



Orta ölçekli yerleşime uygunluk planlarının CBS tabanlı analitik hiyerarşi süreci (AHS) kullanılarak hazırlanması: Sivas il merkezi örneği

Preparation of GIS-based medium-scale settlement suitability plans by using analytical hierarchy process (AHP): Sivas city province case study

Şeyma CEYLAN^{1*}, Isık YILMAZ²

¹Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Mimarlık Fakültesi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, Türkiye.
seymaceylan88@gmail.com

²Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, Türkiye.
isikyilmaz@gmail.com

Geliş Tarihi/Received: 14.11.2018
Kabul Tarihi/Accepted: 25.03.2019

Düzeltilme Tarihi/Revision: 18.03.2019

doi: 10.5505/pajes.2019.98975
Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Bu çalışmada; Sivas ili için CBS tabanlı olmak üzere, karar destek sistemleri içerisinde yer alan uzman görüşüne dayalı Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılarak orta ölçekte gelecek için gerekli altlığı oluşturacak yerleşime uygunluk modellerinin harita olarak elde edilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada seçilen Sivas ili; heyelan, zayıf zemin koşullarına ilişkin yenilmeler, jips karstına bağlı potansiyel çökmeler, taşkınlar, kaya düşmesi ve aktif fay zonlarına olan yakınlığı bakımından da depremler gibi doğal afetlerden etkilenme potansiyeline sahiptir. Çalışmalar kapsamında Afet Bilgi Sistemi oluşturma sürecinin afet öncesi evresi ve bölge planlarına altlık oluşturacak şekilde yerleşime uygunluk analiz ve sentezleri yapılmış, bölgesel gelişme yönleri belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen modeller Afet Bilgi Sistemi düzeyinde temel bileşen olarak, şehir bölge planlarına, afet öncesinde yapılan planlama kapsamında, konut alanlarının yer seçiminde önemli rol gösterici olacaktır. Ayrıca, bu modeller afet sonrasında da sorgulama ve analiz yeteneği sayesinde Acil Eylem Planlarının oluşturulmasına, oluşturulan planların gerektiğinde hızlı ve etkin şekilde uygulanmasına yardımcı olacaktır.

Anahtar kelimeler: Sivas, Şehir planı, Yerleşime uygunluk planı, Analitik hiyerarşi süreci, CBS.

Abstract

In this study; it was aimed to obtain the models of medium-scale settlement suitability model maps for Sivas province that will form the needed base for future planning by using the GIS-based Analytical Hierarchy Process (AHP) based on expert opinion within the decision support systems. The selected province of Sivas has potentials to be influenced by natural disasters such as; collapse potential due to gypsum karst, landslides, failures due to weak ground environments, rock fall, floods, and earthquakes by means of the closeness to active faults. Within the scope of the studies, settlement suitability analysis and syntheses were made in order to form a basis for pre-disaster phase and regional plans of Disaster Information System creation process and regional development directions were determined. The models obtained in the study will be an important guide for the city and region planners in terms of the location of the housing areas within the scope of the planning before the disaster as the main component of the Disaster Information System. In addition, these models will assist in the creation of Urgent Action Plans with the help of questioning and analysis skills after the disaster, and to implement the plans quickly and effectively when it is needed.

Keywords: Sivas, Urban plan, Settlement suitability plans, Analytical hierarchy process, GIS.

1 Giriş

Günümüzde hızlı kentleşme ve artan nüfusa bağlı olarak doğal çevre ile uyumlu olmayan, plansız büyüme, doğanın tahrip edilmesi, insan ve doğa kaynaklı tehlikeler büyük çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Düzensiz kentleşme ile birlikte doğal kaynakların yanlış kullanımı, doğal afetler, değişen arazi kullanımı ve artan nüfus sonucu mevcut yerleşim alanlarının afet bölgelerine doğru genişlemesinden dolayı özellikle hızlı kentleşme karşısında kent gelişiminin sağlıklı sürdürülebilmesi ise planlamanın önemini ortaya çıkarmaktadır.

Ülkemizin 1970 ve 1980'li yıllarda yaşadığı gibi nüfusun hızla artması, kentsel alanlara göçlerin artarak devam etmesi ve bu sebeple kent çeperlerindeki mevcut arazilerin kentsel alanlara katılmasıyla birlikte planlama süreci bakımından farklı beklentiler oluşturmaktadır. Bu süreçte ağırlıklı olarak kentin hangi yönlerde gelişmesi gerektiğini, nasıl gelişeceğini, arazi kullanım bakımından yeni gelişme alanlarındaki dağılımlarının

nasıl olacağı üzerinde analiz ve çalışmalar yapılacaktır. Oysa kentsel büyümesi belirli bir doyumluğa ulaşmış bölgelerde mevcut durumu geliştirmek bazı sağlıksız alanlarda kentsel dönüşümü sağlamak, mevcut konut alanları, doğal ve tarihi eserlerin korunması ve doğal afetlere karşı önlemlerin alınması ve güçlendirilmesi ise her döneme ait farklılık gösterebilen planlama yaklaşımlarını gerektirmektedir [1]. Ülkemizde kentsel gelişim, geçmişten günümüze daha çok jeolojik ve jeoteknik çevre koşullarının göz ardı edilmesiyle sağlanmıştır. Kent planlama sürecinde sadece arazi kullanım kararlarını gözetilen bir yaklaşım yerine doğal afet tehlikelerini de göz önünde bulunduran, risk azaltma ve önlemleri de içeren jeolojik ve jeoteknik durumların çok iyi analiz edildiği bir planlama yaklaşımı gerekmektedir.

Planlama, belirli bir hedef doğrultusunda izlenecek yol ve geleceğe yönelik öngörülerde bulunarak karar verme olarak tanımlanabilir. Geniş bir çerçeveye sahip olan planlama sürecinde, kent planları ise toplumun ihtiyaçları göz önünde bulundurularak geniş kapsamlı ve ülkedeki sosyoekonomik,

*Yazışılan yazar/Corresponding author

kültürel, tarihsel yapı, jeolojik yapı, nüfus, ulaşım gibi birçok durum değerlendirilerek yapılmalıdır.

Planlama çalışmalarında doğal ortam özelliklerini içeren yaklaşıma dayalı fiziksel planlama kapsamında kullanılan verilerin tümü fiziki mekâna ait veri çeşitlerini içermekte olup, başta mekânın coğrafi, doğal ve kültürel özelliklerini kapsamaktadır. Çeşitli amaçlar için yapılan fiziksel planlamadaki problemler için analiz için değerlendirmeye alınan veri türlerinin çeşitliliği ve birbiriyle ilişkilendirmedeki zorluklardır [2]. Bu amaçla kullanılan birçok sayıdaki verinin, bir araya getirilip değerlendirilmesine olanak sağlayan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) çok önemli bir araçtır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte özellikle bilginin ve hızın önem kazandığı günümüzde, CBS; veri depolama, analiz yapma, sorgulama ve görselleştirme gibi birçok süreçte etkin olarak kullanılmaktadır. Belirli bir amaç doğrultusunda yeryüzüne ait bilgileri toplama, depolama, analiz ve görüntüleme gibi işlemlere olanak sağlayan ve donanım, yazılım, veri ve personelden oluşan bir sistemdir. 70'li yılların sonlarına doğru hızla gelişmeye başlayan CBS, özellikle konumsal analiz amacıyla dünya çapında değişik amaçlar için yaygın bir şekilde kullanılmaya devam etmektedir.

Sivas ili; heyelan, erozyon, zayıf zemin koşullarına bağlı yenilmeler, jips karstına bağlı çökme, taşkın, kaya düşmesi olayları gibi doğal afetlerden etkilenme potansiyeline sahiptir. Bu çalışma ile Sivas il merkezi ve yakın çevresinin Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı olmak üzere, orta ölçekte gelecek için gerekli altlığı oluşturacak yerleşime uygunluk modellerinin harita olarak elde edilmesi amaçlanmıştır. Yerleşime uygunluk analizinde birçok faktör değerlendirilmekte olup, her bir planlama kestiriminde ilgili kent veya bölgenin kendine özgü yapısı, dokusu, gelişim kaynakları dikkate alınarak yapılmalıdır. Yapılan bu çalışma ile Sivas kent merkezi ve yakın çevresini kapsayan topoğrafik yapı, litolojik birimler, arazi kullanım kabiliyet sınıfları, erozyon, su kaynakları, arazi kullanımına ait veriler kullanılarak analizler yapılmış yerleşim açısından uygun olan ve uygun olmayan alanlar belirlenmiştir.

AHS yöntemi, büyük ölçekli problemlerin çözümünde esnek bir modelleme aracı olup, kriterler ikili ve her düzeyde karşılaştırılır. Öznel ve nesnel kriterleri içeren problemleri çözmeye başarılı bir yöntem olup, konuyla ilgili çok sayıda yayın bulunmaktadır [3]. Ayrıca, karar verme problemlerinin matematiksel olarak ifade edilebilmesi yöntemin avantajlı yanlarını oluşturmaktadır [4]-[7]. AHS yöntemi, yerleşime uygunluk analizi [8]-[10], arazi kullanım planlaması [11]-[13], heyelan duyarlılık analizi [14]-[16] gibi birçok analizde kullanılmaktadır.

