

Yazışma yazarı:
Hüseyin ŞENER,
hsener@mgm.gov.tr

Referans:
Şener H., (2020), Ormanlar Yağmuru Çeker mi?, İklim Değişikliği ve Çevre, 5, (1) 1–12,

Makale Gönderimi : 28 OCAK 2019
Online Kabul : 21 KASIM 2019
Online Basım : 25 MART 2020

Hüseyin ŞENER¹,

¹Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, ORCID:0000-0003-4224-5017

Özet Doğal alanların gün geçtikçe daha fazla tahrip edilmesi küresel ısınmanın daha fazla artmasına, bunun sonucunda da mal ve can kayıplarına yol açan tehlikeli meteorolojik olayların sayısı ve şiddet olarak artmasına neden olmaktadır. Bu makalede “Ormanlar yağmuru(bulutları) çeker mi?” sorusu sorgulanmış, ormanların yağmuru nasıl çektiği ile ilgili bilgiler verilmiştir. Bu bilgi kullanılarak; hem daha fazla yağış elde edebilmek hem de küresel ısınma ile can ve mal kayıplarına sebep olan hava olaylarının azaltılması için kullanılacak yeni yöntemler hakkında bilgilendirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Orman, yağmur, bulut, su buharı, küresel ısınma.

Do forests attract rainfall?

Abstract Day-to day destruction of natural areas leads to a further increase in global warming, resulting in increased number and severity of dangerous meteorological events leading to loss of goods and lives. In this article, the question “Do forests attract rainfall?” has been examined and information about the mechanisms of how forests attract rainfall has been provided. In the light of this information, new methods that could be used to achieve more rainfall, as well as to reduce global warming and weather events that cause loss of goods and lives have been presented.

Keywords: Forest, rain, cloud, water vapor, global warming.

1. Giriş

Günümüzde insanoğlunun karşı karşıya kaldığı en büyük sorunlardan biri küresel ısınmadır. Bu konuda bir takım tedbirler alınmaya çalışılmaktadır.

Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir:

- Sanayi atıklarının yer altı ve yer üstü sularına karışmasını engelleyici çalışmalar (SDWF, 2017)
- Ağaçlandırma çalışmaları (Tema, 2019)
- Suyun kullanımına yönelik bilinçlendirici yazı veya görseller (WMO, 2019)
- Zararlı hava olayları için geliştirilen erken uyarı sistemleri (WMO, 2018)

Her ne kadar belirli önlemler alınsa da bu durum küresel ısınmanın durması ya da tehlikeli hava olaylarının azaltılması için yeterli gelmemektedir. Peki, başka neler yapılabilir? Cevap belki de aşağıdaki sorunun içindedir...

Ormanlar yağmuru çeker mi?

Evet, ormanlar yağmuru (bulutları) gerçekten çekerler. Bu olay çok uzak mesafedeki bulutları çekme şeklinde değil de bir mıknaşın başka bir mıknaşını çekmesi olayındaki gibi gerçekleşir (Şekil 1).



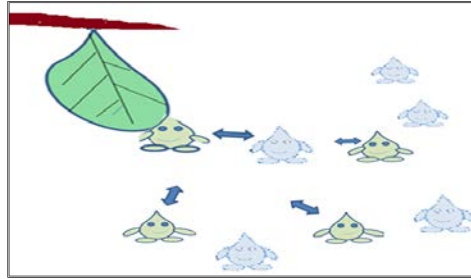
Şekil 1. Ormanların, içindeki nem potansiyelini kullanarak bulutları çekmesi (MGM, 2005)

Peki, ormanlar bu çekimi nasıl gerçekleştirir? Bulutları veya sisi orman tabakası üzerine ya da yakınına çeken şey, aslında ortamda bulunan su damlacıkları ve su buharı parçacıklarının birbirini çekme kuvvetidir. Adhezyon ve kohezyon yeryüzündeki her su molekülünü etkileyen su özellikleridir ve ayrıca su moleküllerinin diğer maddelerin molekülleriyle etkileşimi diye tanımlanır (Goldman, 2018).

- Her bir damla, başka bir damlayı (kohezyon),
- Her bir damla, buharlaşma sırasında yüzeyinden ayrılan su buharı moleküllerini (kohezyon),
- Her bir su buharı molekülü, diğer su buharı moleküllerini, merkezdeki en fazla çekim kuvvetine sahip olmak üzere gücü nispetinde çekmektedir (kohezyon) (Şekil 2).
- Ayrıca her bir su molekülü, temas ettiği herhangi bir yüzey (ağaç, yaprak, kaya, metal) ile farklı birer çekim kuvveti oluşturur (adhezyon) (Şekil 3).



Şekil 2. Çekim kuvveti etkisiyle birbirine tutunmuş su buharı molekülleri (MGM, 2007)



Şekil 3. Adhezyon kuvveti ile yaprağa tutunmuş bir su damlası

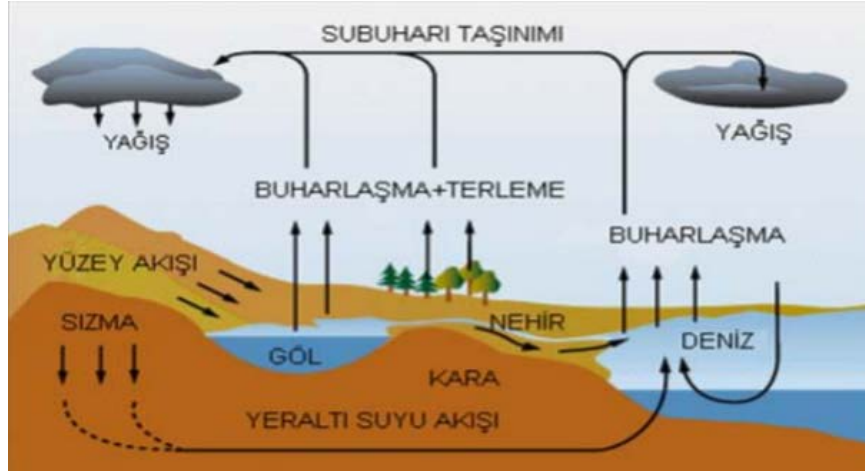
Birbirini çekme kuvvetleri önemsiz gibi görünse de işin büyük kısmını su buharı molekülleri gerçekleştirmektedir. Keza kaynamakta olan bir kabın yüzeyinde bile su buharı moleküllerinin birbirinden kopmamak için ne denli bir direnç gösterdiği, su yüzeyinden süzülerek atmosfere yükseldikleri hepimiz tarafından görülebilmektedir. Ne zaman ki bu çekim kuvvetinin üzerinde bir etki olmakta, o zaman bu parçacıklar birbirinden ayrılmaktadır (rüzgâr veya sıcaklık artışı gibi).

