenerek, göçmen, yerli ve rastlantısal olmak üzere 99 kuş türüne ev sahipliği yaptığı bildirilmiştir (McInerney, 2020).

3.3. Royal Botanic Garden, Kew (Londra, İngiltere)

Görevini, insanların refahı ve dünyadaki tüm yaşamın geleceği için bitkileri ve mantarları anlamak ve korumak olarak belirten ve 1840 yılında açılan, Royal Botanic Garden, Kew; bünyesinde Kew ve Wakehurst'teki koleksiyonlarda 27.000'den fazla canlı bitki taksonu, 8.3 milyon bitki ve mantar herbaryum örneği, sera, arboretum, mutfak bahçesi, çim bahçesi, bamboo bahçesi vb. ile birlikte dünyanın en büyük tohum koruma projesine sahiptir ve tohum bankasında 40.000'den fazla tür içeren Londra'nın güneybatısında yer alan bir botanik bahçesidir. UNESCO tarafında 2003 yılında dünya miras alanı olarak ilan edilmiştir. Botanik bahçesinin web sitesinde ekosistem için önemli tohum dağıtıcısı ve haşere kontrolörü olarak dikkat çekilen kuşların pek çok türünün, Royal Botanic Garden, Kew'de ürediği bildirilmektedir (Kew, 2020).

3.4. Butchart Gardens (Vancouver, Kanada)

Gül koleksiyonuyla ünlü botanik bahçesinde, Kanada ve Japonya'da yaygın bitki türlerinin egemen olduğu çeşitli bahçe ve köşeler düzenlenmiştir. Bahçenin ilk yıllarında kurucuları aynı zamanda dünyanın her yerinden süs kuşları toplamış ve birkaç ayrıntılı kuş evi inşa ettirmiş ve Begonia Bower sahasında güvercinler yetiştirmiştir. Günümüzde kuş gözlemek için de ziyaret edilmektedir.

3.5. Rio de Janeiro Botanical Garden (Rio de Janeiro, Brezilya)

1808 yılında kurulan ve başlangıçta Antiller'den getirilen hindistancevizi, karabiber ve tarçın gibi bitkileri Brezilya'ya adapte etmeyi amaçlayan bahçe günümüzde tropikal ve tropikal olmayan 6500 bitki türü barındırmakta ve 900 palmye türü ile dikkat çekmektedir. Brezilya'nın en geniş kapsamlı ve botanik alanında uzmanlaşmış 32.000 yayından oluşan bir kütüphaneye sahiptir. Aynı zamanda UNESCO tarafından 1992 yılında Biyosfer rezervi olarak ilan edilmiştir (Anonim, 2022b)

Bahçe bunların yanında doğa severler tarafından kuş gözlemek için de ziyaret edilmektedir. 180'den fazla kuş türüne ev sahipliği yaptığı bildirilen bahçede yaygın olarak görülen 152 kuş türünün tanıtıldığı bir rehber kitabı da basılmıştır (Anonim, 2022c)

3.6. Düzce Üniversitesi Süs ve Tıbbi Bitkiler Botanik Bahçesi ve Kampüs Kuşları

Türkiye'nin önemli göç yolları üzerinde olması, kuşların beslenme ve üreme alanı olarak önemini artırmaktadır. Dünya üzerinde belirlenen biyoçeşitlilik sıcak noktalarından üçünü sınırları içerisinde barındıran Türkiye, Eken ve diğerleri' ne göre 460 (Eken ve Bozdoğan, 2006), Kızıroğlu'na göre 513 (Kızıroğlu, 2015), kuş türü ile önemli bir avifaunaya sahiptir. Bu sayılar ile Avrupa'da düzenli olarak gözlenen kuş türlerinin yaklaşık %70'ine ev sahipliği yapmaktadır (Eken ve Bozdoğan, 2006; Kızıroğlu, 2015).