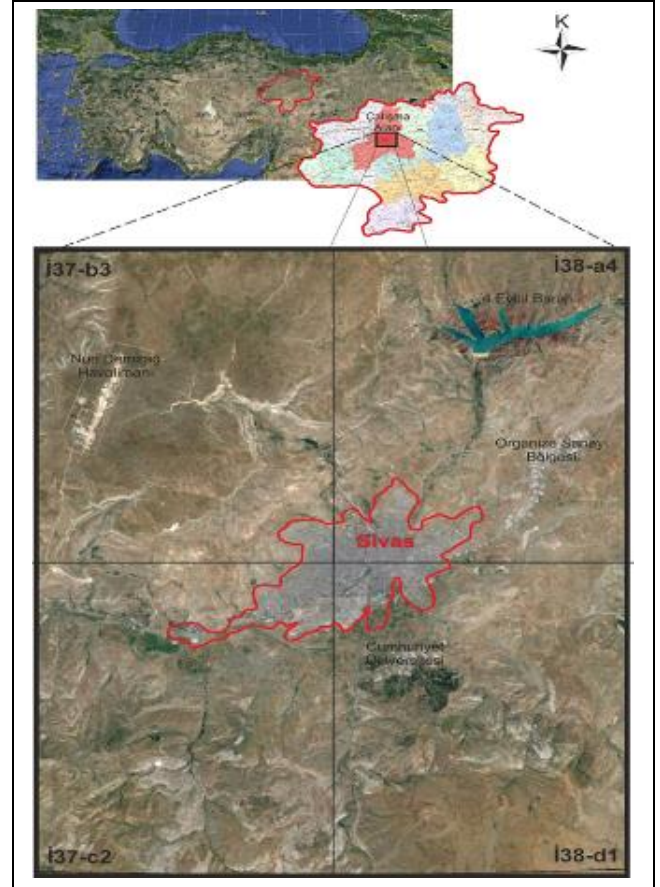
Çalışma kapsamında veriler Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile analiz edilerek bu yöntemin yerleşilebilirlik değerlendirmesi açısından kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu çalışma ile Sivas iline ait CBS katmanları oluşturularak analiz ve sorgulamalara olanak tanınması ve fazla sayıdaki verinin aynı anda, doğruluğunun yüksek olması ve hızlı bir şekilde değerlendirilmesi, zaman ve maliyet yönünden kazanç sağlanmasına neden olacaktır. Özellikle son 10-15 yılda Coğrafi Bilgi Sistemleri, bilgisayar ve yazılım teknolojilerindeki büyük gelişmeler söz konusu modellerin üretimini daha da kolaylaştırmakta ve hızlandırmaktadır. Ancak bu modellerin sadece teknoloji kullanımı ile doğrulukla elde edilmesi uzman görüşü olmadan hemen hemen olanaksızdır. Modellerin oluşturulmasıyla, Sivas ili için gelecekte gerekli altlığı oluşturacak olan haritaların elde edilmesi özellikle kent

plancılarana, afete duyarlı planlama kapsamında yapılacak yerleşime uygunluk analizlerinde önemli bir veri sağlayacaktır. Yerleşime uygunluk modelinin oluşturulması ile Sivas ilinin potansiyel ve uygun bölgesel gelişme yönleri belirlenecek ve kentsel planlama amaçlı çalışmalara altlık oluşturulacaktır.

2 Çalışma alanı ve veri tabanı

Büyük bir çoğunluğu İç Anadolu bölgesinin Yukarı Kızılırmak bölümünde yer alan Sivas ilinin daha küçük kısımları ise Doğu Karadeniz Bölgesi ve Doğu Anadolu bölgesinde yer alır. Çalışma alanı 1/25.000 ölçekli i37-b3, i38-a4, i37-c2, i38-d1 paftalarını kapsamaktadır (Şekil 1).

Bu çalışmada Sivas kenti mücavir alan sınırları içerisinde yer alan alanı kapsayan topoğrafik yapı, litolojik birimler, toprak yapısı, hidrojeolojik yapı ve arazi kullanımı parametreleri çalışmanın temel verilerini oluşturmuştur. Araştırma alanına ait tematik haritaların elde edilebilmesi için ArcGIS 9.3.1 programı kullanılmıştır. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemiyle yerleşime uygunluk analizi için ise Marinoni [17] tarafından ArcGIS için geliştirilen ArcGIS ext_ahp.dll modülü kullanılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası ve pafta indeksi.

Figure 1. Location map and sheet index of the study area.

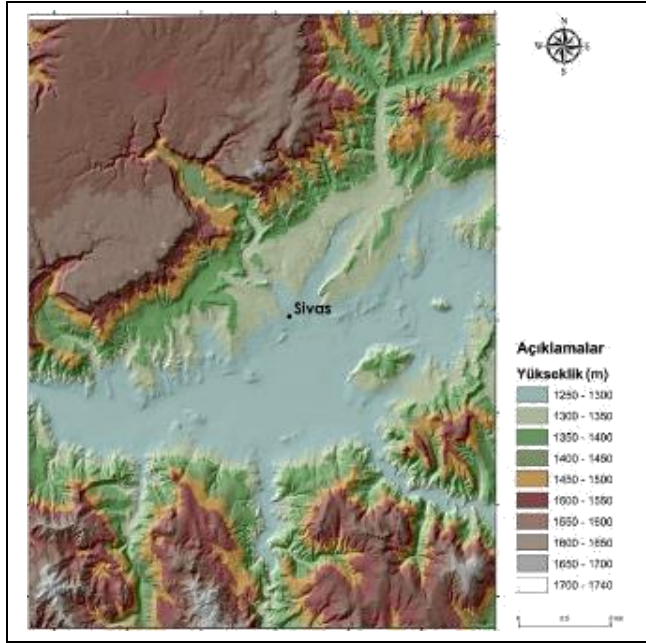
2.1 Topoğrafya

Topoğrafik yapı, çalışma alanının eğim durumu ve yükseklik gibi özelliklerinin belirlenmesi açısından özellikle kent planlama sürecinde kullanılan önemli parametrelerden biridir. Analiz için seçilen alana ilişkin 1/25.000 ölçekli topoğrafik veriler Harita Genel Komutanlığı tarafından üretilen sayısal yükseklik

paftası kullanılarak elde edilmiştir. Çalışma kapsamında 10x10 m'lik pikseller kullanılmıştır. ArcGIS 9.3.1 [18] programı kullanılarak çalışma alanının Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturulmuş ve çalışmanın ileriki aşamalarında yapılacak olan analizler için kullanılacak olan eğim, bakı ve yükseklik verileri üretilmiştir.

2.1.1 Yükseklik

Çalışma alanına ait sayısal yükseklik paftası kullanılarak, ArcGIS 9.3.1 programının 3D Analyst modülü ile çalışma alanının yükseklik haritası elde edilmiştir. Yükseklik grupları incelendiğinde özellikle Sivas kent merkezi ve yakın çevresinde 1250-1300 m yükseklik grubunun yoğunlaştığı görülmektedir. Çalışma alanının güney ve kuzeybatı bölgelerinde 1500 m'nin üzerine çıkan yükseklik değerleri gözlenmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli.
Figure 2. Digital elevation model of the study area.

2.1.2 Yamaç eğimi

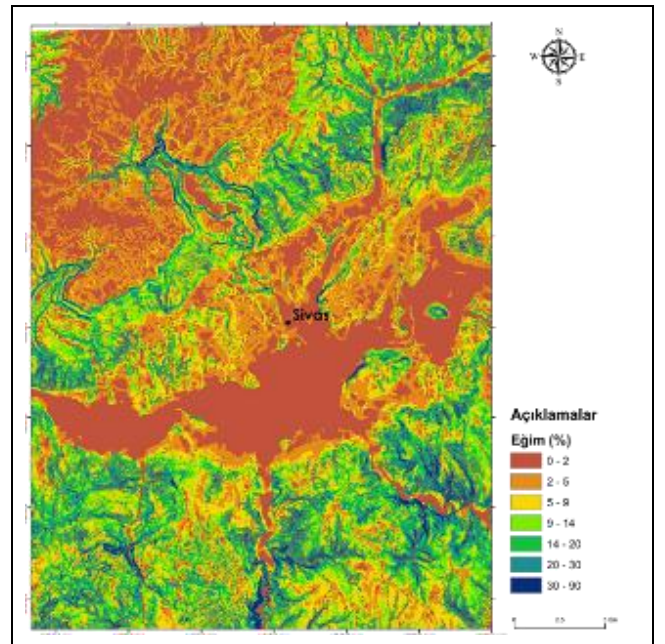
Kent planlama sürecinde eğim analizleri kentsel alanların gelişme yönlerini belirlemede önemli bir etkidir. Ayrıca eğim değerlendirmeleri jeolojik ve jeoteknik etüt raporlarında jeolojik ve hidrolojik durumlarla birlikte değerlendirildiğinde özellikle heyelan, kaya düşmesi gibi olası tehlikeleri belirlemekle birlikte yerleşime uygunluk, ulaşım, sanayi gibi yer seçimleri durumunda da son derece önemli bir etkiye sahiptir.

Eğim değerlerinin anlamını oraya koyabilmek için Cooke ve Doornkamp [19] tarafından önerilen ve plan çalışmalarında da kullanılabilir kritik şev eğimleri Tablo 1'de gösterilmiştir [20].

Çalışma alanına ilişkin yamaç eğimi durumunun belirlenmesi için Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) yardımıyla eğim analizi yapılmıştır. Şekil 3'te çalışma alanına ait yamaç eğim haritası gösterilmektedir. Çalışma alanı incelendiğinde ise Sivas kent merkezinin çoğunlukla %0-2 eğim grubunda yer aldığı gözlenmektedir.

Tablo 1. Kritik yamaç eğim değerleri [19].
Table 1. Critical slope values [19].

Eğim faaliyet şekli	
%1	Uluslararası havaalanı
%2	Yerel havaalanları, ana ulaşım yolları ve demiryolları, hız sınırlamalı ağır araçlar
%4	Şehirlerarası yollar, şehir içi ana yollar
%5	Tarımsal ekme, biçme ve yerleşim alanları
%8	Kentleşme; kent içi yollar, kamp ve piknik alanları
%9	Demiryolu için azami eğim
%10	Büyük ölçekte endüstriyel faaliyetler, ağır tarım makineleri
%15	Standart tekerlekli traktörler
%20	Toplu konut alanları
%25	Rekreasyon alanları, Yürüyüş parkurları, Yükleme rampaları



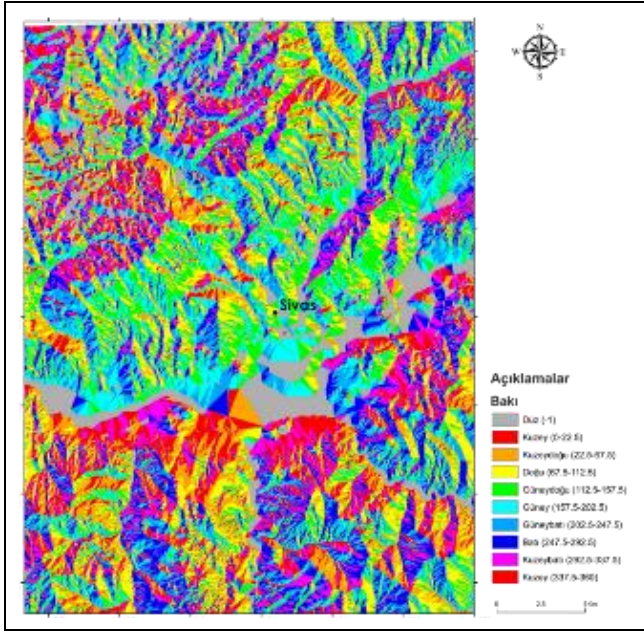
Şekil 3. Çalışma alanına ait eğim haritası.
Figure 3. Slope map of the study area.

