

Kıyaslamalı Yenilikçi Eğilim Çözümlemesi Temelleri ve Uygulamaları

Yavuz Selim Güçlü^{1,*}

¹*İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Üsküdar, 34700, İstanbul.*

Özet

Son zamanlarda birçok hidrolojik ve meteorolojik verilerde artan veya azalan trendler (eğilimler) ortaya çıkmaktadır. Bu makalede eğilim analizini (çözümlemesi) herhangi bir kabule gerek duymadan gerçekleştiren Şen'in 1:1 doğru yöntemi ele alınmıştır. Daha önemlisi, diğer bir adı Yenilikçi Eğilim Çözümlemesi olan bu yöntem geliştirilmiştir. Yenilikçi Eğilim Çözümlemesi yönteminin temellerine dayanan Kıyaslamalı Yenilikçi Eğilim Çözümlemesi birbiriyle ilişki içinde bulunan üç farklı veri dizisinin karşılaştırmasını aynı grafik üzerinde yapmak için fırsat sunmaktadır ancak verilerin boyutsuzlaştırılması bu uygulamanın temel esaslarındandır. Sonuç itibarıyla birbiriyle ilişkili günlük güneş ışıması, güneşlenme süresi ve sıcaklık verilerinin kullanıldığı uygulama sonuçları dört önemli bilgiyi açığa çıkarabilmektedir. Bu bilgiler, üç farklı zaman dizisinin ayrı ayrı eğilim çözümlemeleri ve bu üç eğilimin birbirine göre değişimleridir. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen veriler Adana, Antakya, Gaziantep ve Şanlıurfa illerinde bulunan ölçüm noktalarında elde edilmiştir. Ayrıca, her istasyonun Kıyaslamalı Yenilikçi Eğilim Çözümlemesi uygulaması yapıldıktan sonra Yenilikçi Eğilim Çözümlemesi uygulamalarına da yer verilerek yeni yöntemin üstünlüğü gösterilmiştir.

Anahtar Sözcükler

1:1 Doğrusu, Eğilim, Güneş Işıması, Şen Yöntemi, Zaman Dizisi

Fundamentals and Applications of Comparative Innovative Trend Analysis

Abstract

Nowadays, innovative trend analysis methodology proposed by Şen became to be employed for trend identification studies, since it presents visual inspection of trends, which is the subject of this study. On basis of this methodology, an alternative one is proposed as comparative innovative trend analysis approach. It helps to compare different data sets interrelated with each other such as temperature, sunshine duration, and solar radiation on the same graph but it is provided that the data must be dimensionless. Hence, comparative results represent four important information, which are visualizations of three data sets separately and comparison of their trend conditions. This study comprises daily total solar radiation, daily total sunshine duration, and daily mean temperature records obtained by Turkish State Meteorological Service in some meteorological stations namely Adana, Antakya, Gaziantep and Şanlıurfa in Turkey. In addition, after the visualizations of comparative innovative trend analysis results for each station, classical innovative trend analysis is implemented to show the superiority of the new method.

Keywords

1:1 Straightline, Solar Radiation, Şen's Method, Trend, Time Series

1. Giriş

Günümüzde İklim değişikliği kendini daha fazla hissettirmektedir çünkü dünyanın etrafını kuşatan sera gazları günden güne artmaktadır ve bu artış neticesinde dünya daha kalın bir battaniyeye bürünmüş insan gibi davranış göstermektedir. Netice itibarıyla de küresel ısınma ciddi anlamda ortaya çıkmış ve birçok hidrolojik/meteorolojik olaylar üzerinde bazı etkiler ortaya çıkarmaya başlamıştır. Dolayısıyla bir takım istenmeyen sonuçlar doğuran ekstrem (uç) olayların sıklığı da artmıştır. Şayet verilerdeki eğilim durumlarına dikkat edilmezse gerçekleştirilecek her türlü planlama (yol haritası), tasarım veya yapılanma ciddi hatalar doğurabilecektir. Özellikle de su ve enerji yönetimi gibi önemli meselelerde eğilimlere bakılmaksızın yapılan çalışmalar telafisi mümkün olmayan büyük hatalar ortaya koyacaktır.

Dünyada değişik yerlerde elde edilen verilerin bir kısmında azalış bir kısmında da artışlar göze çarpmaktadır. Bahsedilen artış veya azalışları görebilmek için bazı eğilim (trend) çözümleme (analiz) yolları araştırmacılar tarafından tavsiye edilmiştir (Mann 1945; Kendall 1975; Sen 1968; Haan 1977). Birçok akademisyen bu klasik yöntemleri kullanarak meteorolojik ve hidrolojik ölçümler için eğilim çözümlemeleri gerçekleştirmişlerdir (Taylor ve Loftis 1989; Chiew ve McMahon 1993; Hamed ve Rao 1998; Helsel ve Hirsch 2002; Jhajharia 2009; Nalley vd. 2013; Dabanli vd. 2016; Belihu vd. 2017; Güçlü 2018). Zaman dizilerine yoğun bir şekilde uygulanan bu yöntemlerin bazı kabuller yaptığı unutulmamalıdır.

Yakın zamanda, Şen'in (2012) ortaya attığı yenilikçi eğilim çözümleme (YEÇ) diğer bir ifadeyle 1:1 doğru yaklaşımı herhangi bir kabule gerek duymadığı için bütün zaman dizilerine uygulanabilmektedir. Yöntemin bu üstünlüğünden faydalanan birçok araştırmacı yazdıkları makalelerde bu yeni yöntem ile çalışmışlardır (Sonali ve Kumar 2013; Markus 2013; Şen 2014; Saplioglu vd. 2014; Dabanli vd. 2016; Cui vd. 2017; Şen 2017; Güçlü vd. 2018; Alashan 2018; Güçlü 2018). Şen yönteminin en önemli özelliklerinden biri de zaman dizilerindeki eğilimleri parçalı (non-monotonic) veya bütüncül (monotonic) biçimde gösterilebilmesidir.

Güneş enerjisi ile ilgili yapılan çalışmalarda hem teorik (kitabi) hem de teknolojik manada artış yaşanmaktadır. Bu alanda bazı tasarımlar yapılırken ve yol haritası çizilirken yelpaze genişletilmekte ve çeşitli senaryolar gündemde tutulmaktadır. Güneş enerjisi meselesine değişik bakış açısıyla yaklaşmayı hedefleyen bu çalışma eğilim çözümlemesi temelinde gerçekleştirilmiştir. Ek olarak, güneş ışıması ve sıcaklık verileri hidrolojinin önemli konularından evapotranspirasyon (terleme, tutma ve buharlaşma) için girdi niteliği taşımaktadır. Dolayısıyla, bu çalışmanın ayrıca hidroloji alanına da önemli katkı sunacağı düşünülmektedir.

Bu makalenin amacı, Şen'in önerdiği YEÇ yöntemini geliştirerek kıyaslamalı yenilikçi eğilim çözümlemesi (K-YEÇ) yöntemini önermek ve uygulamasını yapmaktır. Uygulama için birbiriyle ilişkisi kuvvetli olan güneşlenme süresi, sıcaklık ve güneş ışıması verileri sadece bir grafik üzerinde yeni yöntem K-YEÇ sayesinde ilk defa karşılaştırılacaktır. Neticede, her bir veri setinin trend durumları ayrı ayrı gözlemlenebilirken birbirine kıyasla eğilimlerin konumları da ortaya çıkabilecektir. Ölçümlerin tümü gündüzdür ve Türkiye'de değişik bölgelerde konumlanmış bazı meteoroloji istasyonlarında elde edilmiştir.

