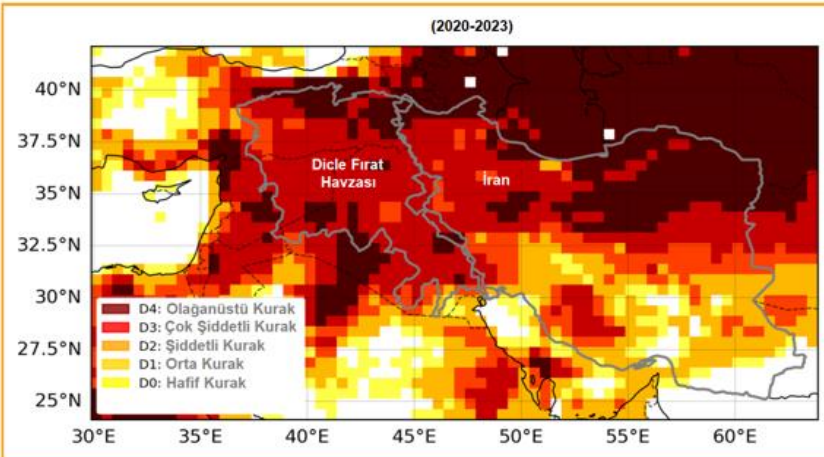


DİCLE-FIRAT HAVZASINDA İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİSİ ARTIYOR

**KEBAN, KARAKAYA ve ATATÜRK BARAJLARI'NIN
ELEKTRİK ÜRETİMİ
30 YILDA ORTALAMA %25 AZALDI**



17 Kasım 2023

RAPOR NO: 52

Raporun Adı: Dicle-Fırat Havzasında İklim Değişikliğinin Etkisi Artıyor.Keban, Karakaya ve Atatürk Barajlarının Elektrik Üretimi 30 Yılda Ortalama %25 Azaldı

Raporu Yazan: Dursun Yıldız

DSİ Daire Başkan Yrd (E)
İnşaat Müh. Su Politikaları Uzmanı (Msc) SPD Başkanı,TEMA Bilim Kurulu Üyesi
İYTE Öğretim Görevlisi

Rapora katkıda bulunanlar

İlker Özel İnşaat Müh.

DSİ Genel Müdür Yardımcısı (E)
Su Politikaları Derneği Üyesi

Hüseyin Özdemir

Yüksek İnşaat Mühendisi
SPD Üyesi

Dr. Hasan Hüseyin Doğan

Öğretim Üyesi(E)
Su Politikaları Derneği Y.K Üyesi

RAPOR HAKKINDA

Keban, Karakaya ve Atatürk Barajlarımız Fırat Nehri üzerinde sıralı bir şekilde yer almakta ve halen hidroelektrik enerjimizin yaklaşık %12'sini üretmektedir. Bu üç barajımızdan en membada bulunan Keban Barajından enerjisi alınarak bırakılan su diğer barajlarımız tarafından da kullanılmakta ve senkronize bir şekilde elektrik enerjisi üretimi yapılmaktadır. Bu üç barajımızın üçü de 1993 yılından itibaren enerji üretimini birlikte gerçekleştirmeye başlamıştır. Bu raporda 1993-2022 yılları arasında her üç barajımızdan yıllık olarak üretilen elektrik enerjilerindeki değişim ve nedenleri incelenmiştir. Yapılan çalışmada üç barajımızdan üretilen elektrik enerjisinin toplamının 1998 yılından itibaren tedrici olarak azalmaya başladığı görülmüştür. Son 5 yılda bu enerjinin üretime başlangıç yıllarına kıyasla dörtte bir oranında azaldığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmada bu azalmanın nedenleri araştırılmış ve elde edilen sonuçlar bu raporda sunulmuştur.

Sonuç olarak Keban, Karakaya ve Atatürk Barajlarından ürettiğimiz toplam elektrik son 30 yılda başlangıç yıllarına kıyasla ortalama %25 oranında azalmıştır. Bu barajlarımızdan üretilen elektrik enerjisindeki azalma ülkemizi hem ekonomik hem de hidropolitik açılardan yakından ilgilendirmektedir. Elektrik enerjisi üretimindeki düşüşün bölgede yaşanan kuraklıklar ile büyük bir korelasyon içinde olduğu görülmektedir. Bu durum, 30 yıllık dönem içinde Fırat nehrinin yıllık ortalama debisinde yağışlardaki azalmaya bağlı bir düşüşün gerçekleştiğini göstermektedir.

Bu çalışmada elde edilen bu sonuç, Fırat havzasına düşen yıllık ortalama kar yağışı ölçümleri ve Fırat ve Dicle Nehri havzasının iklim değişikliğinden nasıl etkilendiğine yönelik birçok bilimsel araştırmanın sonuçları ile de uyumludur.

Raporumuzun ülkemizin hidroenerji üretimi planlamasının yanısıra bölgenin hidropolitliği ve su işbirliği için de faydalı olmasını umuyoruz.

Dursun Yıldız Başkan / Ankara 16 Kasım 2023

©Bu raporun her türlü yayın hakkı Su Politikaları Derneği'ne(SPD) aittir. Raporun hiçbir bölümü değiştirilemez. SPD'nin izni olmadan raporun hiçbir bölümü elektronik, mekanik vb. yollarla kopya edilip kullanılamaz. Kaynak gösterilmek kaydı ile alıntı yapılabilir

Kaynak gösterimi : Yıldız D. Özel İ.,Doğan H.,Özdemir H. (2023) “ Dicle- Fırat Havzasında İklim Değişikliğinin Etkisi Artıyor .Keban, Karakaya ve Atatürk Barajlarının Elektrik Üretimi 30 Yılda Ortalama %25 Azaldı ” Su Politikaları Derneği. Rapor No: 52. Ankara.17 Kasım 2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa

1.GİRİŞ.....	3
2. KEBAN KARAKAYA VE ATATÜRK BARAJLARININ ÖZELLİKLERİ	4
3. KEBAN KARAKAYA VE ATATÜRK BARAJLARININ ENERJİ ÜRETİMİ	5
4. ENERJİ ÜRETİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	8
5. ENERJİ ÜRETİMİNDEKİ DÜŞÜŞÜN NEDENLERİNİN İNCELENMESİ	10
5.1. Keban Barajı Su Toplama Havzasındaki Yıllık Yağışlar.....	13
5.2. Fırat havzasının kar yağışlarında görülen azalma	15
5.3. Keban Barajı su toplama havzasında yağışlardaki azalmanın etkisi.....	18
6.İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN DİCLE FIRAT HAVZASINDAKİ KURAKLIĞA OLAN ETKİSİ	19
7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	21
8.KAYNAKÇA.....	22



Keban Barajının enerji üretimi kumanda odası.



Keban Barajı

1.GİRİŞ

Hidroelektrik enerji yerli ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak Türkiye'nin enerji üretiminde ekonomik ve stratejik açılarından önemli bir yere sahiptir.2022 yılında Türkiye'nin elektrik enerjisi üretiminin %20'si hidroenerji'den sağlanmıştır. 2022 yılında ülkemizdeki toplam Hidroenerji üretimi 67195,4 GWh olmuştur. Bu üretimin 11784,5 Gwh'lik bölümü olan %17,5'i Keban, Karakaya ve Atatürk Barajlarından üretilmiştir.

