


Yukarı Kızılırmak Havzası'nda ırmak sularının tarımda sulama amaçlı kullanım özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma

An investigation into the characteristics of the water in the Kızılırmak Basin with respect to irrigation

Hakan Koç*^a  Derya Doğru^a Emre Han^a

^a Cumhuriyet Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi, Coğrafya Eğitimi ABD, Sivas.

BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 12.06.2017

Kabul/Accepted: 19.03.2018

Anahtar Kelimeler:

Yukarı Kızılırmak Havzası
 Kızılırmak suyunun kimyasal özellikleri
 Coğrafi faktörler

Keywords:

The Upper Kızılırmak Basin
 The chemical characteristics of the water
 Geographical factors

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(H. Koç) hakankoc66@gmail.com

DOI: 19.17211/tcd.321037

Atf/Citation:

Koç, H., Doğru, D. ve Han, E. (2018). Yukarı Kızılırmak Havzası'nda ırmak sularının tarımda sulama amaçlı kullanım özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Türk Coğrafya Dergisi* (70), 57-70.
 DOI:19.17211/tcd.321037

ÖZ / ABSTRACT

Bu araştırmanın amacı; Yukarı Kızılırmak Havza sınırları içerisinde, Kızılırmak'ın, tarımsal sulama amaçlı kullanım özelliklerini Wilcox ve ABD tuzluluk diyagramlarına göre belirlemek ve bu havza sınırları içerisindeki Kızılırmak'ın kimyasal özelliklerine etki eden coğrafi faktörleri tespit etmektir. Araştırma sahasından veriler birincil kaynaklardan (su numunesi, toprak numunesi ve kayaç numunesi) ve ikincil kaynaklardan (meteorolojik veriler, Devlet Su İşleri 19. Bölge Sivas Müdürlüğünden alınan su analiz raporları vb.) temin edilmiştir. Su numunelerinin tarımda sulama amaçlı kullanılıp kullanılmayacağını belirlemek için Wilcox ve ABD tuzluluk diyagramlarından yararlanılmıştır. Toprak analiz sonuçları betimsel analiz yöntemine göre değerlendirilmiştir. Sivas Meteoroloji İl Müdürlüğünden alınan meteorolojik veriler, Thornthwaite iklim sınıflaması yöntemine göre değerlendirilmiş ve su bilançoları hesaplanmıştır. Araştırma sonucunda aşağıdaki bulgu ve sonuçlara ulaşılmıştır: 1. Alınan su numunelerinden Yukarı Kızılırmak Havza sınırlarındaki ırmak suyunun, Wilcox ve ABD tuzluluk diyagramlarına göre değerlendirmeleri sonucunda, Kızılırmak suları kaynağında yumuşak ve içilebilir durumda iken Zara ilçesinde başlayarak özellikle de Hafik ilçesinden sonra Kayseri il sınırına kadar sulama suyu olarak kullanılması şüpheli uygun değil veya kullanılmaması uygun olmayan sular sınıfına girmektedir. 2. Araştırma sahasından alınan kayaç numuneleri değerlendirildiğinde; Zara'dan Kayseri il sınırına kadar ise havzanın büyük bir kısmının jips serilerinden oluşması suların çok yüksek tuzlu ve acı olmasına neden olmuştur. Bu durum Kızılırmak sularının tarımda sulama amaçlı kullanımını olumsuz yönde etkilemiştir. 3. Kızılırmak ve onu besleyen kollara yağış yaz mevsimlerinde yeterince yağış girmediğinden dolayı Kızılırmak sularındaki tuzlar seyrelmemekte ve bölgede yaşanan kuraklık Kızılırmak'ta ki tuz miktarını yaz aylarında artırmaktadır. Bu durum Kızılırmak suyunun yaz aylarında tarımsal sulama amaçlı yeterince yararlanılamamasına sebep olmaktadır.

The purpose of this research is to identify the characteristics of the Upper Kızılırmak Basin with respect to agricultural irrigation based on Wilcox and the US salt diagrams and to find out the geographical factors that impact the chemical features of the Kızılırmak within this basin. The data were collected from primary sources (water, soil and rock samples) and secondary sources (meteorological data, reports of water analysis obtained from the 19th Regional Management of General Directorate of State Hydraulic Works). The water samples, soil samples and rock samples were analysed in the laboratory of the 19th Regional Management of General Directorate of State Hydraulic Works, Şarkışla Clinical Analysis Laboratory and the Petrography Laboratory of Geological Engineering Department at Cumhuriyet university, respectively. Wilcox and the US diagrams were utilised to test if the water samples could be used for irrigation. The results of soil analysis were evaluated using descriptive analysis method. The climatological data obtained from the directorate of metrology in Sivas were analysed using Thornthwaite climate classification method. The following results were obtained from these analyses. 1. As a result of an evaluation of water samples from the Kızılırmak based on Wilcox diagram and US salt diagrams, the water samples collected from the locales around the source springs of the Kızılırmak were found to be fresh and potable water, while those samples collected from the area beginning with the County of Zara and particularly from the County of Hafik until the provincial border of Kayseri were classified as of doubtful use or not recommendable for irrigation. 2. When the rock samples collected from the study area were evaluated, as most of the basin beginning with Zara until the provincial border of Kayseri is composed of gypsum series, the water in this area is highly salty and bitter. This negatively affects the characteristics of Kızılırmak water with respect to agricultural irrigation. 3. In all stations, excess water is at moderate levels, while water scarcity is felt at serious levels. This leads to lack of precipitation in summer months and therefore the salt is not diluted; drought in summer months in the area increases salt levels. This, in turn, makes the water inappropriate for irrigation during summer months at desired levels.

1. Giriş

İnsanoğlu, içme suyu, tarımda sulama vb. amaçlar doğrultusunda akarsu ve yeraltı sularından yararlanmaktadır. Akarsular, enerji üretimi, spor ve turizm amaçlı (rafting, kano vb.), içme suyu ve tarımda sulama amaçlı insanoğlunun kullandığı önemli doğal kaynaklardan birisidir. Türkiye ölçeğindeki akarsuları değerlendirildiğimizde Kızılırmak en büyük havzaya sahiptir. Bu havza içerisinde, Sivas, Kayseri, Nevşehir, Kırşehir, Kırıkkale, Ankara, Çankırı, Çorum ve Samsun il sınırları bulunmaktadır. (Şekil 1).



Şekil 1. Kızılıрмаğın içinden geçtiği idari yönetim alanları.
Figure 1. The provincial areas through which the Kızılırmak flows.

Sivas il sınırlarındaki Kızıldağ kütesinden doğan Kızılırmak, Orta Anadolu'da geniş bir kavis çizdikten sonra Karadeniz'e dökülmektedir. Kızılırmak'ın, Kayseri il yönetim alanında kalan kesiminde Yamula Barajı ile hidroelektrik üretimi yapılmaktadır. Ayrıca Kızılırmak'ın Kayseri şehir merkezinden geçirilmesi (proje halinde) hedeflenmektedir. Kızılırmak'ın Nevşehir il yönetim alanının kalan kesimlerinde (Avanos), ırmak üzerinde turizm amaçlı kano sporu geliştirilmiştir. Kızılırmak'ın Kırşehir il yönetim alanının kalan kesimlerinde Hirfanlı Barajı, Kırıkkale il yönetim alanının kalan kesimlerinde Kapulukaya Barajı, Ankara il yönetim alanının kalan kesimlerinde Kesikköprü Barajı, Çorum il

yönetimi içinde kalan kesimlerinde Obruk Barajı, Samsun il yönetim alanının kalan kesimlerinde Altınkaya Barajı inşa edilmiştir. Bu barajlardan elektrik üretimi ve tarımda sulama amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca Samsun il yönetim alanının kalan kesimlerinde Şahinkaya Kanyonu'nda ise tekne turları düzenlenmektedir.

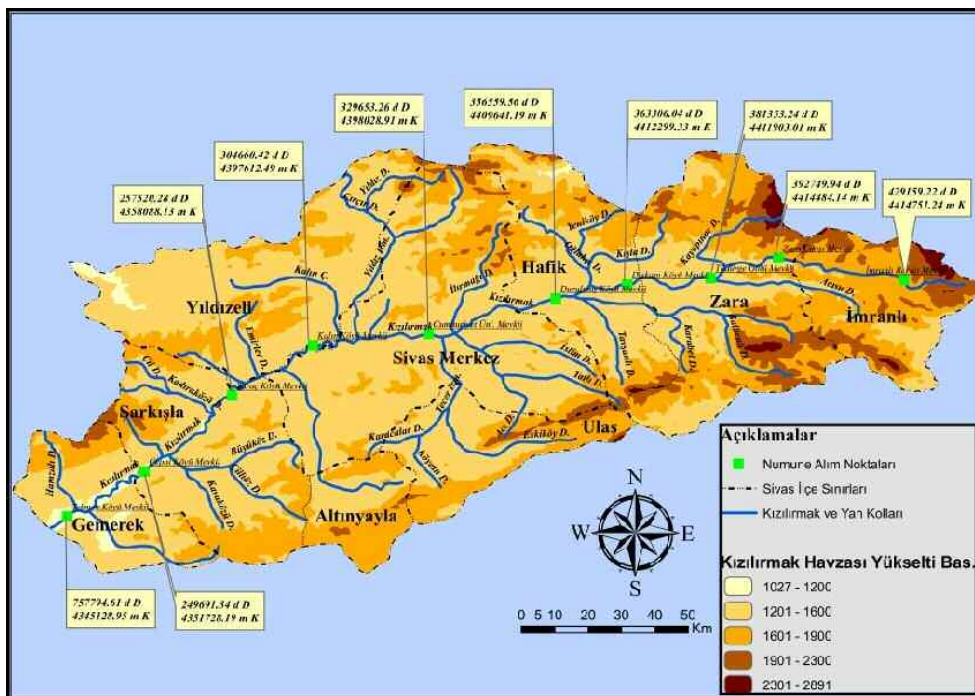
Kızılırmak'ın geçtiği il yönetim alanının kalan kesimlerinde Kızılırmak suyunun sulama suyu, enerji üretimi ve turizm amaçlı çalışmalar yapılmasına rağmen Kızılırmak'ın doğduğu il olan Sivas'ta ise içme, sulama suyu ve enerji üretimi amacıyla Kızılırmak üzerinde çok fazla proje ve tesis bulunmamaktadır. Kızılırmak Havzası sınırları içerisinde bulunan il yönetim alanının kalan kesimlerinde Kızılırmak'tan en az yararlanan il yönetim alanı Sivas'tır. Bu sınırlılık İmranlı (Sivas) ölçeğinde kalmıştır. Kızılırmak, Sivas il sınırları içerisinde uzun bir yol kat etmesine rağmen bu ırmaktan sulama amacıyla dahi yeterince yararlanılmamaktadır. Kızılırmak, Sivas il sınırından doğmasına rağmen (Şekil 2), özellikle yaz aylarında, Zara, Hafik, Merkez ilçe, Şarkışla ve Gemerek ilçelerinde bu ırmaktan tarımda sulama amaçlı yeterince yararlanılmamasının sebepleri neler olabilir? Bu araştırmanın amacı da, bu sorunu araştırmak ve soruna yönelik çözüm önerileri üretmektir.

2. Veri ve Yöntem

2.1. Verilerin Toplanması

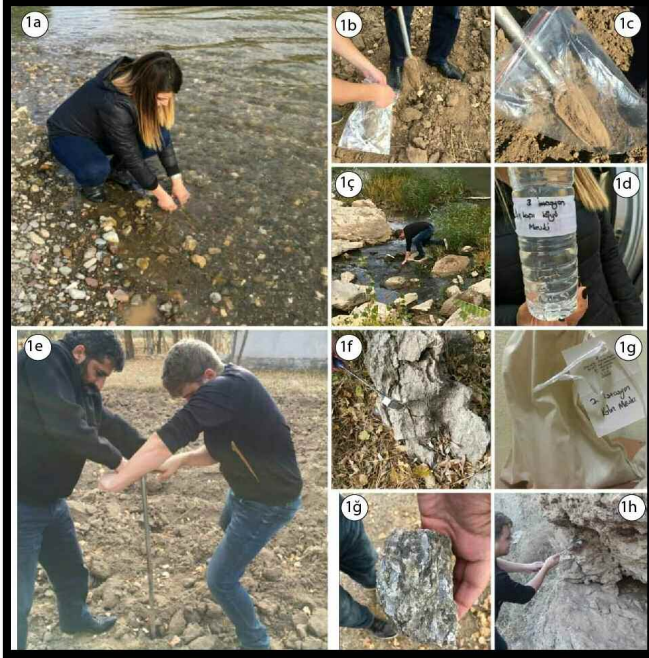
Araştırma sahası, Yukarı Kızılırmak Havzası ile sınırlıdır (Şekil 3). Araştırma sahasından veriler birincil kaynaklardan (su numunesi, toprak numunesi ve kayaç numunesi) ve ikincil kaynaklardan (meteorolojik veriler, Devlet Su İşleri 19. Bölge Sivas Müdürlüğü'nden alınan su analiz raporları vb.) temin edilmiştir.