2.1.3 Bakı

Sayısal Yükseklik Modeli kullanılarak üretilen bakı haritaları, her bir raster hücresi için hesaplanarak o hücredeki yüzeyin kuzeyden itibaren saat yönünde yaptığı açı olarak tanımlanabilir [21]. Çalışma alanının bakı yönleri ana ve ara coğrafi yönleri ve düz alanları içerecek şekilde gruplandırılmıştır (Şekil 4).

2.2 Toprak yapısı

Çalışma alanına ait toprak verileri, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM) tarafından hazırlanmış olan 1/25000 ölçekli sayısal toprak haritası verilerinden oluşmaktadır. Aşağıda çalışma alanına ait toprak faktörüne ilişkin bilgilere yer verilmiştir.



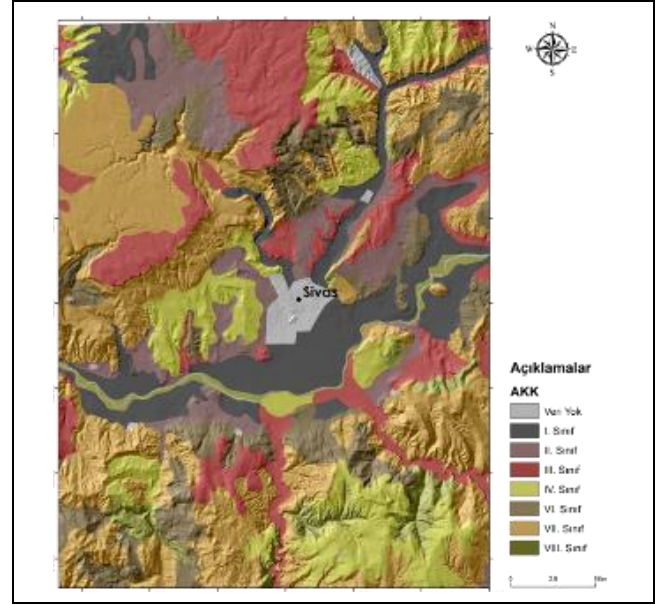
Şekil 4. Çalışma alanına ait bakı haritası.
Figure 4. Aspect map of the study area.

2.2.1 Arazi kullanım kabiliyet sınıfları (AKK)

Topraklar tarım için önemli olduğu kadar sanayi ve kentleşme içinde bir o kadar önemlidir. Tarım arazilerinin tarım dışı kullanılması ya da tam tersi durumunda problemler yaratacağından dolayı arazi kullanımında amaç dışı kullanımı önlemek gerekmektedir. Araziler kullanım kabiliyetlerine göre Yaşlıca [22] tarafından 8 sınıfa ayrılmıştır. I. sınıf araziler, toprakları iyi drenaj ve su tutma kapasitesine sahip olan verimli tarım arazisidir. Bölgede yetişen bitkileri üretmeye uygun, çok az su ve rüzgâr erozyonu gözlenebilen, tarımsal alan olarak korunmalı ve çok zorunlu olmadıkça tarım dışı kullanıma açılmamalıdır. II. sınıf arazilerde her türlü bitkiyi üretmeye I. sınıf topraktan daha az elverişlidir. Tarımı kısıtlayan orta derecede toprak, topografya ve drenaj yetersizlikleri bulunur. Orta derecede nemli ve orta derecede erozyon görülebilir. Önleyici bazı tedbirler alınarak, kolayca işlenebilir olan iyi bir tarım arazisidir. Gerekliğinde kısıtlı mesire- piknik yeri olarak kullanılabilir. III. sınıf araziler ise toprak ve topografya bakımından şiddetli sınırlayıcı faktörlere sahiptir ve erozyona oldukça duyarlıdır. Düşük su tutma kapasitesi ve geçirimsizliğe sahiptir. Yüzeysel toprak, taban taşı, kil dokulu ve yüksek nem içeriğine sahip ve fazla miktarda kum çakıl içeriği gibi durumlardan en az iki veya üçüne sahiptir. IV. sınıf araziler, toprak derinliği, taşlılık ve yüksek nemden dolayı tehlike arz ederler. Düşük drenaj özelliği, su erozyonuna duyarlı ve düşük doğal verimlilik gösteren arazilerdir. Özel birkaç uygun sürümle tarım yapılabilir. Kullanılmasında dikkat ister. Rekreasyonel hizmetlere açılabilir. V. sınıf araziler sürüm tarımı yapılamayan, karışık dokulu, taşlı arazilerdir. Nemli, hafif veya orta derecede su ve rüzgâr erozyonu vardır. Genellikle çayır veya mera olarak faydalanılır. Bu alanlar tarım, sanayi ve rekreasyon alanlarına uygunluğu araştırılarak kullanma türü seçilir. Gerekli drenajın yapılmasıyla spor, fuar alanları, turistik yerleşme alanları olarak düzenlenebilir. VI. sınıf arazilerde erozyona çok duyarlı olup, tarıma uygun olmayan arazilerdir. Çoğunlukla mera veya ağaçlık saha olarak kullanılacak arazilerdir. Mesire- piknik alanları, manzara yolları, golf sahaları, kır kahveleri, spor alanları ve turizm yerleşmeleri düzenlenebilir. VII. Sınıf Arazi, kayalık, ileri

derecede su erozyonu gibi sınırlama faktörlerine sahiptir. Dağ turizmi ve av alanları olarak kullanılabilir. VIII. sınıf arazilerde, çıplak kaya ve molozlara sahip olan bitkisel ürün getirmeyen arazilerdir. Sanayi, depolama gibi hizmetlerde kullanılabilir.

Çalışma alanına ait arazi sınıfları Şekil 5'te verilmiş olup, V. sınıf araziye ait veri çalışma alanında bulunmamaktadır.

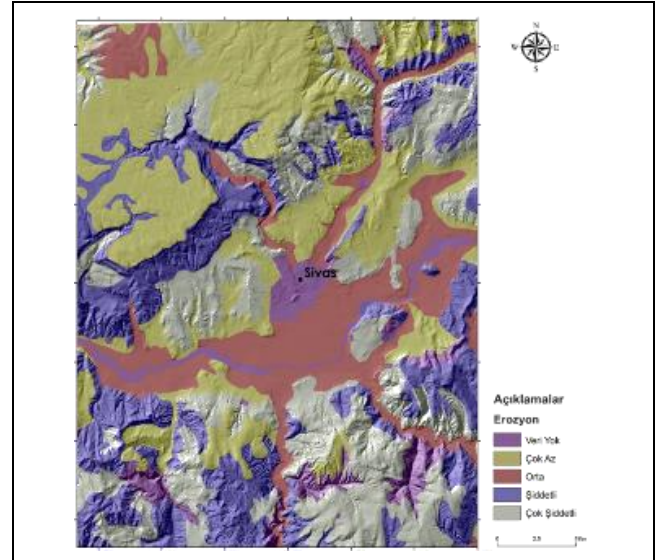


Şekil 5. Çalışma alanına ait arazi kullanım kabiliyet sınıfları haritası.

Figure 5. Landuse capability map of the study area.

2.2.2 Yüze erozyon durumu

Erozyon; yoğun yağışlar, rüzgâr, taşkın, heyelan gibi kütle hareketlerinin etkisi sonucu toprağın aşınarak bir yerden başka bir yere taşınması olarak tanımlanabilir. 1/25000 ölçekli sayısal toprak haritası kullanılarak ArcGIS yazılımının Spatial Analyst modülü yardımıyla yüze erozyon durumu haritası oluşturulmuştur. Yüze erozyon durumu haritasına göre Sivas kent merkezi ve yakın çevresi çok az ya da orta derecede erozyon potansiyeline sahip olarak görülmektedir (Şekil 6).



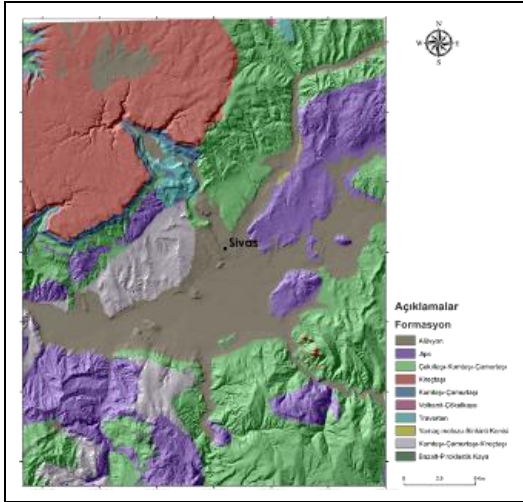
Şekil 6. Çalışma alanına ait yüze erozyon durumu haritası.
Figure 6. Surface erosion condition map of the study area.

2.3 Jeolojik ve hidrojeolojik özellikler

Planlamayı etkileyen en önemli faktörlerden biri de çalışma yapılan alana ait jeolojik verilerdir. Çalışma alanına ilişkin olarak litolojik özellikler ve hidrojeolojik özellikler değerlendirilmiştir.

2.3.1 Litoloji

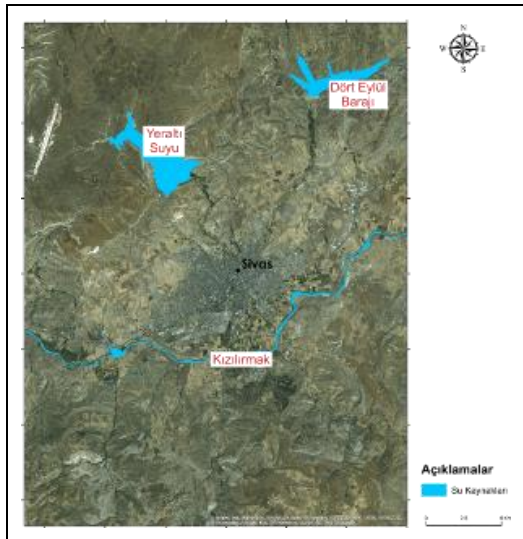
Karakuş [23]'ten alınan çalışma alanına ait 1/25000 ölçekli MTA'nın sayısal verileri ile litoloji birimleri haritası değerlendirildiğinde çalışma alanının 10 farklı litolojik birim içerdiği görülmektedir. Çalışma alanı incelendiğinde; Kızılırmak nehri ve Sivas kent merkezini de kapsayan alanların alüvyon içeren bölgede yer aldığı gözlenmektedir. Çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı, jips ve alüvyonlar ise çalışma alanının büyük bir kısmını kapsamaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Çalışma alanına ait litolojik birimler haritası.
Figure 7. Lithological unit map of the study area.