2. Yöntem

Yukarıda adları zikredilen bazı çalışmalar zaman dizilerindeki eğilimleri tanımlamak için önerilmiştir. Bu makalede Şen tarafından önerilen YEÇ yöntemi sayesinde birbiri ile ilişkilendirilebilen ölçümlerin eğilim durumlarını kıyaslayabilme yeteneğine sahip yeni K-YEÇ kullanılacaktır.

Bazı araştırmacıların eğilim belirlemek için kullandığı YEÇ yöntemi K-YEÇ yaklaşımının ana omurgasını teşkil etmektedir. Uygulaması son derece kolay bu yöntemin aşamalarını aşağıda yazıldığı gibi sıralamak mümkündür;

- 1) Kendisinde n tane veri barındıran Herhangi bir zaman dizisi $(x_1, x_2, \dots, x_n)$,
 $\{y_{1,n/2}\} = \{x_1, x_2, \dots, x_{n/2}\}$
 ve
 $\{y_{2,n/2}\} = \{x_{n/2+1}, x_{n/2+2}, \dots, x_n\}$
 biçiminde zamansal iki yarım parçaya ayrılmaktadır.
- 2) Her bir yarım parçadaki veriler büyükten küçüğe veya küçükten büyüğe sıralanarak yeni diziler
 $\{r_1\} = \{\min(y_{1,n/2}), \dots, y_i, \dots, \max(y_{1,n/2})\} \quad (1 < i < n/2)$
 ve
 $\{r_2\} = \{\min(y_{2,n/2}), \dots, y_j, \dots, \max(y_{2,n/2})\} \quad (1 < j < n/2)$
 veya
 $\{r_1\} = \{\max(y_{1,n/2}), \dots, y_i, \dots, \min(y_{1,n/2})\} \quad (1 < i < n/2)$
 ve
 $\{r_2\} = \{\max(y_{2,n/2}), \dots, y_j, \dots, \min(y_{2,n/2})\} \quad (1 < j < n/2)$
 halinde teşkil edilir.
- 3) Bu adımda $\{r_1\}$ kümesindeki değerlere karşılık $\{r_2\}$ veri öbeğindeki değerler bir grafik üzerinde noktalanarak saçılma diyagramı elde edilir. Yatay ve düşey eksenleri de eşit ölçeğe sahip diyagram $\{r_1\}$ kümesinin en küçük değerine karşılık $\{r_2\}$ kümesinin en küçük değerini $[\min(y_{1,n/2}), \min(y_{2,n/2})]$ içerirken $\{r_1\}$ kümesinin en büyük değerine karşılık $\{r_2\}$ kümesinin en büyük değerini $[\max(y_{1,n/2}), \max(y_{2,n/2})]$ barındırmaktadır. Burada $\{r_1\}$ verileri dizinin birinci yarımını yatay eksen, $\{r_2\}$ verileri ise dizinin ikinci yarımını düşey eksen temsil etmektedir.
- 4) YEÇ yaklaşımının şimdiki aşamasında ise 45° açısına yani 1:1 eğime sahip doğru, grafik üzerinde orijinden geçecek şekilde konumlandırılır.
- 5) Grafik üzerinde saçılmış değerlerin 1:1 doğrusuna göre eğilim kararı artık verilebilecek durumdadır. Eğer veriler doğru boyunca saçılmış ise bu durum eğilimin yokluğunu göstermektedir aksi halde eğilim kararı verilebilmektedir. Bu yöntemle göre dört farklı eğilim ile karşı karşıya kalmak imkân dâhilindedir. Veriler tümünden 1:1 doğrusunun üst kısmında konumlanıyorsa bütüncül artan, altta konumlanıyorsa bütüncül azalan eğilim vardır denebilir. Diğer taraftan, bazen de veriler azalan bölgeden artan bölgeye doğru saçılabilir ki bu durum parçalı (bütüncül olmayan) artan eğilimi göstermektedir. Aksi durum için ise parçalı azalan eğilim isimlendirmesi uygun görülmüştür. Muhtemel tüm eğilim durumları Şekil 1'de açık bir şekilde gösterilmiştir.

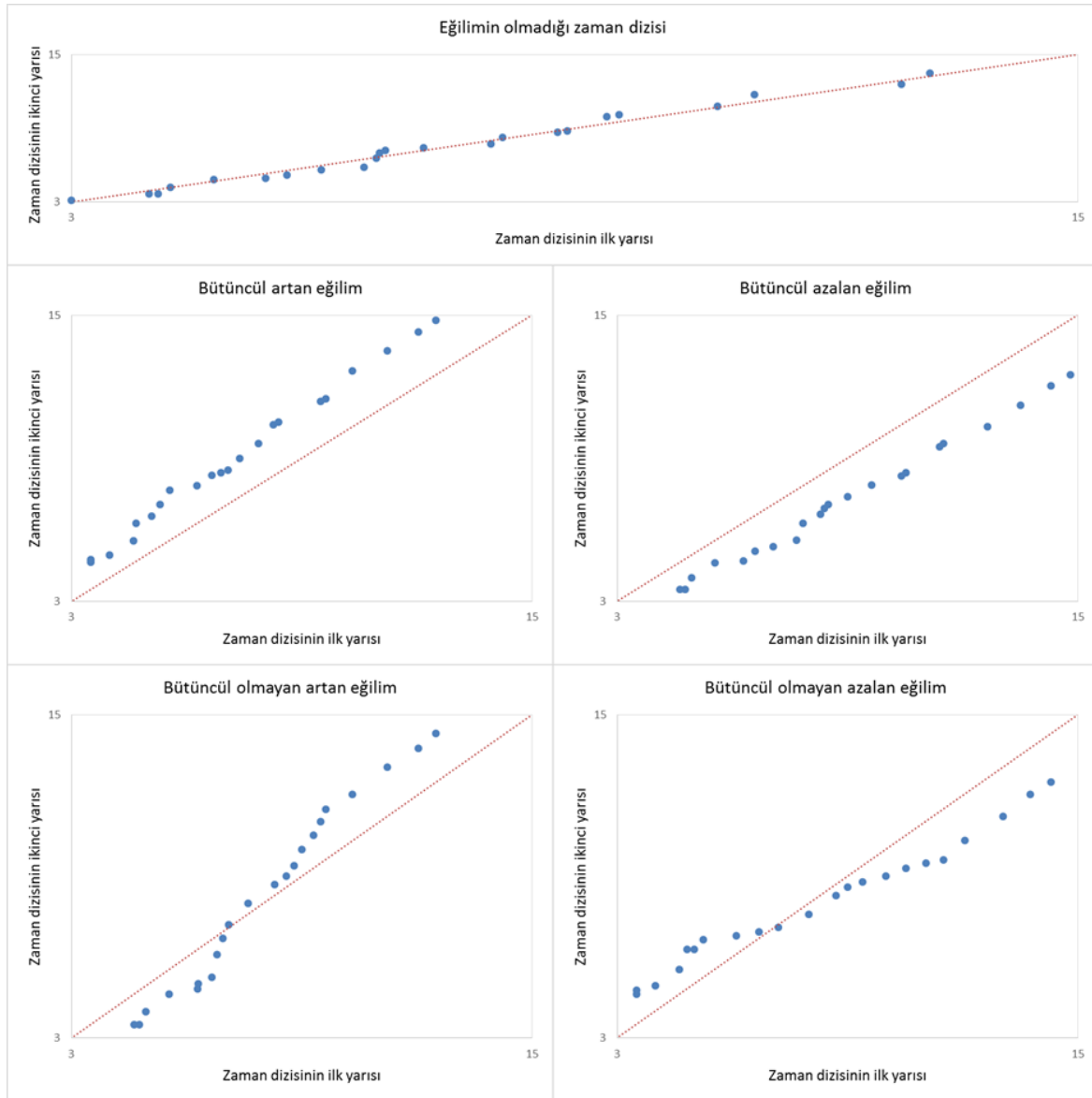
K-YEÇ uygulamasında gerçekleştirilecek bütün aşamalar YEÇ yönteminin adımları ile aynıdır, fakat bu çalışmada önerilen K-YEÇ yöntemi bir grafikte farklı üç veri setini de barındırmaktadır. YEÇ yaklaşımına göre ikinci farkı ise verilerinin en fazla 1'e kadar ulaşabilmesidir, çünkü farklı verileri aynı eksenleri kullanarak karşılaştırabilmek için ilgili verilerin standartlaştırılması (boyutsuzlaştırılması) gerekmektedir.