Yukarı Kızılırmak Havzası'nın 1/100.000'lik topografya haritasından yararlanılarak numune alım noktaları belirlenmiştir. Bu alım noktaları coğrafi bilgi sistemleri ile haritalandırılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Su ve toprak numune alım noktaları.
Figure 2. Locations where the samples were collected.

25.10.2016 tarihinde Sivas Merkez, Hafik, Zara ve İmranlı ilçe sınırları içerisindeki belirlediğimiz noktalardan su, toprak ve kayaç numuneleri almak amacıyla arazi çalışmasına çıkmıştır. 28.10.2016 tarihinde ise Şarkışla, Gemerek ilçe sınırları içerisinde belirlediğimiz noktalardan su, toprak ve kayaç numuneleri almak için araştırma sahasında gözlemlerde bulunulmuştur (Fotoğraf 1).



Fotoğraf 1. Araştırma sahası numune alım görüntüleri; 1a. Tötürge Köyü çıkışı mevkiinden su numunesi alımı, 1b ve 1c İmranlı Barajı Çıkışı mevkiinden toprak numunesi alımı, 1ç Saraç Köyü mevkiinden su numunesi alımı, 1d Saraç Köyü mevkiinden alınan numunelerin etkilenmesi aşamasından bir örnek, 1e Zara mevkiinden toprak numunesi alım çalışmasından bir görüntü, 1f ve 1g Kalın mevkiinden kayaç numunesi alımı ve etiketlenmesi, 1ğ ve 1h Zara mevkiinden kayaç numuneleri alımından bir görüntü.

Photo 1. Process of collecting samples from the study area; 1a. Water sampling from the exit point of Todurge Village, 1b. and 1c. Soil sampling from the exit point of Imranlı Dam, 1ç. Water sampling from Saraç Village, 1d. Sample from the phase in which the samples taken from Saraç Village have been exposed, 1e. An image of soil of sampling study from Zara, 1f. and 1g. Rock sampling and exposure from Kalın Situation, 1ğ. And 1h. An image of rock sampling from Zara.

Araştırma sahası ile ilgili ikincil kaynak literatür taraması sonucunda şu kaynaklara ulaşılmıştır; Alagöz, 1967; Kurtman, 1973; Ceyhan, 1987; Yıldız, 1995; Sönmez, 1986; Çirer, 1993; Değirmenci, 1995; Karacan ve Yılmaz, 1996; Kaçaroğlu vd., 1997; Kaçaroğlu vd., 2001; Doğan ve Özel, 2005; Kavak, 2005; Çakmak vd., 2007; Akpınar ve Akbulut, 2007; Sağdıç ve Koç, 2012; Mutlu vd., 2013; Mutlu vd., 2015; Arslan vd., 2016; Keskin ve Yılmaz, 2016.

2.2. Verilerin Analizi

Alınan su numuneleri Devlet Su İşleri 19. Bölge (Sivas) Müdürlüğü'ne, alınan toprak numuneleri ise Şarkışla Toprak Klinik Analiz Laboratuvarı'na, alınan kayaç numuneleri Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Petrografi Bölümü'ndeki laboratuvara götürülmüştür.

Su numunelerin kimyasal özellikleri Tablo 1'de yer almaktadır. Su numunelerin tarımda sulama amaçlı kullanılıp kullanılmayacağını belirlemek için Wilcox ve ABD tuzluluk diyagramlarının

dan yararlanılmıştır. Wilcox ve ABD tuzluluk yöntemlerinden yararlanılarak suların tarımda sulama amaçlı kullanımı sınıflandırılmış ve analiz edilmiştir. Araştırma sahasından alınan toprak numuneleri Şarkışla Toprak Klinik Laboratuvarı'nda analiz edilmiştir.

Analiz sonuçları betimsel analiz yöntemine göre değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. "Betimsel analiz, çeşitli veri toplama teknikleri ile elde edilmiş verilerin daha önceden belirlenmiş temalara göre özetlenmesi ve yorumlanmasını içeren bir nitel veri analiz türüdür" (Yıldırım ve Şimşek, 2003). "Betimsel analizde araştırmacı, araştırma sorularından araştırmacının kavramsal çerçevesinden ya da görüşme ve gözlemlerde yer alan boyutlardan hareket ederek veri analizi için bir çerçeve oluşturur. Böylece verilerin hangi temalar altında düzenleneceği ve sunulacağı belirlenmiş olur. Ardından, araştırmacı daha önce oluşturmuş olduğu çerçeveye dayalı olarak verileri okur ve düzenler. Bu süreçte verilerin anlamlı ve mantıklı bir biçimde bir araya getirilmesi önem taşımaktadır. Bu aşamadan sonra araştırmacı düzenlemiş olduğu verileri tanımlar. Bunun için gerekli yerlerde doğrudan alıntılara da başvurmak zorunda kalabilir. Bu sürecin sonunda araştırmacı tanımlamış olduğu bulguları açıklar, ilişkilendirir ve anlamlandırır. Araştırmacı bu aşamada ayrıca yapmış olduğu yorumları daha da güçlendirmek için bulgular arasındaki neden sonuç ilişkilerini açıklar ve ihtiyaç duyulması durumunda farklı olgular arasında karşılaştırma yapar" (Yıldırım ve Şimşek, 2003). Alınan kayaç numunelerinin makro inceleme ile niteliği tespit edilmiştir. Belirlenemeyenler ise Cumhuriyet Üniversitesi Petrografi Bölümü'nde makro inceleme veya mikroskopla inceleme ile kayaçların niteliği tespit ettirilmiştir. Kayaçlar dokusal tanımlamalara göre a) makrokristalin, b) mikrokristalin ve c) kriptokristalin olmak üzere üçe ayrılır. Kayaçlar mikrokristalin yapıda olurlarsa, mineraller ancak mikroskop altında ayırt edilebilir. Bu minerolojik yapıda olan kayaçlarda kesitler alınır. Kesit lamel üzerine yerleştirilir ve mikroskopla incelenir. İnceleme sonucunda minerolojik bileşimi tespit edilen kayacın türü belirlenir.

Sivas Meteoroloji İl Müdürlüğü'nden alınan ham veriler, Thornthwaite iklim sınıflaması yöntemine göre hesaplanarak analiz edilip değerlendirilmiştir.

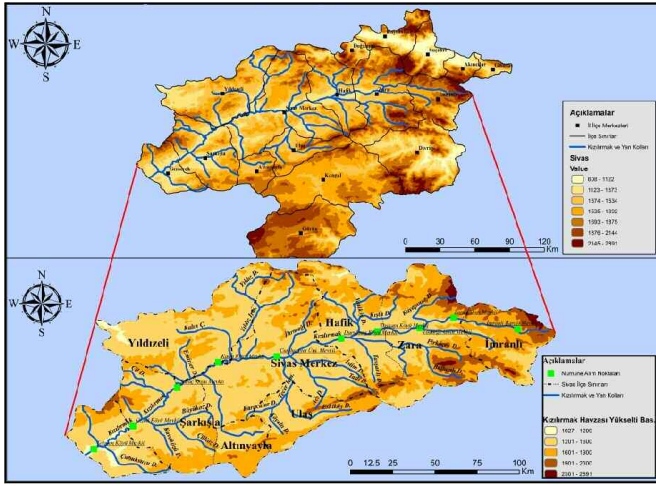
2.3. Araştırma Alanı

Araştırma alanı, Yukarı Kızılırmak Havzası ile sınırlıdır. "Yukarı Kızılırmak Havzası, Orta Anadolu'nun doğusunda 39° 19' 30" ve 40° 13' 30" kuzey enlemleri ile 36°20'30" ve 38°20'30" boylamları arasında yer alır" (Yıldız, 1995). Yukarı Kızılırmak Havzası'nın tamamı Sivas İl yönetim sınırları içerisinde yer alır (Şekil 3).

3. Bulgular ve Tartışma

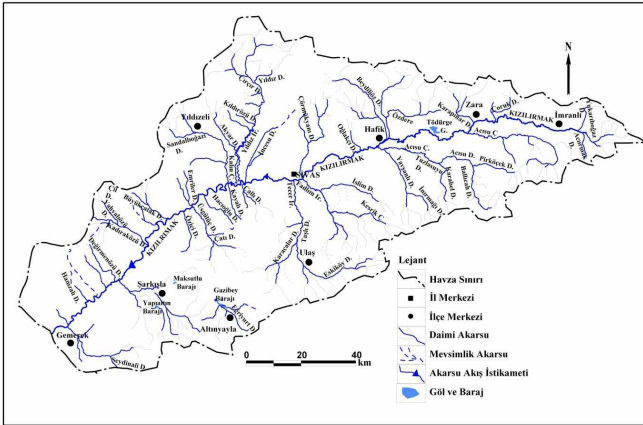
3.1. Kızılırmak'ın (Kaynağından, Sivas –Kayseri İl Sınırına Kadar) Kimyasal Özellikleri ve Tarımda Sulama Amaçlı Kullanımının Wilcox ve ABD Tuzluluk Diyagramlarına Göre Değerlendirilmesi

Kızılırmak'ın, Sivas İl sınırları içerisindeki konumu, Kızıldağ'dan başlar Kayseri İl sınırına kadar devam eder. Yukarı Kızılırmak Havzası'nı çok sayıda ırmak, çay ve dere beslemektedir. Yukarı



Şekil 3. Çalışma sahası lokasyon haritası.
Figure 3. Location map of the research field.

boğaz, Çoruk, Acısu, Karapınar, Özdere, Yavşanlı, Oğlakçı, İslim, İncesu, Çallı, Kayalı, Hacıoğlu, Emrile, Üsgülüş, Özici, Büyükçatak, Kadraözü, Değirmenözü, Hamzalı vb. Dereleri, Fadlım, Tecer, Acı ırmak ve Yıldız İrmakları ile Kalın Çayı Yukarı Kızılırmak Havzası'nı oluşturan akarsulardır (Şekil 4).



Şekil 4. Yukarı Kızılırmak Havzası hidrografi haritası.
Figure 4. The hydrography map of the Upper Kızılırmak Basin.

Bu havzanın, 10 ayrı noktasından su örnekleri alınmıştır (Şekil 2). Grab örneklemeyle alınan su numuneleri Devlet Su İşleri 19. Bölge Müdürlüğü'nde analiz edilmiştir. Su numune alım noktalarından alınan örnekler ölçüm ve analiz raporları Tablo 1'de yer almaktadır.

Su numunelerinin grab (anlık) ve kompozit numuneler olmak üzere çeşitli türleri vardır. Bu çalışmada grab numuneleme alım yöntemi seçilmiştir. "Grab numuneler bir su kalitesinin belirli bir noktasında belli bir anda alınan su örnekleridir. Alındığı noktayı ve zamanı temsil eder" (Yıldız, 1995). Örneklerin, akarsuyun kimyasal özelliklerini en iyi yansıtacak lokasyonlardan alınmasına özen gösterilmiştir (Fotoğraf 1).