Bu barajlar 1993 yılında Atatürk Barajının işletmeye alınması ile üçü birlikte senkronize olarak hidroenerji üretmeye başlamıştır 1993 yılını takip eden 5 yılda bu üretim son 30 yılın en yüksek seviyesinde gerçekleşmiş daha sonra ise tedrici bir şekilde azalmaya başlamıştır. 1993'den 2022 yılında kadar bu barajların toplam yıllık enerji üretimleri 17 kez proje üretiminin çeşitli oranlarda altına düşmüştür. Bu barajlar arasında yıllık enerji üretiminde tedrici azalmanın en fazla görüldüğü baraj Atatürk Barajı olmuştur. Atatürk Barajında son 30 yılın 9 yılında yıllık 8,9 Gwh'lik kapasitenin %45 altında gerçekleşmiştir.

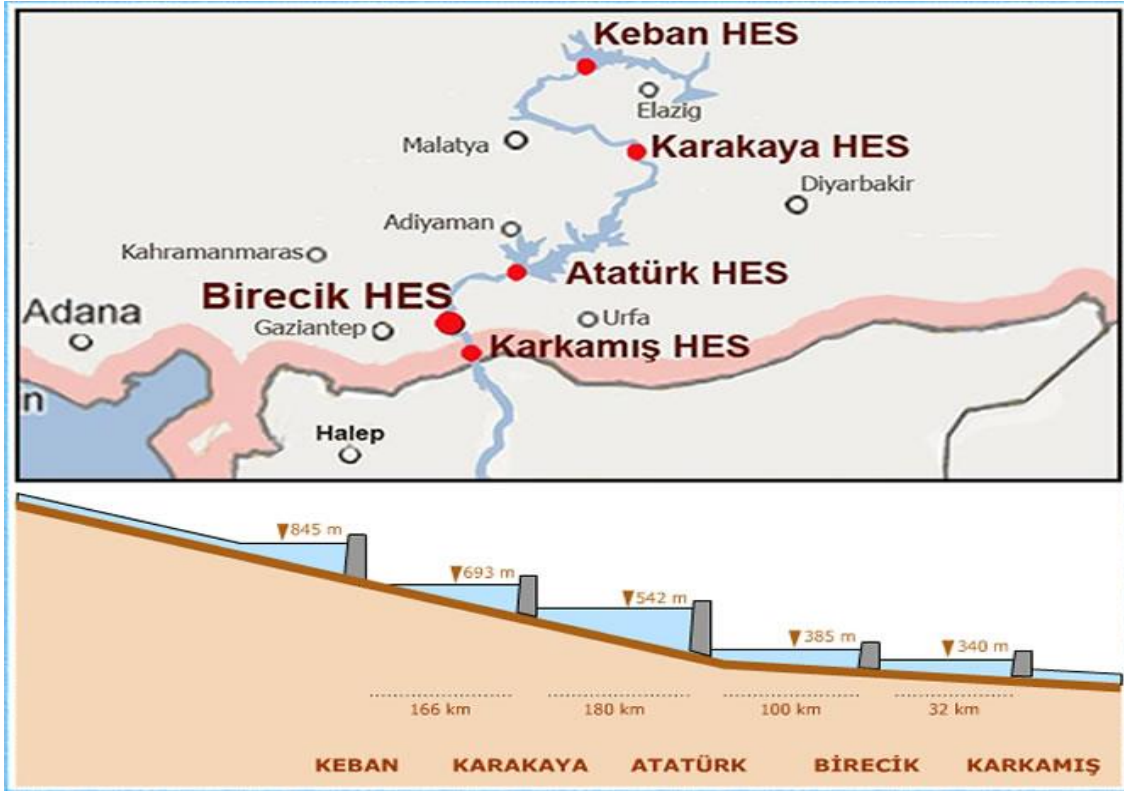
Özet olarak; Keban, Karakaya ve Atatürk Barajlarının son 30 yıldır yıllık enerji üretimlerinde açık bir tedrici azalma eğilimi görülmektedir. Bu çalışmada bu azalmanın nedenleri araştırılmıştır.

2.KEBAN KARAKAYA VE ATATÜRK BARAJLARININ ÖZELLİKLERİ

Genel			Coğrafi Özellikleri		Teknik Özellikler				
Santal Adı	İşletime Alınma Yılı	Santral Türü	İli	Besleyen Kaynak	Gövde Tipi	Kurulu Kapasite (MW)	Yükseklik (m)	Göl Hacmi (hm ³)	Göl Alanı (km ²)
Atatürk Barajı	1992	Hidroelektrik	Adıyaman, Şanlıurfa	Fırat Nehri	Kaya	2405	169	48.700	817
Karakaya Barajı	1987	Hidroelektrik	Malatya, Elazığ, Diyarbakır	Fırat Nehri ve kolları	Beton Kemer Gövde Ağırılık	1800	173	9.580	268
Keban Barajı	1974	Hidroelektrik	Elazığ	Fırat Nehri	Beton Ağırılık+Kaya	1330	210	31.000	675

Bu barajlardan Keban barajı ilk yapılan barajdır. Keban Barajı 1974 yılında tamamlanmış olup 1330 MW kurulu güçle yılda 6,6 milyar Kwh elektrik enerjisi üretme kapasitesi bulunmaktadır. Karakaya Barajı 1987 yılında tamamlanmış olup 1800 MW kurulu gücüyle yılda 7,5 milyar kwh elektrik enerjisi üretebilmektedir. Atatürk Barajı ise 2400 MW gücüyle yıllık 8,9 milyar kWh elektrik enerjisi üretim kapasitesine sahiptir. Tablo .. dan da görüldüğü gibi Keban Barajı 1974 yılında ,Karakaya Barajı 1987 yılında Atatürk Barajı ise 1992 yılında işletmeye alınmıştır. Bu üç Baraj 1992 yılından itibaren işletme programları birbirleri ile senkronize olarak planlanmış ve enerji üretimine başlanmıştır.





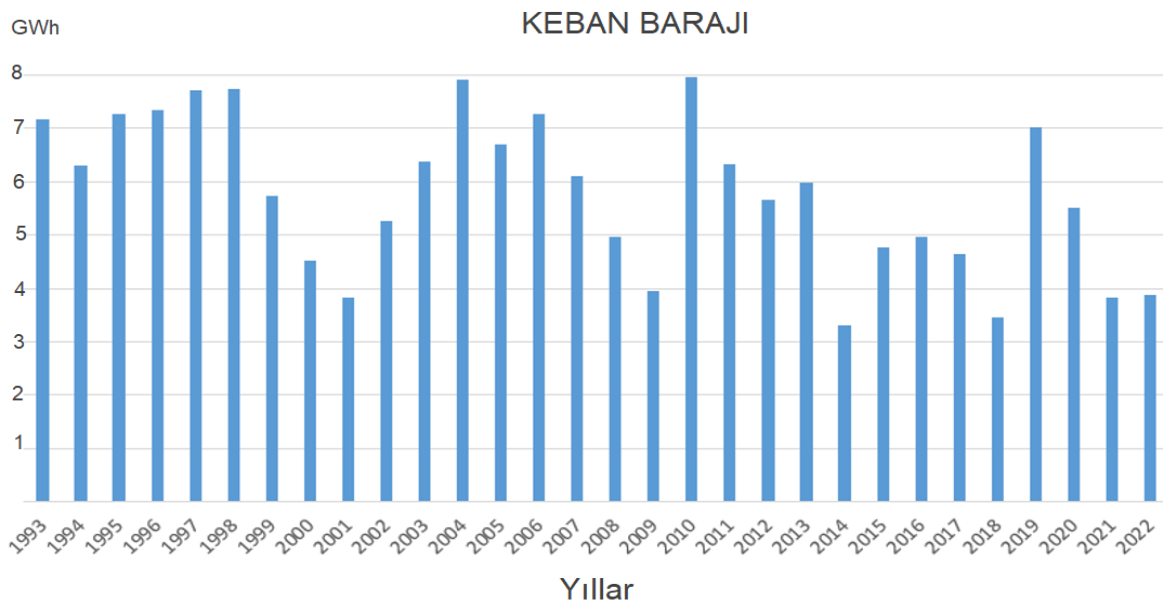
Şekil 1.Elektrik Üretimi açısından İncelenen Keban Karakaya ve Atatürk Barajları

3.KEBAN KARAKAYA VE ATATÜRK BARAJLARININ ENERJİ ÜRETİMİ

Bu çalışmada Keban Karakaya ve Atatürk Barajlarının enerji üretimlerinin birbirleriyle bağlantılı şekilde programlandığı 1993 yılı başlangıç olarak alınmıştır. Bu barajların 1993-2022 yılları arasında ürettikleri enerji miktarları ayrı ayrı Şekil 2,3 ve Şekil 4'te verilmiştir.

