



Ormanlarda sıcaklık ve vejetasyon terselmesi

Temperature and vegetation inversion in forests

Mustafa YILMAZ¹, Salih PARLAK¹, Kamil ERKEN²

¹ Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa

² Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bursa

Sorumlu yazar:
Mustafa YILMAZ

E-mail:
mustafa.yilmaz@btu.edu.tr

Gönderim Tarihi:
05/05/2021

Kabul Tarihi:
24/06/2021

Bu makaleye atıf vermek için:
Yılmaz, M., Parlak, S., Erken, K. 2021. Ormanlarda sıcaklık ve vejetasyon terselmesi. Ağaç ve Orman, 2(1), 7-14.

Özet

Doğada topoğrafyadaki değişkenliğin etkisi ile kısa mesafelerde iklim ve vejetasyonda farklılıklar meydana gelmektedir. Bu topoklimatik olaylardan biri de sıcaklık ve vejetasyon terselmesidir. Sıcaklık terselmesi, çukur, yayvan içbükey araziler ve etrafı yüksek vadilerde alt yükseltide sıcaklığın daha düşük olarak gerçekleşmesidir. Sıcaklık terselmesi gerçekleşen alanlara daha üst kuşakların bitkileri yerleşmekte ve aynı alanda vejetasyonda da terselme ortaya çıkmaktadır. Türkiye’de sıcaklık ve vejetasyon terselmesi doğada ve ormanlarda sıkça karşılaşılan bir durumdur. Sıcaklık terselmesi özellikle soğuk ve serin, bulutsuz kış günlerinde yaygındır. Sıcaklık terselme alanları çok farklı boyut ve şekillerde olabilmektedir. Don çukuru, don cebi, don yatağı, don çanağı, yayvan arazi, küvet arazi, içbükey arazi, depresyon (çöküntü alanı), soğuk hava havuzu, soğuk hava gölü, soğuk hava oluşu, soğuk hava kanalı, soğuk hava akımı sahaları sıcaklık terselme alanlarını ifade eden çok kullanılan terimlerdir. Sıcaklık terselme alanlarının büyüklüğü onlarca metrekareden yüzlerce hektara, derinliği ise birkaç metreden yüzlerce metreye kadar değişebilmektedir. Ormanlardaki sıcaklık terselmesi meşcere kuruluşunu, ağaçların dağılımını, büyümesini ve formlarını yakından etkilemektedir. Ormaniçi açıklık olarak ortaya çıkan terselme alanları biyolojik çeşitlilik ve yaban hayvanları için kritik önemdedir. Başta ağaçlandırma çalışmaları olmak üzere ormancılık faaliyetlerinde sıcaklık ve vejetasyon terselmesi önemle dikkate alınmalıdır.

Anahtar kelimeler: Sıcaklık terselmesi, don çukuru, ormaniçi açıklık, topoklimatik çeşitlilik, biyolojik çeşitlilik

Abstract

The differences in climate and vegetation occur in short distances with the effect of the variability in the topography in nature. One of these topoclimatic events is temperature and vegetation inversion. Temperature inversion is the occurrence of lower temperature in the lower elevation in hollow, flat concave lands and valleys surrounded by high hills. The plants of higher altitudes settle in the areas where temperature inversion occurs. Temperature and vegetation inversion in Turkey is a common situation in nature and forests. Temperature inversion is particularly common on cold and cool, cloudless winter days. Temperature inversion areas can be of many different sizes and shapes. Frost hollow, frost pocket, frost bed, frost basin, flat broad land, tub land, concave land, depression area, cold air pool, cold air lake, cold air gutter, cold air channel, cold air drainage areas are the most used terms in the expression of temperature inversion areas. The size of the temperature inversion areas can vary from tens of square meters to hundreds of hectares, and the depth from a few meters to hundreds of meters. Temperature inversion in forests closely affects stand establishment, distribution, growth and forms of trees. The areas of inversion that appear as in-forest openness are critical for biodiversity and wild animals. In forestry activities, especially in afforestation activities, temperature and vegetation inversion should be taken into consideration.

Keywords: Temperature inversion, frost hollows, forest openness, topoclimatic diversity, biodiversity

1. Giriş

Yeryüzünde topoğrafyadaki değişkenliğin etkisi ile kısa mesafelerde iklim ve vejetasyonda farklılıklar meydana gelmektedir. Doğada görülen bu topoklimatik olaylardan biri de sıcaklık terselmesidir. Sıcaklık terselmesi gerçekleşen alanlara daha üst kuşakların bitkileri yerleşmekte ve aynı alanda vejetasyonda da terselme ortaya çıkmaktadır. Türkiye gibi topoğrafik çeşitliliğin zengin olduğu coğrafyalarda sıcaklık terselmesi doğada sıkça karşılaşılan bir durumdur.

Troposfer, atmosferin yere temas eden en alt katıdır ve bu katmanda yerden yükseldikçe genellikle sıcaklık düşer. Bu düşüş mevsimlere göre değişmekle beraber ülkemizde her 100 m'de 0.5-0.6 °C'dir (Çepel 1995). Doğada topoğrafyadaki değişime göre, bazı sınırlı alanlarda olağandışı olarak yükselti ile beraber sıcaklık da artar ki bu olaya "sıcaklık terselmesi" denir (Akman, 2011). Sıcaklık terselmesi özellikle soğuk ve serin, bulutsuz kış günlerinde görülür. Sıcaklık terselmesinin sebepleri şunlardır: Arazinin çanak şeklinde kapalı basık bir yapıda olması, hava hareketlerinin iyi olmaması, durgun ve açık kış günlerinde adveksiyon (havadaki sıcaklığın yatay taşınımı) ve hava hareketi üzerine yer radyasyonunun fazla olması ve dolayısıyla yerle temas eden alt hava tabakalarının fazla soğumasıdır.

Sıcaklık terselmesi özellikle etrafı daha yüksek arazi ile çevrili taban sahalarda meydana gelen bir olaydır. Sıcaklık terselme alanı (STA) çok farklı boyut ve şekillerde olabilmektedir. Don çukuru, don cebi, don yatağı, don çanağı, yayvan arazi, küvet arazi, içbükey arazi, depresyon (çöküntü alanı), soğuk hava havuzu, soğuk hava gölü, soğuk hava oluşu, soğuk hava kanalı, soğuk hava akımı alanı STA'ları ifadede en çok kullanılan terimlerdir. STA'ların büyüklüğü onlarca metrekareden (bazı karstik çukurlar) yüzlerce hektara (Yenişehir depresyonu gibi), derinliği ise birkaç metreden yüzlerce metreye kadar değişebilmektedir.