Bulutların oluşmasını sağlayan esas kuvvet moleküller arası çekim kuvvetidir. Eğer böyle bir çekim kuvveti olmasaydı gökyüzüne yükselen su buharı taneciklerinin tümünün birbirlerine yaklaşmalarını, yerden yükseldikleri andaki mesafelerini korumaları gerekirdi. Suyun yoğunluğu 1 gr/cm^3 'dür. Bu yoğunluktaki bir maddenin gökyüzünde asılı kalabilmesi mümkün değildir. Yeryüzünden sıcaklık artışı nedeniyle buharlaşarak yükselebilen su buharı ise suya veya havaya nazaran çok daha düşük bir yoğunluğa sahiptir (Engineering ToolBox, 2003). Su buharı, su damlacıkları ve buz parçacıklarından oluşan küçük bir bulut, tek bir su buharı molekülünde olduğu gibi havada asılı kalabilmekte veya hareket edebilmektedir. Su buharı, suyun gaz halidir. Bulutu meydana getiren milyonlarca su buharı taneciği, su damlaları ve buz parçalarıyla bir araya geldiğinde toplam yoğunluğu düşürmekte ve tüm bu parçacıkların havada yumak şeklinde bir arada kalmasını sağlamaktadır.

Ormanlık alanlar hem tabanlarının nemli olması hem de yapraklardan meydana gelen terleme nedeni ile genellikle nem potansiyeli yüksek olan yerlerdir. Orman içindeki su molekülleri, su buharı sayesinde orman içine ve yüzeyine yayılır. Bu durum su molekülleri arasındaki adhezyon ve kohezyon etkisi sayesinde gerçekleşmektedir. Bulutların hacimleri gözle görülebilen sınırlarla sabit değildir ve gözle görülmesi bile sınırlarından dışarı taşan su buharı taneciklerine sahiptirler. Bulutlar ve hava arasında duvar şeklinde bir yapı yoktur. Bütün sıvıların, buldukları basınç ve sıcaklık koşullarında, üzerindeki gaz fazında bir miktar da kendi molekülleri vardır. Koşullar değiştiğinde gaz ortamındaki moleküllerin sayısı da değişir (Besergil, 1996). Ayrıca hareket eden bu moleküllerin değişen hava koşullarına göre buharlaşma veya yoğunlaşma hareketleri de durmaksızın devam etmektedir (PennState, 2018). Yani orman içindeki su kütlelerinin üzerindeki su buharı, orman yüzeyi üzerinde serbest haldeki su buharı molekülleri ile devamlı olarak bir etkileşim içindedir. Bulut ve orman arasındaki nem miktarının artışı ne kadar fazla ise bulut ve orman arasındaki mesafe o oranda yakınlaşacaktır. Sun (2007)'de makalesinde "Yüzey sıcaklığı ve nispi nem, çoğu durumda taban yüksekliği olan alçak bulutların yoğunlaşma seviyesi ile yakından ilgilidir" demiştir.

Adhezyon veya kohezyon nedeni ile birbirlerine tutunan su kütleleri veya damlaların çekim kuvveti, su buharı moleküllerinin birbirlerini çektikleri kuvvete göre daha güçlüdür. Ağaçlar üzerindeki damlalar ve bulut tabanındaki su buharı tanecikleri vasıtasıyla moleküler bir çekim gerçekleştiğinde ağaçlar üzerindeki damlaların çekim gücünün daha güçlü olması ve bulutun sabit bir yere tutunamaması sebebiyle hareket yönü mecburen orman yüzeyi ve içine doğru olmaktadır. Yani ormanlar, yeterince yakınına gelen bulut veya nem kütlelerini aşağı, yukarı veya yatay olarak kendilerine doğru çekebilmektedir. Aslında kendisi de bulut olan sis tabakalarının ormanlık bölgelerde daha sık görülmesinin sebebi de bu durumdur.

Buharlaştırma, yoğunlaşma, donma, erime ve yağış hidrolojik döngünün birer parçasıdır. Suyun bulunduğu kaynaklardan çeşitli etkenler nedeniyle sıvı halden gaz haline geçerek atmosfere ulaşması ve oradan da tekrar yoğunlaşarak yeryüzüne dönmesi sırasında takip ettiği olaylar zincirine "hidrolojik çevrim" denir (Şekil 4).



Şekil 4. Hidrolojik Çevrim (MGM, 2005)

Hava birçok gazdan meydana gelmektedir. Bu gazlardan birisi de su buharıdır. Su buharı yoğunluğu bölgelere ve yüksekliğe göre değişiklik gösterir. Genellikle yer seviyesinde daha fazladır, yüksek seviyelere çıkıldıkça gittikçe azalmaktadır (Wang, 2013). Sıcaklık, nem ve basınç özellikleri birbirinden farklı olan hava kütleleri atmosfer içinde sürekli olarak homojenleşme çabası içindedir ve hem yatay hem de dikey olarak yer değiştirirler. Dikey hareketler genellikle güneş enerjisinin yeryüzünü ısıtması nedeniyle meydana gelir. Kuvvetli rüzgârlar yüksek seviyelerde daha çok görülür. Atmosferdeki dinamik yapı ve hareketlerin sonucu olarak atmosfere giren su buharı molekülü giriş noktasından binlerce km. ileride yağış halinde kara veya okyanuslara geri döner (MGM, 2005).

Yağışın oluşması için aşağıdaki şartların gerçekleşmesi gerekmektedir:

1- Atmosferin o bölgesinde yeterince su buharı olmalıdır. Ortama ilave edilen her su buharı molekülü hem bulut gelişimine hem de yağış miktarına katkı sağlayacaktır. Yağış oluşumu için bulut içindeki nem en üst seviyeye yani %100'e ulaşması gerekmektedir. Buna süper doymuş ortam denir.

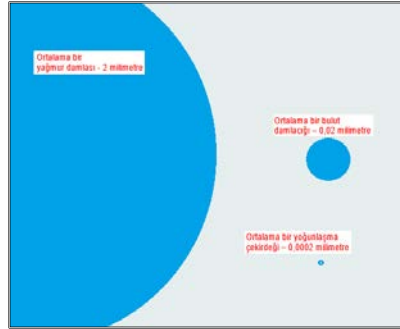
2- Havanın yoğunlaşması gerekmektedir. Bunun için belli bir hacim ve nem kapasitesine sahip hava kütlelerinin yükselmesi suretiyle sıcaklığının düşmesi, aynı zamanda ortama daha fazla su buharı ilave edilerek, daha fazlasını taşıyamayacak (süper doymuş ortam) hale gelmesi ile mümkün olur. Belli bir hacimdeki hava kütlelerinin, sabit bir sıcaklıkta tutabileceği maksimum su buharı miktarı sınırlıdır. Bu sınır aşıldıktan sonra bulut alt kısmından ilave edilen su buharının tümü yoğunlaşacaktır. Doyma noktasına ulaşan hava, daha soğuk ortama ulaşınca tekrar soğur ve bulut damlacıkları ve/veya buz kristalleri şeklinde yoğunlaşır.