Bu grafiklerin oluşturulmasında kullanılan yıllık üretilen elektrik enerjisi verileri

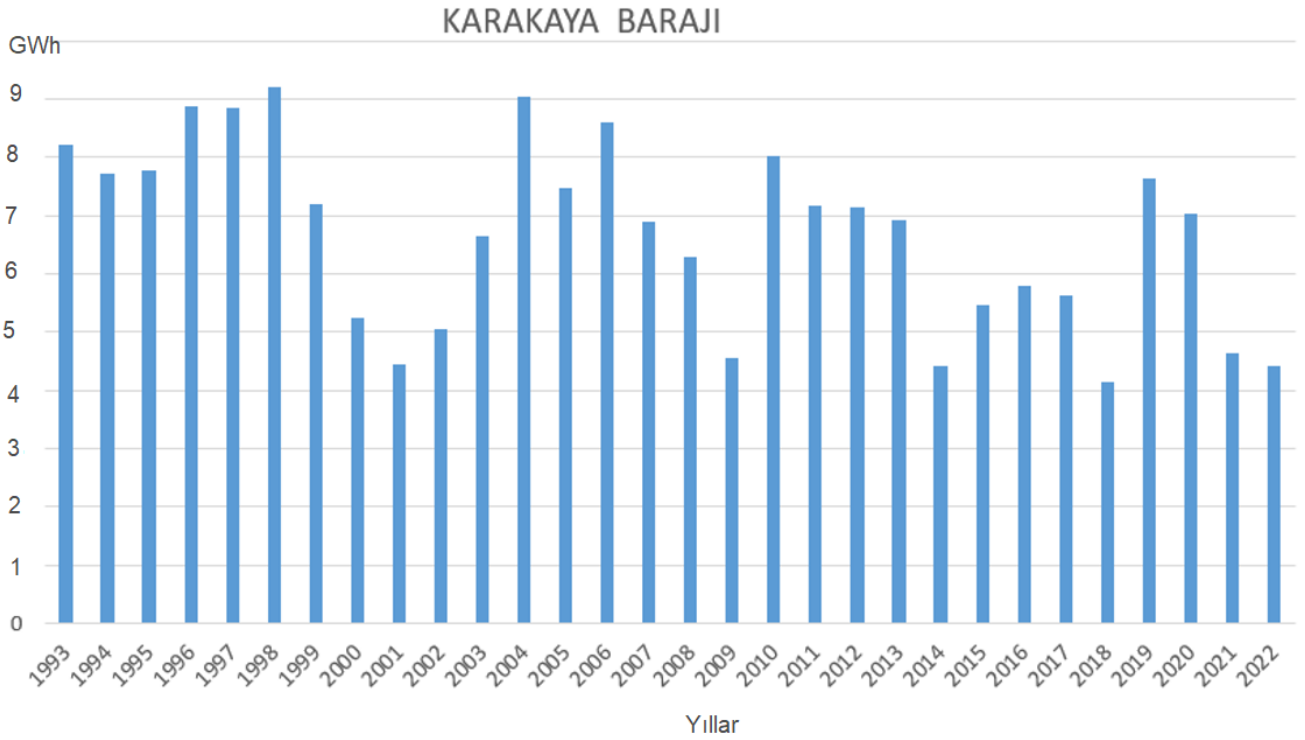
www.enerjiatlasi.com/hidroelektrik web sayfasından elde edilmiştir (4).



Şekil 2.Keban Barajından üretilen elektrik enerjisi (1993-2022)



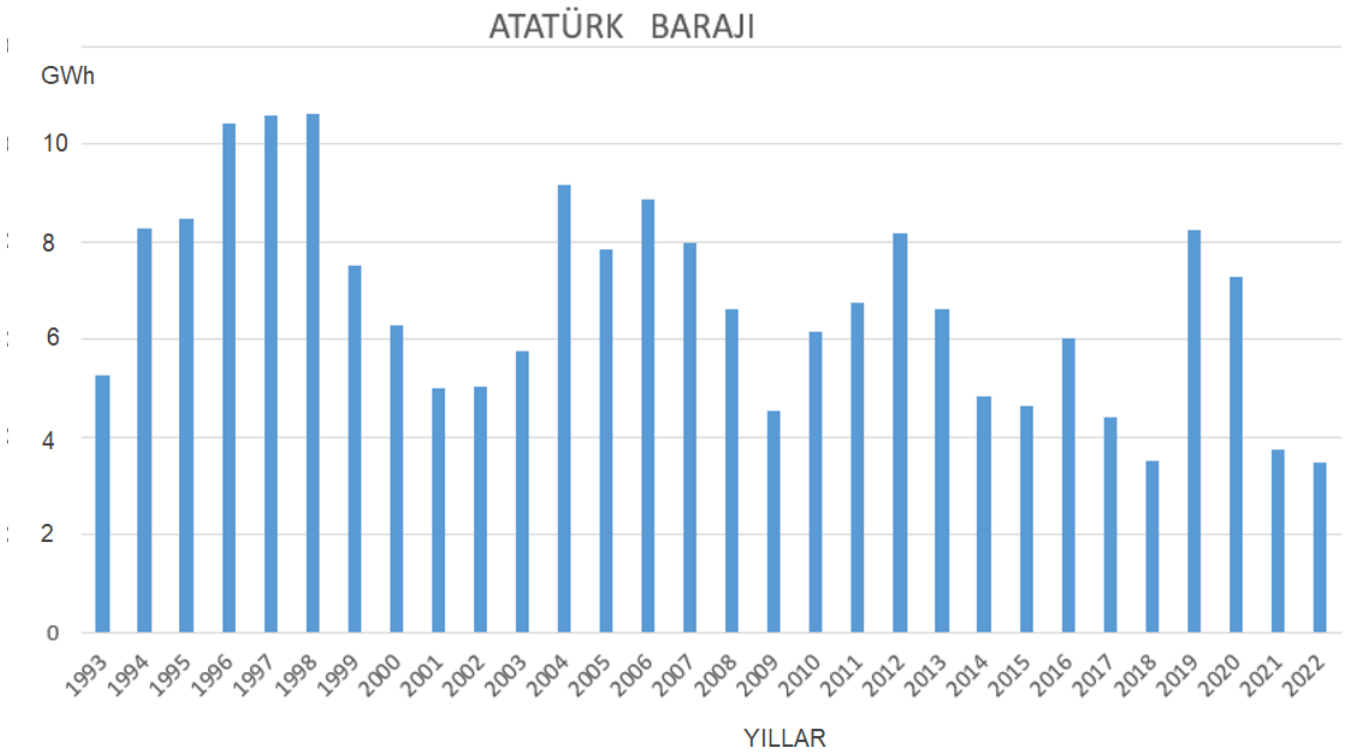
Karakaya Barajı



Şekil 3.Karakaya Barajından üretilen elektrik enerjisi (1993-2022)

