

AKÜ FEMÜBİD 20 (2020) 015502 (72-82)

AKU J. Sci. Eng. 20 (2020) 015502 (72-82)

DOI: 10.35414/akufemubid.647320

Araştırma Makalesi / Research Article

Antarktika'da Araştırma İstasyonu Kurmak için En Uygun Yer Seçimi: Türkiye Örneği

Müge ŞENEL¹, H. Hakan YAVAŞOĞLU^{1*}¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul.e-posta: mugejb@gmail.com ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6265-8145>Sorumlu yazar e-posta: yavasoglu@itu.edu.tr ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3139-4327>

Geliş Tarihi: 15.11.2019

Kabul Tarihi: 05.02.2020

Öz

Tüm insanlığın bilimsel çalışmalarına açık olan Antarktika, yıllardır birçok ülkenin araştırma istasyonuna ev sahipliği yapmaktadır. Bu istasyonların bir kısmı "kalıcı-uzun dönemli" bir kısmıysa "geçici-kısa dönemli" olarak adlandırılmaktadır. Antarktika'nın fiziksel yapısı ve koşulları bilimsel çalışmalar yapmak için zorlayıcı olsa da araştırmacılar için önemli konular ve bilgiler barındırmaktadır. Bu bilgilerin ülkemize kazandırılması için 2017 yılından bu yana kıtaya ulusal seferler (TAE) düzenlenmektedir. Türk bilim insanlarının bölgede uzun süre bilimsel faaliyet gösterebilmesi için T.C. Cumhurbaşkanlığı himayesinde, T.C. Bilim ve Sanayi Bakanlığı uhdesinde ve İstanbul Teknik Üniversitesi Kutup Araştırmaları Uyg-Ar Merkezi (İTÜ PolReC) koordinasyonunda araştırma kampı kurulması gündeme gelmiştir. Antarktika'ya yapılan 3 bilim seferinde çeşitli disiplinlere ait çok sayıda proje yürütülmüş ve elde edilen tecrübeler ışığında çalışma kampına ihtiyaç duyulduğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle ulusal seferlerde elde edilen bilgiler ile bu kampın nasıl ve nerede kurulması gerektiğine karar verme çalışmalarına başlanmıştır. Bu çalışmada Türk Bilim Üssü kurulması amacıyla gerçekleştirilen çalışmalar, yöntem ve bulgularıyla birlikte aktarılmıştır. Yapılan seferler sırasında kurulması planlanan kamp için ölçme ve analizler yapılarak çok sayıda veri elde edilmiştir. Bu veriler, detaylı fizibilite çalışmaları sonucunda ulaşılan bilgiler ile şekillendirilmiştir. Kampın kurulacağı bölgenin konumu, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımında "en uygun yer seçimi" analizi yapılarak seçilmiştir. Bu analiz için Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılarak yer seçimi için önem teşkil eden kriterler uzmanlarca belirlenmiş, değerlendirilmiş, puanlanmış ve sonuca ulaşılmıştır. Çalışmaların ilk aşamasında belirlenen 17 lokasyon 4 lokasyona indirgenmiştir. Sonuç olarak Lokasyon 6, 14, 15 ve 10 arasından Lokasyon 6, 0-5 aralığındaki uygunluk puanlamasında birinci sırayı alarak araştırma istasyonu kurulabilecek en uygun yer olarak seçilmiştir.

Anahtar kelimeler

Antarktika; Bilimsel Kamp; CBS; AHP

Suitable Site Selection for Scientific Research Camp in Antarctica: The Case of Turkey

Abstract

Türkçe özete uygun olarak 250 kelimeyi aşmamalı ve paragraf kullanılmamalıdır. 9 punto ve iki yana hizalı olmalıdır. Antarctica is open to the scientific studies of all mankind and also has been home to research stations of many countries for many years. Some of these stations are called "permanent-long term" and the others are "temporary-short term". Although the physical structure and conditions of Antarctica are challenging for scientific studies, it contains important topics and information for researchers. National expeditions to the continent (TAE) have been organized since 2017 to bring these information to our country. In order to enable Turkish scientists to do scientific activities in the region for a long time, establishment of a research camp has become a current issue. For this reason, determination process has begun for how and where this camp should be established with the information received from national expeditions. In this study, the conducted studies with the aim of establishing a Turkish Science Base are explained with their methods and findings. During the expeditions, a lot of data were obtained by measuring and analyzing. These data were formed by the information acquired as a result of detailed feasibility studies. The possible location of the camp was detected by analyzing the suitable site selection in the Geographical Information System (GIS) software. For this analysis; the criteria that are significant for site selection were determined, evaluated, scored and the results were obtained by using Analytical Hierarchy Process (AHP). In the first stage of the studies, 17 locations were reduced to 4 locations.

Keywords

Keywords
Antarctica; Scientific Camp; GIS; AHP

Location 6 ranks first between Location 6, 14, 15 and 10 based on suitability scores in the range of 0-5. As a result, Location 6 has chosen as the most suitable location for scientific research camp.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Antarktika dünyanın en soğuk kıtasıdır. Doğusu yükseklik farkından dolayı batısından daha soğuktur. 2 milyon yıldır yağış almayan bölgeleri barındıran Antarktika, dünyanın en kurak yeri olarak da anılmaktadır. 1961 yılından bu yana, imzalanan antlaşmaya göre Antarktika sadece bilimsel araştırmalara açıktır. Günümüzde 30 ülkenin 100'ü aşkın araştırma istasyonu kıtanın çeşitli bölgelerinde faaliyet göstermektedir. Araştırma istasyonları için yer seçiminde etkin bir mekânsal-coğrafi veri yönetimi ve karar verme mekanizması gereklidir. Antarktika'nın doğası birçok zorluğu beraberinde getirir. Çevresel faktörler, iklim yapısı ve topoğrafya kıtadaki bilimsel araştırmanın sınırlarını ve lojistiğe uygunluğu belirler. Bunlarla birlikte Antarktika'daki çalışmaları şekillendiren yönetmelikler ve hukuki kısıtlar son derece önemlidir. Uluslararası Bilim Konseyi Birliği (International Council of Scientific Unions) 1957'de aldığı karar ile Antarktika'da yapılan bilimsel çalışmaların artırılmasını hedeflemiştir. Bunun için "Special Committee on Antarctic Research" adlı bir komite kurulmuştur. Daha sonra adı "Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR)" olarak değiştirilmiştir (Int Kyn. 1). Türkiye 2014 yılı itibarıyla komitenin toplantılarına bilimsel yayınlarıyla katılmaya başlamış, 2016'da ise komiteye üye ülkeler arasına girmiştir (Int Kyn. 2). Türkiye Antarktika'ya şimdiye dek 3 ulusal sefer düzenlemiştir. Tüm seferlerde birincil hedef olan üs kurmanın yanı sıra kabul edilen projeler yürürlüğe konmuş, farklı alanlarda çok sayıda bilimsel çalışma yürütülmüştür.