3- Yoğunlaşma çekirdekleri. Su buharının mevcudiyeti ve soğuyarak yoğunlaşması yağış oluşumu için yeterli değildir, aynı zamanda su buharının üzerinde yapışabileceği çok küçük boyutlarda toz, deniz tuzu, negatif yüklü iyonlar, duman ve polen gibi yoğunlaşma çekirdekleri gerekmektedir. Bunlar yoğunlaşmayı kolaylaştıran en önemli maddelerdir. Bulut damlacıklarının kolaylıkla yapışabilmesi için higroskopik özellikte olmaları gereklidir, bağıl nemin %100'ün altında olduğu durumlarda bile yoğunlaşmayı sağlayabilirler. Yoğunlaşma çekirdeklerinin çoğu suda çözünbilir özelliktedir. Ayrıca küçük buz parçacıkları iyi birer yoğunlaşma çekirdeğidir, -30 derecedeki su damlacıkları bile bunların üzerinde yoğunlaşabilmektedir.

4- En son safha ise bulut içindeki buz kristalleri ve damlacıkların birbirleri ile çarpışarak veya birleşerek büyümeleri ve yerçekiminin etkisi ile yağış olarak yeryüzüne düşmeleridir. Yağışların çoğunluğu lılık bulutlar vasıtasıyla gerçekleşir (WANG, 2013). Farklı büyüklükteki damlacıklar bulut içindeki dolaşımı sırasında birbirlerine çarpışarak ve yapışarak birleşirler. Bu birleşimde farklı yükteki damlacıkların da olumlu etkisi olur. Küçük damlalar ana damla üzerinde birikir. Bulut içindeki dikey hareketler ne kadar kuvvetli ise damlaların gelişmesi o oranda daha kolay ve çabuk olur. Yeterince büyüyen ve ağırlaşan damla veya buz kristalleri yer çekiminin etkisi ile yağış olarak yeryüzüne kadar

ulaşır. Bulut damlacıkları kendi boyutlarının yaklaşık 1.000.000 katı büyüklüğündeki yağmur damlaları haline gelir (Şekil 5).

Buharlaşma sürecinde 1 gr. suyu, su buharına dönüştürebilmek için yaklaşık 600 kalori gerekir. Bu ısıya buharlaşmanın gizli ısısı denir. Bu ısı enerjisi su buharı tarafından emilir ve yoğunlaşma sırasında bulut içine aktarılır ve yayılır. Bulut alt kısmından nem ilavesi devam ettikçe yoğunlaşma ve bulut gelişimi devam eder.



Şekil 5. Ortalama bir yağmur damlası ile bulut damlacığı ve yoğunlaşma çekirdeği çapı mukayesesi (Resim <http://apollo.lsc.vsc.edu/> kaynağından uyarlanmıştır.)

Katı veya sıvı formdaki suyun okyanus, deniz, nehir gibi su kaynaklarından ve yeryüzü üzerindeki katı yüzeylerden güneş enerjisi veya daha sıcak havanın ortama ulaşması sonucunda su buharı haline gelerek atmosferde yukarı doğru yükselmesine buharlaşma denir. Buharlaşma kaynama noktasının çok daha altındaki sıcaklık derecelerinde de gerçekleşebilmektedir.

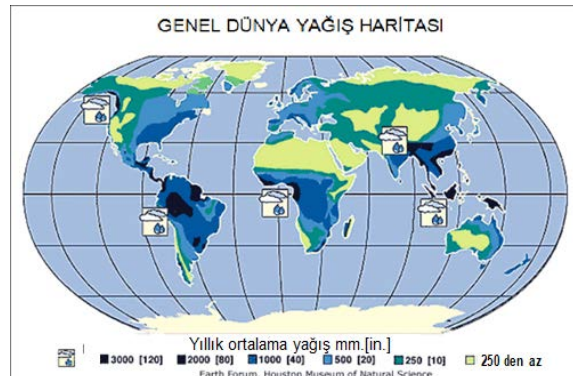
Evapotranspirasyon ise herhangi bir alandaki bitki, toprak, kar, buz gibi serbest yüzeyler üzerinden doğrudan buharlaşan miktar ile bitkilerin stomaları aracılığıyla terleme yolu ile atmosfere iletilen buharlaşma miktarlarının toplamı olarak ifade edilir.

Bitkiler topraktaki suyu kökleri vasıtasıyla emebilir, dal ve yapraklarına iletebilir. Yapraklarındaki stoma adı verilen gözeneklerden terleme yolu ile atmosfere geri verirler. Yapılan çalışmalar atmosferdeki nemin %90'ının okyanus, deniz, göl ve nehirlerdeki buharlaşmadan, geriye kalan %10'unun ise bitki terlemesinden kaynaklandığını göstermiştir (USGS, 2019).

Ormanın buharlaşma miktarı güneş radyasyonu ile sınırlı kalmak üzere okyanus buhar akısından birkaç kat daha yüksek olabilir ve maksimum seviyeye ulaşır, evapotranspirasyon kurak bölgelerde atmosfere yıllık yağışın %90'ını veya daha fazlasını geri getirerek daha da önemli olabilir (WMO, 2008).

Başka bir çalışma ormanların çevresindeki açık alanlara nazaran kışın daha ılık, yaz mevsiminde ise önemli ölçüde serin olduğunu, bunun sonucunda yazın serinletme, kışın ise ılıtma etkisi yaptıkları tespit edilmiştir (NCBI, 2015). Ayrıca ağaçlar sis ya da yağışlar (yağmur, kar gibi) nedeniyle dal ve yaprak yüzeylerine tutunan su damlalarını orman tabanına aktararak büyük miktarlarda su sağlamaktadır (Lancaster, 2014).

Aşağıdaki harita Dünya geneli için milimetre cinsinden yıllık ortalama yağış miktarını göstermektedir (şekil 6). Haritada yağış miktarları kıyaslandığında Afrika'daki Sahra Bölgesi'nin sıcak bir bölge olmasına rağmen nem oranının %0' a yakın olması sebebiyle, kuzey ve güney kutup bölgelerinde ise buz, deniz ve nem olmasına rağmen güneş ışınlarını alamaması ve yeterince ısınmaması sebebiyle yeterince yağış oluşmadığı görülebilmektedir.