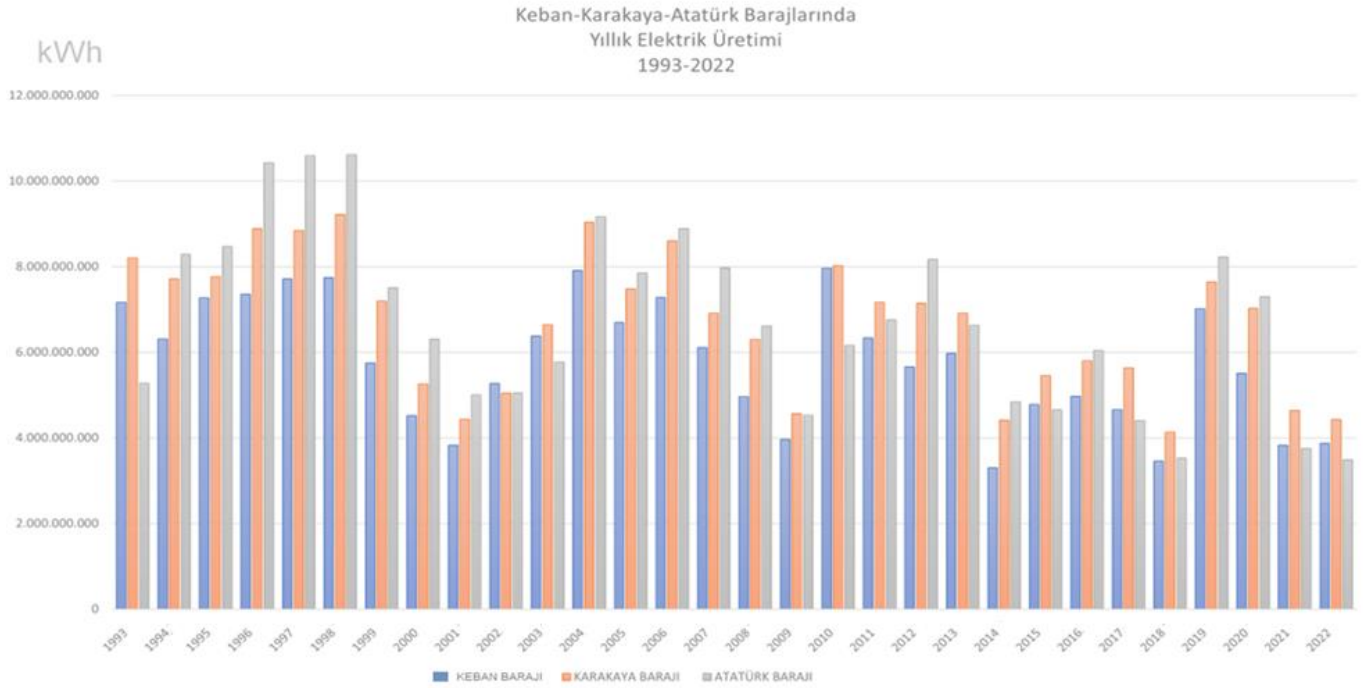


Atatürk Barajı



Şekil 4. Atatürk Barajından üretilen elektrik enerjisi (1993-2022)

Keban Karakaya ve Atatürk Barajlarından son 30 yılda üretilen yıllık elektrik enerjisi değerleri birlikte ele alınarak Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5.Keban, Karakaya ve Atatürk Barajından üretilen elektrik enerjisinin yıllara göre değişimi

Şekil 5 incelendiğinde son 30 yılda Keban, Karakaya ve Atatürk Barajlarından üretilen yıllık elektrik enerjisi miktarında bir azalma eğiliminin olduğu açık bir şekilde görülmektedir.

4. ENERJİ ÜRETİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Keban ,Karakaya ve Atatürk barajlarından elektrik enerjisi üretimi değerlendirilirken Keban Barajının en mimbada bir baraj olduğu dikkate alınmalıdır. Bu nedenle Keban barajından enerjisi alınarak bırakılan debi önce Karakaya Barajı gölüne girmekte ve buradan da enerjisi alınıp Atatürk barajı gölüne ulaşmaktadır. Bir diğer deyişle verimli bir işletme programı uygulandığında Keban barajından bırakılan debi ile iki kez daha enerji üretimi sağlanmaktadır.

Keban Barajı'nın kurulu gücü 1330 MW ,Karakaya Barajı'nın kurulu gücü 1800 MW ,Atatürk Barajının kurulu gücü ise 2400 MW dır. Bu durumda barajların kurulu güçlerine bakılarak genel bir değerlendirme ile Keban Barajından üretilen yıllık elektrik enerjisinin Karakaya Barajından üretilenden daha az ,Karakaya Barajından üretilen yıllık elektrik enerjisinin de Atatürk Barajından daha az olacağı düşünülebilir. Şekil 5 incelendiğinde de son 30 yılın 18 yılında elektrik üretim miktarlarının bu değerlendirmeye uygun olarak gerçekleştiği görülmektedir.. Bu 18 yılda enerji üretim miktarları kurulu güçlerin en büyüğünden küçüğüne doğru Atatürk, Karakaya ve Keban Barajlarından yapılan üretimler şeklinde gerçekleşmiştir. Diğer 12 yılda ise genellikle Atatürk Barajı üretiminin Karakaya Barajına kıyasla daha düşük kaldığı görülmektedir.

1993-2022 arasındaki 10 ar Yıllık dönemlerdeki Elektrik Enerjisi üretim miktarları

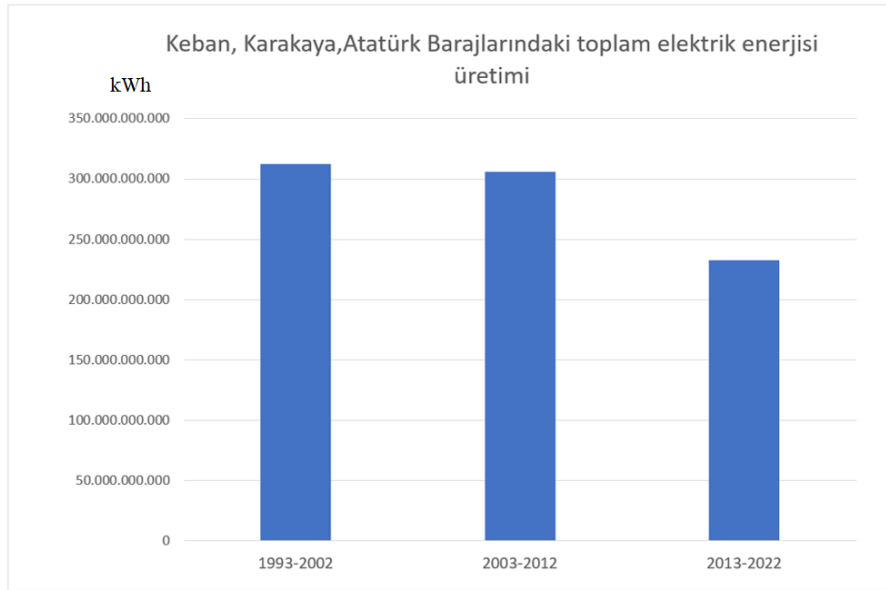
Keban, Karakaya ve Atatürk Barajlarının elektrik enerjisi üretimlerinin toplamında 10 ar yıllık dönemlerde kademeli bir azalma göze çarpmaktadır.