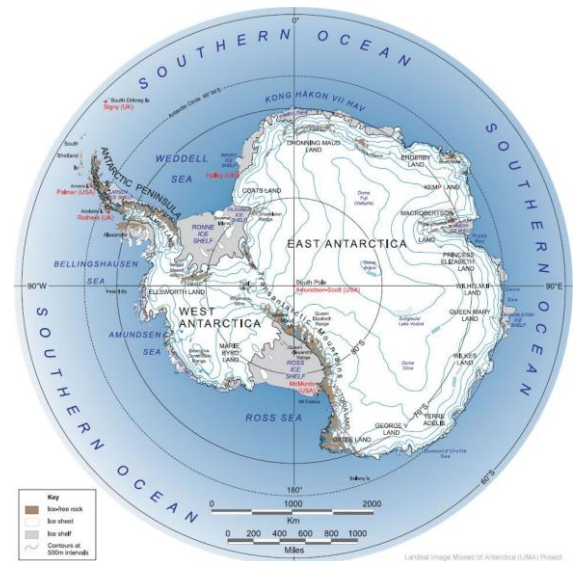
Şekil 1. İTÜ PoIREC ekibi, Antarktika (Int Kyn. 3).

Bu makalede, gerçekleştirilen 3 ulusal seferin ortak çıktıkları göz önünde bulundurularak araştırma

istasyonunun kuruluşu için yürütülen çalışmalardan bahsedilmiştir. Birinci seferde belirlenen olası üs lokasyonlarında yersel detay ölçmeleri yapılarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamına aktarılmıştır. Aynı zamanda seferi gerçekleştiren araştırma gemisinde echosounder cihazı ile batimetrik ölçme yapılarak kıyı derinlikleri ölçülmüştür. TAE-I'de yapılan ön fizibilite ve TAE-II'de yapılan detaylı fizibilite çalışmalarında istasyon kurmak için gerekli koşullar belirlenmiştir. AHY için oluşturulan kriterler önem derecelerine göre sınıflandırılmış, ağırlık oranları saptanmıştır. CBS ortamında uygunluk haritaları oluşturulmuş ve seçenekler puanlanmıştır. Yerleşim yerleri uygunluk durumlarınca sıralanmış ve 2019 yılı ulusal seferinde (TAE-III) değerlendirmede ilk sıradaki Lokasyon 6'ya geçici üs kurulmuştur. Bu çalışmada anılan bilgiler, "Site selection of the Turkish Antarctic Research station using Analytic Hierarchy Process" (Yavasoglu et al. 2019) yayınından alınarak derlenmiştir.

2. Antarktika ve Bilim

Weddell Denizi ile Ross Denizi arasında uzanan, Batı ve Doğu olarak iki bölüme ayrılan Antarktika, zorlayıcı koşulları dolayısıyla mücadeleyi beraberinde getirir (Şekil 2).



Şekil 2. Antarktika Haritası (Int Kyn. 4).

Yağış, sıcaklık ve rüzgâr kıtada gerçekleştirilen bilimsel çalışmaları şekillendirmektedir. Rusya'ya ait olan Vostok İstasyonu'nda en düşük hava sıcaklığı -89.2 C° olarak ölçülmüştür (Int Kyn. 5). En yüksek hava sıcaklığı ise yaz aylarında yaklaşık 20 Co değerine ulaşmaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin Antarktika üzerindeki etkisi yıllardır önemli bir tartışma konusudur. Houghton vd. (1996)'ya göre, kutupsal bölgelerdeki yağışların küresel sıcaklıktaki potansiyel artışlarla birlikte artacağı tahmin edilmektedir. Öte yandan Antarktika kendi içinde iklimsel olarak değişkenliğe sahiptir. Antarktika Yarımadası'nda (Antarctic Peninsula), kıyı ve iç bölgeler birbirinden farklı özellikler gösterir. Yüksek rakıma sahip doğu bölgesi ve iç kesimler daha soğuk ve daha kuraktır. Bu nedenle nem ve yağış oranı düşüktür. Kıyı kesimleri fazla yağış alır ve yıllık yağış 400 mm'ye kadar ulaşır. Yağışlar çoğunlukla kar şeklinde olur, yağmur ise yaz aylarında bazı bölgelerde nadiren görülür (Int Kyn. 6). Antarktika üzerindeki atmosferik dolaşım özel bir rüzgâr türünü ortaya çıkarmıştır. "Katabatik" adı verilen bu rüzgâr soğuk havanın binlerce metrelik düşey alçalması sonucunda meydana gelir ve kıtanın bazı bölgelerinde yıllık ortalama hızı saatte 50 km'ye ulaşır (Şekil 3). Deniz seviyesinde etkili olan yüksek basınç ise Antarktika'nın kıyı bölgelerinde etkili fırtınalar yaratır. Kıtadaki meteorolojik istasyonların kayıtları iklim değişikliğinin gözlenmesine ve hava durumu hakkında tahminler yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu tahminler bölgede faaliyet gösteren bilim insanlarının çalışmalarına yön verir.