2.3.2 Hidrojeoloji ve su kaynakları

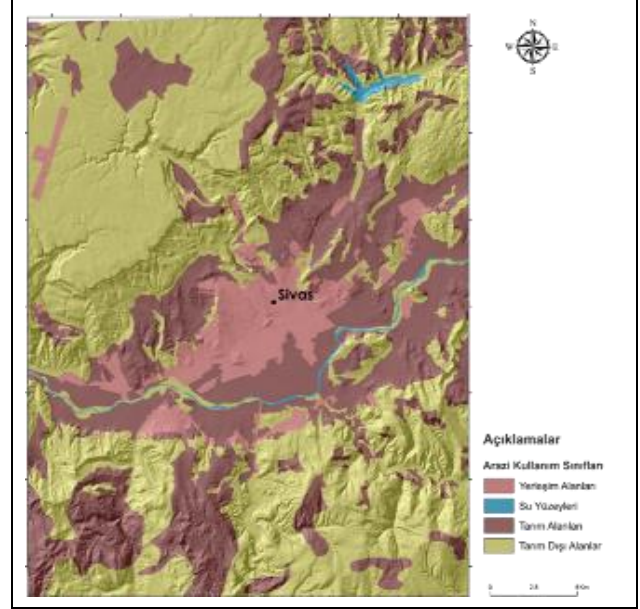
Çalışma alanına ilişkin hidrojeoloji verileri, kentin kuzeydoğusunda bulunan ve kentin içme ve kullanma suyunun da karşılandığı 4 Eylül Barajı'dır. Çalışma alanının ortasından geçen Kızılırmak nehri ve kuzey bölgede ise Tavra Bölgesi'ne ait yeraltı suyu kaynakları bulunmaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. Hidrojeoloji ve su kaynakları haritası.
Figure 8. Hydrogeology and water sources map.

2.4 Arazi kullanımı

Arazi kullanım haritası Karakuş [23] tarafından hazırlanan doktora tezine ait çalışmadan sayısal olarak alınıp, kullanılmıştır. Tarım alanları, tarım dışı alanlar, su yüzeyleri ve yerleşim alanlarını içeren veriler Şekil 9'da yer almaktadır.



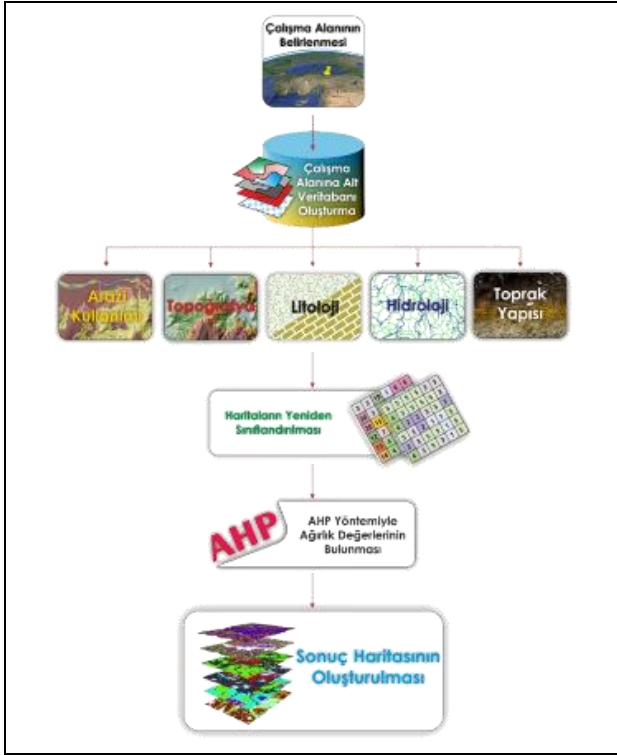
Şekil 9. Çalışma alanına ait arazi kullanım haritası.
Figure 9. Landuse map of the study area.

3 Yerleşime uygunluk modelinin oluşturulması

Sivas ilinin yerleşime uygunluk açısından değerlendirildiği bu çalışmada ilk olarak ilgili literatür incelenmiş ve mevcut çalışmalar değerlendirilmiştir. Daha sonra CBS tabanlı analizler yapılarak model ve haritalar üretilmiştir. Orta ölçekli (1/25000) yerleşime uygunluk planlama çalışmalarının gerçekleştirilmesine yönelik modellerin üretilmesinde ilk olarak ihtiyaç duyulan topoğrafik yapı, litolojik birimler, toprak yapısı, hidrojeolojik yapı, arazi kullanımı gibi haritalar elde edilmiştir. Son aşamada, Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi kullanılarak Sivas iline ait öngörülen yerleşime uygunluk modelleri ve bu modele ilişkin son çıktı olan harita üretilmiştir. Şekil 10'da çalışmada kullanılan yöntemle ilişkin iş akışı verilmiştir.

3.1 Analitik hiyerarşi süreci (AHS) yöntemi

Birden fazla nicel ve nitel faktörleri içeren karar verme problemleri "Çok Kriterli Karar Verme" problemleri başlığı altında değerlendirilmektedir [3]. Bu kapsamda ele alınan karar verme problemlerine ait yöntemler, ölçülebilen ve ölçülemeyen faktörlerin birlikte değerlendirilebildiği ve karar verme sürecine birçok uzman görüşünün dahil olduğu analitik yöntemlerdir [24]. Analitik hiyerarşi yöntemi ise karmaşık sorunların çözümünde kullanılan ve kararı etkileyen faktörlerin karşılaştırma matrislerinin oluşturulup birbirine göre önem dağılımını veren uzman görüşüne dayalı bir karar verme yöntemi olarak tanımlanabilir. Geniş bir uygulama alanına sahip olan AHS enerji, planlama, çevre, mimarlık, bulanık küme sınıflandırmasında üyelik dereceleri, eğitim, sosyoloji, proje seçimi, subjektif olasılık tahmini ve çapraz etki analizi, sağlık, ekonomi gibi pek çok alanda karar verme problemleri için uygulanmıştır [25].



Şekil 10. Çalışmada kullanılan yöntemle ilişkin iş akışı.
Figure 10. Workflow for used method in the study.

Analitik Hiyerarşi Süreci, Myers ve Alpert tarafından ilk olarak 1968 yılında ortaya atılmıştır. Daha sonra Saaty tarafından 1977 yılında model olarak geliştirilmiş ve karar verme problemlerinin çözümünde kullanılmaya başlanmıştır.

AHS yöntemi 1-9 karşılaştırma ölçeğini (Tablo 2) kullanarak, faktörlerin ikili karşılaştırmalarına dayanan ve yüzde önem dağılımlarını veren bir yöntemdir [26].

Tablo 2’de verilen Saaty [28] tarafından geliştirilmiş olan önem dereceleri ölçeğinden yararlanılmaktadır.

Tablo 2. Analitik hiyerarşi süreci değerlendirme ölçeği [28].
Table 2. Analytical hierarchy process evaluation scale [28].

Önem Değeri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması
3	1. Faktörün 2. faktörden daha önemli olması
5	1. Faktörün 2. faktörden çok önemli olması
7	1. Faktörün 2. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması
9	1. Faktörün 2. faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması
2,4,6,8	Ara değerler

Analitik Hiyerarşi Süreci ile gerçekleştirilmesi gereken aşamalar aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır [26],[27];

- AHS’deki ilk süreç; amacın belirlenmesi ve bu amaç doğrultusunda kriterlerin oluşturulmasıdır,
- Kriterler arası karşılaştırma matrisi oluşturulur.

Kriterler arası oluşturulan bu matris $n \times n$ boyutlu bir matristir.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} = [a_{ij}]_{n \times n} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Burada; n: faktör sayısı, i, j: Faktörler a_{ij} :i faktörünün j faktörüne göre önem derecesini göstermektedir. Karşılaştırma matrisinde her bir faktörün önem değerini belirleyebilmek için Kriterlerin kendi ile karşılaştırılması durumunda eşit öneme sahip olacağından dolayı değerlendirme ölçeği tablosunda yer alan “1” sayısal değeri kullanılır.

Karşılaştırma matrisinde kriterlerin kendi ile karşılaştırılması durumunda 1 olan köşegen değerlerinin üst tarafında kalan bölümler için puanlama yapılırken köşegenin alt tarafında kalan bölümler için ise Eşitlik 2’deki formülü kullanmak yeterlidir [26].

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

Yani köşegenin üstündeki faktörler (a_{ji}) ise, tüm değerleri 1 olan köşegen altında ki faktörler $1/a_{ij}$ şeklinde hesaplanır.

3.2 Yerleşime uygunluk modelinin oluşturulması

Sivas kent merkezi ve yakın çevresinin potansiyel ve uygun bölgesel gelişme yönlerinin belirlenmesi ve kentsel planlama amaçlı çalışmalara altlık oluşturması amacıyla kentsel yerleşilebilirlik analizi yapılmıştır. Planlama sürecinde yer seçimini etkileyen doğal yapı, litoloji, hidrolojik yapı, toprak yapısı gibi sınırlayıcı koşullar iyi araştırılarak yerleşime uygunluk analizi yapılmasını gerektirir. Bu analizin yapılmasında etki eden birçok faktör ve bu faktörlerin çalışma alanı için öncelik sırasını ve ağırlığı belirlemek ise zorluklar içerir ve karar verme analizi gerektirir. Çalışma alanında yerleşilebilirlik analizine altlık oluşturacak jeoloji, su kaynakları, arazi kullanımı, erozyon, arazi kullanım kabiliyet sınıfları, eğim, yükseklik, bakı gibi verilerin yüzde önem ağırlığının belirlenmesi için AHS yöntemi kullanılmış ve CBS aracılığıyla analizler yapılmıştır. CBS ortamında oluşturulan bütün katmanlar yeniden sınıflandırılarak AHS ile ağırlık değerleri belirlenmiş yerleşime uygunluk analizi sonuç haritası için ise Marinoni [17] tarafından ArcGIS için geliştirilen ArcGIS ext_ahp.dll modülü kullanılmıştır.

3.2.1 Model üretimi verilerinin yeniden sınıflandırılması

Jeoloji, su kaynakları, arazi kullanımı, erozyon, arazi kullanım kabiliyet sınıfları, eğim, yükseklik, bakı gibi faktörler ve alt faktörler belirlendikten sonra bu faktörlere, güncel çalışmalarda göz önünde bulundurularak, 1 ile 7 arasında değişen değerler verilmiştir (Tablo 3). Burada en düşük değer olarak alınan 1 değeri uygun olmayan alanları kapsarken en yüksek değer olan 7 ise uygun olan alanları kapsamaktadır. Bu değerlere göre faktörler yeniden sınıflandırılarak tematik haritalar oluşturulmuştur.