Her ağacın minimum dayanabildiği düşük sıcaklık eşiği bulunmaktadır. Bu eşik değer mutlak minima veya en düşük kurtulma sıcaklığı olarak adlandırılmaktadır. Düşük sıcaklığın etkisi organizmaların yaşayan dokularının donması olayıdır. Donma ise hücre zarının çatlaması ve madde dolaşımının durması şeklinde meydana gelen mekanik bir zedelenme ve zarar olarak ifade edilebilir (Çepel, 1995). Ağaç türleri terselme görülen yerlerde sıcaklık isteklerine ve dayanabildikleri en düşük sıcaklığa göre sahada konumlanmakta ve sıralanmaktadır.

Son dönemlerde sıcaklık terselmesi ve vejetasyon terselmesi üzerine çok sayıda çalışma yapıldığı görülmektedir (Lareau vd., 2013, Ogrin vd., 2018). Terselmenin ormandaki varlığı ve etkileri üzerine yapılan araştırmalarda özellikle bitkilerin konumlanmalarına ve formlarına yansımaları ele alınmaktadır. Bu iki terselme olgusunun Dünya'da en çok görüldüğü yerlerden biri de zengin topoğrafik biçimlere sahip olan ülkemizdir.

Bu derleme çalışmasında sıcaklık terselme alanları (STA'lar), ormanlardaki sıcaklık terselmesi ve etkileri ele alınmıştır. Sıcaklık terselmesinin sonucu ortaya çıkan vejetasyon

terselmesi olayı incelenmiştir. Sıcaklık terselmesinin meşçere kuruluşuna, ağaçların konumlanmasına, biyolojik çeşitliliğe ve yaban hayatına etkileri tartışılmıştır. Sıcaklık terselmesi görülen yerlerdeki ormancılık uygulamaları ile ilgili önerilerde bulunulmuştur.

2. Bitkilerin Yayılışında ve Konumlanmasında Sıcaklığın Etkisi

Sıcaklık, bitkilerin yayılışı ve gelişimindeki temel faktörlerden biridir ve bitkilerin doğadaki dağılımı ve konumlanmasında sınırlayıcı etkiye sahiptir (Lambert ve Oliveira, 2008). Sıcaklık bitkilerde solunum, fotosentez ve dolayısıyla hayatıyeti ve büyümeyi doğrudan etkiler. Bitkilerin yayılışı gösterdiği yetiştirme ortamlarında minimum, optimum ve maksimum sıcaklıklar söz konusudur. Her türün optimum sıcaklık isteği ve dayanabildiği uç sıcaklık değerleri değişmektedir.

Türe özgü minimum-maksimum uç sıcaklık değerleri bitkilerin doğada yayılış sınırlarını belirleyen en önemli faktörlerdir. Uç sıcaklıklar ağaçların yaşamasını, formunu ve hastalık ve zararlılara karşı duyarlılığını etkiler. Topoğrafya ve bakıya bağlı olarak uç sıcaklık değerlerindeki değişim bitkinin varlığını belirler ve sınırlar. Ağaçların kuzey enlemlerine ve yüksek dağlara doğru doğal yayılış sınırları, dağılımı ve sahadaki varlığı dayanabildikleri minimum sıcaklıkla açıklanmaktadır (Parker, 1963; Bannister ve Neuner, 2001). Ağaçların soğuklara dayanımı, alışma mekanizmaları ve adaptasyonu çalışmaları bitki fizyolojinde güncel bir araştırma konusudur. Ormancılık bilimlerinde ağaçların soğuğa dayanıklılık araştırmaları, hem temel hem de uygulamalı çalışmalar için çok değerlidir (Linden, 2002).

Ağaçların soğuklara dayanıklılık bakımından uç yayılış sınırları donma noktası ve soğuktan kaynaklanan ölüm noktası ile belli olur (Irmak, 1970). Düşük sıcaklıklar ağaçların biyolojik faaliyetlerini ve fizyolojik süreçlerin normal işlevini bozar ve kalıcı yaralanmalara yol açarak sonunda ölüme neden olabilir. Ağaç türlerinin yayılış sınırları ve dağlarda meydana getirdikleri yükseklik basamaklarından sıcaklık istekleri ve ihtiyaçları okunabilir. Yayılışın en dış sınırları minimum ve maksimum sıcaklık değerlerini, en iyi gelişme gösterdiği yerler ise optimum sıcaklık aralığını gösterir (Saatçioğlu, 1969).

Soğuk iklim şartlarının bulunduğu yerlerde soğuğa dayanıklılık bir ağaç türünün yetiştirme potansiyelinin değerlendirilmesi için önemli bir kriterdir. Isparta-Pürenova'da don yatağında yapılan ağaçlandırma çalışmasında dona daha dayanıklı olan karaçam sedire göre daha iyi yaşama ve gelişim göstermiştir. Aynı sahaya çevredeki ağaçlardan gelen sarıçam fidanlarının en iyi gelişim gösterdiği belirlenmiştir (Oğurlu ve Avcı, 1999). Don yataklarında soğuğa dayanıklı türlerle yapılan ağaçlandırmalarda boylu fidan (120 cm'den büyük) kullanılmasının don zararlarını kısmen telafi edebileceği belirtilmektedir (Kunes vd., 2014).

3. Sıcaklık Terselmesi

Sıcaklık terselmesi doğada topoğrafyadaki değişimlere bağlı olarak bazı alanlarda alt yükseltilerde sıcaklığın daha düşük

olmasıdır. Topoklimatik bir olgu olup özellikle etrafı yüksek arazi ile çevrili çukur ve yayvan alanlarda meydana gelir. Sıcaklık terselmesi sırasında, sıcaklık normalin dışında düşey yönde azalmaktadır. Sıcaklık terselmesi kısaca şu şekilde gerçekleşir (Atalay, 2008; Akman, 2011): Güneş enerjisinin herhangi bir yere teması ile hava ısınarak yükselir. Gece yaklaştığında yer radyasyonu ile zemine yakın hava, aldığı enerjiden daha fazla enerji kaybederek soğumaya başlar. Gece boyunca zemin ve zeminle temas eden alt hava tabakası soğumaya devam eder ve zemindeki sıcaklık yüksek yerlere göre daha düşük seviyelere iner. Bu sırada yeryüzüne yakın kuşakta havayı düşey yönde karıştırarak, çalkalayacak bir rüzgâr akımı da bulunmaz ve havadaki durgunluk terselme hattının altında kalan soğuk havayı izole eder. Güneşin doğması ile hava tekrar ısınarak gece oluşan terselme çözümler ve ortadan kalkar.