1993 -2022 yılları arasındaki 30 yıllık dönemde Keban, Karakaya ve Atatürk Barajlarında 10'ar yıllık periyotlarda üretilen toplam elektrik enerjisi aşağıdaki şekilde gerçekleşmiştir.

1.Dönem: 1993-2002 : 312.346.481.000 kWh

2.Dönem: 2003-2012 : 305.658.020.000 kWh

3.Dönem: 2013-2022 : 232.795.243.460 kWh



Şekil 6 Keban, Karakaya ve Atatürk Barajlarında üretilen elektrik enerjisinin 10 ar yıllık dönemlere göre değişimi

Son 30 yılda Keban, Karakaya ve Atatürk barajlarından 10 ar yıllık dönemlerde üretilen toplam elektrik enerjisinin değişimi Şekil 6'da verilmektedir. Birinci on yılda (1993-2002) bu üç barajdan 312,3 milyar kWh enerji üretilmişken bu değer ikinci on yılda (2003-2012) 305,6 milyar kWh'a ,üçüncü on yılda ise (2013-2022) 232,8 milyar kWh'a gerilemiştir.

Son 30 yılda her üç barajdan üretilen elektrik enerjisinde bir azalma eğilimi mevcuttur.(Şekil 5).Üretilen elektrik enerjisindeki azalma eğilimi her baraj için ayrı ayrı olarak Şekil 2,3 ve 4'de verilmiş olup en dramatik azalmanın Atatürk Barajındaki enerji üretiminde olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak

Her üç barajın senkronize bir şekilde işletilmeye başlandığı 1993 yılından bu yana geçen üç on yılda üretilen elektrik enerjisinin dramatik bir şekilde azaldığı görülmektedir.

Bu üç barajdan 1990'lı yıllarla başlayan ilk on yılda üretilen toplam elektrik enerjisi son on yılda %24 oranında azalmıştır. Bu azalma yıl ölçeği dikkate alındığında 1993 yılında başlayan ilk dönemdeki yıllara nazaran son birkaç yılda %55'e kadar da düşmüştür. Bir diğer deyişle bu üç barajımızdan üretilen elektrik enerjisi son 30 yılda tedicci bir şekilde azalmıştır. Bu azalma son iki yılda 1990'lı yılların başına nazaran %55 oranına kadar ulaşmıştır.

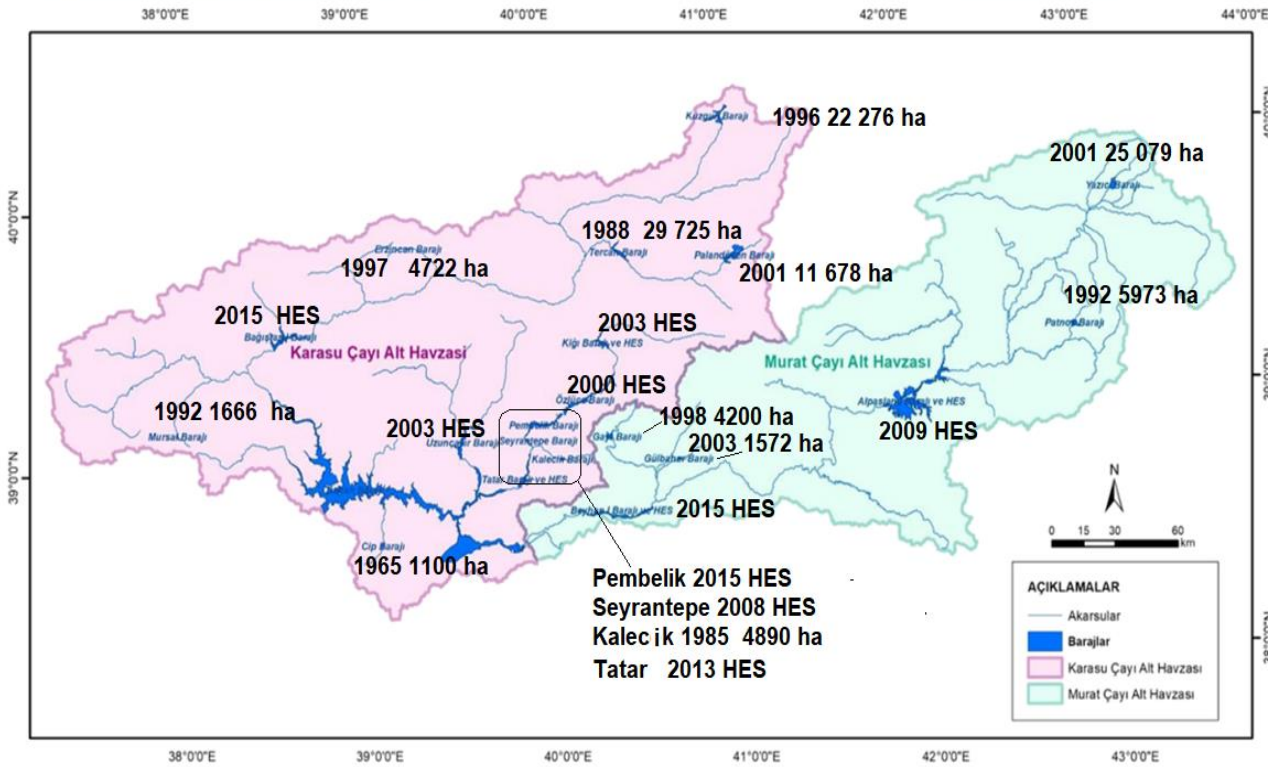
5. ENERJİ ÜRETİMİNDEKİ DÜŞÜŞÜN NEDENLERİNİN İNCELENMESİ

1. Keban Barajı su toplama havzasına düşen yağışların yıllara göre azalması ve esas olarak Keban Baraj gölüne giren sulardaki azalma
2. Keban, Karakaya ve Atatürk barajlarında enerji üretiminin maksimize edecek şekilde bir işletme programının uygulanamaması
3. Keban Barajını besleyen Yukarı Fırat ve Orta Fırat nehri havzalarında sulama barajları ve sulama projelerinin artması ve Keban Baraj gölüne ulaşan su miktarındaki azalma
4. Atatürk Baraj gölünden sulama için çekilen su miktarındaki artış nedeni ile enerji üretiminin azaltılması.

Yukarıda sözü edilen nedenlerden optimum bir işletme programının çok uzun yıllar boyunca uygulanamaması nedeniyle enerji üretiminde azalma olması ihtimali düşük bir ihtimaldir. Ayrıca Atatürk Barajından sulamaya çekilen su miktarındaki artış nedeniyle üretimdeki azalmanın sadece Atatürk Barajındaki üretim için etkili olması gerekirken üretim düşüklüğünün üç barajda senkronize ve birbiriyle uyumlu şekilde olduğu görülmektedir. Bu da üretimi azaltan nedenin tüm barajlar üzerinde entegre bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Keban Barajını besleyen Yukarı Fırat ve Orta Fırat nehri havzalarında sulama barajları ve sulama projelerinin artması

Keban Barajının su toplama havzasını besleyen Yukarı Fırat ve Orta Fırat havzalarında sulama barajları ve sulama projelerinin artması ve Keban Baraj gölüne ulaşan su miktarındaki azalma ihtimali aşağıda detaylı olarak incelenmiştir;



Şekil 7. Keban Barajının su havzasında çeşitli tarihlerde yapılan Sulama Barajı ve HES Projeleri