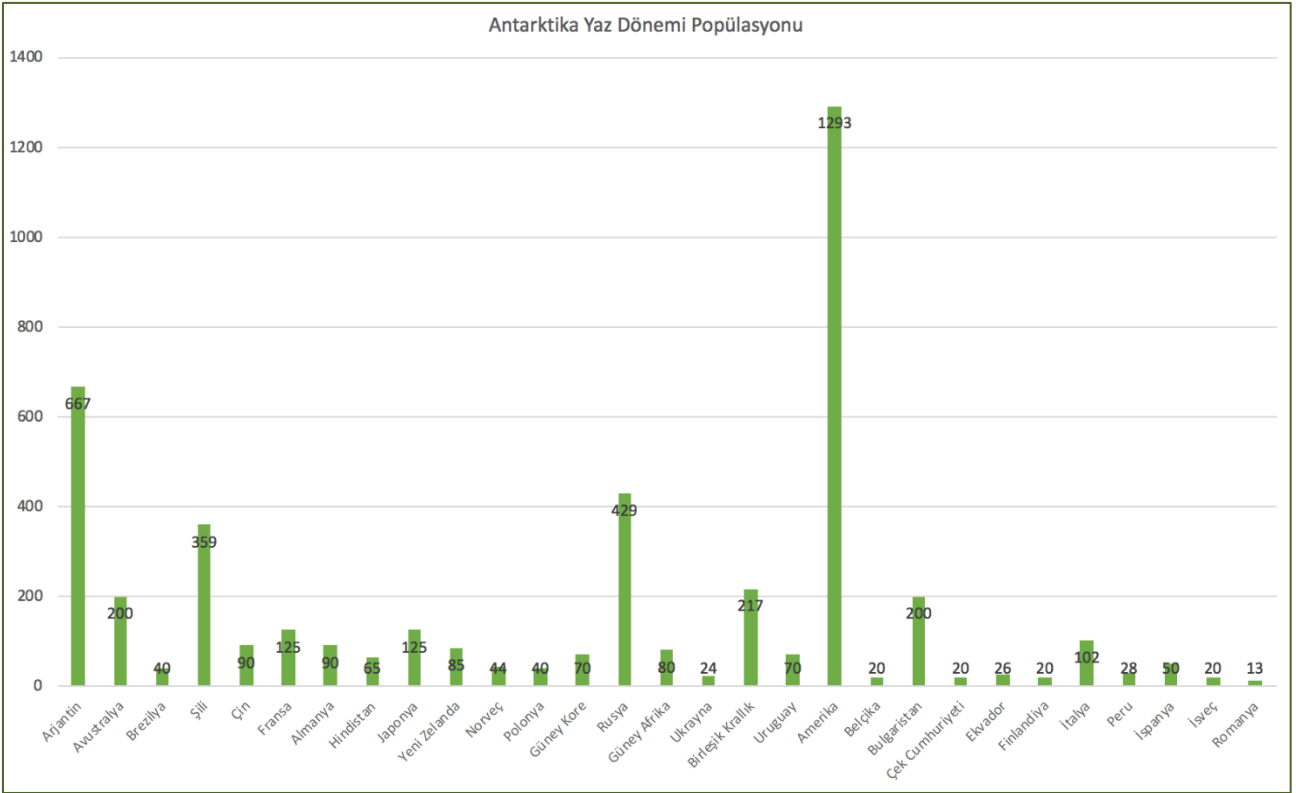


Şekil 3. Katabatik rüzgârı (Int Kyn. 7).

Antarktika'daki buz kütlelerinin hareketini ve artan ısınmanın sonuçlarını anlamak kıtanın içinde bulunduğu tehlikenin dünya üzerindeki etkisini anlamayı sağlar. Antarktika buzullarının tamamı erirse dünya çapındaki su seviyesinin 60 metreden fazla yükseleceği düşünülmektedir. Kıtadaki buz tabakası (buz örtüsü) da Doğu ve Batı olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğu Antarktika buz tabakasının hacmi Batı Antarktika buz tabakasının hacminin yaklaşık 9 katıdır (Cook *et al.* 2013). Buz tabakasını sabit bir kütle olarak değil, dinamik bir sistem olarak düşünmek gerekir. Bir kutup çölü olan Antarktika'da birikme oranı çok düşüktür. Yıllık erime oranı ise 1-3 mm arasında değişmektedir. Batı Antarktika'da devam eden erime sonucunda buz kaybı küresel deniz seviyesini 3-4 metre artırılabilir (Bamber *et al.* 2009).

Antarktika'daki biyoçeşitlilik, yer yapısı, iklim ve çevre özellikleri araştırmacıların ilgi odağındadır. Kıtanın çeşitli bölgelerinde su ve kara ekosistemine dair araştırmalar yapılmaktadır. Kıtada çok sayıda penguen, balık, balina ve kuş türü bulunmaktadır. Aynı zamanda Antarktika'da bulunan "Kril" planktonunun gıda yoksunluğu yaşayan ülkelere çare olacağı sanılmaktadır (Başlar 2003).

Jeoloji, Jeofizik, Coğrafya, Oşinografi, Hidroloji, Meteoroloji, Kimya ve Fizik gibi disiplinler dünyanın doğal ve eşsiz bilimsel araştırma laboratuvarı Antarktika'da çalışmalarını yürütmektedir. Araştırma istasyonları bu bağlamda binlerce insanı barındırmaktadır. Şekil 4, Antarktika'da yaz dönemi popülasyonunun ülkelere göre dağılımını göstermektedir. Yaz döneminde popülasyon 4000'in üzerine çıkmaktadır.