Sıcaklık terselmesi yaz mevsiminde tepelik ve dağlık alanlardaki (orta ve üst orman kuşağında), kış mevsiminde ise değişik rakımlardaki (alt, orta ve üst orman kuşağında) çukur ve içbükey yayvan arazilerde yaygındır. Sıcaklık terselmesi gerçekleşen sahalarda sıcaklık hareketleri günden güne değişebilmektedir (Whiteman vd., 1999). Kışın zeminin karla kaplı ve havanın sakin olduğu günlerde gece sırasında soğuyarak ağırlaşan hava çukur kesimlere akar, yığılır ve sıcaklık çok düşer (Gönençgil, 2016). Zengin ekosistem çeşitliliği ile bilinen Türkiye’de sıcaklık terselmesi yaygın bir olgudur. Özellikle topoğrafyadan kaynaklanan yetiştirme ortamı farklılıkları ülkemizdeki çeşitliliğin temel unsurlarındandır. Arazi yapısındaki değişimler sık sık don çukuru, don çanağı, soğuk hava akımı alanları gibi şekillenmelere ve sıcaklık terselmesine sebep olmaktadır.

Sıcaklık terselmesi vadilerde ve bir yöne doğru eğimli uzunluğuna çukurluk koyaklarda soğuk hava akımı alanları şeklinde veya soğuk havanın yığıldığı alanlar olarak ortaya çıkmaktadır. Yüksek yerlerde soğuk ve yoğun olan hava kütesinin akması ile vadi tabanları, etrafından daha soğuk olmaktadır. Soğuk hava buralardaki ılık havanın yerine yığılır ve yerleşir. Üst orman kuşağında ve Alpin zonda arkası ve yanları dik, önü açık oval çukurluklar şeklindeki yalıklar (buz yalıkları gibi) da soğuk hava akımının ve terselmenin görüldüğü arazi formlarındandır. Soğuk hava akımlarında sıcaklığın çevreye göre en fazla düştüğü yer vadi tabanları olup soğuk havanın yığıldığı yerlerde sık sık birikinti donları görülür.

Sıcaklık terselme alanlarında, sıcaklığın tekrar doğal olarak yükselmeye başladığı yükseltide terselme hattı bulunur. Terselme hattının altında çukur ve yayvan yerlerde zemin radyasyon sisleri de sıkça karşılaşılan bir durumdur (Gönençgil, 2016; Şekil 1). Zemin radyasyon sisleri ilkbaharda havanın açık ve sakin olduğu zamanlarda, sonbaharda ise gece soğuyan zemin üzerinde havanın da soğuyarak yoğuşma noktasına ulaşmasıyla oluşur. Yukarı Kozak Havzasında yapılan bir çalışmada (Kılıcı vd., 2011) gece gündüz sıcaklık farkı 22 °C ile en fazla yayvan çanak arazinin en düşük rakımlı (430 m) yerini temsil eden ovada gerçekleşmiştir. Söz konusu çanak arazide erken ve geç don olaylarının görüldüğü, havanın nispi neminin daha yüksek olduğu ve sık sık radyasyon sislerinin görüldüğü, dolayısıyla ovanın “don çanağı” özelliği taşıdığı belirtilmiştir. Buradaki sıcaklık terselmesi alanında bulunan fıstıkçamlarının kozalak verimleri diğer yerlere göre düşük bulunmuştur.

Ormanlarda sıcaklık terselmesi çok farklı topografik boyut ve şekillerde gerçekleşmektedir. Don çukuru, don cebi, dolin gibi küçük alanlarda olabildiği gibi, don çanağı, don yatağı, çöküntü alanı, içbükey yayvan alanlar gibi nispeten daha geniş sahalarda da görülebilmektedir. Özellikle içbükey (konkav) geniş terselme alanları daha hızlı soğumakta ve minimum sıcaklıklar daha düşük değerlere inmektedir (Ogrin vd., 2018). Ayrıca don kanalı, soğuk hava olukları gibi üzeri açık kanalvari vadilerde de terselme olayı ortaya çıkmaktadır.

3.1. Don Yatakları

Ormanlarda sıcaklık terselmesi görülen yerlerden biri don yataklarıdır. Don yatakları çevresine göre daha aşağıda bulunan alanlarda görülür. Bu alanlara etraftaki yüksek yerlerden soğuk hava birikir. Küçük don yatakları genellikle “don çukuru”, nispeten daha büyük olanlar ise “don çanağı” olarak adlandırılabilir. Don yataklarının derinliği birkaç metrelik çukurca sığ alanlardan yüzlerce metreye kadar değişebilmektedir. Don çukurlarının en çok görüldüğü yerlerden biri karstik alanlardır. Karstik çukurluklarda sıcaklık terselmesi ile beraber vejetasyon terselmesi de ortaya çıkar. Toros Dağlarındaki karstik çukurlarda görülen göknar toplulukları bu duruma örnek olarak verilebilir (Gönençgil, 2016). Soğuk havanın biriktiği daha geniş içbükey yayvan alanlar don çanakları olarak adlandırılmaktadır. Büyük karst çukurları ve çöküntü alanları (depresyonlar) da geniş don çanaklarıdır. Üst orman kuşağında basık yayvan alanlarda sıcaklık terselmesi neticesinde ormaniçi açıklıklar olarak beliren don yatakları ile sıklıkla karşılaşılır (Şekil 2).