Bu adımda veri dizilerinin en yüksek değerleri dikkate alınacak ve tüm değerlerin boyutsuzlaştırılmasında kullanılacaktır. K-YEÇ uygulamasına örnek teşkil etmesi bakımından rastgele veri dizisi dikkate alınarak Şekil 2 elde edilmiştir. Örnek şekilden de takip edileceği üzere, önem arz eden dört bilginin açığa çıkarılması imkân dâhilindedir. Bu önemli bilgiler;

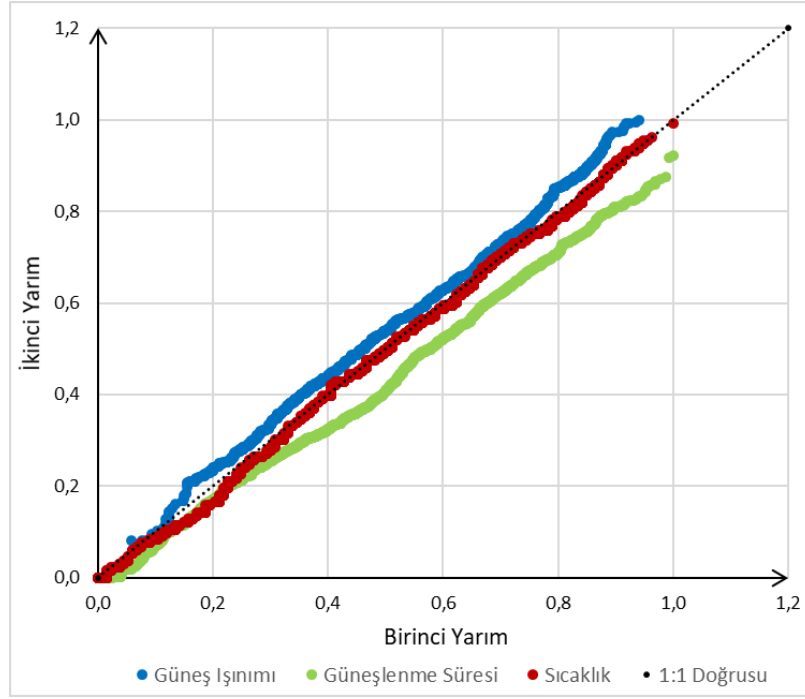
1. Güneş ışıınımı verilerine ait eğilim durumunun 1:1 doğrusuna göre tespiti,
2. Güneşlenme süresi verilerine ait eğilim durumunun 1:1 doğrusuna göre tespiti,
3. Sıcaklık verilerine ait eğilim durumunun 1:1 doğrusuna göre tespiti,
4. Görsel biçimde bu üç veri takımının birbirine göre karşılaştırılması.

Eğer bütün değerler 1:1 doğrusu üzerinde saçılıyorsa o zaman en ideal (uygun) durumdan bahsedilebilir. Birbiriyle doğrusal ilişkiye sahip bu veriler için ikinci ideal netice ise bahsi geçen üç veri setinin de aynı eğilime sahip olup üst üste düşmesi durumudur. Aksi halde, yapılan çalışma yeni araştırma ve yorumların kapısını aralayacaktır. Mesela, güneş ışıınımı verilerinde herhangi bir trend durumu yokken sıcaklık ve/veya güneşlenme süresi ölçümlerinde trend belirlenmişse o zaman bir takım sorular ortaya çıkabilecektir.

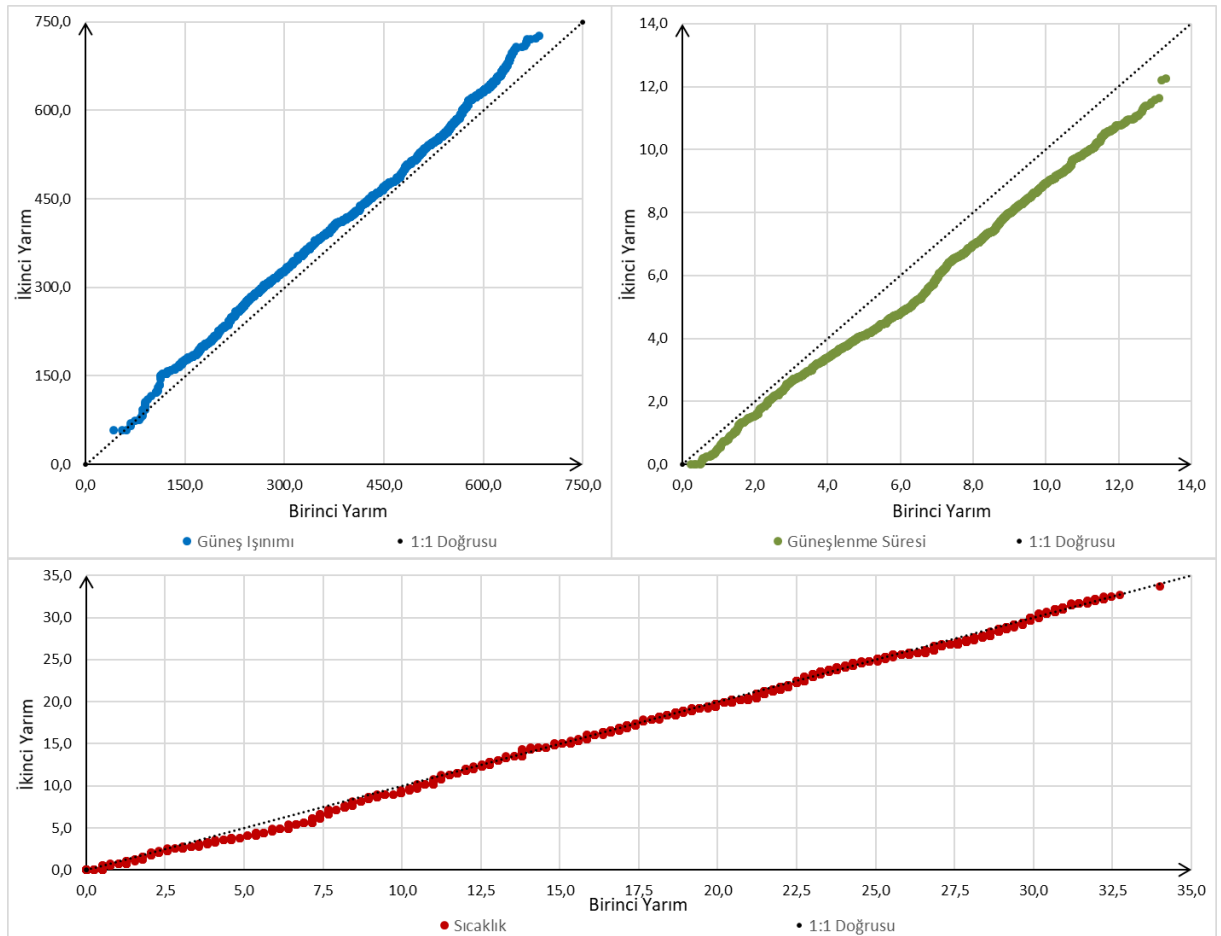
K-YEÇ yönteminin üstünlüğünü göstermek için YEÇ yöntemi ile kıyaslamalara da başvurulacaktır. Netice itibariyle yeni yöntem sayesinde üç farklı veri dizisinin eğilimine bakmak için üç farklı grafik kullanmak yerine sadece bir grafik kullanılacaktır. Diğer taraftan YEÇ ile veri dizileri birbirinden bağımsız görselleştirileceğinden birbirine göre eğilim kıyaslamaları zorlaşacaktır hatta küçük farkların görülebilmesi imkânsız olabilecektir. Şekil 2 üzerinde eğilim değerlendirmesi yapılan örnek güneş ışıınımı, güneşlenme süresi ve sıcaklık verileri Şekil 3'te YEÇ kapsamında ayrıca ele alınmıştır. Böylece, yeni yöntemin hem yer tasarrufu sağlayacağı hem de hatasız kıyaslamalar için fırsat sunacağı açıkça gösterilmiştir.