Şekil 4. Antarktika Yaz Dönemi Popülasyonu Grafiği

Antarktika'da iklim, ekipleri her türlü koşula hazır olmaya sürükler. Hava durumuna dayanıklı giysilerin ve insan sağlığını güvence altına alan ekipmanların bulunması şarttır. Bu yüzden araştırmacılar ile birlikte medikal yardım sağlayan kişiler ekiplere dahil edilir. Antarktika üzerinde yapılan çalışmalar kapsamlı bir hukuksal mevzuat ile yönetilmektedir. Bölge hiçbir şekilde askeri amaçlar için kullanılamaz ve herhangi bir ülke egemenlik iddiasında

3. Çalışma Alanı

Türkiye'nin üs kurmak ve bilimsel çalışmalar yapmak için gerçekleştirdiği "Ulusal Antarktik Bilim Seferleri" Türk insanlarını Antarktika'yı anlamaya teşvik etmiştir. Antarktika'ya gitmeden önce yapılan araştırmalar hazırlık sürecinde yararlı olsa da gerçek koşulların içinde bulunulduğunda eksiklikler tespit edilmiştir. Ulusal Antarktik Bilim Seferi 1 (TAE-I) adıyla 2017'nin Şubat ayında 9 kişilik bir ekiple gerçekleştirilmiştir. Antarktika ana karasına yakın olan Şili-Arjantin ülkeleri üzerinden ulaşım sağlanmıştır. TAE-I kapsamında üs kurmaya yakın bölgelerde istikşaf ve ölçme yapılmıştır. TAE-II ise 2018'in Şubat ayında 28 kişilik bir ekiple

bulunamaz. Antarktika'daki tüm istasyonlar, tesisatlar, donanımlar, kargo ve personellerin tahliyesi, iniş noktalarındaki gemiler, uçaklar bir gözlemci tarafından incelemeye ve denetime açıktır. Antarktika'nın yalnızca barışçıl amaçlarla kullanılması, uluslararası bilimsel işbirliğinin kolaylaştırılması ve canlı kaynakların korunması esastır.

gerçekleştirilmiştir. İkinci seferde detaylı fizibilite çalışmaları yapılmıştır. 2019 yılının Şubat ayında yapılan TAE-III ile "Türk Bilimsel Araştırma Kampı" geçici olarak kurulmuştur. Üçüncü seferde 23 kişilik bir ekip çalışmıştır. TAE-I sırasında yapılan ölçmeler topoğrafik ve hidrografik altlıkların oluşturulmasını sağlamıştır. 4000 kilometrelik rotada daha önceden belirlenen 35 noktada istikşaf yapılmıştır. Bu 35 noktadan 17'sinin üs potansiyeline sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 1). Bu noktalarda detay ölçmeleri yapılmıştır. Yersel detay ölçmeleri sonucunda kutupsal koordinatlar ve yükseklik farkları (cm doğruluğunda) bulunmuştur. Ana karaya yakınlık, lojistik, topoğrafya ve iklim koşulları genel olarak düşünüldüğünde Batı Antarktika'da

60°–68° Güney enlemleri dolaylarındaki bölgeler üs kurmaya daha elverişlidir.

Çizelge 1. Üs potansiyeline sahip noktalar.

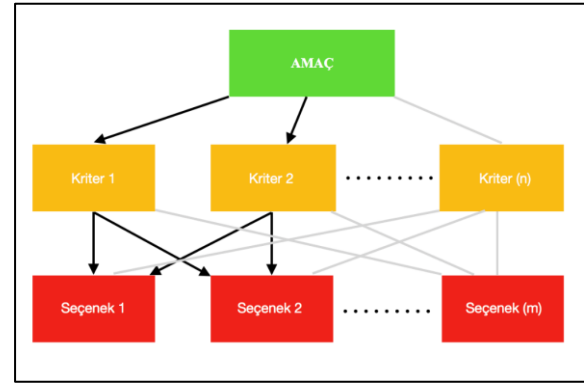
NO	BÖLGE ADI	YAKLAŞIK ALAN (m ²)	YAKLAŞIK KONUM
1	Lokasyon 1	93.000	66.00928 (G) - 65.64495 (B)
2	Lokasyon 2	99.000	67.60228 (G) - 68.21201 (B)
3	Lokasyon 3	123.000	67.822363 (G) - 67.305236 (B)
4	Lokasyon 4	40.000	67.671119 (G) - 67.049203 (B)
5	Lokasyon 5	230.000	67.72194 (G) - 66.809932 (B)
6	Lokasyon 6	110.000	67.830186 (G) - 67.238464 (B)
7	Lokasyon 7	28.000	67.937853 (G) - 67.161456 (B)
8	Lokasyon 8	16.000	65.375882 (G) - 64.306614 (B)
9	Lokasyon 9	215.000	65.1168775 (G) - 64.241184 (B)
10	Lokasyon 10	20.000	65.110340 (G) - 64.07559 (B)
11	Lokasyon 11	190.000	64.724018 (G) - 62.596764 (B)
12	Lokasyon 12	70.000	64.669310 (G) - 62.671230 (B)
13	Lokasyon 13	129.000	64.580520 (G) - 62.198788 (B)
14	Lokasyon 14	50.000	64.543662 (G) - 62.077643 (B)
15	Lokasyon 15	50.000	64.501174 (G) - 61.764972 (B)
16	Lokasyon 16	50.000	64.439956 (G) - 61.604513 (B)
17	Lokasyon 17	75.000	62.378850 (G) - 59.700157 (B)

Coğrafi Bilgi Sistemi veri tabanında toplanan ölçmeler ve örneklemeler kurulacak üs bölgesinin tespiti için gereklidir. Analitik Hiyerarşi Yöntemi çalışma alanındaki koşullara ve belirlenen kriterlere göre şekillendirilmiştir.