Şekil 1. Sıcaklık terselme alanında sabah saatlerinde güneşin etkisi öncesi terselme hattının altında görülen zemin radyasyon sisleri ve duman tabakası, Kozak, Bergama

Geniş çanak arazilerde çevredeki yüksek alanlardan merkezdeki içbükey yayvan alana doğru yönelen vadilerden oluşan merkezci su drenaj tipi görülür (Özhan, 2004). Benzer şekilde çanaksı terselme alanlarında, durgun bulutsuz gecelerde etraftaki tepelerden akan ve tabanda yığılan merkezci soğuk hava akımı ve birikimi söz konusudur. Soğuk havanın bu yayvan basık alanlarda birikmesi ile soğuk hava havuzları oluşur (Whiteman vd., 1999). Etrafı yüksek dağlarla çevrili ve tüm aylarda sıcaklık terselmesinin olduğu geniş depresyonlara düşen yağış miktarı da azdır (Gönençgil, 2016). Don çukuru ve çanaklarında durgunluk ve soğuk havanın etkisi ile bağıl nem çevredeki alanlardan daha yüksektir (Hough, 1945).

Don yataklarındaki terselmede kar örtüsünün çok etkin rolü bulunmaktadır. Beyaz yüzeye gelen güneş ışınları geri yansımaktadır. Dolayısıyla kar ile kaplı don yataklarında açık ve durgun günlerde yüzeydeki sıcaklık çok düşük olmaktadır. Ayrıca kar örtüsü, düşük ısı iletkenliğinden dolayı yeryüzünden havaya sıcaklık geçişini minimum seviyede tutmaktadır. Böylece akşam saatlerinde hızlı bir soğuma ve gece de aşırı düşük sıcaklıklar tezahür etmektedir. Çok düşük sıcaklıklar için birkaç saatlik açık durgun hava yeterli olmaktadır (Ogrin, 2007).

Don yataklarında yapılan ağaçlandırmalarda, dikilen fidanlar hayatiyetlerini devam ettirme ve büyüme bakımından olumsuz etkilenmektedir. Isparta-Pürenova'da don yatağına dikilen sedir ve karaçam fidanları dikildikleri konuma göre yaşama ve gelişim göstermişlerdir (Oğurlu ve Avcı, 1999). Terselme çanağının dibindeki fidanlarda yaşama yüzdesi düşük olmuştur ve fidanların boyları kısa kalmıştır. Fidanlar genel olarak çanağın ortasından uzaklaştıkça daha iyi gelişim göstermiştir. Sahanın farklı noktalarında don yatağının dibinden yükseklik arttıkça büyüme iyileşmiştir.



Şekil 2. Üst orman kuşağında yayvan çanak alanda sıcaklık terselmesi sonucunda kapalılığın gevşemesi ve orman içi açıklık (Bursa-Uludağ, 1650 m).

Don yatakları radyasyon donlarının da sıklıkla cereyan ettiği sahalardır. Radyasyon donları sakin ve bulutsuz kış gecelerinde toprak sıcaklığının radyasyon dalgaları ile atmosfere iletilmesi ile gerçekleşir. Bu süreçte yeryüzü

hızlıca soğur ve bitkilerin yere yakın kısımlarındaki yapraklar ve toprak yüzeyi donar (McDonald, 1984).



Şekil 3. Kuzey İsveç'te yayvan içbükey arazide soğuk havanın birikmesi ile hızlı sıcaklık terselmesi tekrarları sonucu *Betula pubescens*'te görülen don zararları (Körner, 2012'den).

Don yataklarındaki soğuklar ağaçların yaşamasını ve gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Dy ve Payette, 2007). Soğuk havanın yüksekçe yerlerden daha alçak yerlere doğru akıp buralardaki çukur ve yayvan çanaksı arazi formlarında ılık havanın yerine yerleşerek yığılması ile birikinti donları meydana gelir. Birikinti donları küçük alanlarda don cepleri veya daha geniş alanlarda don çanakları şeklinde ortaya çıkar. Sıcaklık terselmesinin olduğu çukur ve büyük çanak alanlarda, özellikle geç donlar ağaçların alana yerleşmesi ve gelişmesini olumsuz yönde etkiler (Dy ve Payette, 2007). Kuzey İsveç'te *Betula pendula* sıcaklığın düşüşü yavaş olduğunda kış mevsiminde $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de yaşayabilmektedir. Ancak hızlı sıcaklık düşüşlerinde $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de sürgün ve tomurcuklar zarar görebilmektedir (Körner, 2012; Şekil 3).

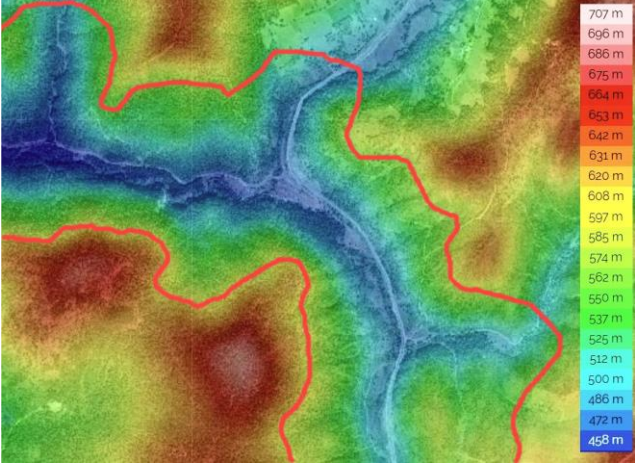
Don çukuru ve çanaklarının gökyüzünü gören yüzey alanının (gök-görüş faktörü) bu alanlardaki en düşük sıcaklık üzerindeki ana topoğrafik faktör olduğu kaydedilmektedir (Whiteman vd., 2004). Yayvan geniş alana yığılan soğuk hava, bulutsuz durgun gecelerde en düşük sıcaklık değerlerine inmektedir. Bu alanlardaki gündüz-gece sıcaklık farkları da yüksektir. Diğer yandan gök-görüş alanı küçük olan derin don çukurlarındaki minimum sıcaklıklar genellikle geniş don yatakları kadar olmamaktadır.

3.2. Soğuk Hava Akımı Alanları

Vadiler, içinde sulu veya kuru derenin bulunduğu, suyun akış yönüne doğru devamlı inişi olan coğrafi alanlardır. Vadilerin etrafında iki veya üç yönde yüksek tepe ve dağlar bulunur. Özellikle kış mevsiminde rüzgar hareketlerinin zayıf olduğu vadilerde sıklıkla terselme olayı gerçekleşir (Zhong vd., 2003). Geceleyin yüksek yerlerdeki soğuk hava yoğunlaşarak vadi içinde ve tabanında soğuk hava akımı oluşturur. Böylece vadi tabanı etrafına göre daha soğuk duruma gelir. Vadi tabanındaki sıcaklık terselmesi, üst kuşaktaki vejetasyon için de daha serin uygun şartları meydana getirir ve vejetasyon terselmesine yol açar (Şekil 4). Soğuk hava akımının gerçekleştiği vadi benzeri yerler don kanalı (Saatçioğlu, 1969) ve soğuk hava oluğu olarak da ifade edilmektedir.