Şekil 6. Genel Dünya Yağış Haritası (USGS, 2019)

İç Anadolu Bölgesi'nde toprak neminin yüksek olduğu Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında hava sıcaklıklarının yükselmesi (güneş enerjisi) ile konvektif yağış miktarlarının arttığı gözlemlenirken, hava sıcaklığının daha yüksek olduğu yaz aylarında ise tam tersine azalmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. İç Anadolu Bölgesi'ndeki 7 istasyona ait 1981-2010 yılları arası yağış verileri (MGM, 2019)

Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
	Son İklim Periyodu (1981 - 2010)												
ANKARA	36.3	35.4	39.0	51.1	46.7	34.7	16.8	12.3	17.4	33.6	38.5	42.1	403.9
YOZGAT	64.4	64.4	64.1	68.5	60.4	45.3	16.7	11.1	19.1	43.3	71.4	82.1	610.8
ESKİSEHIR	35.1	27.9	30.6	44.0	40.5	24.4	13.4	8.3	13.7	30.2	35.8	43.7	347.6
KAYSERİ	30.5	34.5	41.1	53.3	57.2	37.3	14.1	6.1	10.5	37.4	38.3	39.3	399.6
KONYA	30.8	23.2	25.5	35.9	38.6	20.5	7.8	5.6	11.3	29.7	39.0	43.9	311.8
KİRSEHIR	38.7	31.4	33.1	47.8	42.4	33.0	8.1	5.7	12.4	31.7	45.8	48.4	378.5
KIRIKKALE	36.9	30.4	33.7	48.5	48.4	38.0	12.8	8.7	12.7	29.2	37.3	45.9	382.5

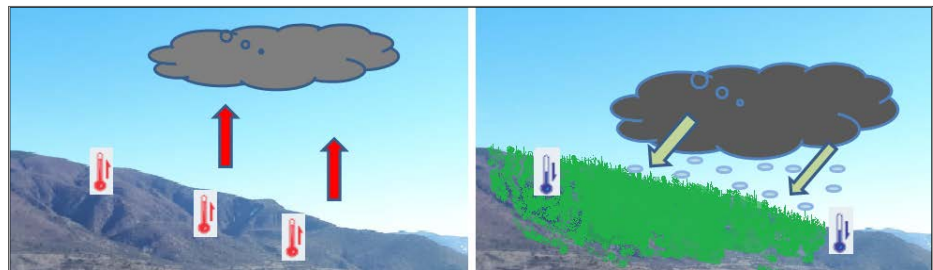
Bu da mevcut su potansiyelinin buharlaşma ve yağış oluşumu üzerinde ne denli etkili olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak orman sahalarının iklim ve yağışa etkilerini şu şekilde özetleyebiliriz;

- Bulut tabanında bulunan damlacık veya su buharı molekülleri adhezyon kuvveti (nemin katı maddeye yapışma kuvveti) ile ağaçlara yapışarak daha fazla damlanın orman tabanına ulaşmasına neden olmaktadır.
- Orman yüzeyindeki nem hem sıcak hem de soğuk havalarda orman yüzeyine yaklaşan bulutun nem potansiyelini artırdığı için yoğunlaşmayı artırmakta dolayısıyla daha fazla yağış bırakmasına neden olmaktadır.
- Çevre sıcaklığının çok yüksek olduğu günlerde, orman yüzeyi üzerindeki düşük sıcaklık bulut alt kısmında yoğunlaşmanın artmasına sebep olacağı için yağışı artıracaktır.
- Ormanlık alanların açık alanlara nazaran kışın daha ılık, yazın ise daha serin olması, katı ve sıvı yağış potansiyelinin korunması ile su buharının atmosfere yavaş-yavaş salınması da küresel ısınma ile mücadelede ayrı bir avantaj sağlamaktadır.

2. Yöntem

Normal şartlarda bir hava kütlesi, ağaçlarla kaplı olmayan bir dağ yüzeyinden geçerken ortama belirli miktarda nem takviyesi yapsa da kendisini tutabilecek bir etken yoksa çok kısa sürede oradan uzaklaşacaktır. Bunun aksine aynı hava kütlesi ağaçlarla kaplı bir yamaç veya dağ yüzeyinden geçerken, ağaçlık alanın sahip olduğu su ve su buharı potansiyeli nedeniyle ağaçlar üzerine ve içine çekilir. Ağaçlık alan ilk anda nem bakımından fakir olsa bile ilk düşen damlalarla birlikte bahsi geçen bu çekimi yine de kullanacaktır. Bunun sonucunda mevcut ortamın daha fazla yağış almasını ya da en azından daha uzun süre ve daha yüksek oranlarda nemli kalmasını sağlayacaktır (Şekil 7).



Şekil 7. Ağaçlandırılmış alan ile ağaçlandırılmamış alan mukayesesi

Bunların dışında ormanlar rüzgârı engeller (Dündar, 1997, s.9). Çok kuvvetli esen rüzgârlar, orman dışında onu engelleyen bir nesne yoksa olduğu gibi hissedilirken, orman içinde neredeyse hiç hissedilmez. Rüzgârın engellenmesi, ortamdaki buharlaşmanın azalması anlamına gelmektedir. Bu da daha yüksek nem ve günlük sıcaklık farkının azalması demektir. Mevcut su buharının artması ise güneş ışınlarının zararlı etkilerini azaltır (NCBI, 2015). Dolayısıyla gün içindeki sıcaklık farkından kaynaklanan hava olayların (fırtına, hortum, oraj, dolu ve diğer yağışlar) tehlikeli ve düzensiz etkilerini de minimuma indirirler. Sheil ve Murdiyarso, (2009)'da makalesinde "Yeni bir hipotez, orman örtüsünün, yağışların tanımlanmasında daha önce fark edilenden daha büyük bir rol oynadığını öne sürmektedir. Ormanlık bölgelerin atmosferik su buharında nasıl büyük ölçekli akışlar oluşturduğunu açıklar" demiştir.

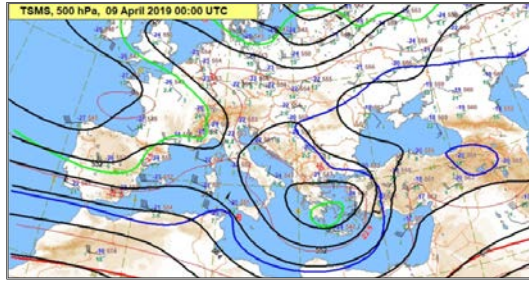
Doğa dengesine böylesine olumlu etkileri bulunan ormanların (yeşil alanların) daha ucuz ve ekonomik bir şekilde çoğaltılması için neler yapılabilir? Su damlacıklarının ve su buharı parçacıklarının dokundukları maddeler ve birbirlerine karşı uyguladıkları çekim kuvveti kullanılarak küresel ısınmayla nasıl mücadele edilebilir? Daha fazla yağmur veya kar suyu nasıl elde edilebilir?