Şekil 1: YEÇ yaklaşımında eğilim durumları



Şekil 2: Boyutsuzlaştırılmış Güneş Işınımı, Güneşlenme Süresi ve Sıcaklık verileri için örnek K-YEÇ diyagramı



Şekil 3: Güneş Işınımı (cal/cm^2), Güneşlenme Süresi (saat) ve Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) için örnek YEÇ diyagramları

3. Uygulama

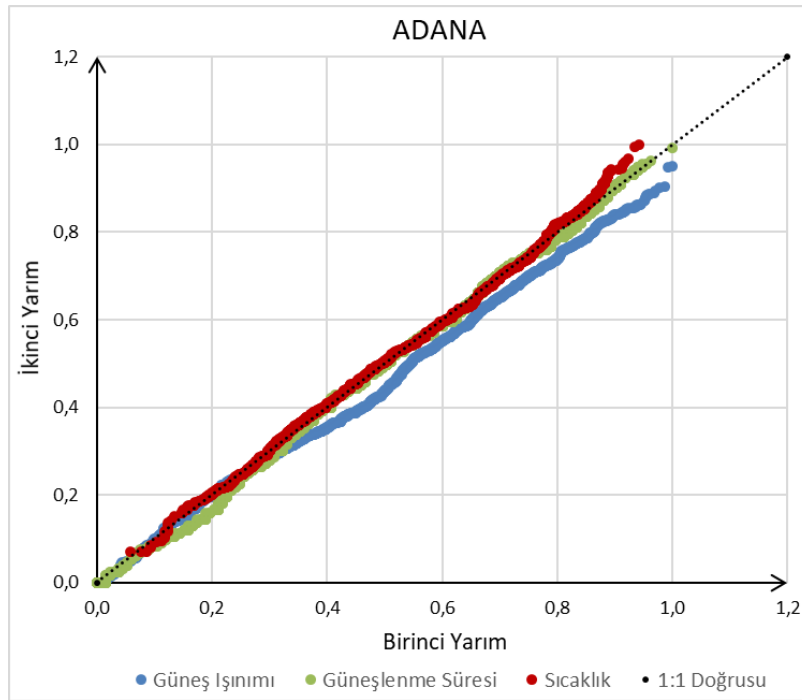
Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından ölçümü gerçekleştirilen veriler Türkiye'nin güney illeri Adana, Antakya, Gaziantep ve Şanlıurfa'da elde edilmiştir. Birbiriyle ilişkili bu veriler güneş ışıınımı, güneşlenme süresi ve sıcaklık değerleridir. MGM'den günlük biçiminde temin edilen verilerin ölçüm aralığı 2001-2010 yıllarını kapsamaktadır. Bu çalışmada kullanılacak verilerin seçiminde iki unsur göz önünde tutulmuştur. Birincisi, çalışılan konu itibarıyla Güney illerinin tercih edilmesine özen gösterilmiştir çünkü Türkiye'nin Güneyi yüksek oranda güneş almaktadır. İkincisi ise verilerin kusursuz bir şekilde temin edilmesidir.

Yöntem gereği verilerin iki yarım parçaya zamansal olarak ayrılması gerekmektedir. "İlk yarım" ile ifade edilecek veriler 2001-2005 arasında ölçülürken, diğer yarım ise 2006-2010 arasında ölçülmüştür ve "ikinci yarım" ifadesiyle isimlendirilmiştir. Yöntemin adımlarından bir diğeri ise verilerin küçükten büyüğe veya büyüktten küçüğe sıralanmasıdır. Bu aşamalardan sonra verilerin eğilim çözümlemesi için bir engel kalmamıştır. Ancak bu çalışmada önerilen K-YEÇ için her bir veri dizisinin kendi içindeki en büyük değer vasıtasıyla 0-1 aralığına indirgenmesi (standartlaştırma) unutulmamalıdır. Sonuç itibarıyla, K-YEÇ yöntemi kullanılarak birbiriyle ilişkili güneş ışıınımı, güneşlenme süresi ve sıcaklık verilerinin eğilimlerine kıyaslamalar yaparak bakılmıştır. Bunun yanında, her istasyonun K-YEÇ uygulamasından sonra YEÇ uygulamalarına da yer verilerek yeni yöntemin üstünlüğüne değinilmiştir.