Tektonik kökenli oluklar, soğuk hava akımı dolayısıyla kışın sıcaklığın en fazla düştüğü yerlerdendir. Söz konusu oluklarda kışın çevredeki yüksek dağlardan soğuyarak ağırlaşan havanın yığılması buralarda sıcaklık terselmesi yaparak aşırı soğuklara ve sise neden olur. Sıcaklık

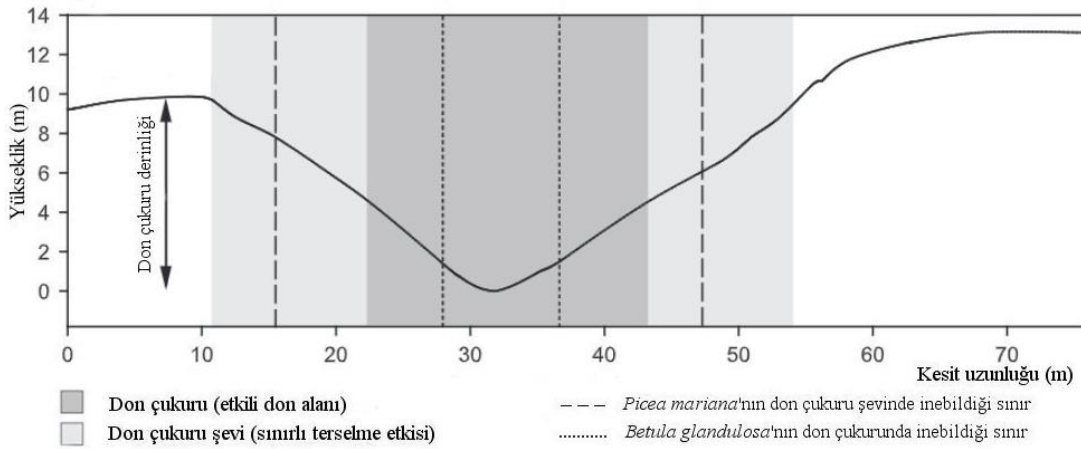
terselmesinin neden olduğu doğa olaylarından biri de kırçtır. Havanın aşırı soğuması sebebiyle havadan daha sıcak olan ağaç dalları ve tellerde bir yoğunlaşma ürünü olan kırç oluşur. Üst orman kuşağındaki sıcaklık terselmesi alanlarında yaz aylarında da don olayları meydana gelebilmektedir (Gönençgil, 2016).



Şekil 4. Vadi içinde soğuk hava akımı ve durgun günlerde soğuk hava birikimi oluşan ve bu soğuma sebebiyle sıcaklık ve vejetasyon terselmesi meydana gelen saha, kırmızı çizgi ile işaretlenen alan içinde yükseltinin düşük olduğu tabanda genel olarak karaçam, yeşil alanda ise kızılçam bulunmaktadır Karıncalı, Orhaneli-Bursa (URL-1, 2021).

3.3. Sıcaklık Terselmesi ve Bakı

Sıcaklık terselmesinin gerçekleştiği arazi biçimlerinde toprak ve hava sıcaklığında, dolayısıyla vejetasyonda bakıya göre farklılıklar görülmektedir (Bárány-Kevei, 1999). Don çukurunun nispeten derin olması durumunda, güney bakılarda ağaçlar çukurun dibine doğru daha aşağılara inebilmektedir (Şekil 5). Bir başka ifade ile ağaçların yayılış sınırını belirleyen en düşük sıcaklık don çanağının dibinde ve kuzey çepelerinde gerçekleşmektedir. Diğer yönlere göre alt kuzey bakılarda vejetasyon terselmesi daha geniş bir kuşakta yer almaktadır.



Şekil 5. Bir don çukurunda ağaçların çukur şevinde ve içindeki sınırları, Quebec-Kanada (çukurun dibinde *Poaceae* familyasına ait otsu türler bulunmakta) (Dy and Payette, 2007'den)

Kuzey yarımkürede aynı yükseltide güney bakılar daha fazla güneş almakta ve ısınmaktadır. Don yataklarının çeperinde güneye bakan yamaçlarda ısınma daha erken olmakta ve diğer bakılara göre donun etkisi nispeten daha az olmaktadır. Bu durumu destekler şekilde don yatağında yapılan karaçam ve sedir ağaçlandırma çalışmasında güney bakılarda donun etkisi nispeten daha düşük gerçekleşmiştir (Oğurlu ve Avcı, 1999).

4. Vejetasyon Terselmesi

Farklı yükseltelerde görülen orman kuşaklarının oluşumunda sıcaklık çok önemli bir faktördür. Normal şartlarda yükselti arttıkça sıcaklık düşmektedir ve bu düşük sıcaklıklara göre farklı orman kuşakları meydana gelmektedir. Topoğrafik yapıya göre doğada görülen sıcaklık terselmesi bitki örtüsü ve orman kuşaklarının yapısını da etkilemektedir. Vejetasyon ve doğal orman basamakları sıcaklık terselmesine paralel bir durum olarak uyarlar (Saatçioğlu, 1969). Vejetasyon terselmesi görülen orman alanlarında genel olarak üst orman basamaklarındaki ağaç türleri ve diğer bitkiler alt basamaklara inerler. Örneğin Bursa ili Orhaneli ilçesi Karıncalı bölgesinde 450-550m yükseltideki bir kızılçam zonunda terselme neticesinde karaçam alt şeride yerleşmiştir (Şekil 6). Bir başka ifade ile orta orman kuşağındaki karaçam uygun sıcaklık şartlarının oluşması ile alt orman kuşağındaki kızılçamın sahasına inmiş ve terselmenin etkisindeki sınırlı alana yerleşmiştir. Karaçamın bulunduğu terselme alanındaki minimum sıcaklık muhtemelen kızılçamın canlı olarak dayanabildiği en düşük sıcaklığın altındadır. Orta ve üst orman kuşağında sıcaklık terselmesi ve don etkisinden dolayı az sayıda ağacın münferiden bulunduğu çukur veya yayvan formda ormaniçi açıklıklar yer almaktadır. Bu açıklıklar Alpin zonun terselme sebebiyle alt basamaklara inişi olarak değerlendirilebilir. Bazı durumlarda Alpin zon, üst orman kuşağı ile beraber orta orman kuşağına inebilmekte ve üç vejetasyon kuşağının ters olarak sıralanması şeklinde tezahür etmektedir (Şekil 7). Dünya'nın her bölgesinde yüksek dağlık bölgelerde soğuk hava birikmesi ile sıcaklığın terselmesi sonucunda oluşan ağaçsız yayvan araziler sıkça görülmektedir.