Orman sahalarının oluşturulmasında şüphesiz birçok bilgi dikkate alınır. Bunlardan bazıları; fidan çeşidi, toprağın yapısı, dikim zamanı, ortam sıcaklığı ve ortam nemidir. Bunların yanında dikkate alınması gereken en önemli başlıklar ise şunlardır:

2.1. Yağışlı sistemlerin geliş yönü

Ülkemizde yağışlı sistemlerin yaklaşık %80'i kuzey, kuzeybatı ve batı (özellikle kuzeybatı), %12'si güney ve güneybatı, %8'i ise diğer yönlerden gelmektedir (Çöleri vd., 2007). Sistemlerin veya bulutların herhangi bir noktaya geliş yönü ve sıklığı meteorolojik haritalar, uydu, radar ya da çıplak göz ile takip edilebilmektedir. Lokal farklılıklar ayrı tutulmak kaydıyla, ülkemizin kuzey ve batı (özellikle kuzeybatı) dağ ve tepe yamaçları diğer yönlerle göre hem daha uzun süreli ve yüksek neme hem de daha fazla yağış alma potansiyeline sahiptir. Bu özellik fidanların çabuk ve sağlıklı gelişmelerine büyük katkı sağlayacaktır.

Hava kütleleri bir yerden başka bir yere hareketleri sırasında sadece yağışı değil, geçtiği ortamdaki mevcut sıcaklık ve nem gibi potansiyeli de beraberinde taşımaktadır. Bu bağlamda ülkemizi etkileyen sistemlerin geliş yönü incelendiğinde, yağış potansiyeli olmayan bulutların taşınmaları esnasında ya da bulutsuz havalarda dahi serin havanın taşındığı görülmektedir (Şekil 8). Dolayısıyla bu yönlerde dikilen ağaçların, yaz mevsiminin sıcak ve kavurucu etkilerinden en az zararlı çıkacakları anlamına gelmektedir.



Şekil 8. Hava akışını gösteren 500 milibar haritası (MGM)

Bu şekilde gerçekleştirilen fidan dikimleri, hava kütleleri ve ormanlar arasında sürekli olarak birbirlerini besleyen bir yaşam döngüsü oluşturacaktır.

Ağaçlandırmaların, dağ veya tepelerin güney yönlerinde gerçekleştirilmesi genellikle kötü sonuç vermektedir. Nedeni de zaten kurak olan ortamdaki fidanlar, üzerlerine gelen güneşli sıcak rüzgâr ve/veya kuvvetli güneş ışınlarının etkisiyle yeterince gelişmemektedir. Mutlaka o alana dikilmeleri gerekiyor ise daha çabuk gelişebilen ve şemsiye görevi yaparak bu fidanları güneşin yakıcı etkilerinden koruyacak, geniş hacme sahip akasya türü fidanlar ile birlikte dikilmeleri daha faydalı olacaktır. Geniş hacimli sıradağlar ve tepelerde de yağış genellikle kuzeybatı yamaçlarda gerçekleşecek, güney yamaçlardaki bitki ve ağaçlara hemen-hemen hiç fayda sağlamayacaktır.



Şekil 9. Ilgaz Dağı'nın yağış ve nem kapasitesi çok yüksek kuzey ve kuzeybatı yamaçları ile Tosya ilçesinin nem açısından fakir güney yamaçları(Kültür Portalı, TosyaHaber37, 2018)

Lokal olarak farklı yapılarla sahip Ege Bölgesinin güneyi, batı ve güneybatı, Akdeniz Bölgesi ise özellikle güneybatıdan deniz üzerinden gelecek nemli ve yağışlı hava kütlelerinden daha fazla istifade edecektir.

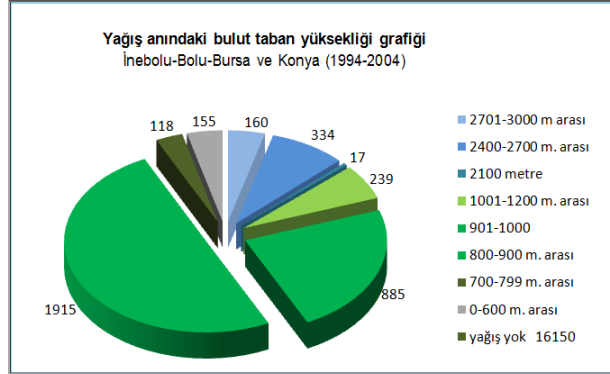
2.2. Bulut taban yükseklikleri

Bulut yükseklikleri buldukları enlem derecelerine göre farklılık göstermektedir (Ahrens, 1994). Bu genel bilgi haricinde bulut tabanı yüksekliği, eğim ve yağış bağıntısını daha iyi bir şekilde açıklayabilmek için daha kapsamlı bir çalışmaya ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle orta enlemlerde bulunan ülkemiz sınırları içindeki Meteoroloji Genel Müdürlüğü bünyesindeki 4 adet meteoroloji istasyonunun 7-14 ve 21 saatlerindeki rasatçılar (ölçüm ve kayıtları yapan görevli) tarafından yapılan klimatolojik rasat kayıtları incelenmiştir.

Bu çalışmada;

- Orta seviye bulutları (Nimbostratus, Altostratus), alçak seviye bulutları (Cumulonimbus, Cumulus, Stratocumulus ve Stratus) bulutlarının yağış anındaki yükseklikleri incelenmiş,

- Gökyüzü kapallığı en az 6/10 olan bulut verileri kullanılmış,
- Yağışın olmadığı (kapalılık 6/10 ve üzeri) ölçüm saatlerdeki bulut taban yükseklikleri de ayrıca belirlenmiştir.



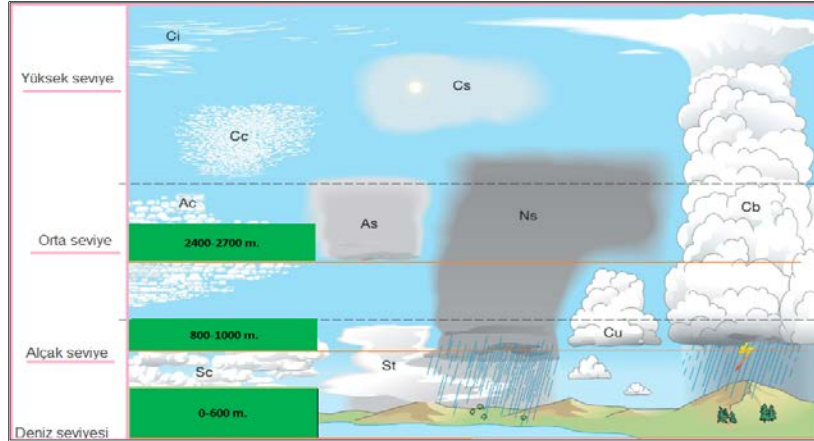
Şekil 10. Bulutların yağış anındaki taban yüksekliklerini gösterir grafik (ŞENER, 2019)

Bu çalışmaya göre;

- Yağışların üç seviyede meydana geldiği görülmüştür.
- Ülkemiz coğrafyasında yağış potansiyeli olan bulutların yağış anındaki etkili oldukları taban yükseklikleri Tablo2.'de sunulmuştur.
- Bu çalışmanın aynı enlemlerde bulunan diğer bölgelerde yapılması durumunda da aşağı yukarı aynı sonuçların alınacağı ve buna benzer çalışmalarda önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Tablo 2. Bulutlar ve yağış potansiyeli açısından etkili oldukları yükseklikler (ŞENER, H.)