Tablo 3. Faktörler ve alt faktörlere ait değerler.
Table 3. The data belong to factors and sub-factors.

Faktörler	Faktör Alt Sınıfları	Uygunluk Sınıfı
Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfları (AKK)	I. Sınıf	1
	II. Sınıf	1
	III. Sınıf	1
	IV. Sınıf	1
	V. Sınıf	VERİ YOK
	VI. Sınıf	3
	VII. Sınıf	5
	VIII. Sınıf	7
Litolojik Birimler	Kireçtaşı	5
	Çakıltası-Kumtaşı-Çamurtaşı	6
	Kumtaşı-Çamurtaşı	5
	Volkanit-Çökelkaya	6
	Kumtaşı-Çamurtaşı-Kireçtaşı	6
	Bazalt-Piroklastik kaya	7
	Traverten	4
	Yamaç Molozu-Birikinti konisi	1
	Alüvyon	1
	Jips	3
Yamaç Eğimi	%0-2	7
	%2-5	6
	%5-9	4
	%9-14	2
	%>15	1
Yüzey Erozyonu	Yok ya da Az	7
	Orta	3
	Şiddetli	1
	Çok Şiddetli	1
Bakı	GB-G-GD-DÜZ	7
	B-D	5
	KB-KD	3
	K	1
Yükseklik	1250 m-1300 m	7
	1300 m-1350 m	5
	1350 m-1400 m	3
	> 1400 m	1

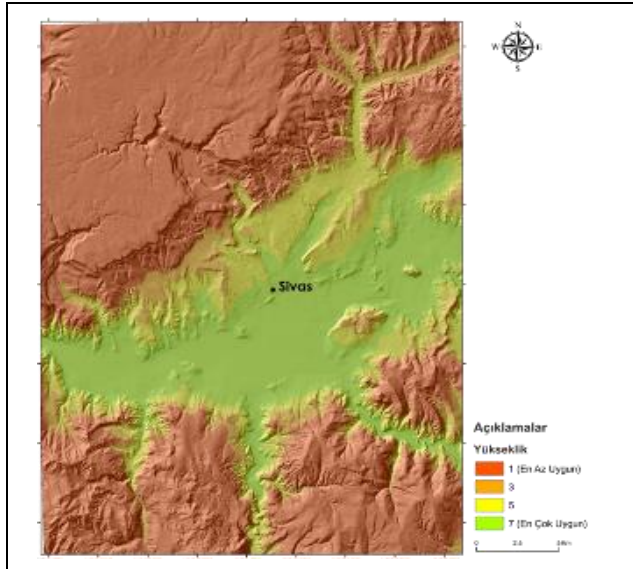
Tablo 3. Devamı.

Table 3. Continued.

Faktörler	Faktör Alt Sınıfları	Uygunluk Sınıfı
Arazi Kullanımı	Su Yüzeyleri	1
	Tarım Alanları	1
	Tarım Dışı Alanlar	5
	Yerleşim Alanları	7
Su Kaynaklarına Uzaklık	0-300 m	1
	300-1000 m	3
	1000-2000 m	5
	> 2000 m	7

3.3 Yükseklik

Çalışma alanına ait yükseklik grupları incelendiğinde Kızılırmak ve kent merkezinin ortalama 1250-1300 m yükseklik grubunda yer aldığı gözlenirken, kent merkezinin kuzeybatı ve güneybatısına doğru ise yükselen bir yapı göstererek yüksekliğin 1500 m üzerine çıktığı gözlenmektedir (Şekil 11). Yükseklik kuşakları alanın özelliklerine göre belirlenebilir ancak 100'er metrelik kuşaklar şeklinde düzenlenmesindeki amaç iklimsel nedenlere bağlı olarak atmosfer ısısının her 100 metrede 1 Fahrenheit azalmasından dolayıdır [22]. Yükseklik faktörü sıcaklık, rüzgar, yağış, nem gibi iklim koşullarıyla ilişkilendirildiğinde, özellikle Sivas gibi karasal iklim özelliklerini gösteren, gündüz ve gece sıcaklık farkının fazla olduğu bu kentte yüksek alanlarda sıcaklığın azalması ve bunun yanı sıra ulaşım faaliyetinin de zorlaşması göz önünde bulundurularak değerlendirme yapılmıştır. 50 m aralıklarla sınıflandırma yapılmış ve 1250-1300 m aralığına 7 verilirken, > 1400 m'den büyük değerlere 1 verilmiştir.



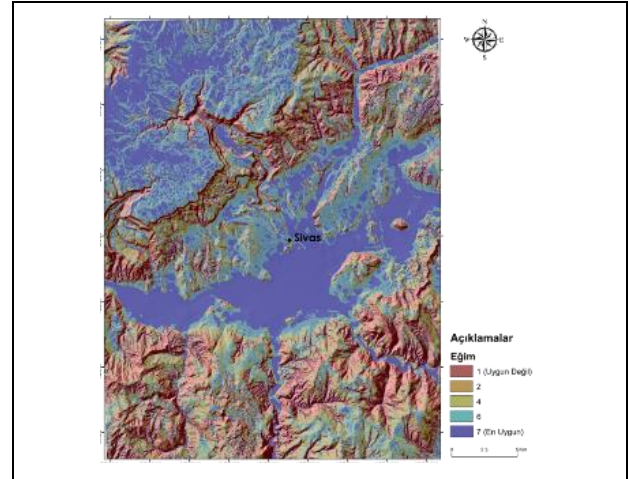
Şekil 11. Modelleme için yeniden sınıflandırılmış yükseklik verisi.

Figure 11. Re-classified elevation data for modelling.

3.4 Yamaç eğimi

Simpson [29], inşaat maliyetini göz önünde bulundurarak yaptığı eğim sınıflamasında %9 ile %17 arası eğimli arazilerde inşa edilecek yapılarda %10 oranında bir maliyet artışı olacağını, %17 ile %33 arası eğimli arazilerde ise ek maliyetin %11-15 arasında değişeceğini belirtmiştir.

Eğim haritaları hazırlanırken standart bir sınıflama sistemi bulunmadığından dolayı, literatür çalışmalarının değerlendirilmesiyle, planlama ve yapı maliyet yükü göz önünde bulundurularak eğim haritası üretilmiş ve sınıflandırılması yapılmıştır (Şekil 12). %0-2 eğim grubuna en yüksek değer verilirken, >%15 eğim değerlerine en düşük değer verilmiştir.

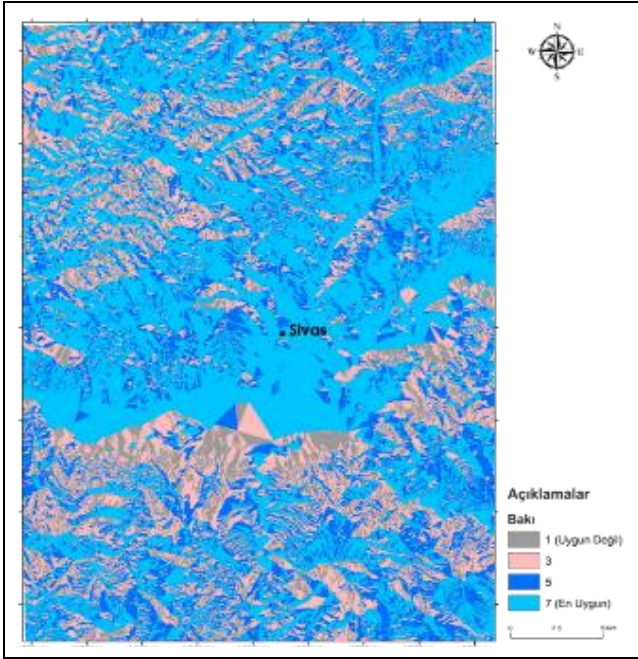


Şekil 12: Modelleme için yeniden sınıflandırılmış eğim verisi.

Figure 12. Re-classified slope data for modelling

3.5 Bakı

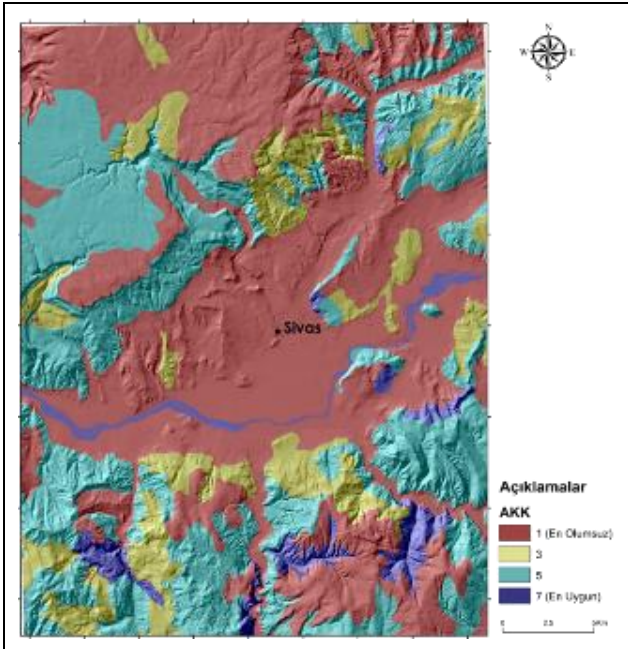
Kuzey yarımkürede güneşe bakan yamaçlar daha sıcak olmaktadır. Ülkemizin kuzey yarımkürede bulunması sebebiyle, güneşli bakılar sınıfında yer alan güney bakılara en yüksek değer verilmiştir. Güney, güney-batı, güney-doğu ve düz bakılara en yüksek değer olan 7 verilirken, batı ve doğu bakılarına 5, kuzey-batı ve kuzey-doğu bakılarına 3, kuzey bakısına ise 1 değeri verilmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Modelleme için yeniden sınıflandırılmış baki verisi.
Figure 13. Re-classified aspect data for modelling.