4. Metodoloji

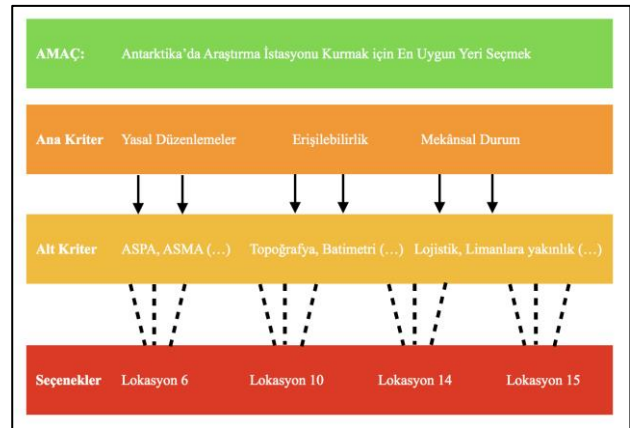
Analitik Hiyerarşi Yöntemi, birden fazla kriterin olduğu durumlarda karar verilmesine yardım

sağlayan ve sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (referans). CBS'de yer seçimi analizleri yapılırken mekânsal karar verme sürecinde problem tanımlandıktan sonra seçenekler oluşturulur ve aralarından en iyisi seçilir. AHY ile belirlenen amaç doğrultusunda kriterler, alt kriterler ve seçenekler oluşturulur. AHY'de hiyerarşik yapı bir model diyagramı ile gösterilir. Hiyerarşinin her aşamasında bir karşılaştırma matrisi oluşturulur. Her hiyerarşi düzeyi için ağırlıklar hesaplanır ve tutarlılık oranı bulunur. AHY'nin 3 temel adımı vardır. Bunlar problemi bölümlere ayırarak hiyerarşik yapı oluşturma; karşılaştırmalı karar vererek tercih matrisinin oluşturulması ve önceliklerin belirlenmesidir. (Saaty 1987). Genel AHY diyagramı Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Genel AHY Diyagramı.

AHY'nin ilk aşamasında Antarktika'da yer seçimi hedefine ulaşmak için seçimi etkileyen kriterler ve alternatif lokasyonlar hiyerarşik bir yapı olarak gösterilmiştir (Şekil 6). Model diyagram tanımlandıktan sonra kriterler ve seçenekler için karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur.



Şekil 6. Antarktika'da Yer Seçimi için AHY Diyagramı.

Kriterler kendi aralarında ikili gruplar halinde karşılaştırılır. Matris şeklindeki karşılaştırmalar kriterlerin ve seçeneklerin önceliklerini belirlemek için oluşturulur (Kapar 2013). Diyagramdaki hiyerarşi üzerinde önceden tanımlanmış bir çizelge kullanılır (Çizelge 2). Önem dereceleri için uzmanların görüşleri ve daha önce yapılmış çalışmalar dikkate alınmıştır.

Çizelge 2. Temel önem derecesi çizelgesi.

Önem Derecesi	Açıklama
1	Eş değer (eşit) önem
2	Zayıf
3	Orta derecede önemli
4	Orta dereceden fazla önem
5	Güçlü önem
6	Güçlü dereceden fazla önem
7	Çok güçlü veya ispat edilmiş önem
8	Çok, çok güçlü
9	Aşırı önem

Karşılaştırma matrisi;

$$A = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} & \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & & a_{nn} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

n= değerlendirilecek kriter sayısı

C_i= i kriteri

a_{ij}= i kriterinin j kriterine göre önemi

Karşılaştırma matrisinin köşegenindeki i ve j bileşenleri eşit olduklarında a_{ij} 1 değerini alır. Bu kriterin kendisiyle karşılaştırıldığı anlamına gelmektedir. Faktörler sahip oldukları önem değerlerine göre birebir karşılaştırılır (Int Kyn. 8).

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (2)$$

Denklem (2)'ye göre; örneğin (i=1, j=8) değerlerini alıyorsa oran 1/8 olacaktır. Yani ilgili kriterin diğerine

göre tercih edilme düzeyi 1/8'dir (Int Kyn. 8). Normalize edilmiş değerler C matrisi;

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & & c_{nn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Önem dereceleri arasındaki farklar karar noktaları üzerinde yüzde dağılım olarak gösterilir (Int Kyn. 8). Bunun için ağırlık vektörü (W) denklem (4)'teki biçimde hesaplanır.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (4)$$

W ağırlık vektörü;

$$W = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} \quad (5)$$

şeklinde ifade edilir.

CBS'de en uygun yer seçimi analizi için oluşturulan AHY modeli, potansiyel Antarktika araştırma istasyonu sahalarının değerlendirilmesinde kapsamlı bir metodoloji sunmaktadır. TAE-II kapsamında yapılan fizibilite çalışmaları ile birlikte AHY için 27 kriter ortaya konmuştur (Çizelge 3). Önem derecelerini belirleyen uzmanların görüşleri yapılan anketlerle alınmıştır. İkili karşılaştırmaların yapıldığı anket örneği Şekil 7.'de verilmiştir.

Çizelge 3. AHY kriterleri.

No	Kriter	Açıklama
1	Topography	Topoğrafyanın yerleşime uygun olduğu yerler
2	Aspect	Kuzeye yönelimin çok olduğu yerler
3	Slope	Eğimin az olduğu yerler
4	Height	Deniz seviyesinden yüksekliğin az olduğu yerler
5	Bathymetry	Batimetrimin gemi ve bot yanaşmasına uygun olduğu yerler
6	Currents	Deniz akımının az olduğu yerler
7	Capacity of Land	Arazi büyüklüğü, hakim alan büyüklüğü, acil durum kaçış kapasitesi vb. özelliklerin olduğu yerler
8	Temperature	Aylık ve yıllık sıcaklık ortalaması ile değişimi
9	Wind Speed	Rüzgâr hızının uygun sınırlar içinde olması
10	Logistics	Lojistik açıdan uygun alanlar
11	Closeness to Ports	Limanlara yakınlık
12	Sea Ice	Deniz buzunun uygun sınırlar içinde olması
13	Grounding Line	Buz sahanlığına ya da çizgisine olan uzaklık
14	Megadunes	Olası megadune olaylarına ve kar tepelerine olan uzaklık
15	Snow Accumulation	Kar birikme riskinin az olması
16	Closeness to Ship Route	Gemi rotalarına olan yakınlık (turistik veya araştırma)
17	Closeness to Boat Route	Bot rotalarına yakınlık
18	Closeness to Airports	Havalimanlarına yakınlık
19	Closeness to Other Bases	Diğer üslere yakınlık
20	Closeness to ERA (Emergency Response Area)	Acil duruma cevap verecek alanlara yakınlık
21	ASPA (Antarctic Specially Protected Area)	Özel koruma alanının içerisinde veya yakınında olmama durumu
22	ASMA (Antarctic Specially Managed Area)	Özel yönetim alanının içerisinde veya yakınında olmama durumu
23	MPA (Marine Protected Area)	Deniz koruma alanının içerisinde veya yakınında olmama durumu
24	HSM (Historic Sites and Monuments)	Tarihi yerlerin ve anıtların içerisinde veya yakınında olmama durumu
25	Spatial Conditions	Mekânsal durum
26	Accessibility	Erişilebilirlik
27	Legislative Conditions	Yasal düzenlemeler