Üniversite Kampüsleri de hem yerli hem de göçmen kuş türleri için önemli barınma ve üreme alanları oluşturmaktadır. Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesinde önceki yıllarda gözleme dayalı avifaunistik araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Buna göre; Özkan ve Keten (2019) yerleşkede kuşlar ve diğer yaban hayatı elemanlarına yönelik yaptıkları çalışmada, 9 takıma ait 23 familyadan 42 kuş türünün yayılış gösterdiğini bildirmişlerdir. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi öğrencilerinden Yasir Sevil ise yerleşke kuşlarını konu alan bir bitirme tezi hazırlamış ve bu teze göre yerleşkede 6 takıma ait 18 familyadan 39 kuş türünün varlığını bildirmiştir (Sevil, 2020). Bunlarla birlikte Özkan (2021) tarafından 2021 yılı ilkbahar döneminde ise kampüste kuş halkalama çalışması yapılarak hem kuşlar halkalanmış hem de yapılan düzenli gözlemlerle kampüs avifaunası daha ayrıntılı takip edilmiştir.

Bu çalışmada; yerli, göçmen, alanda devamlı görülen veya geçiş yapan toplamda 55 tür kaydedildiği ve bu türlerin ise %36'sının göçmen, %64'ünün ise yerli türlerden oluştuğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, 55 türün IUCN tarafından "LC" yani asgari endişe kategorisinde listelenmesinin yanında bunlardan 16 türün popülasyonlarının azalma eğiliminde olduğu belirtilmiştir. Şekil 2 ve 5'te kampüste yapılan halkalama çalışmaları ve bazı kuşlara ait görüntüler yer almaktadır.



Şekil 2. Kanat uzunluğu ölçümü alınırken



Şekil 3. Kanat uzunluğu ölçümü alınırken



Şekil 4. Kampüste halkalanan kuşlardan bazıları



Şekil 5. Kampüste halkalanan kuşlardan bazıları

Daha önce de bahsedildiği gibi yaban hayvanlarının bir alanda varlığını sürdürebilmesi için gerekli olan dört bileşen; besin, örtü, su ve alan (BÖSA) bir bölgede yeterli ölçülerde ve ihtiyacı karşılayacak düzeyde bulunursa hem kuş çeşitliliği hem de biyoçeşitliliğin o ölçüde zengin olması mümkün olur. Yerleşkede kuş türlerinin gereksinimi olan hem besin hem barınma hem de yuva yapmalarına imkan verecek örtü işlevi gören bitki kompozisyonuna uygun peyzaj müdahaleleri yapılarak daha da verimli bir alan hale getirilebilir. Bununla birlikte kampüs içinde kurulacak olan Süs ve Tıbbi Bitkiler Botanik Bahçesi'nin kuşlar için bir yaşam alanı oluşturması muhtemeldir. Örnek olarak verilen yurtdışındaki köklü botanik bahçelerinde, kuşlar da önemli bir odak noktası olarak düşünülmüş bu amaçla kuşlara yönelik çalışmalar yapanlar, kuş evleri kuranlar ve hatta bahçeleri için kuş rehberi çıkaranlar dahi vardır. Düzce Üniversitesi Süs ve Tıbbi Bitkiler Botanik Bahçesinde yapılması planlanan sergi alanı kısmında ziyaretçilerin hayvanları daha yakından tanıyabilmeleri bakımından oluşturulması düşünülen doldurulmuş kuş ve memeli örneklerinin sergilenmesi, doğanın bütünlüğünü vurgulamak ve yaban hayvan hayvanlarına dikkat çekmek bakımından önemlidir. Bunun yanında bahçe içerisinde canlı kuşları gözleme imkanı bulunabilecek bir alan konumu taşıması da mümkündür. Kuşların temel ihtiyaçlarının göz önüne alınarak yapılacak düzenlemeler ile hem ana amaç olan bitkilerin görülebileceği, hem de kampüs içerisinde kuşların gözlenebileceği bir cazibe noktası olabilecek durumdadır.