❖ Alçak seviye bulutları (Cumulonimbus, Cumulus, Stratocumulus)	800-1000 metre arası
❖ Orta seviye bulutları (Nimbostratus, Altostratus)	2400-2700 metre arası
❖ Yer seviyesi bulutu (Stratus)	0-600 metre arası



Şekil 11. Yağış potansiyeli olan bulutların düz arazide etkili oldukları taban yükseklikleri (ŞENER, H) (Resim WMO internet sitesinden alınmış ve üzerinde düzenlemeler yapılmıştır)

2.2.1. Karasal bölgelerdeki ağaçlandırma

Alçak rakımlı (0-200 m.) alanlara dikilen fidanlar taban suyu gibi avantajları yoksa normale göre daha uzun süre ilgi ve bakım isterken, yüksek rakımlara (600-1000 m.) dikilenler çok daha kısa sürede kendi ayakları üzerinde durabilmektedir. Bunun nedeni; yüksek seviyelerdeki sıcaklığın daha düşük olması, düşük sıcaklığa bağlı olarak ta bağlı nemin yoğunlaşma potansiyelinin daha fazla olmasıdır. Bunun haricinde bulutlar bazen yağış meydana getirerek bazen de sadece o alandan geçmeleri nedeniyle ortam nemini maksimuma yükseltmektedir. Bu sebeplerden dolayı ağaçlandırmalar özellikle bulut taban yükseklikleri dikkate alınarak yapılmalıdır. Keza en çok yağış alçak bulut tabanlarının geçtiği yüksekliklerde meydana gelmektedir.

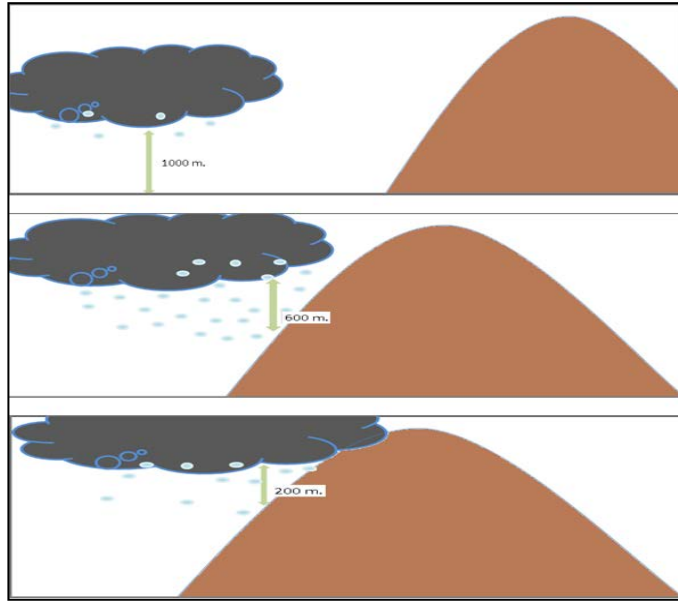
Bulutlar kapladıkları hacim, yağış ve nem potansiyeli açısından büyük farklılıklar gösterebilmekte ve kilometrelerce kare alanı kaplayabilmektedir. Bu hacim ve potansiyel farklılığı nedeniyle, herhangi bir dağ veya tepe ile karşılaşan bulut(bulutlar) kütlesi mevcut yağış potansiyelinin bazen tamamını bazen de bir kısmını yamaçlarda bırakarak diğer tarafa geçmektedir. Tepe ve benzeri bir engelle karşılaşan bulutun yağışa başlaması veya daha fazla yağış bırakması sadece yoğunlaşma (yükselecek soğuma ve daha çok bulut alt kısımlarında görülen yoğunlaşma çekirdeklerinin sıkışarak miktarının artması)

nedeniyle olmaz. Bir diğer etken de yüksek rakımlara tırmandıkça mevcut hava basıncının azalması (Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı standartlarına göre her 1 m. de 0,1 milibar düşer) (MGM, 2018) ve bulutların daha fazla yağış bırakmasıdır. Tablo 3'de yaklaşık mesafeleri 30 km olan 2 istasyonun yükseklik ile değişen basınç değerleri mukayese edilmiştir.

Tablo 3. Tablodaki iki istasyon arasında 221 metrelik rakım farkı bulunmaktadır. Aynı tarih ve saatteki basınç değerleri farkı kontrol edildiğinde 22,1 mb.'lık bir fark olduğu görülmektedir.

İstasyon Adı	Tarih (Gmt)	Yükseklik (metre)	Sıcaklık (C°)	Nem (%)	Basınç (Hpa)
17130/Ankara/Ankara Bölge	16.01.2019 10:00	891	0,3	57	904,8
17715/Ankara/Elmadağ Barutsan Fabrikası	16.01.2019 10:00	1102	-2,3	59	878,9
Hava Basıncı ICAO Standart Atmosferine göre her 1 metrede 0,1 mb. düşer.					

Aynı şekilde Aydınöz (2008)'de makalesinde "yükseldikçe yağış miktarı artmaktadır" demiştir. Düz arazideki bulut ile yer seviyesi arasındaki mesafe genellikle değişmezken, yüksek rakımlara çıkıldıkça yoğunlaşma ve basınç azalması nedeniyle ters orantılı olarak azalmaktadır (Şekil 12).



Şekil 12. Bulutun, dağ yüzeyindeki hareketi sırasında bıraktığı yağışı gösteren temsili bir görüntü

2.2.2. Deniz, göl veya akarsu kenarlarındaki ağaçlandırma

Deniz, büyük hacimli göl veya geniş akarsuların kenarlarında su yüzeyindeki mevcut su buharının yayılması sonucu devamlı bir bulut ihtiyacı yoktur. Bu yüzden çok az sulama ile veya hiç sulama yapmadan ağaç veya bitki yetiştirilebilir. Ülkemiz sınırları içindeki su kaynaklarına yakın araziler için aşağıdaki yöntemler uygulanabilir:

Deniz, göl veya akarsu kenarlarında su buharı potansiyelini maksimum seviyede kullanabilmek için ağaç veya fidanların su kaynaklarına mümkün olduğunca yakın olması, ağaçlandırmaların deniz, akarsu veya göl kenarlarından başlayarak, yamaçlara ve vadi iç kısımlarına doğru yayılması daha iyi sonuçlar verecektir.



Şekil 13. Ağaçlandırma yapılmadığı için zamanla mevcut su ve su buharı potansiyelini kaybeden göllere bir örnek (Nallıhan Kuş Cenneti) (Sabah, 2018)

Kıyı şeridi iç kısımlara doğru hafifçe yükselen bir yapıda ise bu tip bölgelerde nemli veya yağışlı hava daha iç bölgelere zaten kolayca ulaşabilecektir. Nem veya yağışın ulaşabildiği her

noktada ağaçlandırma yapılması mümkündür. Ormanlık alanlar iç kısımlara doğru kademeli biçimde genişletilebilir.