Şekil 6. Soğuk hava birikimi ve akımı görülen sahada vejetasyon terselmesi, vadi dibine yakın altta karaçam (koyu yeşil), üstte kızılçam (açık yeşil), Karıncalı mevkii, Orhaneli-Bursa, 500m.

İzmir Bozdağlarında bulunan Ovacık çanağında tabanda sıcaklıklar -20 C° 'nin altına kadar inmektedir (Atalay, 2015). Bu alanda kış mevsiminde ve erken ilkbaharda sıcaklık terselmeleri gerçekleşmektedir. -20 C° 'nin altındaki sıcaklıklar, kızılçamın yaşaması ve meşcere kurması için uygun değildir. Soğuk havanın çöktüğü çanağın dibinde karaçamlar bulunurken, çanağın çeperinde sıcaklık terselme hattının üstünde kızılçam yer almaktadır. Benzer şekilde Toros Dağlarında karstik çöktü alanlarında (don çukurları) soğuk hava birikmektedir. Donun etkili olduğu bu alanların dibine soğuğa dayanıklı Toros göknarı yerleşirken, daha üst yükseltilerde kızılçamlar görülmektedir (Atalay, 2015). Benzer şekilde Uludağ'da Alpin zonda 1900-2100 m yükseltilerde görülen otsu bitkilerden *Gentiana lutea*, 1700 m'deki don yatağında bulunabilmektedir.



Şekil 7. Sıcaklık terselme alanında üç vejetasyon basamağının ters yönde sıralanması, 1) en altta en düşük sıcaklığın olduğu don çanağının dibinde Alpin zonunun yansıması olarak ormaniçi açıklık, 2) terselme alanının çeperinde üst orman basamağından aşağı inen ibrelili türler, 3) terselme etkisi dışındaki alanda ağırlıklı olarak yapraklı türlerden oluşan mevcut orman basamağı, Trnovski gozd, Slovenya (Mihevc vd., 2010'den).

Ormaniçi açıklık olarak ortaya çıkan don yataklarında genellikle dona dayanıklı türlerin sahada serpili olarak bulunduğu görülür (Hough, 1945). Ülkemizde sıcaklık terselmesinin etkili olduğu orta ve üst zonlardaki açık alanlarda çoğunlukla ardıç, ahlat, alıç, karaçam gibi don ölüm noktasının çok düşük olduğu ağaç türleri serpili olarak bulunur. Antalya/Çıglıkara'da, kış aylarında don yatağı karakterine bürünen dolin, obruk ve derin vadilerde tabana yakın kısımlarda titrek kavak ve *Acer hyrcanum* varken, Toros sediri daha yükseklerde çıkmıştır (Genç, 2012).

5. Terselme Alanlarında Meşcere Kuruluş Özellikleri

Orman parçası olan meşcereler olduğu üreme materyali, yaş, ağaç türü, ağaç türü bileşeni, tabakalılık, kapalılık, sıklık ve yetiştirme ortamı verimliliği gibi meşcere kuruluş özelliklerinden en az biri ile çevresinden ayrılırlar (Saatçioğlu, 1969). Ormanlardaki terselme alanlarını meşcere kuruluşları bakımından iki farklı yükseltide değerlendirmek yerinde olacaktır: (1) bir üst orman kuşağından inen türlerin normal orman kuruluşlarının görüldüğü alt yükseltilerdeki sıcaklık terselme alanları (STA'lar) ve (2) ormaniçi açıklık olarak beliren üst yükseltilerdeki STA'lar.

Alt, orta ve üst orman kuşaklarının sınırları Türkiye'de bölgelere, topografyaya, iklime ve karasallık durumuna göre çok değişmektedir. Genel olarak kızılçamın yaygın olarak bulunduğu 800m yükseltinin altındaki yerler alt orman kuşağı, kayın ve karaçamın daha çok bulunduğu 800-1400 m arası orta orman kuşağı, ladin, sarıçam ve göknarların temsil ettiği 1400-2000 m arası ise üst orman kuşağı olarak değerlendirilebilir. 2000 m'nin üstündeki yükseltilerde çoğunlukla Alpin sahalar egemendir.

Meşcere kuruluşu bakımından alt orman kuşaklarındaki STA'ların en önemli özelliği bu alanlara orta orman kuşağı türlerinin yerleşmesidir. Kızılçam sahasına karaçamın yerleşmesi gibi. Orta orman kuşağı türlerinin geliştiği ile özellikle STA çeperlerinde vejetasyon terselme hattında karışık orman kuruluşu sıklıkla görülür. STA'larda bulunan türler yetiştirme ortamına göre değişik kapalılık, sıklık, tabakalılık ve gelişim gibi normal meşcere özelliklerini sergilerler. Alt orman kuşağındaki STA'larda terselme etkisi ile genel olarak ormaniçi açıklık görülmez. Bu özellikleri ile orta ve üst orman kuşağındaki STA'lardan ayrılmaktadırlar.

Orta orman kuşağındaki STA'larda üst orman kuşağından inen türlerin normal meşcereleri görülür. Örneğin 1200m yükseltideki bir karaçam sahasına sıcaklık terselmesi etkisi ile daha üst kuşaktan göknar inip yerleşebilmektedir. Orta orman kuşağında kuvvetli don olayının etkisi ile yer yer ormaniçi açıklıklar da görülür. Orta orman kuşağındaki terselme alanlarına ve olması durumunda ormaniçi açıklık kenarına üst orman kuşağındaki türler inebilmekte ve karışım oluşturabilmektedirler.