İmranlı baraj çıkışı su alım noktası dışındaki 9 numune alım noktasından alınan su numunelerinin analiz sonuçlarını değerlendirecek olursak hakim katyonun kalsiyum (Ca^{2+}) hakim anyonun ise sülfat olduğu dikkat çekmektedir (SO_4^{2-}). Kalsiyum katyonundan sonra magnezyum (Mg^{2+}) katyonunun da alınan su numune analiz sonuçlarında oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle 5.-6.-7.-8.-9.-10. numaralı su numunesi alım mevkilerine doğru gidildikçe sülfat iyon değerlerinde bir artış olduğu tablo 1'den anlaşılmaktadır. En fazla sülfat değerlerinin arttığı yerler 6. ve 7. (Cumhuriyet üniversitesi ve Kalın mevkii) numune alım merkezleridir. Bu iyon değerlerinin yüksek olması Yukarı Kızılırmak Havzası ve Yukarı Kızılırmak Havzası'nı oluşturan özellikle güneydeki yan kolların (Acısu Çayı -Acısu Deresi-Tuzla Suyu Deresi-Yavşanlı Deresi -İslim Deresi- Fadlım Irmağı) jips ve tuz formasyon birimlerinden geçmesidir. Sönmez (1986). benzer bir sonucu şu şekilde ifade etmektedir: "Kızılırmak. kaynağında yumuşak ve içilebilir özelliklere sahip olmasına karşın özellikle Zara'dan sonra su ağının jipsi ve tuzlu araziye girişi niteliği uygun olmayan güney kollarının da karışmasıyla bileşimi büyük ölçüde değişmekte Hafik'ten sonra tarımda sulama suyu olarak bile kullanılmamaktadır".

Suların içerisinde bulunan anyon ve katyon değerleri suyun kalitesini belirlerken sulama amaçlı kullanılmasında da sınırları oluşturur. Bu sınırlar anyon ve katyonlar toprak ve bitkiler üzerinde doğrudan etkilidir. Sularda biriken bu tuz ve sülfatlar bitki yetiştiriciliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Her bitkinin tuz

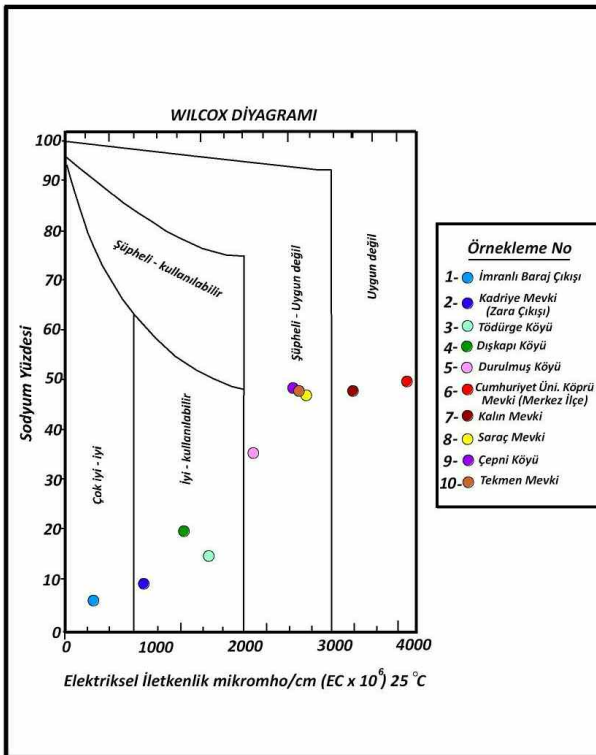
Tablo 1. Kızılırmak suyunun kimyasal özellikleri.
Table 1. Chemical characteristics of water in the Kızılırmak River.

Konum / Parametre	İmranlı Baraj Çıkışı	Zara Çıkışı Kadiriye	Tödürge Köyü Çıkışı	Dişkapı Köyü	Durulmuş Köyü [Hafik Girişi]	Cumhuriyet Üniversitesi Köprü	Kalın Mevkii	Saraç Köyü Mevkii (Şarkışla)	Çepni Köyü Mevkii	Tekmen Mevkii (Gemerek)
Sıcaklık	21	20	20	20	20	20	21	21	21	21
*p H	8.08	7.83	7.54	7.74	7.6	7.38	7.68	7.64	7.71	7.74
*E.C ms/cm	389	827	1605	1389	2070	3980	3230	2710	2630	2640
*Sodyum	0.21	0.8	2.15	2.94	7.46	21.86	16.59	13.54	13.13	13.17
*Potasyum	0.02	0.06	0.09	0.05	0.07	0.07	0.09	0.09	0.09	0.13
*Kalsiyum	2.12	6.58	10.92	10.51	11.91	19.06	15.12	12.34	10.76	11.55
*Magnezyum	1.72	1.67	1.79	1.91	2.49	2.81	2.92	2.79	2.92	2.76
*Toplam Katyon	4.07	9.11	14.95	15.42	21.93	43.8	34.72	28.76	26.89	27.62
Karbonat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bikarbonat	3.28	3.5	3.66	3.52	3.45	3.84	4.99	4.11	4.01	4.22
*Klorür	0.13	0.56	1.76	2.8	6.77	21.65	16.45	13.62	13.08	13.03
*Sülfat	0.76	4.97	10.78	8.83	12.31	17.84	13.37	11.88	11.61	11.49
Toplam Anyon	4.21	9.12	16.45	15.4	22.96	44.24	35.7	30.08	29.17	29.21
Toplam Sertlik(CaCO ₃)	192	413	636	621	720	1094	902	756	684	716
Toplam Sertlik	19.18	41.27	63.56	62.09	72.01	109.35	90.2	75.64	68.4	71.55
%Sodyum	5.16	8.78	14.38	19.07	34.02	49.91	47.78	47.08	48.83	47.68
Sodyum ABS Oranı (SAO)	0.15	0.39	0.85	1.18	2.78	6.61	5.53	4.92	5.02	4.92
Kalıcı Sodyum Kar.(RSC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bor	0.7	1	1.1	1	1.2	1.3	1.3	1.1	1.1	1.1

isteği aynı değildir. tuzluluğun yüksek seviyelere çıkması daha az tuz isteyen bitkilerin oluşum ve gelişimini olumsuz etkileyecektir. "Aynı zamanda suda bulunan sodyum miktarının artması toprağın gözeneklerini tıkar geçirgenliğini azaltır ve topraktaki pH seviyesini yükselterek zararlı seviyelere ulaştırır" (Sönmez 1986).

"Yüzeysel suların ve yeraltı sularının sulamaya uygunluğu, yapılacak kimya tahlillerinin diyagramlara taşınmasıyla ortaya konulabilir. Suların sulama suyu için uygun olup olmadığını genellikle Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları ile tespit edilmektedir" (Canikli, 1998).

Suların elektriksel iletkenlik ve sodyum yüzde (%) değerleri Wilcox diyagramı üzerine taşınarak suyun tarımda sulama amaçlı yararlanılıp yararlanılmayacağı veya ne şekilde yararlanılabileceği yorumlanabilir (Şekil 5).



Şekil 5. Kızılırmak'a ait su numunelerinin Wilcox Tuzluluk Diyagramına göre değerlendirilmesi.

Figure 5. An evaluation of the water samples from the Kızılırmak based on Wilcox diagram.

Sodyum yüzdesi aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$\% r Na^{+} = \frac{(r Na + r K) 100}{R Ca + r Mg + r Na + r K}$$

Wilcox formülüne göre yapılan hesaplamalar sonucunda özellikle tarımda sulamaya ihtiyaç duyulduğu kurak dönemlerde 6. ve 7. su numune alım noktalarındaki suların kimyasal özellikleri tarımda sulama suyu olarak kullanılması uygun değildir (Şekil 5). 5., 8., 9., 10. su numune alım noktalarındaki suyun kimyasal özellikleri ise Wilcox diyagramına göre şüpheli uygun değil sınıflamasına girmektedir. 1., 2., 3. ve 4. su numune alım noktalarındaki suların kimyasal özellikleri ise çok iyi ve iyi kullanılabilir sınıflamasında yer almaktadır (Şekil 5).

"Sulama sularının sınıflandırılmasında Wilcox diyagramının yanı sıra ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramda kullanılmaktadır. Bu diyagramlar içerisinde en çok ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyag-

ramı kullanılır. Bu diyagram için suyun 25 °C daki kondüktivitesine ve sodyum absorpsiyon oranının bilinmesine gerek vardır"(Canikli, 1998).

Sodyum Absorpsiyon Oranı (SAR) aşağıdaki formülle bulunur:

$$SAR = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{rCa + rMg}{2}}}$$

"ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı. tuzluluk ve sodyum tehlike derecesine göre 16 bölgeye ayrılmıştır (Şekil 7). Tuzlu sularındaki sodyum (Na) tabandaki kalsiyum (Ca²⁺) ile yer değişimi yaparak toprağın geçirgenliğini ve hava almasını azaltır. Bu da bitkilerin gelişimini yavaşlatır. Bundan dolayı sulama amaçlı kullanımlarda, suların sodyum miktarının belirlenmesi gerekmektedir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı tarafından önerilen bu sınıflamada suların sodyum absorpsiyon oranı ve özgül elektriksel iletkenlik (EC) değeri göz önüne alınarak kullanım değerleri ve sulama amaçlı kullanılmalarındaki sınırları belirlenmiştir"(Canikli, 1998).

10 adet su numune alım noktasından alınan ve kimyasal analizleri yaptırılan su numunelerinin ABD Tuzluluk Diyagramı formülüne göre analiz sonuçlarına bakacak olursak şu değerlendirmeler yapılabilir:

6. ve 7. numune alım noktalarından (Kalın Mevkii ve Cumhuriyet Üniversitesi Mevkii) alınan su numune sonuçları C₄ - S₂ sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 6). ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre C₄ - S₂ sulamaya uygun olmayan yüksek tuzlu sular olarak sınıflandırılmaktadır (Tablo 2).

8., 9. ve 10. Numune alım noktalarından (Çepni Mevkii - Saraç Mevkii - Tekmen Mevkii) alınan su numuneleri analizi sonucunda C₄ - S₂ sonucu çıkmıştır (Şekil 7). ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre C₄-S₁ çok yüksek tuzlu düşük sodyumlu sulama için uygun olmayan sular olarak sınıflandırılmaktadır (Tablo 2).

5. 4. 3. numune alım noktalarından, (Durulmuş Mevkii - Dışkapı Mevkii-Tödürge Mevkii) alınan su numunelerinin kimyasal analizleri sonucunda C₃ - S₁ sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 7). ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre C₃ - S₁ bu suyun tuz oranı yüksek olup drenaj yapılmaksızın bitkiler için sulama suyu olarak kullanılması uygun değildir (Tablo 2).

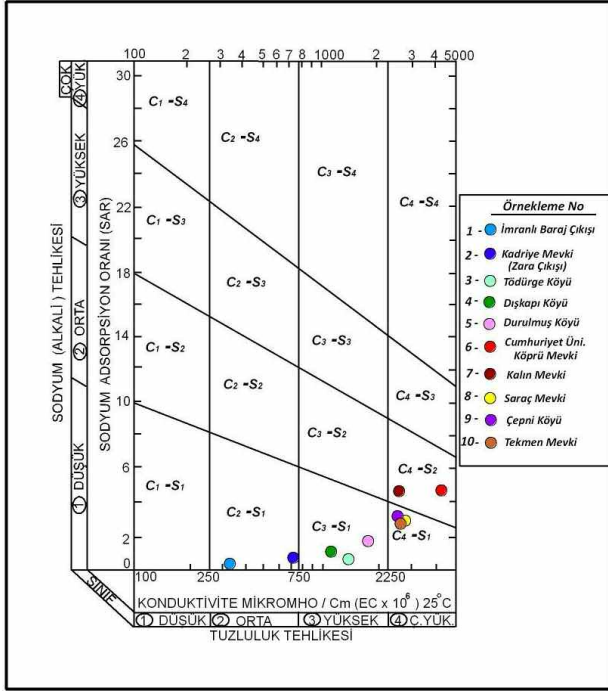
Kaçaroğlu, Değirmenci ve Cerit (1997) yapmış oldukları çalışmada, Kızılırmak sularından (Sivas Merkez ilçe - Hafik arasında kalan kesim) alanından örneklemeler çoğunlukla C₄ S₁ sınıfına girmektedir. C₄-S₁ çok yüksek tuz, düşük sodyumlu su sınıfına girmektedir. Sonuç olarak; Kızılırmak bahardan sonra sulama için uygun değildir. Kaçaroğlu ve diğerlerinin bulduğu sonuç, bu araştırmanın 8., 9. ve 10. su numunelerinin sonuçları ve lokasyonlarıyla birebir uyumluluk göstermektedir.