Önem Derecesi Anketi (Topoğrafya)																	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Eğim																	
Yükseklik																	
Eğim																	
Adı-Soyadı																	
Unvan																	
Uzmanlık Alanı																	
Kurum																	

Şekil 7. Önem derecesi anketi.

Kriterlerin önem dereceleri belirlendikten sonra karşılaştırmaların tutarlılıkları kontrol edilir. Karar vericilerin (uzmanların) kriterler ya da seçenekler arasında kıyaslama yaparken ne kadar tutarlı olduklarını anlamak için tutarlılık oranı hesaplanır. Oran 0.1'in (%10) altında ise tutarlı olduğu sonucuna varılır. Tutarlılık oranı (CR) kriter sayısı ile temel değer (λ) karşılaştırılması ile bulunur. A karşılaştırma matrisi ile W ağırlık vektörünün çarpımı sonucunda D vektörü elde edilir (Atan 2008).

$$D = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & c_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & & a_{nn} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} \quad (6)$$

Daha sonra D vektörünün W vektörü elemanlarına bölümünden her bir kriter için temel değer (E) bulunur.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (7)$$

E değerlerinin aritmetik ortalaması alındığında ise karşılaştırma için gereken temel değer (λ) elde edilir.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (8)$$

Temel değer (λ) kullanılarak Tutarlılık Göstergesi (CI) hesaplanmaktadır (Atan 2008).

$$CI = \frac{l - n}{n - 1} \quad (9)$$

Tutarlılık oranı, Tutarlılık Göstergesi (CI) değerlerinin Çizelge 4'te verilen Rastgele Tutarlılık İndeksi (RI) değerlerine bölümü sonucunda elde edilir. İndeks tablosunda kriter sayısına karşılık gelen değer seçilir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (10)$$

Çizelge 4. Rastgele tutarlılık indeksi (RI).

Kriter Sayısı (n)	RI
1	0.00
2	0.00
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.49

Tutarlılık testinden geçen kriterlerin ağırlıklarının yüzde olarak dağılımlarının bulunması için karşılaştırmalar ve matris işlemleri kriter sayısınca (n defa) tekrarlanmalıdır. Antarktika'da araştırma istasyonunun kurulacağı en uygun yerin seçimi için belirlenen kriterlerden 25'i tutarlılık testini geçmiştir. Kriterlerin ağırlıkları tablo hâlinde verilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Kriter ağırlıkları.

	Kriterler	Ağırlıklar
Ana Kriter	Spatial Conditions	0.16
	Accessibility	0.34
	Legislative Conditions	0.45
Spatial Conditions Alt Kriterleri	Bathymetry	0.22
	Topography	0.22
	Currents	0.07
	Capacity of Land	0.29
	Temperature	0.08
Topography Alt Kriterleri	Wind Speed	0.12
	Slope	0.44
	Height	0.31
Accessibility Alt Kriterleri	Aspect	0.25
	Logistics	0.35
	Closeness to Port	0.14
Logistics Alt Kriterleri	Closeness to Airports	0.14
	Closeness to Other Bases	0.11
	Closeness to ERA	0.21
	Sea Ice	0.25
	Grounding Line	0.24
	Megadunes	0.17

Legislative Conditions Alt Kriterleri	Snow Accumulation	0.29
	ASPA	0.35
	ASMA	0.25
	MPA	0.17
	HSM	0.17