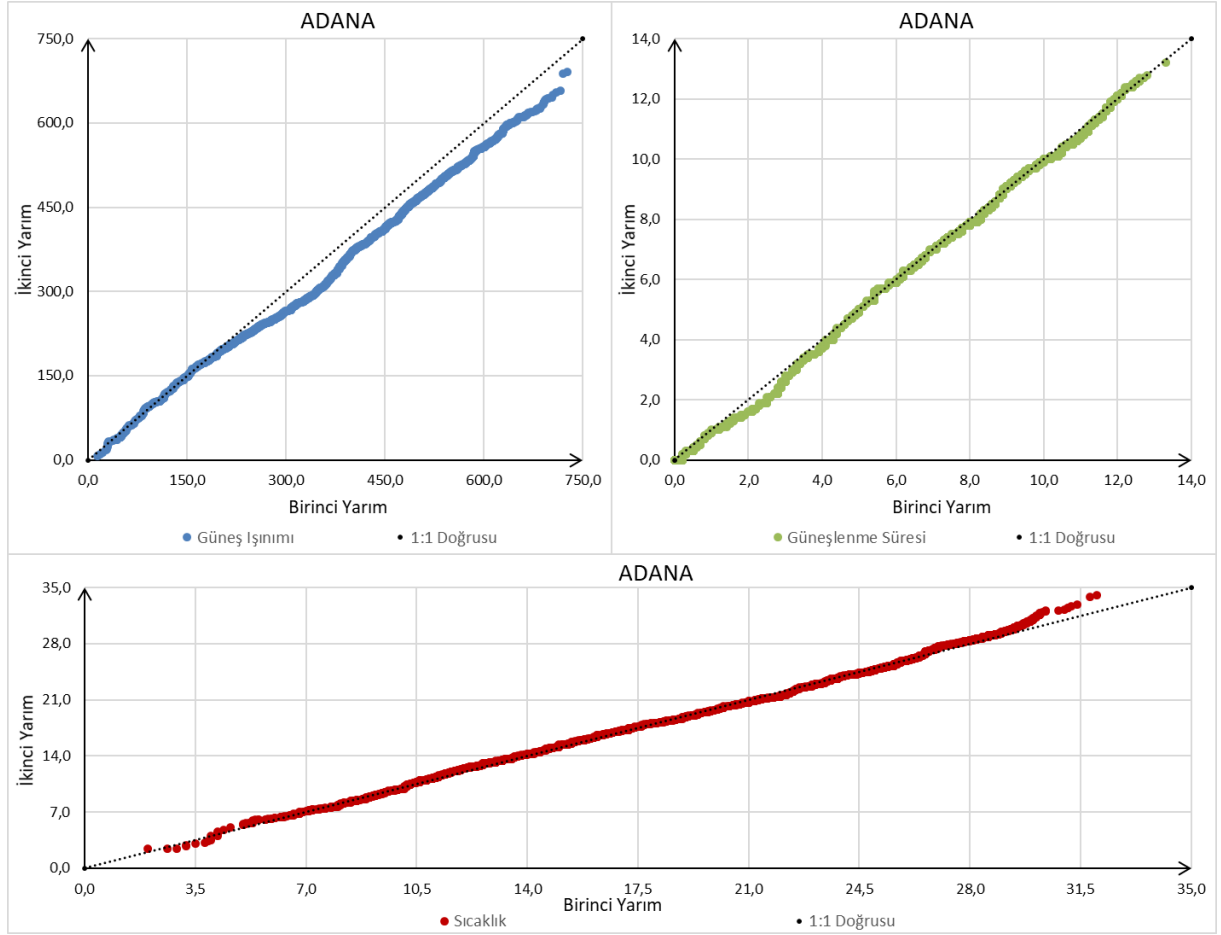
Şekil 4'e bakıldığında Adana günlük güneş ışıınımı ölçümlerinde azalan eğilimin hâkimiyeti göze çarpmaktadır. Özellikle güneş ışıınımının orta ve yüksek değerleri 1:1 doğrusunun hemen altında konumlanmıştır. Ayrıca K-YEÇ diyagramı sayesinde güneş ışıınımı değerlerinin diğer verilere nazaran nasıl şekillendiği kolayca gözlemlenebilmiştir. Bu durumda Adana'nın nem ve hava kirliliği değerlerinin araştırılması eğilimlerdeki farklılıkların sebebine ışık tutabilecektir. Adana verileri Şekil 5'te görüldüğü üzere YEÇ ile de değerlendirmeye alınmıştır. Aynı bulgulara daha fazla grafikte ulaşılırken birebir kıyaslama noktasında K-YEÇ yönteminin sağladığı kolaylık sarıh biçimde ortaya çıkmıştır.

Antakya günlük sıcaklık ve güneş ışıınımı verileri 1:1 doğrusunun üzerinde saçılırken güneşlenme süresi verilerinde bir azalış belirgin haldedir (Şekil 6). Şekil 7 K-YEÇ yaklaşımının özellikle yer tasarrufu ve kıyaslama noktasındaki üstünlüğüne dair yine somut bir örnek teşkil etmiştir.

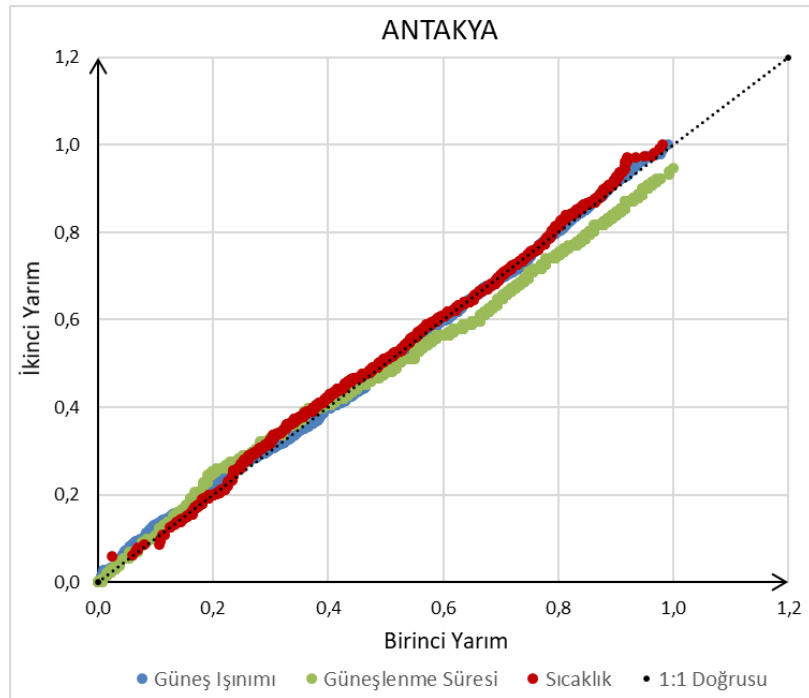
Gaziantep ve Şanlıurfa verilerinin K-YEÇ diyagramındaki saçılması incelendiğinde tüm zaman dizileri neredeyse 1:1 doğrusu üzerinde dağılım göstermiştir (Şekil 8 ve 10). Diğer bir ifadeyle ideal duruma yakın bir hal söz konusudur. Şanlıurfa istasyonunun ölçümlerinde Gaziantep'inkine benzerlik mevcuttur ancak güneşlenme süresinin orta değerlerinde ve güneş ışıınımının düşük değerlerinde bir miktar azalan eğilimden bahsetmek mümkündür. Şekil 9 ve 11 Gaziantep ve Şanlıurfa'nın YEÇ grafiklerini içermektedir.