Şekil 7 incelendiğinde Keban Barajı su havzasında 1993 yılından sonra işletmeye açılan 7 sulama Barajı ile



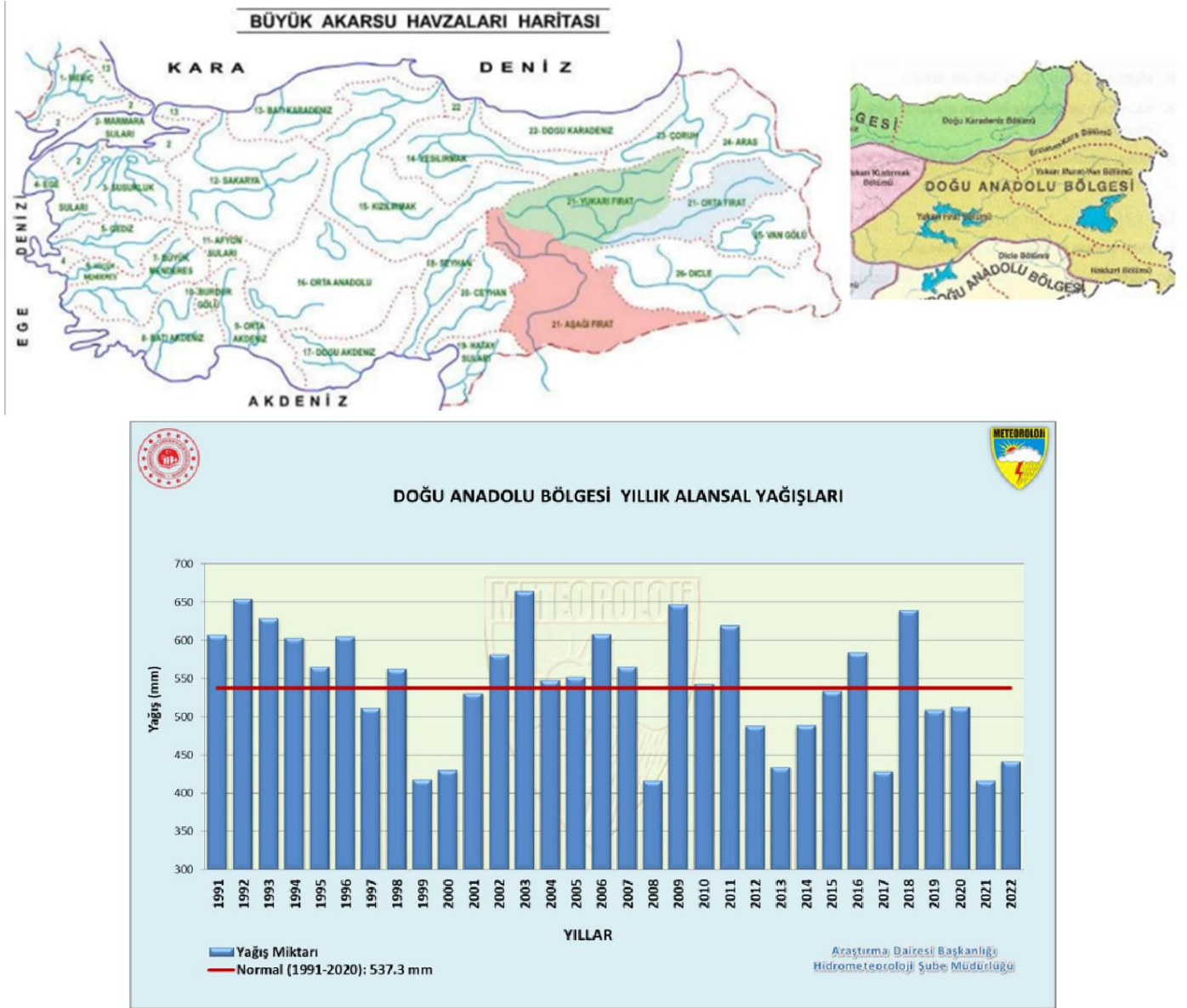
Şekil 9. Yukarı Fırat, Orta Fırat ve Aşağı Fırat Havzaları

Sulamaya açılan araziler nedeniyle Keban Baraj yerine yılda gelen su miktarının % 3,5 oranında azalmasının enerji üretiminde yıllar boyunca oluşan bu azalmada çok büyük bir etki oluşturmayacağı değerlendirilmektedir.

Hidro Enerji üretimi için kullanılan Fırat 'ın suyunun %80'i Keban Barajı Havzasından geliyor

Türkiye'nin en geniş havzasına sahip olan Fırat Nehri Türkiye içinde yılda ortalama 30 milyar m³ su taşımaktadır. Bu suyun %80'i Keban barajının akış yukarısındaki su toplama havzalarından kaynaklanmaktadır. Keban baraj yerindeki ortalama debi 700 m³/s civarındadır. Bu debi yağmurlar ve kar erimeleri sebebiyle ilkbaharda hızla yükselerek 2000 m³/sn'ye kadar ulaşır. Temmuzdan itibaren azalmaya başlayan su Eylül-Ekim aylarında en düşük seviyeye ulaşır