3.6 Arazi kullanım kabiliyeti (AKK)

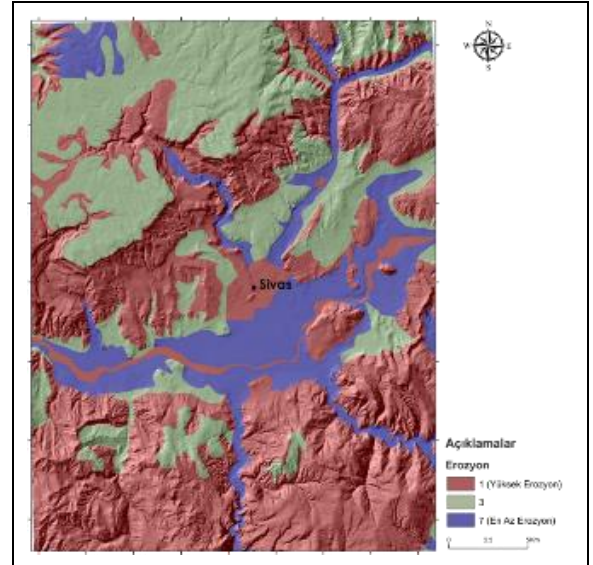
Arazi kullanım kabiliyet sınıfları değerlendirilmesinde tarıma uygun olan 1.sınıf, 2.sınıf, 3. sınıf ve 4. sınıfa en düşük sayısal değer olan 1 verilmiştir. 5. sınıfa ait veri bulunmamaktadır. 6.sınıfa 3, 7. sınıfa 5 ve 8. sınıfa en yüksek sayısal değer olan 7 puan verilmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. Modelleme için yeniden sınıflandırılmış AKK verisi.
Figure 14. Re-classified AKK data for modelling.

3.7 Erozyon

Erozyon değerlendirmesinde şiddetli ve çok şiddetli erozyon durumuna 1, orta şiddetli erozyon durumuna 3 değeri verilmiştir. Yok yada az erozyon durumuna ise 7 değeri verilmiştir (Şekil 15).

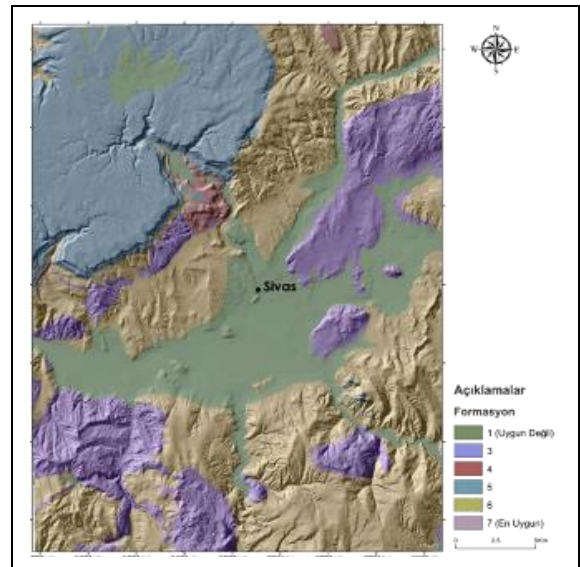


Şekil 15. Modelleme için yeniden sınıflandırılmış erozyon verisi.

Figure 15. Re-classified erosion data for modelling.

3.8 Jeoloji

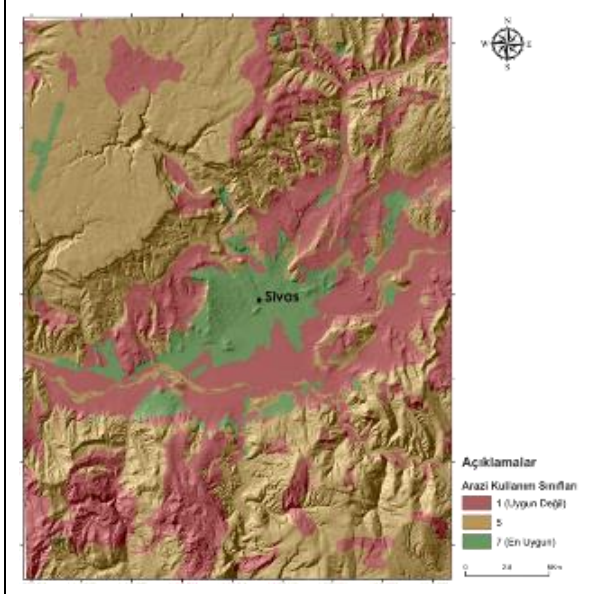
Çalışma alanında 10 farklı litolojik birim yer almaktadır. Aşınmanın daha yavaş olduğu sağlam volkanik kayalar ve yerleşim alanları açısından daha az sorun yaratacak çok sıkı kum çakıl içeren formasyon gruplarına yüksek değerler verilmiştir. Jeolojik açıdan genç ve gevşek çökeller olan ve yerleşim açısından sorunlu olan alüvyon ve jips birimlerine düşük değerler verilmiştir. Her ne kadar jips içerikli birimler taşıma gücü ile ilgili sorun oluşturmaya da, Yılmaz [30]'ın "Jips karstının jeolojik miras olarak değerlendirilmesi" ne göre, jips gibi çözünabilir kayaların bulunması ve yeraltı sularının etkisiyle erimesi sonucu boşluklar meydana gelerek çökmelere neden olabilir. Sivas'ta ise bu birimde özellikle şevlerin dik olduğu kesimlerde kaya düşmelerine neden olmaktadır. Ayrıca bu birimlerde dolin, düden gibi karstik yapılar gözlemlenmektedir. Puanlamalar bu durum dikkate alınarak yapılmış ve Şekil 16'daki harita elde edilmiştir.



Şekil 16. Modelleme için yeniden sınıflandırılmış litoloji verisi.
Figure 16. Re-classified lithology data for modelling.

3.9 Arazi kullanımı

Arazi kullanım kapsamında yerleşim alanlarına 7 sayısal değeri, tarım alanlarına 1 sayısal değeri, tarım dışı alanlara 5 sayısal değeri ve su yüzeylerine ise 1 sayısal değeri verilmiştir (Şekil 17).



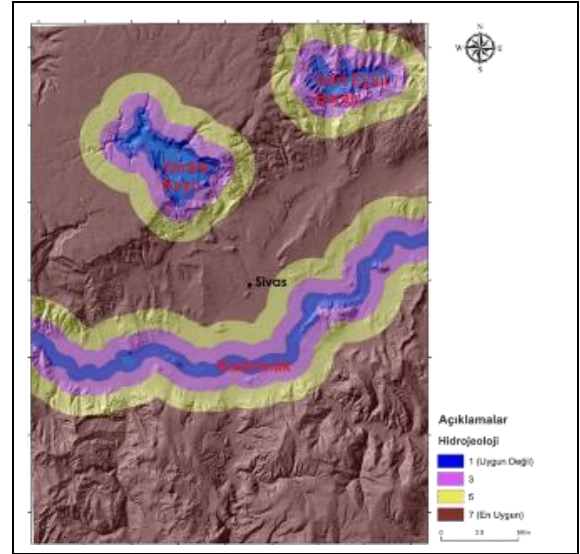
Şekil 17: Yeniden sınıflandırılmış arazi kullanımı verisi.
Figure 17. Re-classified landuse data for modelling.

3.10 Hidrojeoloji ve Su Kaynakları

Planlama sürecinde yüzey suları ve yeraltı suyu araştırmaları yapılarak hidrojeolojik özelliklerinin ortaya konulması ve içme suyu havzalarının belirlenerek içme suyunun kirletilmemesi açısından koruma planlarının yapılması gerekmektedir [20]. Çalışma alanındaki su kaynaklarının koruma alanları "İçme-Kullanma Suyu Havzalarının Korunmasına Dair Yönetmelik" 9, 10, 11 ve 12. maddelerine göre aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

- Mutlak Koruma Alanı: İçme ve kullanma suyu temin edilen tabii göl, baraj gölü ve göletlerin maksimum su seviyesinden itibaren 300 m genişlikteki şerit, mutlak koruma alanıdır,
- Kısa Mesafeli Koruma Alanı: İçme ve kullanma suyu temin edilen tabii göl, baraj gölü ve göletlerin mutlak koruma alanı sınırından itibaren 700 m genişliğindeki şerittir,
- Orta Mesafeli Koruma Alanı: İçme ve kullanma suyu temin edilen tabii göl, baraj gölü ve göletlerin kısa mesafeli koruma alanı sınırından itibaren 1 km genişliğindeki şerittir,
- Uzun Mesafeli Koruma Alanı: Mutlak, kısa ve orta mesafeli koruma alanlarının dışında kalan havzanın tamamıdır. Maksimum su seviyesinden itibaren 2 ile 5 km arasındaki bölgelerde tehlikeli atık ve madde üretmeyen ve endüstriyel atık su oluşturmayan sanayi kuruluşlarına izin verilebilir [31].

Bu nedenle su kaynaklarının korunması açısından 300 m, 1000 m ve 2000 m'den fazla olan alanlara tampon (buffer) analizi uygulanmıştır. 300 m'de bulunan alanlar için 1 değeri, 2000 m'den daha fazla alanlar için ise 7 değeri verilmiştir (Şekil 18).



Şekil 18: Yeniden sınıflandırılmış hidrojeoloji, su kaynakları verisi.

Figure 18. Re-classified hydrogeology, water sources data for modelling

3.10.1 Analitik hiyerarşi süreci ile modelin oluşturulması

Sivas kent merkezi ve yakın çevresinin yerleşime uygunluk değerlendirmesinde veri tabanını oluşturan faktörlerden jeoloji, su kaynakları, arazi kullanımı, erozyon, arazi kullanım kabiliyet sınıfları, eğim, yükseklik, bakı tematik haritaları kullanılarak Analitik Hiyerarşi Süreci ile analiz edilmiştir. Marinoni [17] tarafından geliştirilen ArcGIS için AHP ext_ahp.dll modülü kullanılarak puanlamalar yapılmıştır ve sonuç haritası üretilmiştir. AHS yöntemi bu süreçte yalnızca ağırlık değerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

3.10.1.1 AHS yöntemi kullanılarak ağırlık değerlerinin bulunması

Bu değerlendirme sürecinde sonuç haritasının elde edilebilmesi için en önemli süreç ağırlık değerlerinin belirlenmesidir. Bu amaçla kullanılan AHS ile ilk önce ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Bu matrisin oluşturulmasında ki amaç bir faktörün diğer faktöre göre önem sıralamasını ya da baskınlığını belirlemektir ve bunun için ise Tablo 2'de verilen ve 1 ile 9 arasında değişen ölçek kullanılmaktadır. Örneğin, bir faktör diğerine göre daha önemli ise 3 değeri, çok önemli ise 5 değeri verilir. 2, 4, 6 ve 8 ara değerler olarak kullanılırken 1 değeri ise iki faktörün eşit olarak değerlendirilmesi durumunda kullanılır. Faktörlerin kendi ile kıyaslanmaları durumunda yani matriste köşegenlere denk gelen kısımlara 1 değeri verilir. Matris simetrik olduğundan dolayı bir faktör diğerine göre 3 değerini almışsa tersi durumda karşılaştırmada 1/3 değerini alacaktır.