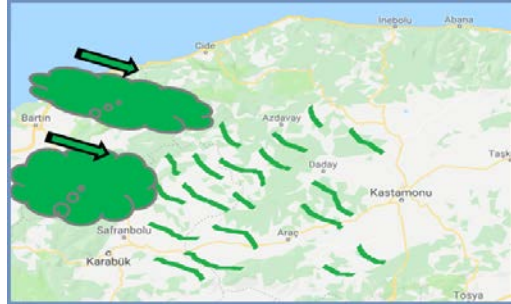
Şekil 14. Marmara'nın kuzeyinden, iç bölgelere doğru yapılabilecek temsili bir ağaçlandırma planı

Dağların kıyı şeridinde dik olarak uzandığı bölgeler, kuzeybatı ve özellikle batıdan gelen nemin iç kısımlara kolaylıkla ulaşabilmesini mümkün kılmaktadır. Uygun alanlarda, özellikle tepe ve dağ yamaçlarında yapılacak ağaçlandırmalar orman hacmini artıracak, dolayısıyla nem veya yağışın deniz kıyısından başlayarak çok uzak iç bölgelere kadar ulaşmasını sağlayacaktır.



Şekil 15. Ege Bölgesi için kullanılabilir temsili bir ağaçlandırma planı resmi

Dağların kıyı şeridinde paralel olduğu ve birdenbire yükseldiği bölgelerde nemin ulaştığı her yerde ağaçlandırma yapılabilir. Bu özellikteki alanlarda esas amacımız kullanılabilir toplam su miktarını artırmak olduğu için, ağaçlandırmanın hemen kıyıda değil, özellikle iç kısımlara kadar kademeli olarak yayılması ve artırılması olmalıdır. Çünkü kıyı şeridinde meydana gelecek yağışlar doğrudan denize dökülecek, ağaçlandırılmış bölgeler vasıtasıyla iç kısımlarda meydana gelen yağışlar ise ister yer altı suyu ister yüzey suyu olsun iç kısımlarda kalacaktır.



Şekil 16. Batı Karadeniz Bölgesi'nin iç kısımlarında yapılabilecek ağaçlandırma çalışmasının temsili bir resmi

Ağaçlandırılmış alanların veya binaların, bir duvar gibi değil, denizden içeri doğru açılan koridorlar şeklinde tasarlanmış olmaları nemin veya yağışın iç kısımlara taşınmasında büyük fayda sağlamaktadır.

2.3. Şehirlerdeki su ve yeşil alan oranının artırılması

Şehirlerdeki asfalt, beton, metal ve yakıt kullanım miktarı her geçen gün artmaktadır. Bu artışın özellikle bahar ve yaz aylarındaki mahalli etkisi;

- Ortamın daha çabuk ve daha çok ısınmasına,
- Şehir üzerine gelen nemli veya yağışlı hava kütlelerini yukarıya itmesine, ortamdaki nemin azalmasına,
- Ani sıcaklık artışları nedeniyle cümüliform (dikine gelişen) tipindeki bulutların normale göre çok daha fazla gelişmelerine, bulut alt ve üst sıcaklık farkının daha fazla artmasına, dolayısıyla ani ve çok şiddetli yağış veya hortumlara sebep olmaktadır.

Şehirleşmenin kıtalar arası etkisi;

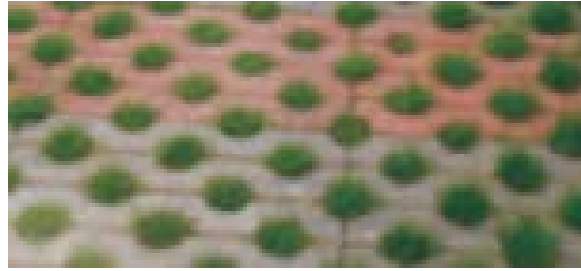
- Metal, asfalt veya beton kaynaklı yapılar çok çabuk ısınır, çok çabuk soğudukları için, sadece yerel değil, kıtalar arası hareket eden hava kütlelerinin de daha düzensiz, şiddetli ve

tehlikeli yağışlar meydana getirmesine sebep olmaktadır. Nemli ve serin bir hava kütleinin yerel ortamda kurak bir yüzeyden geçmesi ile ekili bir tarla üzerinden geçmesi arasında ciddi bir fark vardır. Yine aynı şekilde deniz üzerinde hareket eden nemli bir kütleinin, yüzlerce km. uzakta ulaştığı bir sahilde ekili veya ağaçlandırılmış bir alanla ya da kırgın kumlar veya betonlaşmış bir yüzeyle karşı karşıya kalmaları arasında sonuçları bakımından çok ciddi fark vardır. Şüphesiz ki en tehlikeli sonuç nemli ve yağışlı hava kütleinin betonlaşmış, çok sıcak ve az nemli bir yüzeyle karşı karşıya kalmasıdır. Bu durumda nemli ve serin hava çok fazla ısınacak, bulutların alt ve üst seviye sıcaklık farkı çok daha yüksek rakamlara ulaşacaktır, bunun sonucunda da çok daha şiddetli yağış ve/veya fırtınalar meydana gelecektir.



Şekil 17. Afrika ve Amerika kıyıları için temsili bir ağaçlandırma planı

Bu sebeple şehirlerdeki Doğal Alan(su, ağaç ve bitki)/Beton Alan yüzdesini artırıcı tedbirler mutlaka alınmalıdır. Gereksiz betonlaşmadan kaçınılmalıdır. Şehir içi parklarda ve kaldırımlarda sadece beton değil, boşluklu yapıda taşlar kullanılabilir (Şekil 18).



Şekil 18. Boşluklu yapıda bir kaldırım taşı

2.4. Su kanalı çalışmaları

Her ne kadar maliyetli olsa da kıyı şeridinden iç kesimlere doğru kademeli olarak oluşturulacak kanallar, deniz üzerinden gelen nemli havanın iç kesimlere giriş yapmasını sağlayacaktır. Bunun sonucunda ortam neminin artmasına, ağaçlandırmanın daha kolay yapılabilmesine, hatta daha fazla balık tutulabilmesine imkân sağlayacaktır.



Şekil 19. Kuzey Afrika kıyıları için temsili bir su kanalı haritası

3. Sonuç

Savaşlar, suyun kötü kullanımı, sanayi atıkları, tarım ve hayvancılığın azalması, ağaçların kesilmesi veya betonlaşma... Tüm bu faktörler mevcut dengeyi daha da bozmakta, bunun sonucu olarak; fırtınalar ile ani ve şiddetli yağışlar daha çok zarar vermektedir.