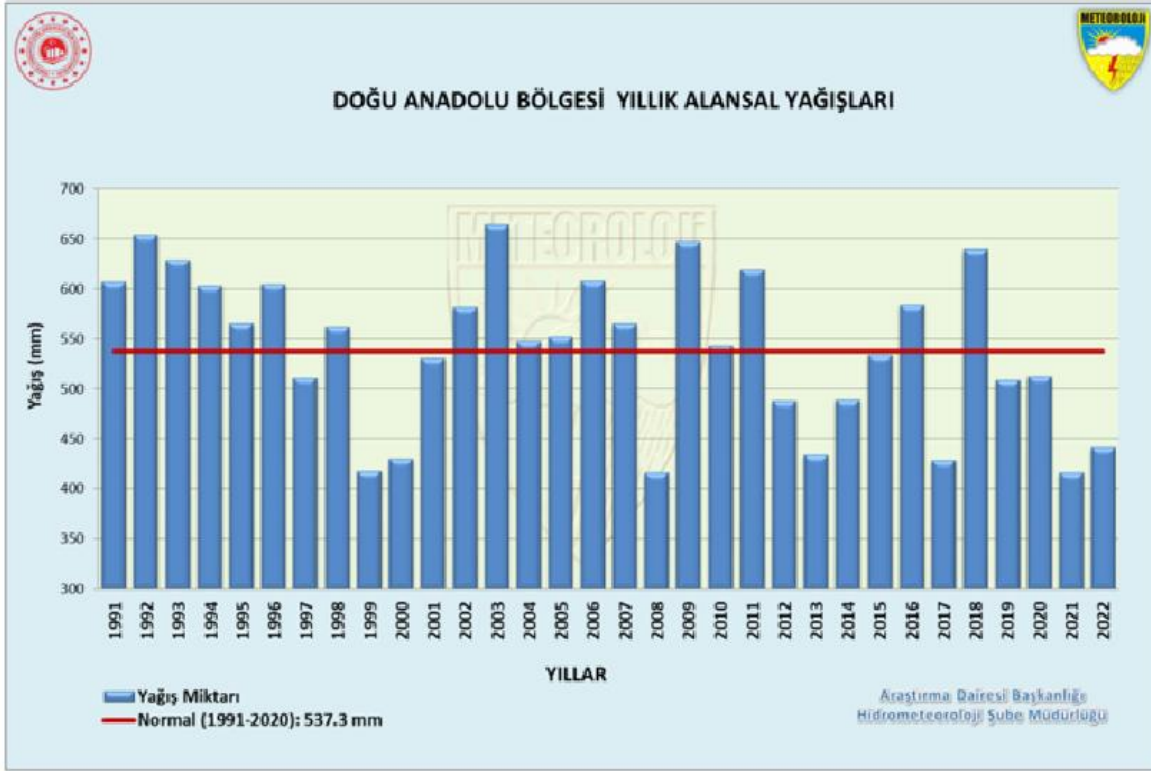
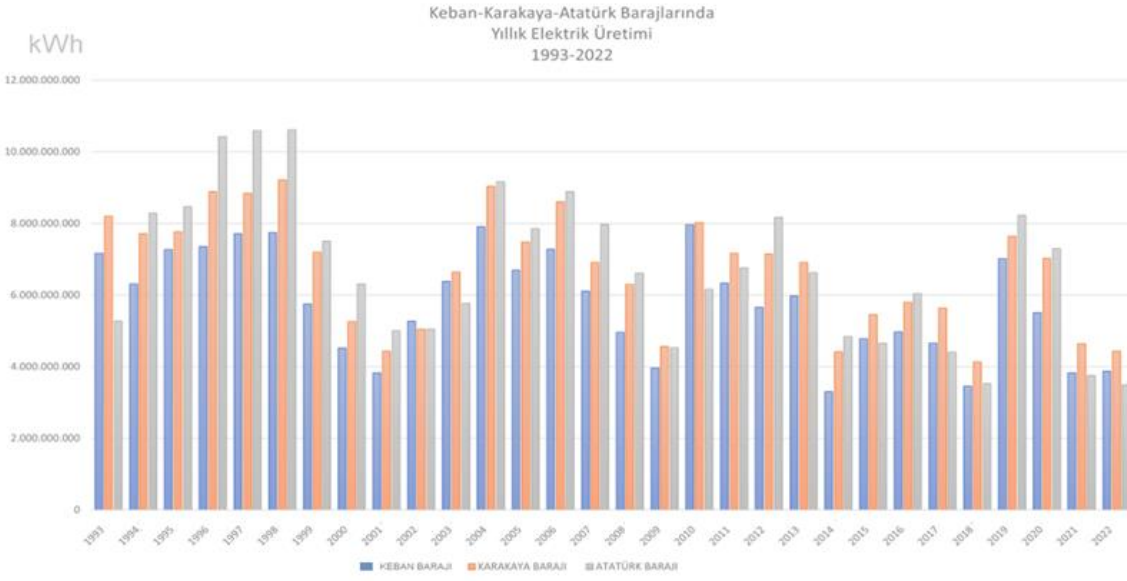
Keban Barajından sonra Karakaya ve Atatürk Baraj göllerini besleyen ara havzadan yıllık toplam olarak yaklaşık 4-5 milyar m³ debi gelmektedir. Bu durumda Fırat Nehrinin enerji üretimi potansiyelinde belirleyici olan havza Keban Barajı havzası olmaktadır. Karakaya ve Atatürk Baraj gölleri daha çok Keban'dan enerji üretimi için bırakılan debilerle ve ara havzalardan gelen az miktardaki sularla beslenmektedir.



Şekil 10.Doğu Anadolu Bölgesi ve Keban, Karakaya, Atatürk Barajı su toplama havzaları ile Doğu Anadolu bölgesine düşen yıllık alansal yağışlar.

5.1. Keban Barajı Su Toplama Havzasındaki Yıllık Yağışlar

Şekil 10 incelendiğinde Keban ve Karakaya Barajlarını besleyen Yukarı Fırat ve Orta Fırat su toplama havzalarının Doğu Anadolu coğrafi bölgesi sınırları içinde kaldığı görülmektedir. Bu durum tam olarak Keban Barajı havzasına düşen yıllık yağışı temsil etmese de bölgedeki yıllık alansal yağış durumu ile ilgili genel bir bilgi vermektedir. Doğu Anadolu bölgesine düşen yıllık alansal yağışların 1990'lı yıllardan itibaren bir azalma trendi içinde olduğu ve 2008 den itibaren de birçok yılda ortalamanın çok altında gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 11. Keban ,Karakaya, Atatürk Barajlarındaki toplam yıllık enerji üretimleri ve Doğu Anadolu Bölgesinin yıllık alansal yağışları.

Keban barajının su toplama havzası Doğu Anadolu bölgesinin büyük bir bölümünde yer almaktadır. Şekil 11 incelendiğinde Doğu Anadolu bölgesine düşen yıllık alansal yağışların Keban, Karakaya ve Atatürk Barajlarından bir yıl sonra üretilen yıllık elektrik enerji miktarında etkili olduğu görülmektedir. Bunun nedeni Karakaya Barajı rezervuarı hariç Keban ve Atatürk Barajı rezervuarlarının çok büyük hacimlere sahip olmalarıdır. Örneğin Atatürk Barajında rezervuar seviyesi normal işletme kotu olan 532 m. kotundan sadece 1 m yukarıya çıkabilmesi için rezervuara yaklaşık 720 milyon m³ suyun girmesi gerekmektedir. Bu nedenle bu rezervuarların kurak ve yağışlı dönemlerde göl su seviyelerinde neden olduğu artış ve azalmalar uzun bir

dönemde ve 3-5 m arasında gerçekleşmektedir. Bu da işletmeye gelen suyu biriktirme imkanı vermekte ve çoğu zaman bir sonraki yılın enerji üretim planlaması için dikkate alınmaktadır. Dolayısıyla çok olağandışı yağışlı yıllar hariç yağışlı dönemler genellikle bir sonraki yılın üretiminde etkili olmaktadır.

Bir diğer neden ise bu üç barajın işletme çalışmasının birbirleriyle senkronize şekilde yapılıyor olmasıdır. Bu nedenle en üst havzada yer alan Keban barajı havzasına düşen yağış miktarındaki artışın hemen enerji üretimindeki artışa dönüşmesi için yapılacak işletme çalışmasının Karakaya ve Atatürk Barajları ile birlikte planlanması gerekir. Bu da birçok değişkene bağlı olduğundan kısa sürede gerçekleşmeyebilir.

Şekil 11’de görüldüğü gibi Doğu Anadolu Bölgesine son 20 yılın en düşük alansal yağışları 1999, 2000, 2008, 2013,2017 ve 2021 yıllarında düşmüş, ancak yağışlardaki bu azalma 2000, 2001,2009,2014,2018 ve 2022 yıllarında üretilen elektrik enerjisindeki azalma olarak ortaya çıkmıştır. Doğu Anadolu Bölgesi 1996, 2003, 2009 ve 2018 yıllarında ortalamanın çok üzerinde yağış almış ve bu yağışlar Keban, Karakaya ve Atatürk Barajının rezervuarlarında biriktirilmiş ve bu etki 1997, 2004 ,2010 ve 2019 yıllarındaki enerji üretiminde artış olarak ortaya çıkmıştır. Bunun nedeni Keban Barajı havzasının daha çok kar erimelerinden beslenmesi nedeniyle düşen karın eriyerek akışa geçmesinin yılın ortasını bulması ve özellikle Keban ve Atatürk Barajlarının göl hacimlerinin çok büyük olması nedeniyle giren akımın bu göllerde tutulup bir sonraki yılın enerji üretiminde fayda sağlamasıdır. Yine yağışın az olduğu yıllarda bunun enerji üretiminin azalmasına olan etkisi de birer yıllık gecikme ile gerçekleşmiştir. Daha önce de açıklandığı gibi bunun nedeni baraj göl hacminin çok büyük olması ve yağışlardaki azalmanın göl su seviyesine yansımalarının sene ortasına doğru ortaya çıkması ve bu azalma etkisinin bir sene sonraki işletme programında dikkate alınmasıdır.