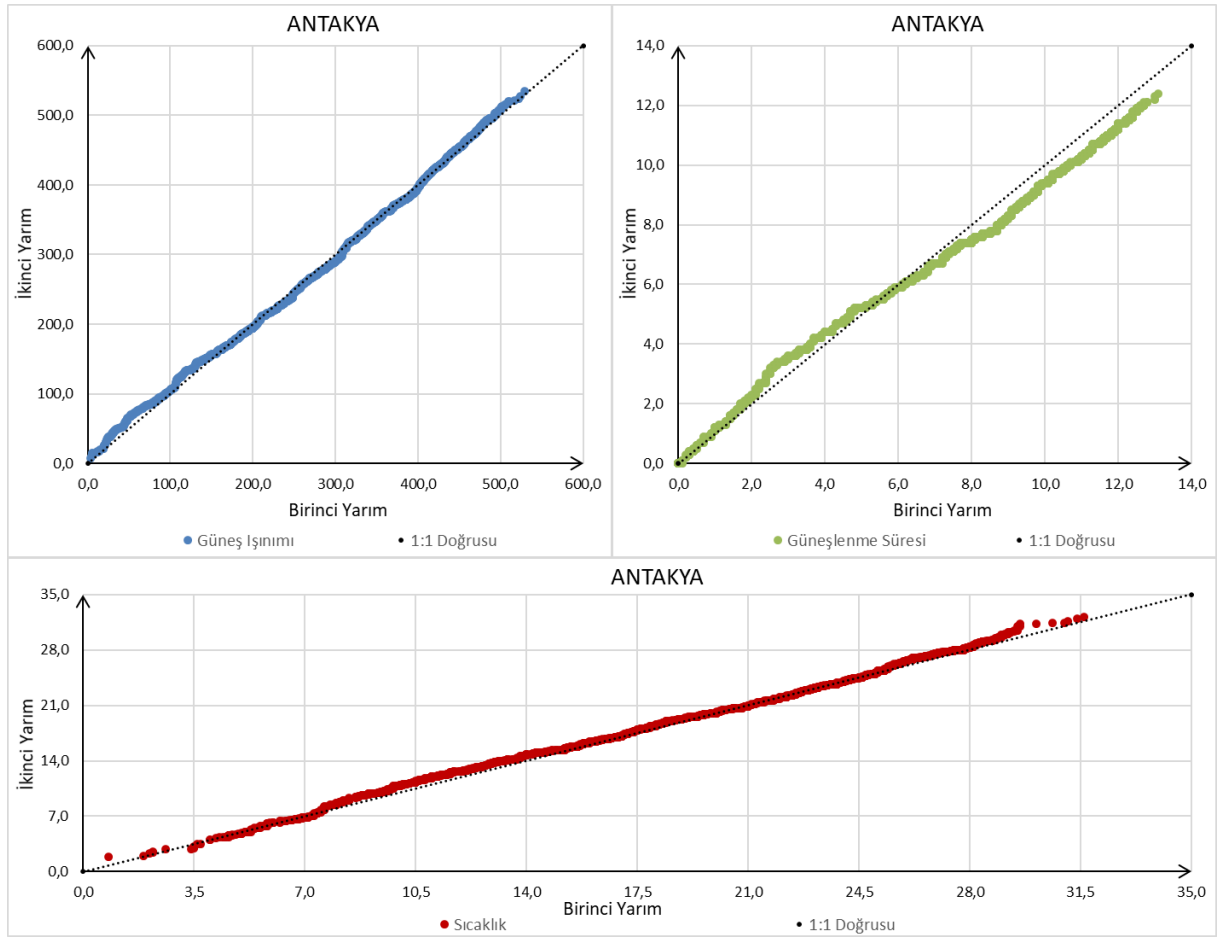
Şekil 4: Adana güneş ışıınımı, güneşlenme süresi ve sıcaklık verileri için K-YEÇ sınaması



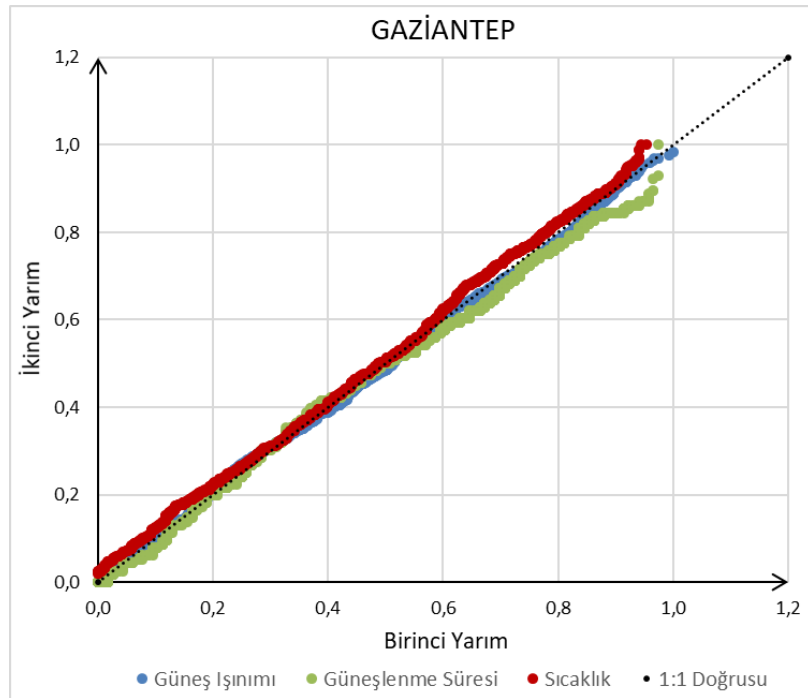
Şekil 5: Adana güneş ışınımı, güneşlenme süresi ve sıcaklık verileri için YEÇ sınamaları



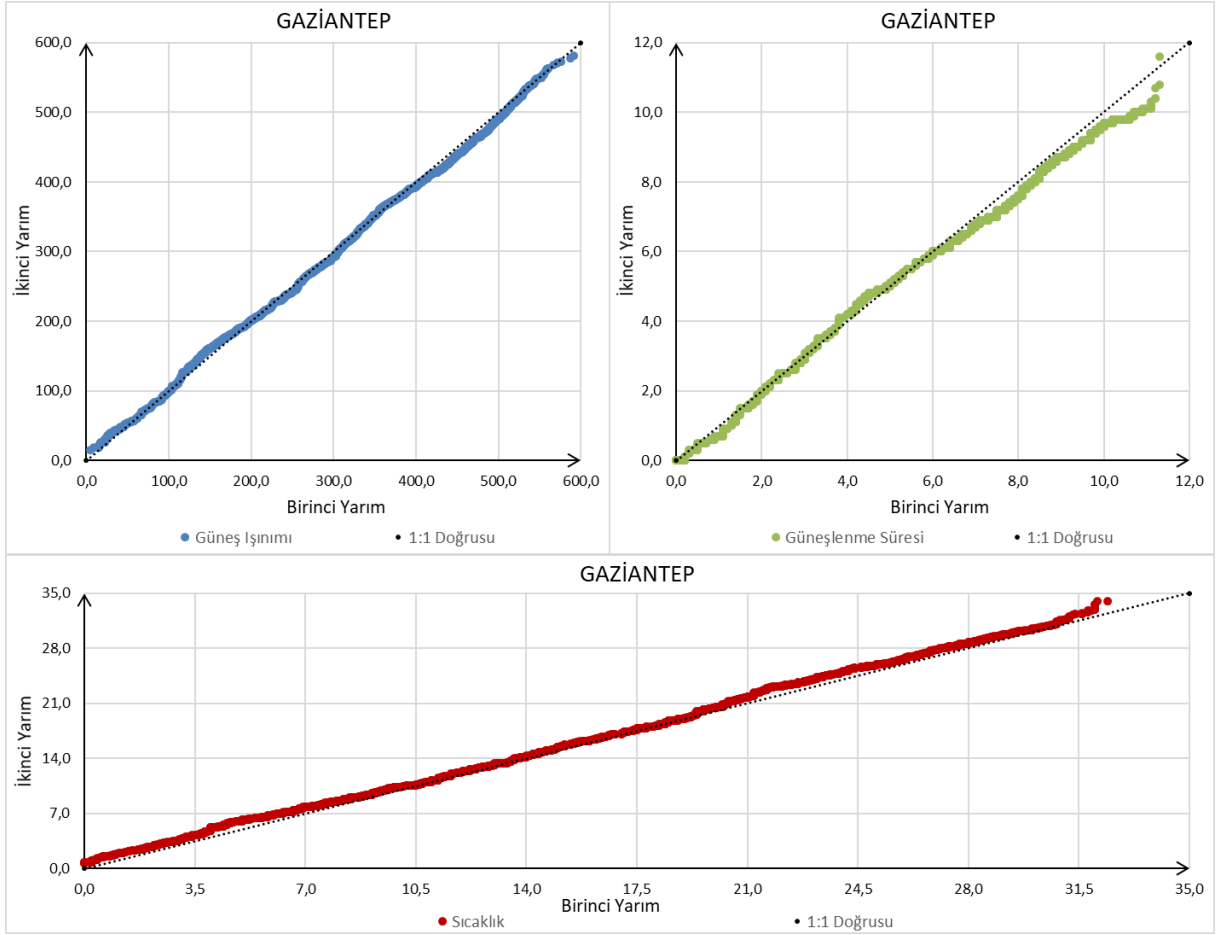
Şekil 6: Antakya güneş ışınımı, güneşlenme süresi ve sıcaklık verileri için K-YEÇ sınaması