1. ve 2. numune alım noktalarından (İmranlı mevkii - Kadiriye mevkii) alınan su numunelerinin analizleri sonucunda C₂ - S₁ sonuçlarına ulaşılmıştır. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre C₂ - S₁ orta tuzlulukta su, orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir, suları ifade etmektedir. "ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre hangi bölgedeki sudan hangi bitkilerin yararlanacağı belirlenmiştir."(Canikli, 1998). (Tablo 2).

Tablo 1. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına göre, suların tuzluluk ve sodyum miktarına göre sınıflandırılması.

Table 1. A classification of water types according to saltness and sodium levels by using the US saltness levels.

Tuzluluğa Göre Alt Sınıflar	C ₁	Az tuzlu su. Bitkilerin çoğu için sulama suyu olarak kullanılabilir.
	C ₂	Orta tuzlulukta su. Orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir.
	C ₃	Fazla tuzlu su. Drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılmaz. Bazı bitkiler için kullanılabilir.
	C ₄	Çok fazla tuzlu su. Sulama suyu için uygun değil. Ancak çok iyi drenaj yapılmış alanlarda bazı bitkiler yetiştirilebilir.
Sodyum Miktarına Göre Alt Sınıflar	S ₁	Az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için uygun.
	S ₂	Orta derecede sodyumlu su. Permeabilitesi iyi olan jipsli arazi için uygun.
	S ₃	Fazla sodyumlu su. Ender hallerde sulama suyu olarak kullanılabilir.
	S ₄	Çok fazla sodyumlu su. Çok düşük tuzluluk hallerinin dışında sulama suyu olarak kullanılmaz.



Şekil 6. Kızılıрмаğa ait su numunelerinin ABD Tuzluluk Diyagramına göre değerlendirilmesi.

Figure 6. An evaluation of the water samples from the Kızılırmak based on the US diagram.

Gerek Wilcow gerekse A.B.D Tuzluluk Diyagramı sonuçlarına göre, Yukarı Kızılırmak Havzası'nda tuzluluk problemi oldukça yüksektir. Bu durum, bölge halkının Yukarı Kızılırmak Havzası'nda ırmak suyundan sulama amaçlı yararlanamamasının en önemli nedenini oluşturmaktadır. Lakin, bu havza içerisindeki ırmak suyundan çiftçiler kimi zaman zorunluluktan kimi zaman ise suyun içerisinde tuzluluk değerlerinin yüksek olduğunu bilmemesinden dolayı tarımda sulama amaçlı bu ırmaktan yararlanmaktadırlar.

3.2. Kızılırmak Suyunun (Kaynağından Sivas –Kayseri İl Sınırına Kadar) Tuzluluk Değerlerinin Yüksek Çıkmasında Etkili Olan Coğrafi Faktörler.

Araştırmamızın bu kısmında, Yukarı Kızılırmak Havzası sınırları içerisinde ırmak suyunun tuzluluk değerlerinin yüksek çıkmasında havzanın jeolojik, pedolojik ve klimatolojik faktörlerin etkisi incelenmiştir.

3.2.1. Yukarı Kızılırmak Havzası'nın jeolojik yapısı ve jeolojik yapının ırmak suyunun kimyasal özelliklerine etkisi

Belli bir eğim boyunca akan akarsular geçtikleri arazilerin jeolojik, pedolojik özelliklerine bağlı olarak yatak boyunca aşındırma kuvveti ile kayaçların, toprakların ve bunların içerisinde bulunan mineralleri eriterek bünyelerine katarlar. Akarsular geçtiği ve bulunduğu ortamlardaki toprak ve kayaçların özelliklerini bünyesine katması sonucu akarsuyun kimyasal özellikleri değişmektedir. Akarsuların kimyasal özelliklerinin farklılaşmasında akarsuların aşındırma güçlerinin yanı sıra akarsu yataklarında bulunan kayaçların dayanım gücü de etkilidir. Geçmiş olduğu alanlardan etkilenen her akarsu gibi Kızılırmak'ta bulunduğu Yukarı Kızılırmak Havzası'nın jeolojik özelliklerinden etkilenmektedir.

Yukarı Kızılırmak Havzası içerisinde çeşitli jeolojik birimler bulunmaktadır (Şekil 7). Havza içerisinde akış halinde olan Kızılırmak, geçmiş olduğu jeolojik birimleri etkilemekte ve jeolojik birimlerden etkilenmektedir.

Kızılıрмаğın akış halinde olduğu Yukarı Kızılırmak Havzası'nın jeolojik birimleri Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) 1/500.000 ölçekli jeoloji haritasından yararlanarak çizilen jeoloji haritası incelendiğinde; Kızılırmak'ın doğduğu nokta olan Kızıldağ'ın kuzeydoğusunda ayrılmamış Mesozoyik yaşlı ofiyolitler, Üst Paleozoyik – Triyas yaşlı metamorfik kayaçlardan oluşmakta olup bu metamorfikler genellikle tabanda şistlerle başlayıp tavan kesimlerinde mermerlerle sonlanmaktadır. Bu birimlerin üzerinde ise Eosen dönemli volkanitler ve sedimentler geniş yer kaplar. Zara'nın kuzeydoğusunda Kösedag çevresinde ise Üst Paleosen - Eosen dönemli plütonik kökenli granitik ve siyenitik kayaçlar ile Eosen dönemli volkanitler ve sedimentler geniş yer kaplamaktadır (Şekil 7).

Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Kızılırmak'ın doğduğu yerde (Kızıldağ), İmranlı ile Zara arasında ve Kösedag çevresinde sedimentler kayaçlara göre çözünmesi daha zor olan magmatik ve metamorfik kayaçlar bulunmaktadır. Ofiyolitik kayaçlar, magnezyum (Mg), demir (Fe), kalsiyum (Ca), alüminyum (Al) bileşimli mineraller bakımından, metamorfik kayaçlar ise sodyum (Na), potasyum (K), alüminyum (Al), demir (Fe) ve magnezyum (Mg) silikat mineralleri bakımından zengindir. Sahada bulunan Eosen dönemli volkanitler (bazalt ve andezit türü) ise sodyum (Na), kalsiyum (Ca), alüminyum (Al), demir (Fe) ve magnezyum (Mg) silikatlı mineraller bakımından zengindir. "Bu kayaç türlerinin bulunduğu sahada kireç ve tuz içeriği düşük içimi iyi bazen Na ve K içeriğinin aşırı yüksek olması halinde ekşimsi buruk sular gözlemlenmektedir" (Sönmez, 1986). İlgili sahanın bu jeolojik birimi, bu sahada akış halindeki suların, sulama suyu için uygun olmasını da sağlamıştır.

Volkanitler ve sedimentlerden geçen Kızılırmak, havzanın büyük bir bölümünü kaplamakta olan İmranlı Zara ilçe sınırlarının keşiştiği nokta yakınlarından başlayarak Sivas Merkez ilçesine kadar uzanan sahada karşımıza Alt – Orta Miyosen dönemli evaporitli sedimentler kayaçlar karşımıza çıkmaktadır. Kızılırmak'ı havza boyunca takip eden evaporitli sedimentler kayaçlar genellikle akarsu yatağının güneyinde bulunan Bozbel Dağı, Gürlevik Dağı ve Tecer Dağı'na kadar uzanmaktadır. Kızılıрмаğın yan kollarından birisi olan İncesu Deresi'nin Kızılıрмаğa katıldığı noktadan (Şekil 5) sonra Pliyosen dönemli ayrılmamış karasal kırıntılı kayaçlar bu bölgede geniş yüzlekler sunmaktadır. Hafik ve Zara ilçelerinde ırmağın geçtiği havzanın jipsli ve kireçtaşı serilerden oluşması sebebi ile suda bulunan hakim anyonun sülfat, hakim katyonun ise kalsiyum minerali olmasına sebep olmuştur. Çünkü kalsiyum elementinin yüksek olması kireçtaşı

ile beslenen sularda görülürken, sülfatın yüksek olması jipsli selerilerden geçen akarsularda rastlanan bir özelliktir. Sülfat doğal yollardan karışan en önemli iyonlardan biridir. Hafik ilçesindeki kayaların bileşiminde evaporit grubu mineral / kayaç olan jipsin ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) yanı sıra anhidrit (CaSO_4) ve kayatuzu (NaCl) da bulunur. Bu mineraller, iyonik bir kafes yapısına sahip olup su ile temas etmeleri sırasında kolaylıkla çözünürler. Su ortamı terk ettiğinde ise evaporit grubunda yer alan bu mineraller kristalleşerek yeni mineraller meydana getirebilirler veya mineraller birbirlerine dönüşebilirler. Bu durumda jipsli kayaların minerallerin egemen olduğu ortamdaki havzalarda su kalitesi kolaylıkla bozulmaktadır. Evaporit grubu minerallerin çözündüğü yüzey doğal olarak kirlenmektedir. Sivas dolayındaki yüzey sularının büyük bir bölümü, bölgede çok geniş bir yayılım gösteren Hafik formasyonu jipslerinin etkisi sonucunda toplam çözülmüş iyon miktarı çok yüksek, tuzlu ve acı sulardır.

Kızılırmak Havzası'nın jeolojik birimleri incelendiğinde Kızılıрмаğı besleyen yan kolların özellikle de akarsuyun güneyinde bulunan evaporitli sahalar ve ayrılmamış karasal kalıntıların geniş yer kapladığı sahadan gelmiş olduğu görülmektedir. Bu sahanın genişliğini Keskin ve Yılmaz (2016)'ın yaptıkları bir araştırmaya göre uzunluğu yaklaşık olarak 300 km genişliğini ise 40-50 olarak ifade edilmektedir. Evaporitli sahadan ve ayrılmamış karasal kalıntıların olduğu sahadan gelen yan kolların (Şekil 4) geçmiş olduğu jipsli arazinin özelliklerini yansıtarak Kızılırmak'ın su kalitesini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür (Şekil 7).

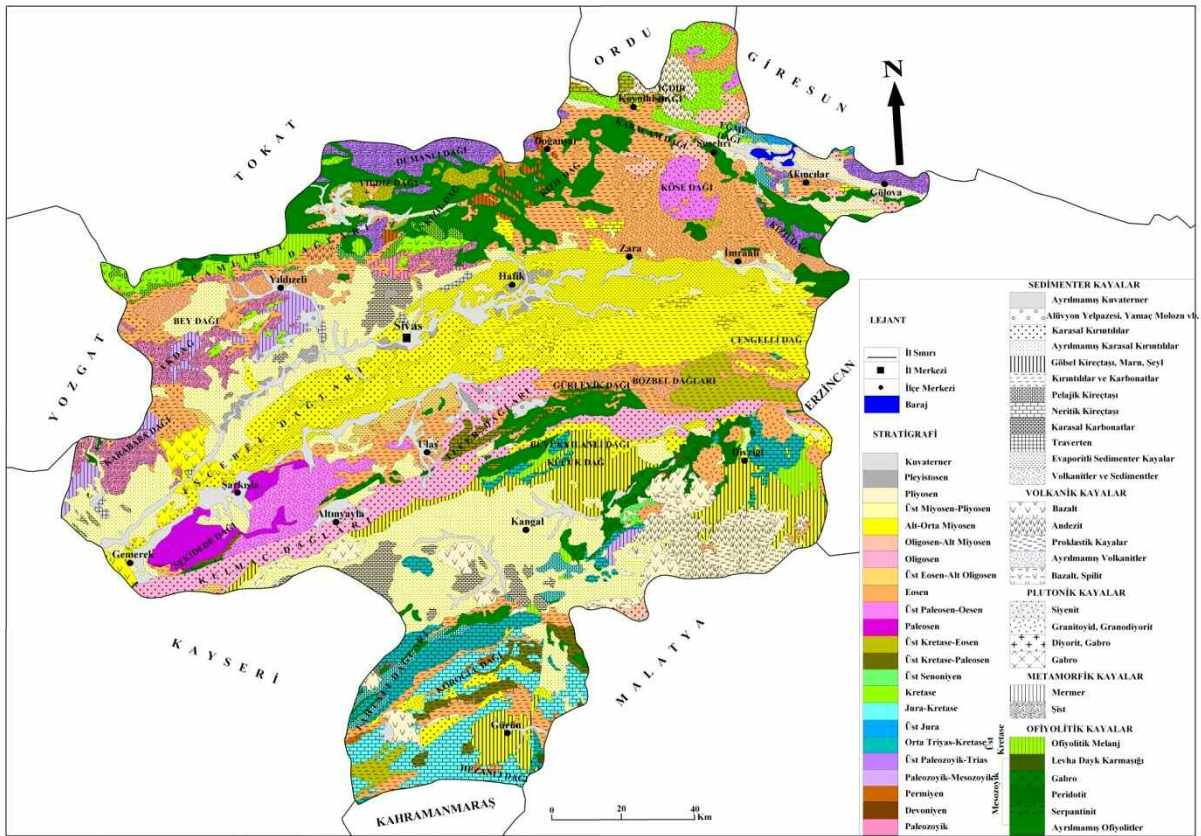
Mutlu ve diğ. 2013'te yaptıkları. Kurugöl (Hafik /Sivas) su kalitesi parametrelerinin belirlenmesi isimli çalışmasında göldeki kalsiyum (Ca^{2+}) ve sülfat (SO_4^{2-}) değerlerindeki yüksekliğinin suyun kalitesini bozduğunu ifade etmektedirler. Benzer şekilde Kaçaroğlu ve diğ. (1996) Seyfe ve Göydün kaynaklarındaki kal-

siyum (Ca^{2+}) ve sülfat (SO_4^{2-}) değerlerinin yüksekliğinin suların tarımsal amaçla dahi kullanılamayacağına yönelik görüş belirtmektedirler. Her iki çalışmada bu değerlerin yüksekliğine işaret etmekte ve suyun kalitesinin bu lokasyonda bozulduğunu belirtmektedirler.