Üst orman kuşağında sıcaklık terselmesi genellikle doğal ormaniçi açıklık olarak belirir. Orta ve üst orman kuşağında sıcaklık terselmesi etkisi ile oluşan doğal ormaniçi açıklıkların kenarında dağ orman sınırına benzer şekilde girintili çıkıntılı orman sınırı görülür. Ormaniçi açıklık sınırlarında ağaçların boylarında kısalma, formlarında bodurlaşma, kalın dallılık ve geniş-dağınık tepelilik gibi özellikler seçilir (Şekil 8). Ormaniçi açıklığın özellikleri dağ orman sınırı ile dağ ağaç ve kötürüm ağaç sınırı arasındaki savaş zonuna benzemektedir. Bu alanda dona dayanıklı türler münferiden veya küçük topluluklar şeklinde yer alır. Boylu ağaçların bodurlaşmış, kötürümleşmiş fertlerine de sıkça rastlanır. Her yönden ışık aldıklarından doğal dal budanması pek görülmez (Şekil 8). Don baskısından dolayı yetiştirme ortamı verimliliği düşüktür. Kapalılığın %10'un altında olduğu boşluklu kapalılık söz konusudur. Üst orman kuşağındaki ormaniçi açıklık durumundaki STA içinde bu

yükselti basamağında bulunan tür veya türler serpili olarak bulunur.

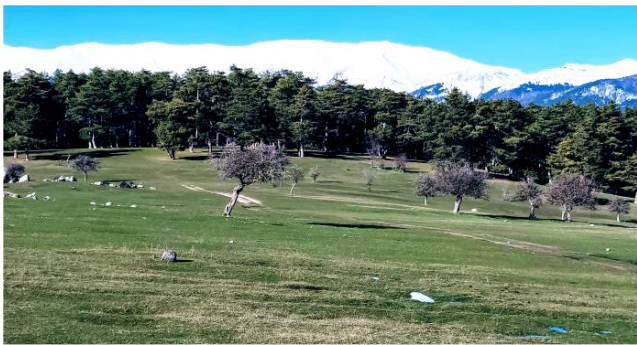


Şekil 8. Sıcaklık terselmesi etkisi ile oluşan ormaniçi açıklıkta nispeten kısa boylu, kalın dallı, geniş tepeli münferit karaçam ağaçları, Türkmen Dağı, Eskişehir, 1640 m.

6. Sıcaklık Terselme Alanlarında Biyolojik Çeşitlilik ve Yaban Hayatı

Sıcaklık terselmesi doğadaki karmaşıklığı ve farklılığı zenginleştiren bir faktördür. Sıcaklık terselmesi alanlarında orman kuşaklarında kaymalar olmaktadır. Üst orman kuşakları terselme olan yerlerde alt orman kuşaklarına sokularak çeşitliliği artırmaktadır. Böylece belli orman kuşağında habitat çeşitliliği çoğalmaktadır. Buna bağlı olarak da bitkisel biyoçeşitlilik zenginleşmektedir.

Orta ve üst orman kuşağında sıcaklık terselmesinin görüldüğü yerlerde yer yer Alpin kuşağın terselme alanlarına yerleştiği gözlemlenmektedir. Yükselti bölgeden bölgeye değişmekle beraber, genel olarak 1000 m'nin üzerindeki terselme alanları ormanlarda kapalılığın gevşediği ve ağaçların yer yer bodurlaştığı sahalar ve ormaniçi açıklıklar olarak ortaya çıkmaktadır. Doğal ormaniçi açıklık alanlar, kapalı ormanların altında ışsızlıktan ve ölü örtüden dolayı yer bulamayan bitkilerin yaşam alanları olarak kritik önemdedir ve bu boşluklarda biyoçeşitliliği artıran faktörlerdendir. Terselme alanları ve don yatakları, özellikle otsu tür bakımından biyolojik çeşitliliğin yoğun olduğu yerlerdir. Ormanlarda birçok endemik otsu türün barındığı alanlardır.



Şekil 9. Ormaniçi açıklık şeklinde beliren bir don yatağı ve içinde münferit olarak bulunan dona dayanıklı ahlat ağaçları, Kocayayla, Keles-Bursa, 1215m.

Ormanların en önemli işlevlerinden biri de yaban hayvanlarına ev sahipliği yapmasıdır. Ormaniçi açıklıklar yaban hayvanlarının kendilerini güvende hissederek beslendiği ve güneşlendiği çok değerli alanlardır. Terselme

etkisi ile ortaya çıkan orman içi açıklıklar yaban hayatının canlı olduğu yerlerdir. Don çukuru, don çanağı, karstik çukurluklar gibi sıcaklık terselmesi alanları yaban hayvanlarının orman içinde en çok yararlandıkları sahalardır. Terselme alanlarında sıkça görülen ahlat, ahlat gibi yabanıl meyveli türler de yaban hayvanları için hayati değerde besin kaynaklarıdır (Şekil 9).

7. Sonuç ve Öneriler

Sıcaklık terselmesi arazi şekline bağlı olarak doğada ve ormanlarda sıkça karşılaşılan bir durumdur. Topoğrafyadaki değişim ile çukur ve çanak şeklindeki değişik boyutlardaki çeşitli arazi formları çok yerde sıcaklık terselmesine ve dolayısıyla vejetasyon terselmesine sebep olmaktadır. Ülkemizdeki zengin ekosistem çeşitliliğinin içinde büyük ekosistemlerle beraber göreceli olarak daha küçük ekosistemler de yaygındır. Ormanlardaki sıcaklık terselme alanları, içinde bulunduğu orman basamağından farklı küçük yetişme ortamları ve ekosistemler olarak değerlendirilebilir. Etrafından farklı bu özel alanların ormancılık faaliyetlerinde dikkate alınması gerekmektedir.

Ormancılık çalışmalarında, özellikle ağaçlandırmalarda sıcaklık terselmesi alanları izlenmelidir. Ağaçlandırma etüt proje çalışmalarında sahadaki sıcaklık terselme alanları belirtilmelidir. Don yatakları derinliklerine göre etüt edilerek, sıcaklık kuşaklarına uygun türler kullanılmalıdır. Don yatağının dibindeki etkili alana ahlat, ardıc gibi türler serpili olarak dikilebilir. Bu alanlar içindeki ağaç ve diğer bitkilerle beraber korunmalı, gerekirse hiç ağaçlandırma yapılmamalıdır.