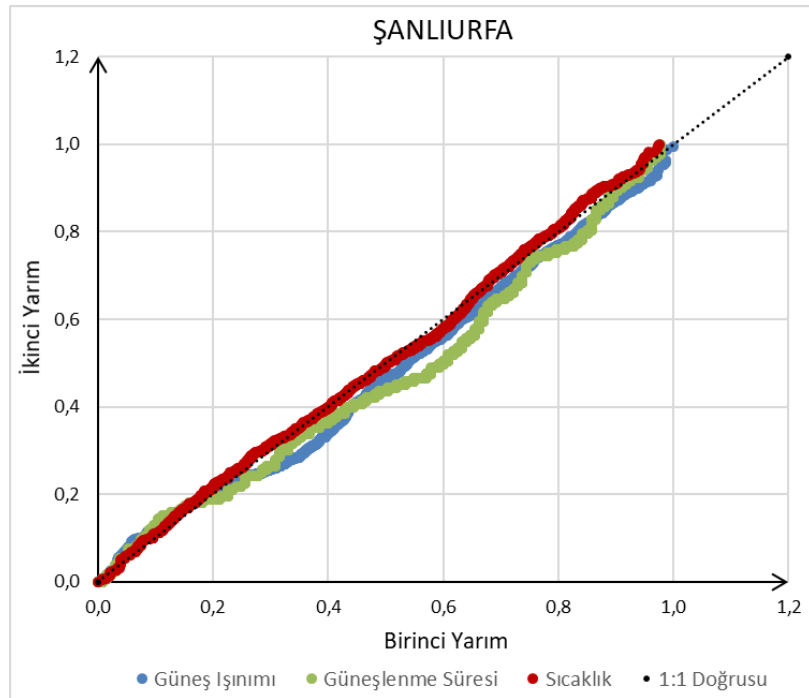
Şekil 7: Antakya güneş ışınlımı, güneşlenme süresi ve sıcaklık verileri için YEÇ sınamaları



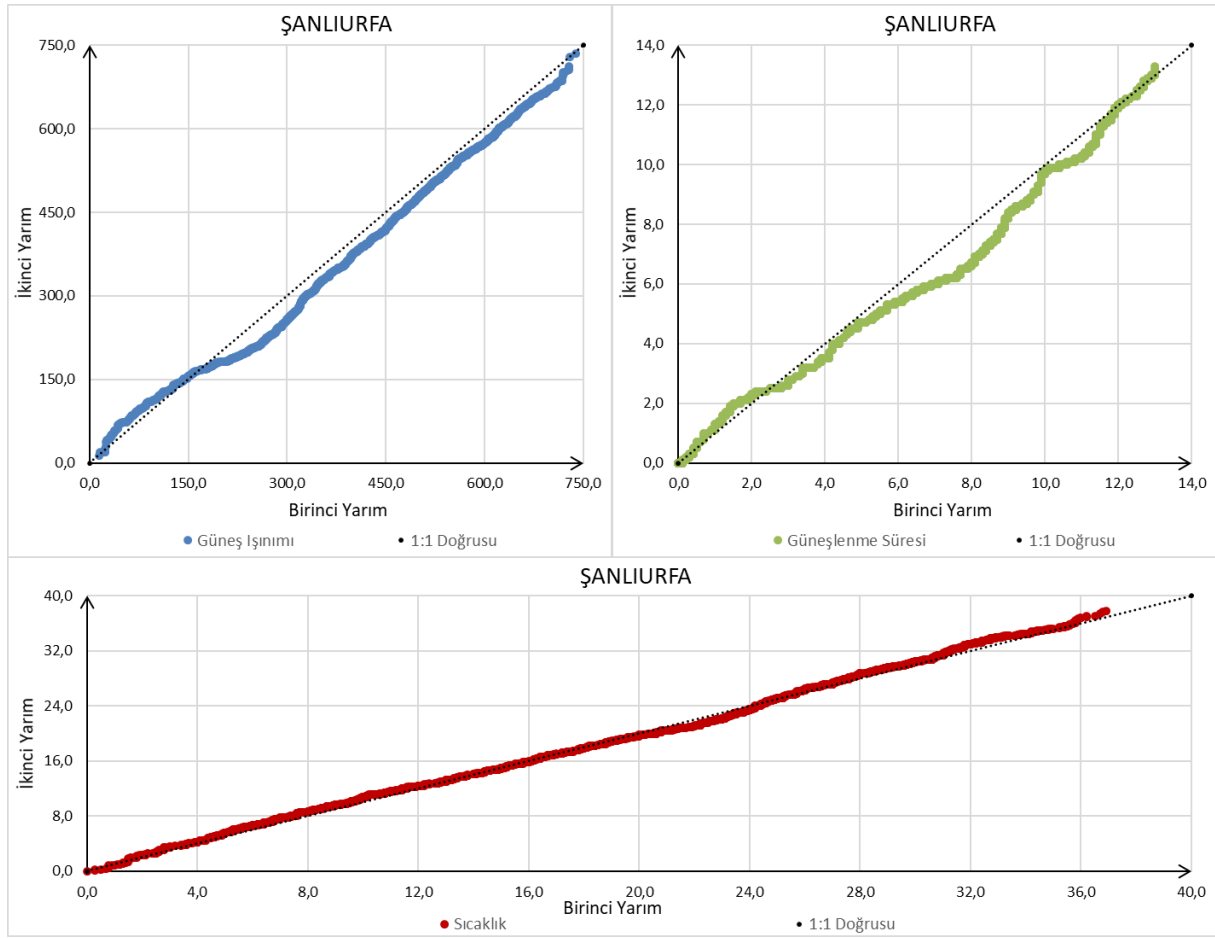
Şekil 8: Gaziantep güneş ışınlımı, güneşlenme süresi ve sıcaklık verileri için K-YEÇ sınaması



Şekil 9: Gaziantep güneş ışınlımı, güneşlenme süresi ve sıcaklık verileri için YEÇ sınamaları



Şekil 10: Şanlıurfa güneş ışınlımı, güneşlenme süresi ve sıcaklık verileri için K-YEÇ sınaması



Şekil 11: Şanlıurfa güneş ışınlı, güneşlenme süresi ve sıcaklık verileri için YEÇ sınamaları

Sonuç olarak, bir bölgede güneşlenme süresi ve sıcaklık verilerinin azalan trendine karşılık güneş ışınlı ölçümleri zıt davranış sergileyerek artış eğilimindeyse o halde ilgilenilen yerin hava unsurlarında ciddi farklılıklar ortaya çıkmıştır yorumu yapılabilmektedir. İyimsen bir bakış açısıyla istasyonun konumlandığı noktada hava kirliliğine sebebiyet veren ve/veya ilgili yerin ortamında güneş ışınlının yeryüzüne erişmesine mani olan maddelerde önemli bir azalış belirmiştir denebilir. Kötümser bir bakış açısıyla ilgili yerin ozon tabakası ciddi anlamda hasar görmüştür ve yüksek miktarlarda güneş ışınlı yeryüzüne yoğun bir şekilde ulaşmaktadır denebilir. Tam tersi durumda ise bölgenin hava kalitesi değerlerindeki bir olumsuzluğa vurgu yapılabilir. Bunun gibi ifadeler araştırılmaya muhtaçtır aksi halde sadece tahminden ibarettir.