Tüm bu sorunları giderebilmek için; önce var olan doğa, orman ve su yapısı korunmalı, sonra su ve nem potansiyeli güçlü olan yerlerden başlayarak, bölgelerin konum ve özelliklerinin biri veya birkaçı dikkate alınarak planlamalar yapılmalıdır. Doğal alanların, özellikle ağaçlandırılmış alanların sayı ve hacimleri kademeli olarak genişletilmelidir. Ormanlık alanlar vasıtasıyla hem mevcut nem en üst seviyede tutulacak hem de yağışlı hava kütlelerinin yer seviyesine çekilmesi sonucu daha fazla yağış elde edilebilecektir. Küresel ısınmanın yarattığı etkiler de yavaş-yavaş azalacaktır.

4. Teşekkür

Klimatolojik rasat kayıtlarının teminindeki katkılarından dolayı Veri Kontrol ve İstatistik Şube Müdür V. Sayın Selami Yıldırım'a teşekkür ederim.

5. Kaynaklar

- Ahrens, (1994), "Cloud Types, common cloud classification",
[http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh\)/guides/mtr/cld/cldtyp/home.rxml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides/mtr/cld/cldtyp/home.rxml) (10.04.2019)
- Aydınözü, D., (2008), "Yükseldikçe Bölgelerimize Göre Her 100m'deki Yağış Artışı Üzerine Bir Deneme", Marmara Coğrafya Dergisi Sayı: 17, Ocak - 2008, S:172-184 İstanbul – Issn:1303-2429,
<http://dergipark.gov.tr/download/article-file/3161> (09.04.2019).
- Beşergil, (1996), Proje Çalışmaları (II.Güç Üniteleri, Su ve Buharın Özellikleri-Su buharı ve sanayide kullanımı), Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir (S, 2)
https://drive.google.com/file/d/1kkRaNwM_MXsrLjrleviig3zuXpsdfhNo/view (21.11.2019)
- Condensation and the water cycle (21.11.2019)
- Çöleri, M., A. Deniz, A. Eryılmaz, C. Geçer, A. Güser, Ü. Turgut, M. Yayvan, (2007), Hava Analiz ve Tahmin Tekniği, (s. 252, 253, 254, 255)
- Dündar, C., (1997), "Bandırma, Bodrum, Bozcaada ve Çeşme Bölgeleri için Rüzgar Enerjisi Potansiyellerinin Belirlenmesi", Ankara: Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü., 66040 numaralı Yüksek Mühendislik Tezi, (s.1-113).
- Engineering ToolBox, (2003), "Gases-Densities",
- Goldman, (Temmuz 2018), "Adhesion and cohesion of water",
http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter7/ccn_drop_prec.html (21.11.2019)
<https://cloudatlas.wmo.int/useful-concepts.html>
<https://severe.worldweather.wmo.int/v2/list.html>, (21.11.2019)
<https://vortex.plymouth.edu/precip/precip2.html>
<https://water.usgs.gov/edu/adhesion.html> (09.04.2019)
<https://www.e-education.psu.edu/meteo300/node/671>
https://www.engineeringtoolbox.com/gas-density-d_158.html (09.04.2019)
https://www.shsu.edu/~dl_www/bkonline/131online/f09water/09index.htm
https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/evaporation-and-water-cycle?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/precipitation-and-water-cycle?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
https://www.weather.gov/source/zhu/ZHU_Training_Page/clouds/cloud_development/clouds.htm
<https://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/CIMO-Guide.html>
- Lancaster, B., (2014), "Fog Harvesting with Living Systems"
<https://www.harvestingrainwater.com/2014/08/01/fog-harvesting-with-living-systems/> (21.11.2019)
- MGM, (2005), "Günün Fotoğrafı",
https://www.mgm.gov.tr/site/ex_mgmGununFotografi.aspx?y=2008&a=05&g=22 (08.04.2019)
- MGM, (2005), "Hidrometeoroloji" <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/kitaplar/hidrometeoroloji.pdf> (s. 19-23) (21.11.2019)
- MGM, (2007), "Günün Fotoğrafı",
https://www.mgm.gov.tr/site/ex_mgmGununFotografi.aspx?y=2008&a=03&g=13 (08.04.2019)
- MGM, (2018), "Havacılık Meteorolojisi"
<https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/kitaplar/havacilikmeteorolojisi.pdf> (s, 30)
- MGM, (2019), "Güncel Haritalar 500 mb", <https://www.mgm.gov.tr/sondurum/guncel-haritalar.aspx?h=500#sfB> (09.04.2019)
- NCBI, (2015), "Local cooling and warming affects of forest based on satellite observations",
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4389237/#S1>(08.04.2019) (21.11.2019)
- PennState, (2018), "Evaporation Rates, Condensation Rates, and Relative Humidity", https://www.e-education.psu.edu/meteo3/l4_p4.html (09.04.2019)
- Sabah, (2018), "Nallıhan'da Kuşlar Susuz Kalmayacak", <https://www.sabah.com.tr/ankara-baskent/2018/05/08/nallihanda-kuslar-susuz-kalmayacak> (08.04.2019)
- SDWF, (2017), "Industrial Waste", <https://www.safewater.org/fact-sheets-1/2017/1/23/industrial-waste> (21.11.2019)

- Sheil ve Murdiyarso, (2009), "How Forest Attract Rain: An Examination of a New Hypothesis", (S.341-347) <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.4.12> <https://academic.oup.com/bioscience/article/59/4/341/346941> (04.08.2019)
- Sun (Ağustos 2007), "Changes in Cloud-Ceiling Heights and Frequencies over the United States since the Early 1950s", <https://doi.org/10.1175/JCLI4213.1>, <https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/JCLI4213.1> (09.04.2018)
- TEMA, (2019), "Tema Vakfı: İzmir için fidan başışlarını bekliyoruz", http://www.tema.org.tr/web_14966-2_1/index.aspx (21.11.2019)
- Türkiye Kültür Portalı, (2018), "İlgaz Dağları Milli Parkı - Kastamonu", <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/kastamonu/gezilecekyer/ilgaz-daglari-ml-parki> (08.04.2019)
- USGS, (Haziran 2019), "Evaporation and the Water Cycle",
- Wang, Pao K., (2013), Physics and Dynamics of Clouds and Precipitation
- WMO, (2008), "Guide to Hydrological Practices", http://www.wmo.int/pages/prog/hwrp/publications/guide/english/168_Vol1en.pdf ISBN 978-92-63-10168-6, WMO-No. 168, Chapter 4
- WMO, (2017), Guide to Meteorological Instruments And Methods Of Observation
- WMO, (2018), "Severe Weather Information Centre 2.0 (Beta)",
- WMO, (Mart 2019), "World Water Day: Leaving no one behind", <https://public.wmo.int/en/media/news/world-water-day-leaving-no-one-behind> (21.11.2019)
- WMO-No. 8 (2014 edition, updated in 2017), Chapter 15. Observation of Clouds (s, 469)