Bu çalışmada ilk olarak karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur (Tablo 4). Daha sonra karşılaştırma matrisinde her bir sütuna ait değerler sütunun toplam değerine bölünmüştür (Tablo 5). Bu aşamaların ardından normalize edilmiş matris değerleri elde edilir ve her bir satırın ortalaması hesaplanarak Öncelik Vektörü yani her bir faktöre ait ağırlık değerleri bulunmuştur (Tablo 6). İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulmasında kıyaslama puanları verilirken doğal kaynakların korunabilmesi, afet ve yerleşim risklerinin azaltılması gibi durumlar göz önünde bulundurularak litolojik birimler, su kaynakları ve toprak sınıflarına öncelik verilmiştir.

Tablo 4. Çalışma alanına ait modellerde kullanılan faktörlere ait karşılaştırma matrisi.
Table 4. Comparison matrix belong to the factors used in the models of study area.

Faktörler	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(1) Jeoloji	1	2	4	1	3	3	2	5
(2) Arazi kullanımı	1/2	1	3	1/2	3	1	1	7
(3) Yükseklik	1/4	1/3	1	1/3	1	1/3	1/3	6
(4) AKK	1	2	3	1	3	3	2	5
(5) Erozyon	1/3	1/3	1	1/3	1	1/3	1/3	7
(6) Eğim	1/3	1	3	1/3	3	1	1/2	5
(7) Su k.	1/2	1	3	1/2	3	2	1	5
(8) Bakı	1/5	1/7	1/6	1/5	1/7	1/5	1/5	1
Toplam	4.12	7.81	18.17	4.2	17.14	10.87	7.37	41

Tablo 5. Karşılaştırma matrisine ait normalize edilmiş matris hesabı.

Table 5. Normalized matrix calculation belong to comparison matrix.

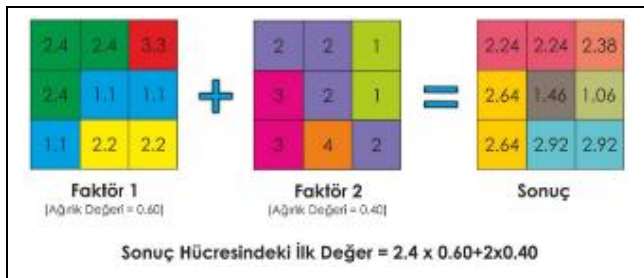
Faktörler	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(1) Jeoloji	1/4.12	2/7.81	4/18.17	1/4.2	3/17.14	3/10.87	2/7.37	5/41
(2) Arazi kullanımı	0.5/4.12	1/7.81	3/18.17	0.50/4.2	3/17.14	1/10.87	1/7.37	7/41
(3) Yükseklik	0.25/4.12	0.33/7.81	1/18.17	0.33/4.2	1/17.14	0.33/10.87	0.33/7.37	6/41
(4) AKK	1/4.12	2/7.81	3/18.17	1/4.2	3/17.14	3/10.87	2/7.37	5/41
(5) Erozyon	0.33/4.12	0.33/7.81	1/18.17	0.33/4.2	1/17.14	0.33/10.87	0.33/7.37	7/41
(6) Eğim	0.33/4.12	1/7.81	3/18.17	0.33/4.2	3/17.14	1/10.87	0.5/7.37	5/41
(7) Su k.	0.50/4.12	1/7.81	3/18.17	0.50/4.2	3/17.14	2/10.87	1/7.37	5/41
(8) Bakı	0.20/4.12	0.14/7.81	0.17/18.17	0.20/4.2	0.14/17.14	0.20/10.87	0.2/7.37	1/41

Tablo 6. Karşılaştırma matrisine ait normalize edilmiş matris değerleri.

Table 6. Normalized matrix values belong to comparison matrix.

Faktörler	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	Öncelik vektörü
(1) Jeoloji	0.242	0.256	0.220	0.238	0.175	0.275	0.271	0.121	0.2263
(2) Arazi kullanımı	0.121	0.128	0.165	0.119	0.175	0.091	0.135	0.170	0.1383
(3) Yükseklik	0.060	0.042	0.055	0.078	0.058	0.030	0.044	0.146	0.0629
(4) AKK	0.242	0.256	0.165	0.238	0.175	0.275	0.271	0.121	0.219
(5) Erozyon	0.080	0.042	0.055	0.078	0.058	0.030	0.044	0.170	0.0679
(6) Eğim	0.080	0.128	0.165	0.078	0.175	0.091	0.067	0.121	0.1155
(7) Su k.	0.121	0.128	0.165	0.119	0.175	0.183	0.135	0.121	0.1462
(8) Bakı	0.04	0.017	0.009	0.04	0.008	0.018	0.027	0.024	0.024

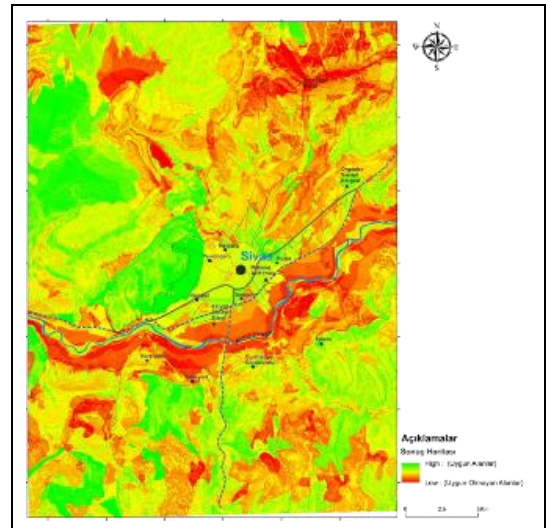
Bu çalışmada elde edilen ilgili haritanın oluşturulmasındaki temel mantık Şekil 19'da verildiği gibi hesaplanmıştır.



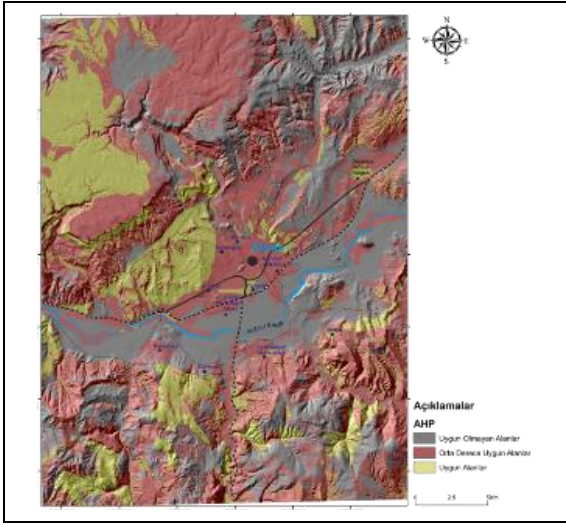
Şekil 19. Çalışmada elde edilen yerleşime uygunluk haritasının oluşturulmasındaki yöntemsel yaklaşım.

Figure 19. Methodological approach in settlement suitability map generation in the study.

Bu çalışmada gerçekleştirilen analizler sonucunda Sivas ili için önerilen yerleşime uygunluk modeli ilgili harita aşağıda Şekil 20 ve 21'de verilmiştir.



Şekil 20. Yerleşime uygunluk derecesi (sınıflanmamış).
Figure 20. Settlement suitability degree (non-classified).



Şekil 21. Yerleşime uygunluk derecesi (sınıflanmış).
Figure 21. Settlement suitability degree (classified).

4 Sonuçlar ve tartışmalar

Sivas kentine ait oluşturulan yerleşime uygunluk sonuç haritası incelendiğinde, özellikle çalışma alanının ortasından geçen Kızılırmak, kuzeyde Tavra bölgesine ait yeraltı suyu kaynakları ve Dört Eylül Barajı'nın bulunduğu alanlar ve yakın çevrelerinin uygun olmayan alanlar olduğu görülmektedir. Su kaynaklarının bulunduğu bölgelerde taşkın, heyelan, zemin oturması gibi tehlikelerle de karşı karşıya kalılabileceği için önlemler alınması gerekmektedir. Ayrıca şehirleşmenin artması ile su talebinin de buna oranla artması su kaynaklarının önemini arttırmaktadır. Ancak kentsel büyüme ile birlikte su kaynaklarının kirletilmesi ve tüketilmesi ciddi problemleri de ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle özellikle su kaynaklarının bulunduğu yakın çevreye yerleşim alanları ya da sanayi alanlarının yapılmaması gerekmektedir.

Sivas kent merkezi ve çevresi incelendiğinde ise kent merkezinin topoğrafik açıdan uygun değerlerde yer aldığı gözlenirken, jeolojik açıdan ise büyük çoğunluğu uygun olmayan alüvyon birimlerinin üzerinde yer almaktadır. Arazi kullanım kabiliyet sınıfları bakımından ise I, II, III ve IV. sınıfa sahip tarım açısından uygun araziler üzerinde yer almaktadır. Çalışma alanının güneybatı bölgesinde jips ve alüvyon birimleri ağırlıklı olup, IV, VI, VII ve VIII. arazi sınıfları aynı alanlarda gözlenmektedir. Güney ve güneybatı bölgelerinde yerleşim açısından orta derecede ve uygun olmayan alanların yoğunlaştığı belirlenmiştir.

Kentin güney bölgesinde bulunan yerleşim alanlarından Esenyurt, Karşıyaka ve Cumhuriyet Üniversitesi gelişim göstermiştir ancak bu alanlar da I. ve II. sınıf tarım alanları üzerine kurulmuştur. Ayrıca, yerleşim açısından uygun olmayan ve orta derecede uygun alanlar üzerinde bulunmaktadırlar. Güneydoğuya doğru gidildikçe özellikle çakıltı-kumtaşı-çamurtaşı birimlerinin yoğun olduğu bölgede arazi sınıfları bakımından tarıma uygun olmayan VII. ve VIII. arazi sınıfları bulunmaktadır.