4. Sonuç

Meteorolojik ve hidrolojik ölçümlerde küresel ısınmanın neden olduğu eğilimlerdeki azalış veya artışlar günümüzde daha belirgin hale gelmiştir. Eğilimlerin çözümlenebilmesi için bazı trend sınama yöntemleri önerilirken aralarından en günceli 2012 yılında Şen'in ortaya attığı YEÇ (1:1 doğru) yöntemidir. Bu makalede YEÇ yöntemi bir adım daha ileriye taşınarak Kıyaslamalı-YEÇ (K-YEÇ) geliştirilmiştir. Birbiriyle ilişkisi ispatlanmış farklı ölçümler K-YEÇ vesilesiyle karşılaştırmalı biçimde eğilim sınamasına tabi tutulabilmektedir.

Güneş ışınlı ile alakalı gerçekleştirilen çalışmalar teorik (kitabî) olmasının yanında teknolojik olarak da önemli oranda artış göstermiştir. Makaleye konu olan bu araştırma güneş ışınlı üzerine teorik bir çalışmadır ve trend sınaması ile konuya farklı açıdan yaklaşımda bulunulmuştur.

Bu makalede ortaya atılan K-YEÇ yaklaşımı Türkiye'de değişik noktalarda konumlanan Adana, Antakya, Gaziantep ve Şanlıurfa'nın günlük güneşlenme süresi, sıcaklık ve güneş ışınlı veri dizilerine uygulanmıştır. Sonuçta bazı önemli bilgilere ulaşılmıştır. Gaziantep verilerinde yoruma açık durumdan pek bahsedilemezken, özellikle Adana ve Antakya verileri ise araştırmaya muhtaç durumları kendinde barındırmıştır. Şanlıurfa verilerinin eğilim sınamasına bakıldığında ise kısmen mükemmel durumdan bahsedilebilmektedir, ancak veri takımının bazı kısımlarında bu durum söz konusu değildir.

Uygulamaya konu olan ölçümlerin tamamı ayrıca YEÇ ile de irdelenmiştir. Eğilim kararlarını verme noktasında K-YEÇ yöntemine kıyasla daha fazla grafiğe ihtiyaç duyulmuştur. Diğer bir ifadeyle, yeni yöntemle sadece bir grafik

kullanılarak neticeye gidilirken YEÇ değerlendirmeleri için üç grafik gerekmektedir. Yeni yöntemin isminin belirlenmesinde de önem arz eden veri setlerini birbiriyle kıyaslatma yeteneği diğer bir üstün özellik olarak gözler önüne serilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışmanın ilk adımları 24-26 Ekim 2016 tarihleri arasında İstanbul'da düzenlenen 10. Uluslararası Temiz Enerji Sempozyumunda (UTES'16) sunulmuş bildiri ile atılmıştır.

Kaynaklar

- Alashan S., (2018), *An improved version of innovative trend analyses*, Arab J Geosci, 11(3), 50.
- Belihu M., Abate B., Tekleab S., Bewket W., (2017), *Hydro-meteorological trends in the Gidabo catchment of the Rift Valley Lakes Basin of Ethiopia*, Phys Chem Earth., doi:10.1016/j.pce.2017.10.002.
- Chiew F.H.S., McMahon T.A., (1993), *Detection of trend or change in annual flow of Australian rivers*, Int. J. of Climatology, 13, 643-653.
- Cui L., Wang L., Lai Z., Tian Q., Liu W., Li J., (2017), *Innovative trend analysis of annual and seasonal air temperature and rainfall in the Yangtze River Basin, China during 1960–2015*, J Atmos Sol-Terr Phy, 164, 48-59.
- Dabanlı İ., Şen Z., Yeleğen M.Ö., Şişman E., Selek B., Güçlü Y.S., (2016), *Trend assessment by the innovative-Şen method*, Water Resour Manag, 30(14), 5193–5203.
- Güçlü Y.S., Şişman E., Yeleğen M.Ö., (2018), *Climate change and frequency–intensity–duration (FID) curves for Florya station, Istanbul*, Journal of Flood Risk Management, DOI: 10.1111/jfr3.12229.
- Güçlü Y.S., (2018), *Alternative Trend Analysis: Half Time Series Methodology*, Water Resources Management, doi: 10.1007/s11269-018-1942-4.
- Haan C.T., (1977), *Statistical Methods in Hydrology*, The Iowa State University Press, Ames, Iowa, 378ss.
- Hamed K.H., Rao A.R., (1998), *A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data*, Journal of Hydrology, 204, 182-196.
- Helsel D.R., Hirsch R.M., (2002), *Statistical methods in water resources*, Techniques of water resources investigations, Book 4, Chapter A3, U.S. Geological Survey, Shenandoah, TX.
- Jhajharia D., Shrivastava S.K., Sarkar D., Sarkar S., (2009), *Temporal characteristics of pan evaporation trends under the humid conditions of northeast India*, Agricultural and Forest Meteorology, 149, 763–770.
- Kendall M.G., (1975), *Rank Correlation Method*, 4th Edition, Charles Griffin, London, 202ss.
- Mann H.B., (1945), *Nonparametric tests against trend*, Econometrica, 13, 245–259.
- Markus M., Demissie M., Short M., Verma S., Cooke R., (2014), *Sensitivity Analysis of Annual Nitrate Loads and the Corresponding Trends in the Lower Illinois River*, Journal of Hydrologic Engineering, 19(3), 533-543.
- Nalley D., Adamowski J., Khalil B., Ozga-Zielinski B., (2013), *Trend detection in surface air temperature in Ontario and Quebec, Canada during 1967–2006 using the discrete wavelet transform*, Atmospheric Research, 132–133, 375–398.
- Saplioglu K., Kilit M., Yavuz B.K., (2014), *Trend Analysis of Streams in the Western Mediterranean Basin of Turkey*, Fresenius Environmental Bulletin, 23(1A) 313-324.
- Sen P.K., (1968), *Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau*, J. Am. Stat. Assoc., 63, 1379–1389.
- Sonali P., Kumar Nagesh D., (2013), *Review of trend detection methods and their application to detect temperature changes in India*, Journal of Hydrology, 476, 212-227.
- Şen Z., (2017), *Innovative trend methodologies in science and engineering*, Springer, Heidelberg, Germany, 349ss.
- Şen Z., (2014), *Trend Identification Simulation and Application*, Journal of Hydrologic Engineering, 19(3), 635-642.
- Şen Z., (2012), *Innovative Trend Analysis Methodology*, J. Hydrol. Eng., 17(9), 1042–1046.
- Taylor C.H., Loftis J.C., (1989), *Testing for trend in lake and groundwater quality time series*, Water Resources Bulletin 25(4), 715-726.