Aynı zamanda bu sınırlar içerisinde, ırmak sularının sülfat değerlerinin yüksek olması bölgedeki tuz ve jips yataklarının varlığından kaynaklanmaktadır. Kızılırmak Havzası'nın güney kesiminin jipsli ve tuzlu kayalardan oluşması, Kızılıрмаğı besleyen ve güneyden gelen kollarının tamamının bu jipsli ve tuzlu yataklardan geçmesi sebebiyle Kızılırmak suyu oldukça kireçli ve tuzlu hale gelmiştir. Kireç ve tuz oranının yüksek olması suyun kalitesini bozmuştur. Kızılırmak bu sebepten dolayı ilk çıkışında çok az iyon içerdiği halde İmranlı İlçesi'nden sonra kolay çözünebilir jipsli arazilerden geçmesi nedeniyle jipsleri eritip bünyesine katılmaktadır. Bu durum özellikle 5.-6.-7.-8.-9. ve 10. numaralı istasyonlardaki sülfat oranının artmasına sebep olmuştur (Tablo 1).

3.2.2. Yukarı Kızılırmak Havzasının pedolojik yapısı ve pedolojik yapının ırmak suyunun kimyasal özelliklerine etkisi

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün 1994 yılında Türkiye geneli ile ilgili yaptığı etüt çalışmaları raporu (1994)'na göre Sivas İli'nin toprak grupları alüvyal, kolüvyal, kahverengi, kırmızı kahverengi, kireçsiz kahverengi orman, kahverengi orman, kireçsiz kahverengi, kestane renkli ve tuzlu-alkali toprak çeşitlerinden oluşmaktadır (Şekil 9). Yukarı Kızılırmak Havzası'nın toprak türleri, kahverengi, alüvyal, kolüvyal, kireçsiz kahverengi topraklar ve kırmızı kahverengi ve kestane renkli topraklardan oluşmaktadır. Kızıldağ'dan doğan Kızılırmak, bir müddet aktıktan sonra



Şekil 7. Sivas İli'nin jeoloji haritası (MTA'nın 1/500.000 ölçekli haritalarından yararlanarak yeniden üretilmiştir).
Figure 7. Geological map of the Province of Sivas.

kahverengi topraklar Miyosen ve Pliyosen devirlerinin çakıllı, kum ve killi birikimlerinin fiziksel parçalanmalarından meydana gelmiştir. Kalkerli ana maddenin hemen üzerindeki toprak hafif alkali bir reaksiyona sahiptir" (Oakes, 1958).

İnceleme alanından alınan toprak örneklerinin laboratuvar analizlerinden elde edilen sonuçlara göre, sahanın toprakları (Tekmen Mevki, Saraç Köyü Mevki, Kalın Mevki, Dışkapı Köyü Mevki) organik madde yönünden iyi veya orta seviyelerde olduğu görülmektedir. Buna karşılık Çepni Mevki, Cumhuriyet Üniversitesi Mevki, Durulmuş Köyü Mevki, Tödürge Köyü Mevki, Zara Çıkışı Mevki, İmranlı Barajı Mevkilerinde organik madde miktarı çok azdır (Tablo 3). Kahverengi orman toprakları ile kahverengi topraklar kireç yönünden zengin topraklar oldukları için araştırma sahasından alınan toprak numuneleri, pH değerleri bakımından değerlendirildiğinde İmranlı Barajı Mevkisi'nden alınan toprak numunesi hariç diğerinin tamamı hafif alkali karakterdedir (Tablo 3). Araştırma sahasından alınan toprak numunelerinin neredeyse tamamında (Zara ve İmranlı Mevkileri hariç) toprakların kireç ve tuz bakımından oldukça zengin olduğunu dikkat çekmektedir (Tablo 3). Yine araştırma sahasından alınan toprak numunelerinin potasyum (K) değerlerinin yüksek, fosfor (P) değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Kireçli ve pH'sı yüksek topraklar ile asit topraklarda bitkilerin fosfordan faydalanması zordur. Alınan toprak analizlerinden elde edilen sonuçlara bakıldığında bütün noktalarda tuz ve kirecin yüksek, organik maddenin düşük seviyelerde olması topraklardaki fosfor miktarını olumsuz yönde etkilemiş olabilir.

Bu çalışmada, çalışma alanı topraklarının toprak bünyesi (tekstür), toprak reaksiyonu (pH), toplam tuz miktarı, kireç içeriği (CaCO₃), organik madde, fosfor (P₂₀₅) ve potasyum (K_{2O}) özellikleri, grab örnekleme metodu ile 10 farklı noktadan toplanan yüzey toprak örneklerinin laboratuvar analizi ile belirlenmiştir. Toprak örnekleri alınırken Soil Survey Manual'de bildirilen esaslar dikkate alınmıştır (Soil Survey Staff 1999). Toprak örneklerinin kum, kil ve silt yüzdeleri Bouyoucos hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951). Toprak örnekleri 1:2.5 oranında saf su ile sulandırılarak, süspansiyon cam elektrodlu Neel pH metresi ile pH' ları belirlenmiştir (Jackson, 1958). Toprak örneklerinde tuz içeriği doymuluk ekstraktında ölçülmüştür (Anonymous, 1982). Toprak örneklerinin kireç içerikleri Scheibler kalsimetresi ile volümetrik metotla yüzde (%) olarak belirlenmiştir (Çağlar 1949). Organik madde içeriği, Modifiye Walkley-Black yaş yakma yöntemiyle yüzde (%) olarak belirlenmiştir. Yarıyıllı fosfor (Olsen, vd., 1954) ve ekstrakte edilebilir potasyum (Jackson, 1958) yöntemlerince belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1982). Laboratuvar analiz sonuçlarının tanımsal istatistikleri SPSS 19 paket programında belirlenmiştir.

Tekstür analiz sonuçlarına göre, toprak örneklerinin kil içerikleri % 13.82 ile 33.82 arasında, kum içerikleri % 28.17 - 72.17, silt içerikleri ise % 12 ile 72.17 arasında değişim göstermiştir (Tablo 4). Toprak örneklerinin pH değerleri 6.52-7.98 arasında değişerek genel olarak hafif alkali özellik göstermektedir. Çalışma sahası topraklarının toplam tuz miktarı 9.52-40.41 arasında değişerek çok tuzlu sınıfında yer almaktadır. Kireç içerikleri % 5.59 ile 19.91 arasında değişim göstermiştir. Organik madde miktarları 0.54 ile 3.69 arasında değişim gösterirken. P₂₀₅ 0.92 ppm ile 10.47 ppm arasında, K_{2O} ise 22.59 ppm ile 177.68 ppm arasında değerler almıştır. Varyasyon katsayısı (VK), ölçülen değerlerin değişkenliklerinin kıyaslanabilmesini sağlayan önemli bir parametredir. Wilding ve ark. (1994). VK ≤%15 olan özellikleri düşük derecede değişken, %15-35 arası olanları orta derecede değişken ve ≥ % 35 değerleri ise yüksek düzeyde değişken olarak sınıflandırmıştır. Çalışma alanı toprak özellikleri varyasyon katsayısı değerlerine göre pH düşük değişkenlik gösterirken, kil ve kum içerikleri orta düzeyde, silt, toplam tuz, CaCO₃, organik madde fosfor ve potasyum özellikleri yüksek düzeyde değişkenlik göstermiştir. Çalışma alanında toprak özelliklerinden pH dışındaki diğer özelliklerin fazla değişkenlik göstermesinin nedenleri, çalışma alanının alüvyal, kolüvyal, kestane ve kırmızımsı kahverengi toprak ünitelerinden, taban su seviyesinin farklılık göstermesinden, geniş tabanlı, kerkit vadi gibi farklı jeomorfolojik ünitelerde bulunan çeşitli ana materyallerden oluşmasından ve farklı amenajman uygulamalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Numune alınan araştırma sahasının toprak özelliklerinde pH seviyelerinin birbirine çok yakın olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum pH değişkenlik seviyesi üzerinde iklimin bariz rol oynamasından kaynaklanmakta olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4. Toprak özelliklerinin belirlenmesine yönelik tanımlayıcı istatistik.
Table 4. Descriptive statistics for identifying soil properties.

	N	Min.	Mak.	Ort.	Std. Hata	Varyans	Varyasyon Katsayısı	Çarpıklık	Basıklık
% Kil	10	13.82	33.82	27.02	7.61	57.96	28.17	-.974	-.784
% Kum	10	28.17	72.17	46.57	13.82	190.93	29.67	.524	-.410
% Silt	10	12	44	26.40	9.28	86.04	35.14	.451	.244
pH	10	6.52	7.98	7.64	0.41	0.17	5.34	-2.765	8.263
T.Tuz	10	9.52	40.41	17.87	9.26	85.72	51.82	1.848	3.724
CaCO ₃	10	5.59	19.91	13.11	5.26	27.72	40.17	-.110	-1.361
O. Madde	10	0.54	3.69	2.10	1.03	1.06	49.13	-.043	-.964
P ₂₀₅ ppm	10	0.92	10.47	3.17	2.92	8.53	92.29	2.042	4.466
K _{2O} ppm	10	22.59	177.68	96.23	58.43	3414.62	60.72	.017	-1.759

Özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yetersiz yağış ve yüksek buharlaşma, drenaj yetersizliği, tarımsal işlemler ve toprak özellikleri tuzluluğun başta gelen sebeplerinden olup geniş alanları etkilemektedir. Yukarı Kızılırmak Havzası'nda yarı-kurak iklim bölgesinde yer alıp havza jeolojisi itibarıyla de jips serileri ile kaplı olduğu için sular genellikle tuzlu olup taban arazilerde ise akaçlama (drenaj) ve çoraklık sorunu vardır. Sivas İli Toprak

Tablo 3. Yukarı Kızılırmak Havzası'ndan alınan toprak numunelerinin analiz sonuçları.

Table 3. The results of the analysis of soil samples collected from the Upper Kızılırmak Basin.