Kent planlama sürecinde, sanayi tesisleri gibi ağır yapıların daha sağlam zeminlere inşa edilmesi gerekir. Bu tür bir yaklaşım ile yapılması planlanan projelerde maliyet açısından avantaj sağlanabilir. Çalışma alanında Sivas kent merkezi güneyinde bulunan Dört Eylül Sanayi Sitesi alüvyon birim ve I. sınıf tarım toprakları üzerine kurulmuştur.

Çalışma alanının kuzey bölümünde ise yerleşime uygun olmayan alanlar ve orta derecede yerleşilebilir alanların yoğunlukta olduğu dikkat çekmektedir. Kuzeybatı bölümünde yeraltı su kaynaklarının tehlike görmemesi açısından yakın çevresinde gerekli önlemler alınmalıdır. Ayrıca yüksekliğin bu alanlarda fazla olması da çeşitli sınırlamalar oluşturacaktır. Kent merkezinden batı bölgesine doğru gidildikçe ise yerleşime uygun alanlar ve orta derecede uygun alanların yoğunluğu göze çarpmaktadır. VII. sınıf arazi sınıfı ve kireçtaşı, kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı formasyonları yoğun olarak gözlenmektedir. Çalışma alanının kent merkezinden itibaren batı, kuzeybatıya doğru ve güneydoğu bölgelerinde kentsel gelişimin bu alanlara doğru genişleyebileceğinin öngörülmesi ile birlikte bu alanlarda bulunan erozyon potansiyeli de göz önünde bulundurularak önlemler alınmalıdır.

Özellikle son 10-15 yılda Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzaktan Algılama, bilgisayar ve yazılım teknolojilerindeki büyük gelişme yerleşime uygunluk modellerinin üretimini daha da kolaylaştırmakta ve hızlandırmaktadır. Ancak bu modellerin sadece teknoloji kullanımı ile doğrulukla elde edilmesi uzman görüşü olmadan hemen hemen olanaksızdır.

Bu çalışma kapsamında; Sivas ili için CBS tabanlı olmak üzere orta ölçekte gelecek için gerekli altlığı oluşturacak yerleşime uygunluk modeli harita olarak elde edilmiştir. Çalışma kapsamında karar destek sistemleri içerisinde yer alan uzman görüşüne dayalı Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılarak çevreye duyarlı ve bölge planlarına altlık oluşturacak şekilde yerleşime uygunluk analiz ve sentezleri yapılmış ve potansiyel bölgesel gelişme yönleri belirlenmesine ışık tutulmuştur.

5 Results and discussions

When the resulting map of the Sivas city is analysed, it is seen that the Kızılırmak, which passes through the middle of the study area, the groundwater resources of the Tavra region in the north and the areas where the Dört Eylül Dam is located, and its close surroundings are unsuitable areas. Precautions should be taken in areas where water resources are present, as they may also face dangers such as floods, landslides, and ground settlements. In addition, the increase in water demand due to the increase in urbanization makes water resources more important. However, pollution and consumption of water resources along with urban growth also pose serious problems. Therefore, residential areas or industrial areas should not be built especially in the near surroundings of water resources. When the city center of Sivas and its surroundings are examined, it is observed that the city center is within topographically appropriate values, while geologically the majority of it is located on unsuitable alluvial units. In terms of land use capability classes, it is located on lands suitable for agriculture with I, II, III and IV classes. Gypsum and alluvium units are dominant in the south-western part of the study area and IV, VI, VII and VIII land classes are observed in the same areas. In the southern and south-western regions, moderate and unsuitable areas are concentrated in terms of settlement.

Esenyurt, Karşıyaka and Cumhuriyet University, which are the residential areas in the southern part of the city, have developed, but these areas have also been established on I. and II. class agricultural fields. They are also located on areas that are not suitable and moderately suitable for settlement. Towards southeast, there are VII. and VIII. class lands that are not suitable for agriculture in terms of land classifications in the areas where conglomerate-sandstone-mudstone units are dense.

In the urban planning process, heavy structures such as industrial facilities should be built on strong foundation soils. In projects planned to be carried out with this kind of approach, an advantage in terms of cost can be provided. Dort Eylül Sanayi Sitesi located in the south of Sivas city centre was built on alluvial units and first class agricultural lands in the study area.

It is noteworthy that in the northern part of the study area, the areas that are not suitable for settlement and the areas that are moderately settled are concentrated. Necessary precautions should be taken in its near vicinity in order to avoid the danger of groundwater resources in the north-western part. In addition, the excess height in these areas will create various limitations. Towards the western region from the city center, the density of areas suitable and moderately suitable for settlement stand out. VII. class land class and limestone, sandstone-mudstone-limestone formations are intensely observed. Measures should be taken by considering the erosion potential in these areas as well as the expansion of urban development towards the west, northwest and southeast regions of the study area from the city center.

Especially in the last 10-15 years, the improvements in Geographic Information Systems, Remote Sensing, computer and software technologies have facilitated and accelerated the production of suitability of settlement models. However, it is almost impossible to obtain these models accurately with the use of technology only, without expert opinion.

In the scope of this study; the model for the settlement suitability for Sivas province has been obtained as a map, which will form the base for the future in the medium scale, based on GIS. Within the scope of the study, by using the Analytical Hierarchy Process (AHP) based on expert opinion within decision support systems, environmentally sensitive suitability analyses and synthesis have been made in a manner that will create a base for regional plans and shed light on determination of the potential regional development directions.

6 Kaynaklar

- [1] Ersoy M. *Kentsel Planlama Kuramları*. İkinci Baskı. Ankara, Türkiye, İmge, 2012.
- [2] Turoğlu H. "Fiziksel planlama ve coğrafi bilgi sistemleri". *EGE Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, 1-4 Nisan 2005.
- [3] Timor M. *Analitik Hiyerarşi Prosesi*. 1. Baskı. İstanbul, Türkiye, Türkmen, 2011.
- [4] Saaty TL. *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill International Book Company, New York, 1980.
- [5] Jankowski P. "Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods". *International Journal of Geographical Information Systems* 9(3), 251-273, 1995.
- [6] Malczewski J. "GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview". *Progress in Planning* 62, 3-65, 2004.
- [7] Çavuş CZ, Koç T. "Çanakkale boğazı doğusunda arazi kullanım uygunluğunun yerleşme açısından analizi". *Coğrafi Bilimler Dergisi-CBD*, 13(1), 41-60, 2015.
- [8] Bunruamkaew K, Murayam Y. "Site suitability evaluation for ecotourism using GIS & AHP: A case study of Surat Thani province, Thailand". *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 21, 269-278, 2011.
- [9] Özşahin E, Kaymaz Ç. "CBS ve AHS kullanılarak doğal çevre bileşenleri açısından kentsel mekânın yerleşime uygunluk analizine bir örnek: Antakya (Hatay)". *Doğu Coğrafya Dergisi*, 20(33), 111-134, 2015.
- [10] Partigöç NS, Aydın C, Tarhan Ç. "Çok kriterli karar verme yöntemi ve CBS kullanılarak yerleşime uygun alanların belirlenmesi: İzmir kenti örneği". *Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 55-70, 2017.
- [11] Dai FC, Lee CF, Zhang, XH. "GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study". *Engineering Geology*, 61(4), 257-271, 2001.
- [12] Tudes S, Yigiter ND. "Preparation of land use planning model using GIS based on AHP: case study Adana-Turkey". *Bulletin of engineering geology and the environment*, 69(2), 235-245, 2010.
- [13] Bagheri M, Sulaiman WNA, Vaghefi N. "Application of geographic information system technique and analytical hierarchy process model for land-use suitability analysis on coastal area". *Journal of coastal conservation*, 17(1), 1-10, 2013.
- [14] Kayastha P, Dhital MR, De Smedt F. "Application of the analytical hierarchy process (AHP) for landslide susceptibility mapping: a case study from the Tinau watershed, west Nepal". *Computers & Geosciences*, 52, 398-408, 2013.
- [15] Ahmed B. "Landslide susceptibility mapping using multi-criteria evaluation techniques in Chittagong Metropolitan Area, Bangladesh". *Landslides*, 12(6), 1077-1095, 2015.
- [16] Yang Z, Lan HX, Gao X, Li LP, Meng YS, Wu YM. "Urgent landslide susceptibility assessment in the 2013 Lushan earthquake-impacted area, Sichuan Province, China". *Natural Hazards*, 75(3), 2467-2487, 2015.
- [17] ArcGIS. "ArcGIS Code Sharing". <http://arcscrips.esri.com/details.asp?dbid=13764>. (16.10.2013).
- [18] ArcMap™, ESRI ArcMap Version 9.3.1, 1999-2009, ESRI Inc.
- [19] Cooke RU, Doornkamp JC. *Geomorphology in Environmental Management*. 2nd Ed. New York, USA, Oxford University Press, 1990.
- [20] Karakuş K. *Kent Planlaması ve Jeoloji*. Ankara, Türkiye, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 2009.
- [21] Susam T, Oğuz İ. "CBS ile Tokat ili arazi varlığının eğitim ve bakı özelliklerinin tespiti ve tarımsal açıdan irdelenmesi". *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1), 67-74, 2006.
- [22] Yaşlıca E. *Kentsel Yakın Çevre Alanlarının Rekreatiyonel Amaçlı Düzenleme Kararlarını Belirleyen Etmenler ve Antakya (Hatay) Kentsel Yakın Çevresinde Uygulanması*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 1986.
- [23] Karakuş B. *Sivas ve Yakın Yöresi Arazi Kullanımı ve Çevre Yönetimi Planlaması*. Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, Türkiye, 2009.
- [24] Görener A. "Kesici takım tedarikçisi seçiminde analitik ağ sürecinin kullanımı". *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 4(1), 99-110, 2009.
- [25] Zahedi F. "The analytical hierarchy process-a survey of the method and its applications". *Interfaces*, 16(4), 96-108, 1986.
- [26] Yarıoğlu K. "Performans değerlendirmede analitik hiyerarşi proses". *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(1), 129-142, 2001.
- [27] Saaty TL. "How to make a decision: The analytic hierarchy process". *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26, 1990.

- [28] Saaty TL. "A scaling method for priorities in hierarchical structures". *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281, 1977.
- [29] Simpson BJ, Purdy MT. *Housing on Sloping Sites- A Design Guide*, London, England, Longman, 1984.
- [30] Yılmaz I. "On the value of dolines in gypsum terrains as a "Geological Heritage: An example from Sivas basin, Turkey". *Environmental Earth Sciences*, 65(3), 805-812, 2012.
- [31] T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. "İçme-Kullanma Suyu Havzalarının Korunmasına Dair Yönetmelik". <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/10/20171028-8.htm> (14.12.2018).