Şekil 6. Düzce Üniversitesi Süs ve Tıbbi Bitkiler Botanik Bahçesinde sergi alanı kısmında yapılması planlanan kuşlara ait kısmın tasarım örneği



Şekil 7. Düzce Üniversitesi Süs ve Tıbbi Bitkiler Botanik Bahçesinde sergi alanı kısmında yapılması planlanan kuşlara ait kısmın tasarım örneği

4. Kaynaklar

- Anonim, (2022a). <https://www.birdlife.org/birds/> Erişim tarihi: 19.10.2022.
- Anonim, (2022b). https://tr.wikipedia.org/wiki/Rio_de_Janeiro_Botanik_Bah%C3%A7esi Erişim tarihi: 19.10.2022.
- Anonim, (2022c). <https://apassarinhologa.com.br/birding-at-rio-de-janeiro-botanical-garden/> Erişim tarihi: 19.10.2022.
- Coates, T. & Harris, K. (2007). Birds Of The Royal Botanic Gardens, Cranbourne. Journal of the Australian Bird Study Association, 32(1), 1-16.
- Çıplak, B. (2004). Systematics, Phylogeny And Biogeography Of Anterastes (Orthoptera, Tettigoniidae, Tettigoniinae): Evolution Within A Refugium. Zoologica Scripta, 33, 19-44.
- Da Silva, L., P., A., Pereira Coutinho, Heleno, R., H., Tenreiro, P., Q. & Ramos, J., A. (2016). Dispersal of fungi spores by non-specialized flower-visiting birds. Journal of Avian Biology, 47, 438-442.
- Demirsoy, A. (1977). Türkiye'nin Caelifera (Insecta) Faunasının Tespiti ve Taksonomik İncelenmesi. Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- Eken, G., Bozdoğan, M., İsfendiyaroğlu, S., Kılıç, D., T. ve Lise, Y. (2006). Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları. Doğa Derneği yayınları.
- Hewitt, G., M. (1996). Some genetic consequences of ice ages, and their role in divergence and speciation. Biological Journal of Linnean Society, 58, 247-276.
- Kızıroğlu, İ. (1989). Türkiye Kuşları, Ankara, OGM Eğitim Daire Başkanlığı.
- Kızıroğlu, İ. (2015). Türkiye Kuşları Cep Kitabı (The pocket book for birds of Turkey). İnkılap Kitabevi.
- McInerny, C., J. (2020). The Glasgow Naturalist (online 2020). 27(3), 72-76.
- Özkan, L. ve Ketten, A. (2019). Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi Kuşları ve Diğer Yaban Hayatı Elemanları. Journal of Forestry, 16(1), 62-72.

- Özkan, L. (2021). Düzce Üniversitesi Kampüsünde Halkalama Metodu Uygulanarak Avifaunanın Belirlenmesi. Proje sonuç raporu. Proje No: 2020.02.04.1078. Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, Düzce.
- Scott, J.,M. (2008). SLIDES: Threats to Biological Diversity: Global, Continental, Local. Shifting Baselines and New Meridians: Water, Resources, Landscapes, and the Transformation of the American West, Summer Conference, June 4-6.
- Sevil, Y. (2020). Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi Kuşları. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü Bitirme Tezi, Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Düzce.
- Steininger, F., F. & Rögl, F. 1984. Paleogeography and palinspastic reconstruction of the Neogene of the Mediterranean and Paratethys, Geological Society, 17:659-668.
- Şirin, D., Eren, Ö. & Çıplak, B. 2010. Grasshopper diversity and abundance in relation to elevation and vegetation from a snapshot in Mediterranean Anatolia: role of latitudinal position in altitudinal differences. Journal of Natural History, 44, 21-22.
- Wenny, D., G., Devault, T., L., Johnson, M., D., Kelly, D., Sekercioglu, C., H., Tomback, D., F., & Whelan, C., J. (2011). The Need to Quantify Ecosystem Services Provided By Birds. The Auk, 128(1), 1-14.
- Whelan, C.,J., Wenny, D.,G. & Marquis, R.,J. (2008) Ecosystem Services Provided by Birds. Annals New York Academy Sciences, 1134, 25–60.