İSTASYONLAR	pH	% T. Tuz	Kireç (CaCO ₃)	Organik Madde	Fosfor (P)	Potasyum (K)
İmranlı Baraj Çıkışı	6.52 (H. Asit)	25.43 (Ç. Tuzlu)	5.59 (O. Kireçli)	1.85 (Az)	1.74 (Ç. Az)	113.23 (Yüksek)
Zara Çıkış	7.73 (H. Alkali)	11.32 (Ç. Tuzlu)	6.16 (O. Kireçli)	1.85 (Az)	3.1 (Az)	177.68 (Yüksek)
Tödürge	7.75 (H. Alkali)	20.58 (Ç. Tuzlu)	13.76 (Kireçli)	1.85 (Az)	1.47 (Ç. Az)	161.12 (Yüksek)
Dışkapı	7.84 (H. Alkali)	9.52 (Ç. Tuzlu)	9.17 (Kireçli)	2.93 Orta)	0.99 (Ç. Az)	29.51 (Orta)
Durulmuş	7.84 (H. Alkali)	14.8 (Ç. Tuzlu)	14.28 (Kireçli)	0.76 (Ç. Az)	2.02 (Ç. Az)	33.43 (Yeterli)
Cumhuriyet Üni.	7.76 (H. Alkali)	10.67 (Ç. Tuzlu)	19.91 (Ç. Kireçli)	0.54 (Ç. Az)	1.69 (Ç. Az)	22.59 (Orta)
Kalın	7.74 (H. Alkali)	13.8 (Ç. Tuzlu)	19.19 (Ç. Kireçli)	3.04 (İyi)	0.92 (Ç. Az)	60.53 (Yüksek)
Saraç	7.65 (H. Alkali)	40.41 (Ç. Tuzlu)	18.88 (Ç. Kireçli)	3.69 (İyi)	3.92 (Az)	80.26 (Yüksek)
Çepni	7.6 (H. Alkali)	15.37 (Ç. Tuzlu)	9.99 (Kireçli)	1.52 (Az)	5.33 (Az)	147.56 (Yüksek)
Tekmen	7.98 (H. Alkali)	16.98 (Ç. Tuzlu)	14.13 (Kireçli)	2.93 (Orta)	10.47 (Yüksek)	136.42 (Yüksek)

Kaynağı Envanterine göre 23.043 ha arazide çoraklık, 34.455 ha arazide ise drenaj sorunu vardır. Bu arazilerin tamamının taban araziler olduğu düşünülür ise sorunun ciddiyeti daha iyi ortaya çıkacaktır.

Yukarı Kızılırmak Havzası'ndaki topraklarda iklim ve ana kaya faktörüne bağlı olarak kireç ve tuz değerleri yönünden oldukça zengindir. Topraklardaki bu kireç ve tuz değerlerinin yüksekliği Kızılırmak suyunun tuzluluk ve kireç yönünden zengin olmasına neden olmaktadır.

3.2.3. Yukarı Kızılırmak Havzasının klimatolojik özellikleri ve klimatolojik yapının ırmak suyunun kimyasal özelliklerine etkisi

Sağdıç ve Koç (2012) "Yukarı Kızılırmak Havzasının İklimi" isimli araştırmalarında, havzanın iklimini şu şekilde yorumlamışlardır: "Yukarı Kızılırmak Havzası'nda karasal iklim koşulları etkilidir. Gemerek'ten Zara'ya doğru yükseltinin artmasına paralel olarak iklimsel parametrelerde önemli değişimler gözlenir. Gemerek'ten Zara'ya doğru gidildikçe sıcaklık parametrelerinde düşmeler yağış parametrelerinde ise artışları tespit etmişlerdir. Havza genelinde karasal rejimlerinin etkili olduğunu ifade etmektedirler". Karasal iklimlerin en belirgin özelliklerinden biri yaz aylarında belirgin bir kuraklığın yaşanmasıdır.

"Kuraklık, yağışların kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesine bağlı olarak arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesine ve hidrolojik dengenin bozulmasına yol açan doğal bir olay olarak tanımlanmaktadır" (Türkes, 2012). Wilhite ve Glantz (1985), kuraklığı "Meteorolojik kuraklık, tarımsal kuraklık, hidrolojik kuraklık ve sosyo-ekonomik kuraklık" olmak üzere dört grupta sınıflandırmaktadır. Kurak dönemlerde gerek yeraltı sularından gerekse yüzeysel sulardan tarımda sulama amaçlı yararlanmak büyük önem taşır. Kurak dönemin yayılış ve süresini tespit etmek için Erinç, Thornthwaite gibi çeşitli iklim tasnif yöntemleri kullanılmaktadır.

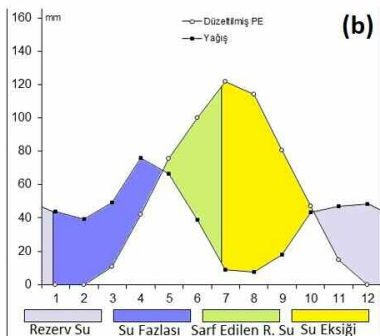
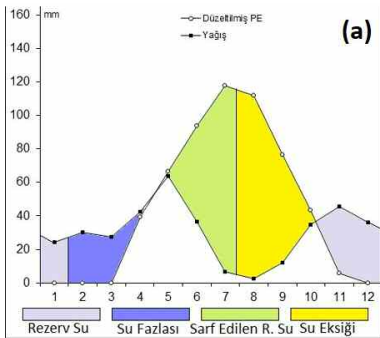
"Thornthwaite'in iklim tasnifi, esas itibarıyla yağış-buharlaşma

ve sıcaklık-buharlaşma ilişkisine dayanır. Thornthwait'e göre yağışın buharlaşmadan fazla olduğu yerlerde toprak doymuş haldedir ve bu yerlerde su fazlalığı vardır. O halde bu yerin iklimi nemlidir. Bunun aksine yağışların buharlaşmadan az olduğu yerlerde toprakta su birikmemekte ve toprak bitkilerin ihtiyacı olan suyu verememektedir. Bu gibi yerlerde su noksanlığı vardır. O halde bu yerin iklimi kuraktır" (Kafalı Yılmaz ve Yılmaz, 2013). Yöntemin uygulanması için istasyonun aylık sıcaklık ve yağış değerlerinden yararlanılarak "su bilançosu tablosu hazırlanır. Bu tablodaki değerlerden yararlanılarak iklim tipini ifade eden harflerin belirlenmesi için indisler hesaplanır. Bu kapsamda Yukarı Kızılırmak havzasında yer alan İmranlı, Zara, Hafik, Sivas Merkez, Kalın Belediyesi Şarkışla ve Gemerek meteoroloji istasyonlarının bulunduğu sahaların su bilançosu tabloları hazırlanmıştır (Şekil 9).

İmranlı ve Zara ilçelerinde kasım ayından itibaren yağışların artması aynı zamanda sarf edilen su miktarının azlığı su rezervlerinde bir artışın meydana gelmesine sebep olmuştur. Su fazlalığı ocak ayı ortalarından başlayıp mart ayına kadar devam etmektedir (Şekil 9a,b). İlkbahar aylarında toprakta birikmiş su kalmadığından gerçek buharlaşma potansiyel buharlaşma miktarını su açığı ile karşılayamaz. Yağışın buharlaşmayı karşılamadığı haziran, temmuz ve ağustos aylarında bölgede kurak iklim şartlarının yaşanması özellikle haziran ayından sonra yağışların azalmasıyla birlikte sarf edilen su miktarının da artması, artan sıcaklıkla birlikte bölgede ciddi kuraklıkların görülmesine sebep olmuştur.

Hafik ilçe sınırlarında ekim ayı başlarında yağış potansiyel evapotranspirasyondan fazla olmaya ve toprak, su depolamaya başlamaktadır. Ocak ayında da yağışların potansiyel evapotranspirasyondan fazla olması ile toprak doymuş hale gelir (Şekil 9c). Bu durum mart ayına kadar devam eder. Mayıs ayında sıcaklıkların artması yağış miktarının da azalması ile su sarfiyatı başlar. Bu durum haziran ayında tamamen biter. Temmuz ayında birikmiş su tükenir, yaz aylarında bu su eksikliği oldukça yüksek değerlere çıkar. Bu eksiklik ekim ayına kadar sürer.

"Sivas Merkez İlçe'de ekim ayından itibaren toprakta suyun bi-

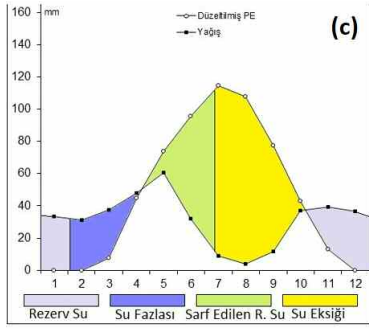


	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1 Ort. Sıcaklık	-5.6	-5.4	-0.8	7.2	10.8	15.0	18.6	18.9	14.6	9.0	1.4	-3.0	6.7
2 Sıcaklık İndisi	0.0	0.0	0.0	1.7	3.2	5.3	7.3	7.5	5.1	2.4	0.1	0.0	32.7
3 Enlem Düz. Kat.	0.9	0.8	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0	1.0	0.9	0.8	
4 Brüt(P.E. mm)	0.0	0.0	0.0	35.8	54.1	75.6	94.2	95.7	73.6	44.9	6.7	0.0	480.7
5 Düzeltilmiş (PE mm)	0.0	0.0	0.0	39.7	66.6	93.8	118.7	112.9	76.5	43.1	5.7	0.0	557.1
6 Yağış(mm)	24.1	30.4	27.4	42.5	63.6	36.7	6.7	2.6	12.2	34.8	45.6	36.3	362.9

Nemlilik	-16.5	C1	Az Nemli
Sıcaklık İndisi	32.7	C1	Mikrotermal
Su fazlası	10.9	s	Su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede
Denizellik	0.584	b2	Okyanus etkisine yakın

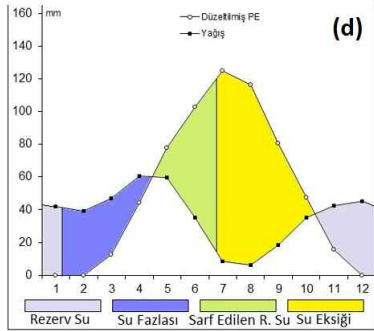
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1 Ort. Sıcaklık	-3.5	-2.5	2.6	8.5	13.0	16.6	19.7	19.7	16.0	10.6	4.2	-0.8	8.7
2 Sıcaklık İndisi	0.0	0.0	0.4	2.2	4.2	6.2	8.0	8.0	5.8	3.1	0.8	0.0	38.7
3 Enlem Düz. Kat.	0.9	0.8	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0	1.0	0.9	0.8	
4 Brüt(P.E. mm)	0.0	0.0	10.3	38.3	61.4	80.5	97.4	97.4	77.3	49.0	17.5	0.0	529.1
5 Düzeltilmiş (PE mm)	0.0	0.0	10.6	42.6	75.5	99.8	122.7	114.9	80.4	47.0	14.9	0.0	608.4
6 Yağış(mm)	43.6	39.1	49.3	76.0	66.2	38.9	9.0	7.6	17.9	43.4	47.0	48.4	486.4

Nemlilik	-7.0	C1	Az Nemli
Sıcaklık İndisi	608.4	B1	Mezotermal
Su fazlası	18.3	s	Su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede
Denizellik	0.555	b3	Okyanus etkisine yakın



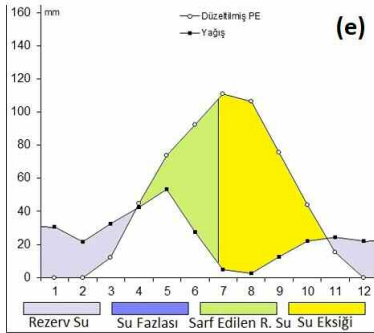
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1 Ort. Sıcaklık	-5.3	-3.3	1.6	8.3	12.1	15.4	18.2	18.3	14.9	9.1	3.3	-1.7	7.6
2 Sıcaklık İndisi	0.0	0.0	0.2	2.2	3.8	5.5	7.1	7.1	5.2	2.5	0.5	0.0	34.1
3 Enlem Düz. Kat.	0.9	0.8	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0	1.0	0.9	0.8	
4 Brüt(P.E. mm)	0.0	0.0	7.3	40.4	59.8	76.8	91.4	91.9	74.2	44.5	15.5	0.0	501.8
5 Düzeltilmiş (PE mm)	0.0	0.0	7.5	44.8	73.5	95.3	115.2	108.5	77.2	42.7	13.2	0.0	577.9
6 Yağış(mm)	33.4	31.1	37.5	47.7	60.6	32.2	9.0	4.1	11.6	37.0	39.1	36.3	379.6