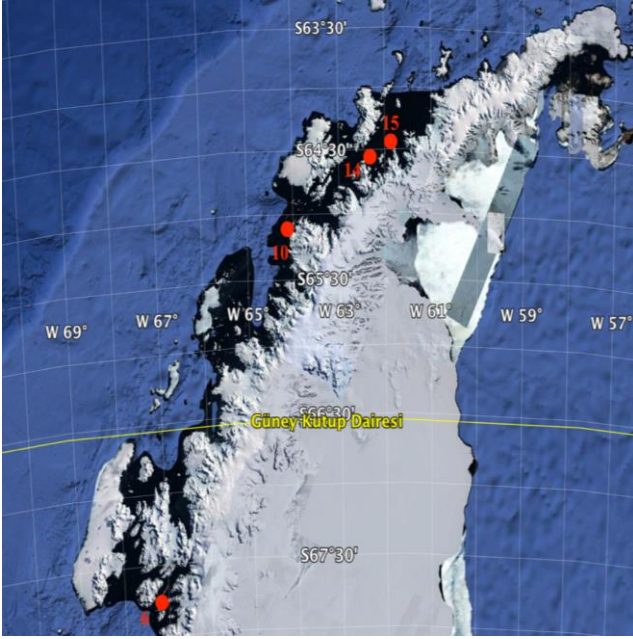
Yer seçimi için belirlenen kriterler ana ve alt kriterlere göre ayrılıp değerlendirilmiştir. Alt kriterler ana kriterle mantıksal ilişki içinde olmalıdır. Anket katılımcıları Deniz Bilimleri, Fen Bilimleri, Yer Bilimleri, İnşaat Mühendisliği ve Mimarlık gibi alanlarda uzman kişilerdir. grupta mekânsal durum, erişilebilirlik ve yasal durum karşılaştırmasında yasal durum %45 oran ile ön plana çıkmıştır. Mekânsal durumun alt kriterlerinden batimetri, topoğrafya, deniz akımı (currents), arazinin kapasitesi, sıcaklık ve rüzgâr hızı birbirlerine göre karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak arazinin kapasitesi, topoğrafyası ve batimetrisi önemli kriterler olarak görülmüştür. Bu kriterlerin ağırlıklarının toplam oranı %73'tür. Eğim, yükseklik ve kuzey yönelimi (aspect) topoğrafyanın alt kriterlerindedir. Bu kriterlerin karşılaştırılmasında en önemli olanın eğim olduğu ortaya çıkmıştır. Erişilebilirlik için oluşturulan alt kriterlerden lojistik, limanlara, havalimanlarına, üslere ve acil durum alanlarına yakınlık birlikte değerlendirildiklerinde lojistik %35 oranla en önemli kriter olarak bulunmuştur. Ardından %21 oranla acil durum alanlarına yakınlık (Closeness to ERA) gelmektedir. Daha sonra lojistiğin alt kriterlerinden deniz buzu, buz sahanlığı ve kar birikimi kriterleri birbirlerine yakın ağırlıkta kriterler olarak sonuç vermiştir. Son olarak yasal durumun alt kriterlerinden özel koruma, yönetim alanları ve tarihi alanlar değerlendirilmiştir. Özel koruma alanının içerisinde veya yakınında olmama durumu (ASPA) %35 oranla ön plandadır.

Analitik hiyerarşi yöntemi ile varılan sonuçlara göre tutarlılık testine olumlu yanıt veren 25 kriter sayesinde üs kurmaya yatkın bölgeler teşhis edilmiştir. Bu bölgeler yasal duruma uygun, lojistiğe elverişli, kolay erişilebilir, deniz buzu ve kar birikiminin az olduğu, özel koruma ve yönetim alanlarının dışında, topoğrafik açıdan beklentileri karşılayan yerler olmalıdır.

5. Tartışma ve Sonuç

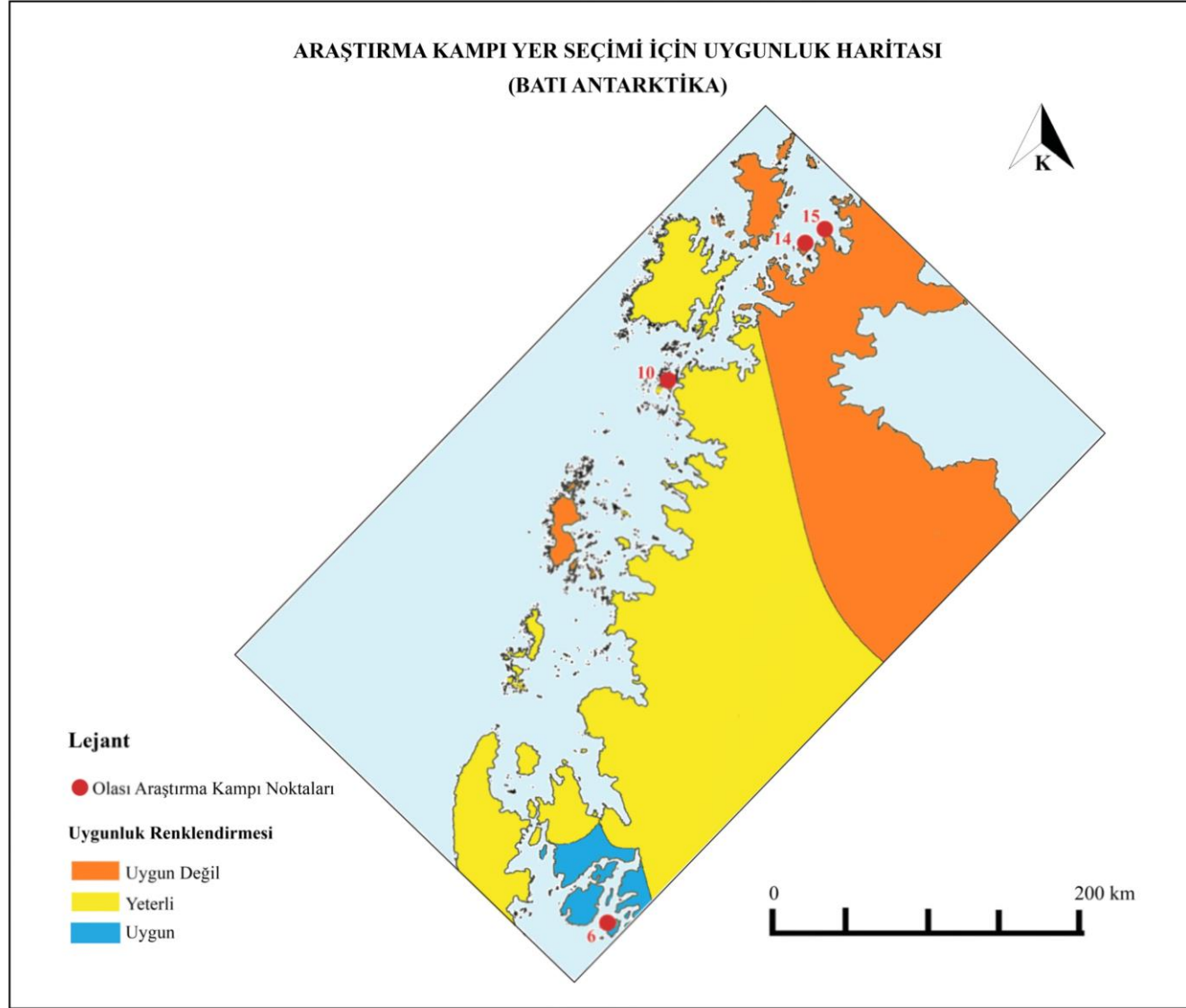
TAE-I öncesinde 35 noktada ölçme ve araştırma yapılması planlanmıştır. Bunun için keşif raporları incelenmiş, literatür taraması yapılmıştır. Ancak iklim ve çevre koşulları nedeniyle bu istasyonların 17'sinden veri toplanmıştır. Yer seçimi analizi için uzmanların vardığı ortak fikre göre ağırlıklar