Doğal gençleştirme sahalarında da değişik büyüklüklerde sıcaklık terselme alanları olabilir. Olumsuz don etkileri ve çimlenme şartları dikkate alınarak doğal gençleştirme nispeten küçük alanlarda yapılmalıdır. Gençleştirme sahasındaki siperin oranı gençliğin gelişimine göre tedrici olarak düşürülmelidir. Sıcaklık terselmesi görülen veya potansiyel alanlarda gençleştirme çalışmalarında tıraşlama işletmesinden kaçınılmalıdır.

Orman alanlarında sıcaklık terselmesi sonucu ortaya çıkan açık alanlar biyolojik çeşitliliğin yüksek olduğu, işlev bakımından yeri doldurulamayacak ikame edilemez yerlerdir. Özellikle kapalı orman içinde kendine yer bulamayan türler, yer yer don çukuru ve çanaklarında varlıklarını sürdürmektedirler. Doğal ormaniçi açıklıklar yaban hayatı için de hayati önemde benzersiz alanlardır.

Bir alanda görülen en düşük sıcaklıklar tür bileşimini, biyolojik çeşitliliği, büyümeyi, kapalılığı ve ağaçların formlarını yakından etkilemektedir. Ülkemizdeki yaygın olarak görülen sıcaklık terselmesi alanlarındaki meşcere kuruluğu ve ağaçların özellikleri ile ilgili ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu alanların başta ağaç türleri olmak üzere sahip olduğu bitki türleri ile beraber korunması temel ormancılık prensibi olarak kabul edilmelidir.

KAYNAKLAR

Akman, Y., 2011. İklim ve Biyoiklim, Palme Yayınları, Ankara. 348s.

- Atalay, I., 2008. Ekosistem ekolojisi ve coğrafyası (Ecosystem Ecology and Geography). Meta Press, İzmir.
- Atalay, I., 2015. Revealing temperature inversion through environmental education . *Bati Anadolu Eğitim Bil. Dergisi*, 6(12):37-46.
- Bannister, P., Neuner, G. 2001. "Frost resistance and distribution of conifers," in Conifer Cold Hardiness, eds F. J. Bigras and S. J. Colombo (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers), 3–21.
- Bárány-Kevei, I., 1999. Microclimate of karstic dolines. *Acta Climatologica*, 32(33):19-27.
- Çepel, N., 1995. Orman Ekolojisi. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3886, İstanbul, 536s.
- Dy, G., Payette, S., 2007. Frost hollows of the boreal forest as extreme environments for black spruce tree growth. *Can J For Res* 37:492–504.
- Genç, M., 2012. Silvikültürün Temel Esasları, SDÜ Orman Fakültesi Yayın No:44, 351s.
- Gönençgil, B., 2016. Türkiye Fiziki Coğrafyası İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi, 414s.
- Hough A.F., 1945. Frost pocket and other microclimates in forests of the Northern Allegheny plateau. *Ecology* 26(3):235–250.
- Kılıcı, M., Sayman, M., Akkaş M.E., Bucak C., Parlak S., Boza Z., 2011. Kozak Havzası Fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) Ormanlarında Kozalak Verimini Etkileyen Ekolojik Faktörler. *Ege Orm. Araştırma Enstitüsü Yay., Çeşitli Yayınlar Serisi No:5*. 53s.
- Körner, C., 2012. Alpine Treelines: Functional Ecology of the Global High Elevation Tree Limits. Springer, Basel, Switzerland.
- Kuneš, I., Baláš, M., Zahradník, D., Nováková, O., Gallo, J., Nárovcová, J., Drury, M.L., 2014. Role of planting stock size and fertilizing in initial growth performance of rowan (*Sorbus aucuparia* L.) reforestation in a mountain frost hollow. *Forest Systems*, 23, 273-287.
- Lambers, H., Oliveira, R.S., 2008. Plant Physiological Ecology, Third Edition, Springer, New York, 736p.
- Lareau, N.P., Crosman, E., Whiteman, C.D., Horel, J.D., Hoch, S.W., Brown, W.O., Horst, T.W., 2013. The persistent cold-air pool study. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(1):51-63.
- Leuschner, C., Ellenberg, H., 2017. Ecology of Central European Forests. Vegetation Ecology of Central Europe (Vol.I). Cham, Switzerland: Springer Nature, 971p.
- Mihevci, A, Prelovšek M, Hajna N.Z., 2010. Editors. Introduction to the Dinaric karst. Karst Research Institute at ZRC SAZU, 71p.
- Ogrin, M., 2007. The minimum temperatures in the winter 2006/07 in Slovenian frost hollows and cold basin. *Dela*, 28, 221-237.
- Ogrin, M., Nikolić, G., Ogrin, D., Trobec, T., 2018. An investigation of winter minimum temperatures in the mountains of Montenegro – a case study from the karst depression of Valoviti Do and selected mountain stations of northern Montenegro. *Geographica Pannonica*, 22(4): 241-252.
- Oğurlu, İ., Avcı, M., 1999. Bir Don Çukuru Üzerine Araştırmalar, *Tr. J. of Agriculture and Forestry* 23, Ek Sayı 5:1231-1235.
- Özhan, S., 2004. Havza Amenajmanı. İ.Ü. Rektörlük Yayın No: 4510, Orman Fakültesi Yayın No:481, İstanbul, 384s.
- Parker, J., 1963. Cold resistance in woody plants. *Bot. Rev.* 29:124-201.
- Saatçioğlu, F., 1969. Silvikültür I. Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri. İ.Ü. Yayın No:1429, O.F. Yayın No: 138, İstanbul, 323s.
- URL-1, 2021. <https://en-il.topographic-map.com> (Erişim:27.04.2021).
- Whiteman, C.D., Bian, X., Zhong, S., 1999. Wintertime evolution of the temperature inversion in the Colorado Plateau Basin. *Journal of Applied Meteorology*, 38(8):1103-1117.
- Whiteman, C.D., Haiden, T., Pospichal, B., Eisenbach, S., Steinacker, R., 2004. Minimum temperatures, diurnal temperature ranges, and temperature inversions in limestone sinkholes of different sizes and shapes. *Journal of Applied Meteorology*, 43(8), 1224-1236.
- Zhong, S., Bian, X. and Whiteman, C.D., 2003. Time scale for cold-air pool breakup by turbulent erosion, *Meteorologische Zeitschrift*, 12(4): 229-233.