Nemlilik -15.7 C1 Az Nemli
 Sıcaklık İndisi 577.9 B1 Mezotermal
 Su fazlası 11.1 s Su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede
 Denizellik 0.552 b3 Okyanus etkisine yakın



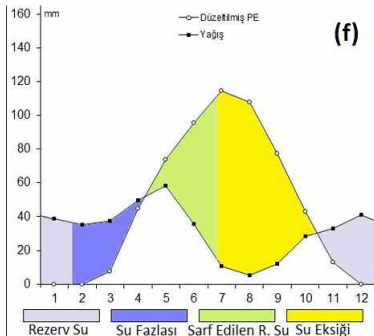
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1 Ort. Sıcaklık	-3.2	-1.9	3.2	9.1	13.6	17.2	20.3	20.2	16.2	10.9	4.7	-0.3	9.2
2 Sıcaklık İndisi	0.0	0.0	0.5	2.5	4.5	6.5	8.3	8.3	5.9	3.3	0.9	0.0	40.7
3 Enlem Düz. Kat.	0.9	0.8	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0	1.0	0.9	0.8	
4 Brüt(P.E. mm)	0.0	0.0	12.1	40.0	63.2	82.7	99.8	99.3	77.2	49.1	18.8	0.0	542.3
5 Düzeltilmiş (PE mm)	0.0	0.0	12.5	44.4	77.8	102.5	125.8	117.2	80.3	47.2	16.0	0.0	623.6
6 Yağış(mm)	41.8	39.2	46.8	60.4	59.8	35.0	8.4	6.1	18.4	35.2	42.2	45.2	438.5

Nemlilik -13.3 C1 Az Nemli
 Sıcaklık İndisi 623.6 B1 Mezotermal
 Su fazlası 14.4 s Su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede
 Denizellik 0.554 b3 Okyanus etkisine yakın



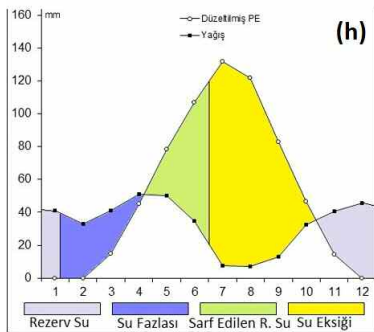
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1 Ort. Sıcaklık	-5.5	-2.4	2.5	8.2	12.0	14.8	17.6	18.0	14.5	9.2	3.8	-1.8	7.6
2 Sıcaklık İndisi	0.0	0.0	0.4	2.1	3.8	5.2	6.7	7.0	5.0	2.5	0.7	0.0	33.3
3 Enlem Düz. Kat.	0.9	0.8	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0	1.0	0.9	0.8	
4 Brüt(P.E. mm)	0.0	0.0	11.9	40.5	59.8	74.2	88.7	90.8	72.7	45.5	18.3	0.0	502.5
5 Düzeltilmiş (PE mm)	0.0	0.0	12.3	44.9	73.6	92.0	111.8	107.1	75.6	43.7	15.6	0.0	576.6
6 Yağış(mm)	30.7	21.4	32.4	42.2	53.1	27.5	4.7	2.8	12.4	22.1	24.1	22.1	295.5

Nemlilik -21.0 D Yarı Kurak
 Sıcaklık İndisi 576.6 B1 Mezotermal
 Su fazlası 10.2 s Su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede
 Denizellik 0.584 b2 Okyanus etkisine yakın



	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1 Ort. Sıcaklık	-3.2	-1.9	3.4	9.1	13.3	17.1	20.2	20.5	16.8	11.5	4.8	-0.3	9.3
2 Sıcaklık İndisi	0.0	0.0	0.6	2.5	4.4	6.4	8.3	8.5	6.3	3.5	0.9	0.0	41.3
3 Enlem Düz. Kat.	0.9	0.8	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0	1.0	0.9	0.8	
4 Brüt(P.E. mm)	0.0	0.0	12.8	39.6	61.3	81.8	99.0	100.7	80.1	51.8	19.0	0.0	546.2
5 Düzeltilmiş (PE mm)	0.0	0.0	13.2	44.0	75.4	101.4	124.8	118.9	83.3	49.8	16.1	0.0	626.8
6 Yağış(mm)	38.8	35.1	37.5	49.6	58.0	35.5	10.9	5.2	12.3	28.5	32.9	41.2	385.5

Nemlilik -18.6 C1 Az Nemli
 Sıcaklık İndisi 626.8 B1 Mezotermal
 Su fazlası 10.4 s Su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede
 Denizellik 0.551 b3 Okyanus etkisine yakın



	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1 Ort. Sıcaklık	-3.0	-1.5	4.0	9.7	14.0	18.1	21.4	21.2	16.9	11.1	4.6	-0.4	9.7
2 Sıcaklık İndisi	0.0	0.0	0.7	2.7	4.8	7.0	9.0	8.9	6.3	3.3	0.9	0.0	43.7
3 Enlem Düz. Kat.	0.9	0.8	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0	1.0	0.9	0.8	
4 Brüt(P.E. mm)	0.0	0.0	14.4	41.1	63.5	86.1	105.1	103.9	79.4	48.3	17.0	0.0	558.9
5 Düzeltilmiş (PE mm)	0.0	0.0	14.8	45.7	78.2	106.8	132.4	122.6	82.6	46.3	14.5	0.0	643.9
6 Yağış(mm)	40.9	32.8	41.2	50.8	50.3	34.6	7.6	7.0	13.1	32.4	40.5	45.7	396.9

Nemlilik -20.2 D Yarı Kurak
 Sıcaklık İndisi 643.9 B1 Mezotermal
 Su fazlası 10.0 s Su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede
 Denizellik 0.562 b3 Okyanus etkisine yakın

Şekil 9. a) İmranlı İlçesi'nin su bilançosu, b) Zara İlçesi'nin su bilançosu, c) Hafik İlçesi'nin su bilançosu, d) Sivas Merkez İlçesi'nin su bilançosu, e) Yıldızeli İlçesi'nin su bilançosu, f) Şarkışla İlçesi'nin su bilançosu, g) Gemerek İlçesi'nin su bilançosu.

Figure 9. a) Water balance of the county of İmranlı, b) Water balance of the County of Zara, c) Water balance of the County of Hafik, d) Water balance of the Sivas City Center, e) Water balance of the County of Yıldızeli, f) Water balance of the County of Şarkışla, g) Water balance of the County of Gemerek.

rikmeye başladığı görülür. Bu durum kasım ve aralık boyunca devam eder. Ocak ayında artan yağış miktarı ile su fazlası görülmeye başlar. Su fazlalığı mayıs ayına kadar devam eder (Şekil 9d). Mayıs ayında artan buharlaşma ile topraktan su sarfiyatı başlar ve haziran ayının sonunda rezerv su biter. Temmuz ayında su eksikliği söz konusudur. Su noksanlığı ekim ayına kadar devam eder" (Sağdıç ve Koç, 2012).

Yıldızeli ilçesinde de kasım ayından itibaren toprakta suyun birikmeye başladığı görülür. Bu durum şubat ayı boyunca devam eder. Su fazlalığı mayıs ayına kadar devam eder (Şekil 9e). Mayıs ayında artan buharlaşma ile topraktan su sarfiyatı başlar ve haziran ayının sonunda rezerv su biter. Temmuz ayında su eksikliği söz konusudur. Su noksanlığı ekim ayına kadar devam eder.

Şarkışla'da kasım ayı başlarından itibaren yağışlar potansiyel evapotranspirasyondan fazla olmaya ve toprak, su depolamaya başlamaktadır. Ocak ayında da yağışların potansiyel evapotranspirasyondan fazla olması ile toprak doymuş hale gelir. Bu durum nisan ayına kadar devam eder (Şekil 9f). Mayıs ayında sıcaklıkların artması ile potansiyel evapotranspirasyondan değeri yağıştan daha fazla olduğu için su sarfiyatı başlar. Bu durum haziran ayında tamamen biter. Temmuz ayında birikmiş su tükenir ve toprakta su eksikliği görülmeye başlar. Bu eksiklik ekim ayına kadar sürer.

Gemerek'te ocak, şubat, mart, nisan aylarında toprakta kullanılabilir su bulunmasına karşın, genel olarak mayıs - ekim arasındaki 6 aylık dönemde toprakta su eksikliği olduğu görülmektedir (Şekil 9g). Mayıs - ekim döneminin, yağışın potansiyel evapotranspirasyonu karşılamadığı, toprağın kurduğu bir dönem olduğu ve haziran, temmuz ve ağustos aylarında topraktaki nem eksikliğinin en şiddetli düzeyine ulaştığı sonucuna varılmıştır.

Thorntwaite metoduna göre; İmranlı, az nemli - mikrotermal oldukça sıcak, yazın şiddetli su açığının (toprak nem açığının) görüldüğü, su fazlası kışın orta derecede ve okyanus etkisine yakın iklim tipine, Zara, Hafik ve Sivas az nemli - mezotermal. su fazlası kışın orta derecede ve okyanus etkisine yakın iklim tipine, Yıldızeli ve Gemerek: yarı kurak - mezotermal, okyanus etkisine yakın iklim tipine, Şarkışla az nemli - mezotermal okyanus etkisine yakın iklim tiplerine sahiptir.

Yukarı Kızılırmak Havzası'nda bulunan İmranlı, Zara, Hafik, Sivas Merkez, Kalın Belediyesi (Yıldızeli ilçesi), Şarkışla ve Gemerek'i kapsayan tüm alanların tamamında yaz kuraklığı belirgindir. Bu kuraklık nedeni ile tarımda sulamaya ihtiyaç vardır. Kızılırmak ve onu besleyen kollara yağış yaz mevsimlerinde yeterince girmediğinden dolayı Kızılırmak sularındaki tuzlar seyrelenmekte ve bu durum sularda ki tuz miktarını artırmaktadır. Artan tuz miktarı da özellikle yaz aylarında Hafik'ten Gemerek'e kadar olan kesimde Kızılırmak suyunun tarımsal sulama amaçlı yeterince yararlanılmamasına sebep olmaktadır.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Kaynağından, Sivas - Kayseri İl sınırına kadar Kızılırmak suyunun tarımda sulama amaçlı kullanılıp kullanılmayacağını belirlemek için su analiz sonuçları Wilcox ve ABD tuzluluk diyagrama taşınmıştır. Wilcox diyagramı yöntemine göre; 6. ve 7. su numune alım noktalarındaki suların kimyasal özellikleri tarımda sulama suyu olarak kullanılması uygun olmayan yüksek tuzlu sular olurken, geri kalan 5., 8., 9. ve 10. su numune alım nok-

tağındaki suların kimyasal özellikleri tarımda sulama suyu olarak kullanılması "şüpheli uygun değil" sınıfına girmektedir. 1. ve 2. su numune alım noktalarındaki suların kimyasal özellikleri tarımda sulama suyu olarak kullanılması iyi kullanılabilir sular sınıflamasına girmektedir. Kızılırmak'ın Zara'dan sonra, alınan su numunelerini ABD tuzluluk yöntemine göre değerlendirdiğimizde; alınan su numuneleri C₄ S₁, C₄ S₂ ve C₃ S₁ sınıflarına girmektedir. 6. ve 7. su numune alım noktasındaki suların kimyasal özellikleri ABD tuzluluk diyagramına göre C₄ S₂ sınıfına girmektedir. Bu sınıftaki sular çok fazla tuzlu, az sodyumlu bir özellik göstermektedir. Bu gruptaki sular tuzluluk açısından sulama suyu için uygun değil içeriğine sahiptir. 8., 9. ve 10. su numune alım noktalarındaki suların kimyasal özellikleri ABD tuzluluk diyagramına göre, C₄ S₁ sınıfına girmektedir. Bu gruptaki sular çok fazla tuzlu su, orta derecede sodyumlu bir özellik göstermektedir. Bu gruptaki sular tuzluluk açısından tarımda sulama suyu için uygun değil içeriğine sahiptir. 3., 4. ve 5. su numune alım noktalarındaki suların kimyasal özellikleri ABD tuzluluk diyagramına göre C₃ S₁ sınıfına girmektedir. Bu sınıfta ki sular fazla tuzlu su az sodyumlu bir özellik göstermektedir. Bu gruptaki sular tuzluluk açısından drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılamaz niteliğine sahiptir (Tablo 2).