oluşturulmuştur. TAE-I seferi yapıldıktan sonra elde edilen veriler 4 olası üs lokasyonunu şekillendirmiştir. Böylece TAE-I, TAE-II seferindeki çalışmalara yön vermiştir. şekil 8'de olası üs lokasyonları harita üzerinde gösterilmiştir. ArcGIS yazılımında Spatial Multi Criteria Analysis (Mekânsal Çok Kriterli Analiz) AHY ile belirlenen kriterlerin ağırlıklarına göre yapılmıştır. Uygunluk puanlamaları 0-5 aralığındadır. Aralarında yapılan sıralamada Lokasyon 6, 3.78 uygunluk puanı ile ilk sırayı almıştır (Yavaşoğlu *et al.* 2019). Ardından Lokasyon 14, 15 ve 10 gelmektedir.



şekil 8. Üs kurmaya yatkın noktalar.

şekil 9'da Lokasyon 6, 10, 14 ve 15 uygunluk olarak renklendirilmiř haritada görölmektedir. Uygunluk durumu üç renge bölümlendirilmiř, turuncu-uygun değil, sarı-yeterli, mavi-uygun olarak belirlenmiştir.



Şekil 9. Araştırma Kampı Yer Seçimi için Uygunluk Haritası.

Çalışma alanları ve üs kurulacak bölgeler belirlenirken hukuki durumlar göz önünde bulundurulur. Lojistiğin en uygun ve kolay biçimde sağlanması, gemilerin demirleyeceği alanlar, botların su üzerindeki hareketleri, iklimin süreç içindeki etkisi bilimsel çalışmaların ilerleyişini belirlemektedir. AHP metodolojisi disiplinler arası bağlantıyı kurarak uzman görüşlerine dayalı anketler sayesinde en uygun yerin belirlenmesinde önemli bir yöntemdir. CBS ve AHY'nin entegre kullanımı tutarlı ve güvenilir sonuçlar doğurmaktadır.

Teşekkür

T.C. Cumhurbaşkanlığı himayelerinde, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı uhdesinde, Ulusal Antarktika Bilim Seferleri, 2017, 2018 ve 2019 yıllarında İTÜ Kutup Araştırmaları Uyg-Ar (PolReC) koordinatörlüğünde tamamlanmış olup yazarlar müteşekkir. Ayrıca bu yayının temel aldığı "Site selection of the Turkish Antarctic Research station using Analytic Hierarchy Process" (Yavasoglu et al. 2019) yayınına katkı sunan Doç. Dr. Himmet Karaman, Doç. Dr. Burcu Özsoy, Dr. Öğr. Üyesi Serdar Bilgi, Dr. Öğr. Üyesi Bilge Tutak, A. Gör. Ayşe Giz Gülnerman Gengeç, Kpt. Özgün Oktar ve Kpt. Sinan Yirmibeşoğlu'na teşekkürlerimizi sunarız. Çizimler serbest lisanslı yazılımlarla üretilmiş olup akademik çalışmalara ücretsiz destek vermektedir.

6. Kaynaklar

- Atan, M., Atan, S., Altın, K., 2008. İnsan Kaynakları Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanımı ve Bir Yazılım Önerisi. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, **10**, 143–162.
- Başlar, K., 2003. Antarktika Antlaşmalar Sistemi (1961-2001): 40 Yılın Ardından Antarktika'nın Hukuki Rejimi. *Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 77–79.
- Cook, C.P. et al., (2013): Dynamic behaviour of the East Antarctic ice sheet during Pliocene warmth. *Nature Geoscience*, **6(9)**, 765-769.
- Houghton, J. T., Meiro Filho, L. G., Callander, B. A., Harris, N., Kattenburg, A., Maskell, K., 1996. Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Cambridge University Press.
- Kapar, K., 2013. Bir Üretim İşletmesinde Analitik Hiyerarşi Süreci ile Tedarikçi Seçimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, **28**, 197–231.

Saaty, R.W., 1987. The Analytical Hierarchy Process-What It Is and How It Is Used. *Mathematical Modeling*, **9**, 161-176.

Yavaşoğlu, H. H., Karaman, H., Özsoy, B., Bilgi, S., Tutak, B., Gülnerman Gengeç, A. G., Oktar, Ö., Yirmibeşoğlu, S., 2019. Site selection of the Turkish Antarctic Research station using Analytic Hierarchy Process. *Polar Science*, <https://doi.org/10.1016/j.polar.2019.07.003>.

İnternet kaynakları

- 1- <https://www.scar.org/about-us/history/>
- 2- <http://www.mfa.gov.tr/antarktika-antlasmasi.tr.mfa>
- 3-https://www.youtube.com/watch?time_continue=272&v=kydBqA3uPT8
- 4-<https://geology.com/world/antarctica-satellite-image.shtml>
- 5- <https://fallmeeting.agu.org/2013/files/2013/12/ColdestPlaceOnEarth.pdf>
- 6-<https://discoveringantarctica.org.uk/oceans-atmosphere-landscape/atmosphere-weather-and-climate/regional-climate-variation-and-weather>
- 7-<https://www.havaforum.com/katabatik-ruzgari-nedir/>
- 8-http://www.deu.edu.tr/userweb/k.yaralioglu/dosyalar/Analitik_Hiyerarshi_Proces.doc