Kızılırmak'ın doğduğu İmranlı ilçesinden Zara ilçe sınırlarına kadar suların kimyasal özelliklerinde sıkıntı bulunmamaktadır. Fakat Hafik'ten sonra gerek güney yan kollarının (Acısu Çayı, Acısu Deresi, Tuzlasuyu Deresi, Yavşanlı Deresi, İslim Deresi, Fadım Irmağı) karışmasıyla gerekse arazinin jips ve kayatuzu serilerinden oluşması sebebi ile suyun kimyasal yapısı değişerek yüksek tuzlu bir niteliğe dönüşmüştür.

Yukarı Kızılırmak Havzası'nın jeolojik yapısına bakıldığında ve alınan kayaçların kimyasal özellikleri değerlendirildiğinde Kızılırmak'ın doğduğu yerde İmranlı ile Zara arasında ve Köseadağ çevresinde magmatik ve metamorfik kayaçlar bulunduğu için bu sahada suların kireç ve tuz içeriği düşüktür. Tarımda kullanma suyu olarak ve içme suyu olarak iyi bir niteliktedir. Ancak Zara'dan Kayseri il sınırına kadar havzanın büyük bir kısmının jips serilerinden oluşması sebebi ile sularda çözünmüş iyon miktarı artmıştır. Bu durum suların çok yüksek tuzlu ve acı olmasına neden olmuştur.

Araştırma sahasından alınan toprak numunelerinin neredeyse tamamında toprakların kireç ve tuz bakımından oldukça zengin olduğunu toprak analizlerinden anlaşılmaktadır. Yine araştırma sahasından alınan toprak numunelerinin de potasyum (K) değerlerinin yüksek, fosfor (P) değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Toprak analizlerinden elde edilen sonuçlara bakıldığında bütün noktalarda tuz ve kirecin yüksek, organik maddenin düşük seviyelerde olması topraklarda ki fosfor miktarını olumsuz yönde etkilemiş olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Yukarı Kızılırmak Havzası'ndaki topraklarda iklim ve ana kaya faktörüne bağlı olarak kireç ve tuz değerleri yönünden zengin olması, Kızılırmak suyunun tuzluluk ve kireç yönünden zengin olmasına neden olmuştur.

Kurak dönemin yayılış ve süresini tespit etmek için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Thorntwaite'nin yağış buharlaşma ve sıcaklık buharlaşma ilişkisine bağlı olarak geliştirdiği tasnif yöntemine göre İmranlı, az nemli - mikrotermal, Zara, Hafik, Şarkışla ilçeleri ve Sivas merkez ilçesi: az nemli - mezotermal, Yıldızeli ve Gemerek: Yarı kurak - mezotermal iklim tiplerine sahipken bütün istasyonlarda kışın su fazlalığı orta derecede olup okyanus etkisine yakın iklim tiplerine sahiptirler. Karasal iklim

şartlarında kuraklık nedeni ile tarımda sulamaya ihtiyaç olduğu Thornthwaite metoduna göre hazırlanmış su bilançosu tablolarından anlaşılmaktadır. Kızılırmak ve onu besleyen kollara yağış yaz mevsimlerinde yeterince girmediğinden dolayı Kızılırmak sularındaki tuzlar seyrelmemekte ve bu durum sularda ki tuz miktarını artırmaktadır. Artan tuz miktarı da özellikle yaz aylarında Hafik'ten Gemerek'e kadar olan kesimde Kızılırmak suyunun tarımsal sulama amaçlı yeterince yararlanılmamasına sebep olmaktadır.

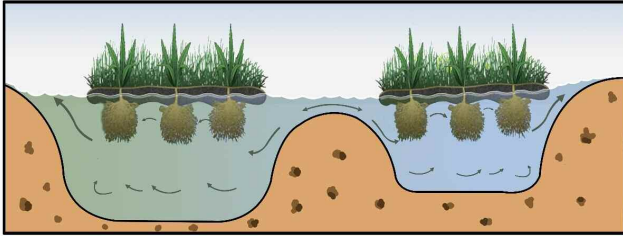
Öneriler:

Yukarı Kızılırmak Havzası içerisinde tuza dayanıklı yeni bitki tür ve çeşitlerinin elde edilmesi için biyoteknolojik çalışmalar önerilmelidir.

Kızılırmak üzerinde özellikle Hafik ilçesi sınırlarından sonra küçük çaplı arıtma sistemleri (membranlı su tankerleri) kullanılarak suyun tuzluluk değerlerinde azaltılmalarına gidilebilir. Tanklara alınan suların tuzluluk değerleri düşürüldükten sonra, tarımda kullanılabilir.

Esas tuzluluğa sebep olan Acısu ve Tuzla Suyu üzerine sulama kanalları ve barajlar inşa edilerek, tuzluluk değerleri çöktürülerek yapılarak azaltılabilir.

Kızılırmak üzerine suya ve tuza dayanıklı bitkilerden oluşan yüzen adalar yapılarak değerler düşürülebileceğinin test edilmesinde fayda olabilir. Bu sayede Kızılırmak üzerinde daha estetik görüntü sağlanarak hem de tuzluluk değerleri düşürülerek suların tarımda sulama amaçlı ve peyzaj amaçlı Yukarı Kızılırmak suları değerlendirilebilir (Şekil 10).



Şekil 10. Tuzluluğu düşürmek ve Kızılırmak üzerinde estetik görünüm sağlamak amaçlı peyzaj çalışması.

Figure 10. Landscape design intended for decreasing saltiness and improving aesthetics.

Tablo 1'deki su analiz sonuçlarından anlaşılacağı üzere; suya sertlik ve tuzluluk çoğunlukla ana yataktan değil esas olarak Hafikten sonra güneyden karışan kollardan geldiği için, Kızılırmak suyunu değil kol ve kaynak sularını ıslah etmek daha akılcı ve verimli çözüm olabilir.

Kaynakça

- Anonymous. (1982). *Methods of Soil Analysis*. (Ed. A.L. Page). Number :9, Part:2, Madison, Wisconsin, USA. 1159 pp.
- Akpınar, E. ve Akbulut, G. (2007). Hafik Gölü ve Yakın Çevresinin Turizm Olanakları. *Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi*, cilt:9, sayı:1, s:1-24.
- Alagöz, C. A. (1967). *Sivas Çevresi ve Doğusunda Jips Karstı Olayları*. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih – Coğrafya Fakültesi Yayını, Ankara, 126 pp.
- Arslan, O., Bilgil, A. ve Veske, O. (2016). Standart Yağış İndisi Yöntemi İle Kızılırmak Havzası'nın Meteorolojik Kuraklık Analizi. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 5., Sayı 2, 188-194.

- Bouyoucos, G. J. (1951). A Recalibration of The Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soil. *Agron. Jour.* 43, 434-438.
- Canikli, B. (1998). *Hidrojeoloji (Yeraltı Sularının Aranması, İşletilmesi, Kimyası)*. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Ceyhan, F. (1987). *Sivas Güneydoğusundaki Tuz ve Jips Yataklarının Jeolojisi, Oluşumu, Kökeni ve Ekonomik Özellikleri*. Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisan Tezi.
- Çağlar, K.Ö. (1949). *Toprak Bilgisi*. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları no: 10. Ankara.
- Çakmak, B., Kendirli, B. ve Ucar, Y. (2007). Evaluation of Agricultural Water Use: A Case Study for Kızılırmak Basin. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(2), 175-185.
- Çirer, F. (1993). *Sivas Kenti İçme Sularının Parametrelerinin İncelenmesi*. Cumhuriyet Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Değirmenci, M. (1985). Kızılırmak'ın Sivas Civarındaki Kesiminin Doğal Sular ve Kentsel Sularla Kirlenmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi Çevre Bölüm Dergisi*, Sayı 8.
- Doğan, U. ve Özel, S. (2005). Gypsum karst and its evolution east of Hafik (Sivas. Turkey). *Geomorphology* 71, 373-388.
- Günay, G. (2002). Gypsum karst, Sivas. Turkey. *Environmental Geology*. 42, 387-398.
- Kaçaroğlu, F., Değirmenci, M. ve Cerit, O. (1997). Karstification in Miocene gypsum: an example from Sivas, Turkey. *Environmental Geology* 30 (1/2).
- Kaçaroğlu, F., Değirmenci, M. ve Cerit, O. (2001). Water quality problems of a gypsiferous watershed: upper Kızılırmak Basin Sivas. Turkey. *Water, Air and Soil Pollution* 12, 161-180.
- Kafalı Yılmaz, F. ve Yılmaz, Ö. (2013). Rize and Ardahan Cases in Respect of Thornthwaite Climate Classification / Thornthwaite İklim Tasnifine Göre Rize ve Ardahan Örnekleri. *3rd International Geography Symposium – Geomed*, 415-428.
- Karacan, E. ve Yılmaz, I. (1996). Collapse dolines in the Miocene gypsum: An example from SW Sivas (Turkey). *Environ Geol Water Sci* 28(2).
- Kavak, K.Ş. (2005). Recognition of gypsum geohorizons in the Sivas Basin (Turkey) using ASTER and Landsat ETM+image. *International Journal of Remote Sensing*, 26(20), 4583-4596.
- Keskin, İ ve Yılmaz, I. (2016). Morphometric and geological features of karstic depressions in gypsum (Sivas. Turkey). *Environ Earth Sci*. 75, 1040.
- Kurtman, F. (1973). Sivas-Zara-Hafik ve İmranlı Bölgesi'nin Jeolojik ve Tektonik Yapısı. *MTA Dergisi*, Sayı:80, 1-32.
- Jackson, M. L. (1958). *Soil Chemical Analysis*. 1-498. Englewood Cliffs. NJ: Prentice Hall.
- Mutlu, E., Demir, T., Kutlu, B. ve Yanık, T. (2013). Sivas – Kurugöl Su Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(1), 37-43.
- Mutlu, E., Yanık, T., Akça, İ., Kutlu, B. ve Sönmez, A.Y. (2015). Determining the water quality of Lake Delice (İmranlı – Sivas). *Marine Science and Technology Bulletin*, 4(2), 11-19.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E. (1982). Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. in Page, A. L., Miller, H.R. & Keeney, R.D. (Eds). *Methods of Soil Analysis, Part 2*. American Society of Agronomy and Soil Science of America, Madison, Wisconsin, USA, 539-577.
- Oakes, H. (1958). *Türkiye Toprakları*. Yüksek Ziraat Mühendisi Birliği Neşriyatı. Ege Üniversitesi Yayınları, Sayı: 18.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A. (1954). *Estimation of Available Phosphorous in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate*. USDA Circular No:939, Washington.
- Sağdıç, M. ve Koç, H. (2012). Yukarı Kızılırmak Havzası'nın İklimi. *Türk Coğrafya Dergisi*. (58).
- Soil Survey Staff. (1999). *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey*. Agriculture Handbook, No. 436. U.S. Govt. Printing office. Washington. Dc.
- Sönmez, H.Y. (1986). *Kaynağından Sivas'a Kadar Kızılırmak'ta Sertlik ve Tuzluluk Yapan Etkiler ve Çözüm Yolları*. Yüksek Lisans Tezi, Cum-

- huriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Türkeş, M. (2012). Türkiye’de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişikliği. Kuraklık ve Çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 1-32.
- Wilhite, D.A. and Glantz, M.H. (1985). Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International* 10(3), 111-120.
- Wilding, L.P., Bouma, A.J. and Goss, D.W. (1994). Impact of Spatial variability on interpretative modelling. 65-75. In: *Quantitative Modelling of Soil Forming Processes*, R.B. Bryant and Arnold R.W. (eds) Soil Sci. Soc. Am. J Special Publication Number 39. Madison Wisconsin, USA.
- Yıldırım, A., Şimşek, H. (2003). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayınları.
- Yıldız, E. (1995). *Kızılıрмаğın (İmranlı- Kalın Arası) Su Kirliliğinin İncelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek lisans Tezi. Cumhuriyet Üniversitesi Çevre Mühendisliği.