Üretilen enerjinin tüm barajlarda aynı oranda artması ve azalmasının nedeni de Keban’dan enerjisi alınarak bırakılan sudan Karakaya ve Atatürk barajlarının da enerji üretmesi şeklinde açıklanabilir. Bu üretimde Keban Barajı en düşük üretimi yapmakta ve onu Karakaya ve Atatürk Barajı izlemektedir. Karakaya ve Atatürk’teki üretimlerin daha fazla olması enerji üretiminde kullanılan özgül debilerindeki farktan ve Atatürk Barajına ara havzadan giren debiden kaynaklanabilir.

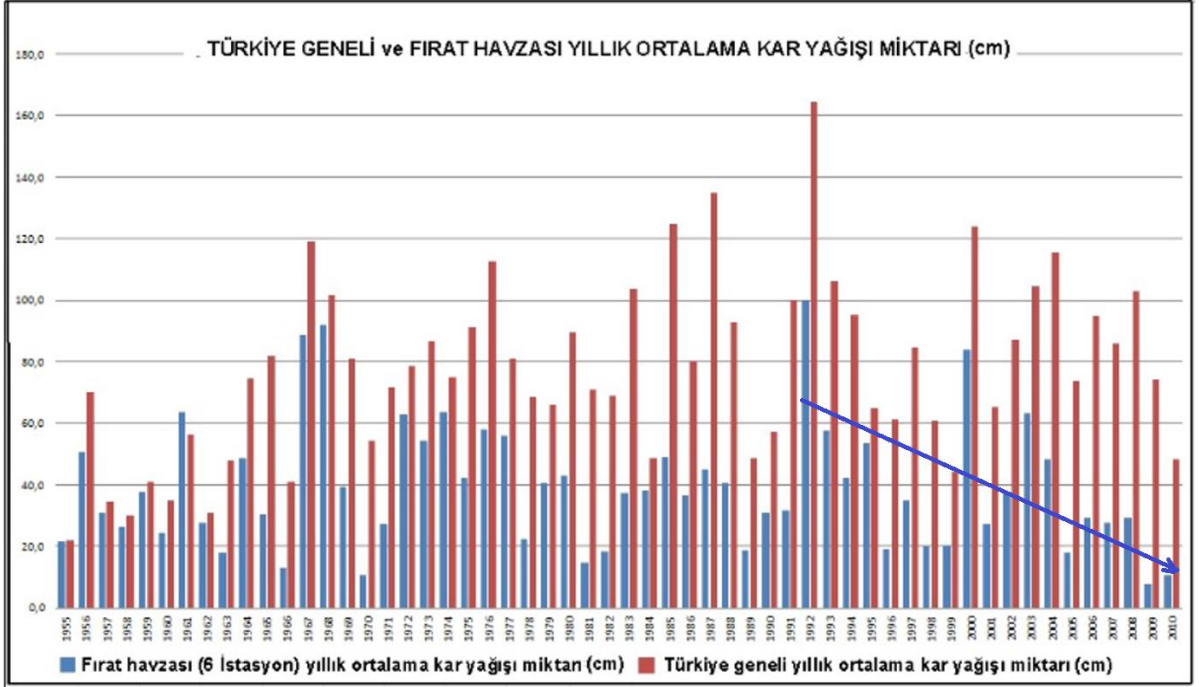
5.2. Fırat havzasının kar yağışlarında görülen azalma

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Fırat havzasında barajlarının yapılmasıyla havzadaki kar yağışı miktarında herhangi bir değişimin olup olmadığı araştırılmıştır.

Bu konunun en iyi şekilde açıklanabilmesi için öncelikle Mann-Kendall Korelasyon Katsayısı (Trend Analizi) yapılması suretiyle ve Fırat havzasındaki havzaya yakın Gaziantep, Şanlıurfa, Adıyaman, Malatya, Elazığ ve Tunceli istasyonlarına ait uzun yıllar klimatolojik verileri incelenerek su yapılarının yapılmasından önceki ve sonraki dönemlerde yapılmış gözlemlerin mukayesesi ve gözlenen değişimin genel sinoptik sirkülasyona göre değişim oranlarının kıyaslanması suretiyle sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır.

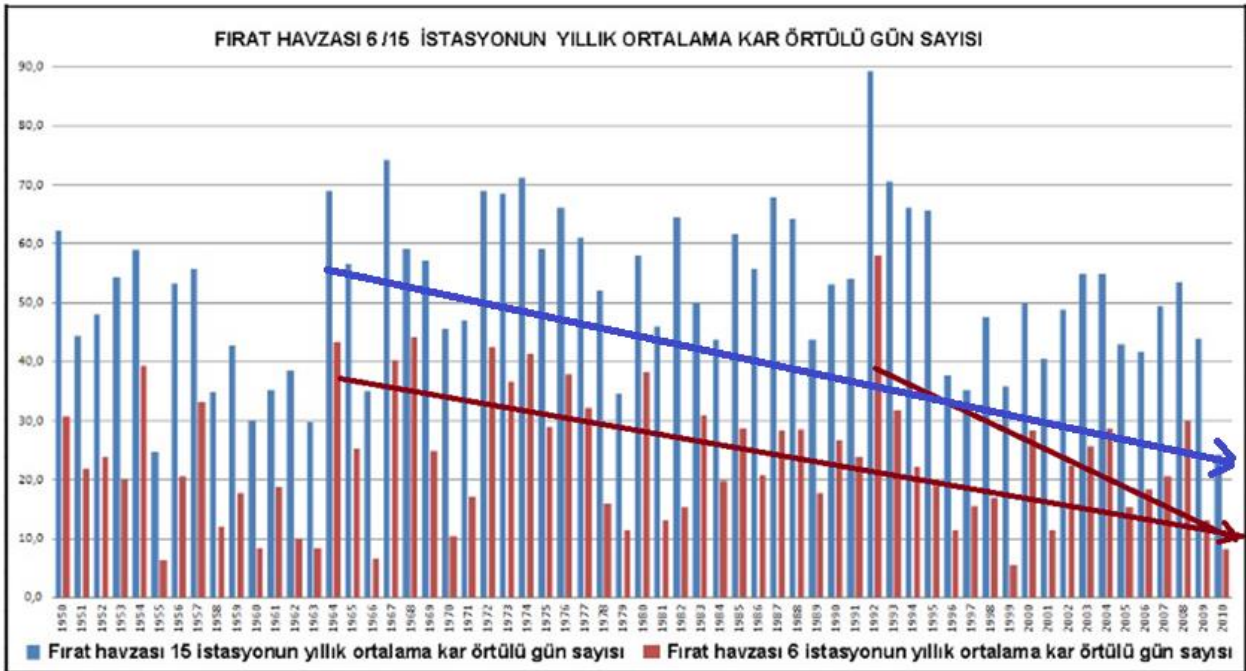
Bu çalışmalar kapsamında Fırat havzası uzun yıllar (1950-2010) yıllık kar yüksekliği ve kar örtülü gün sayısı analizi için aşağıdaki grafikler elde edilmiştir.

Türkiye geneli için bazı yıllarda kar yağışında, uzun yıllar ortalamasına göre ortalamanın üzeri yağış olmuşken Fırat havzasındaki istasyonlarda ortalama kar yağış miktarı azalma trendi



Kaynak: MGM

Şekil 12 Türkiye geneli ve Fırat Havzası yıllık ortalama kar yağışı miktarı (3).

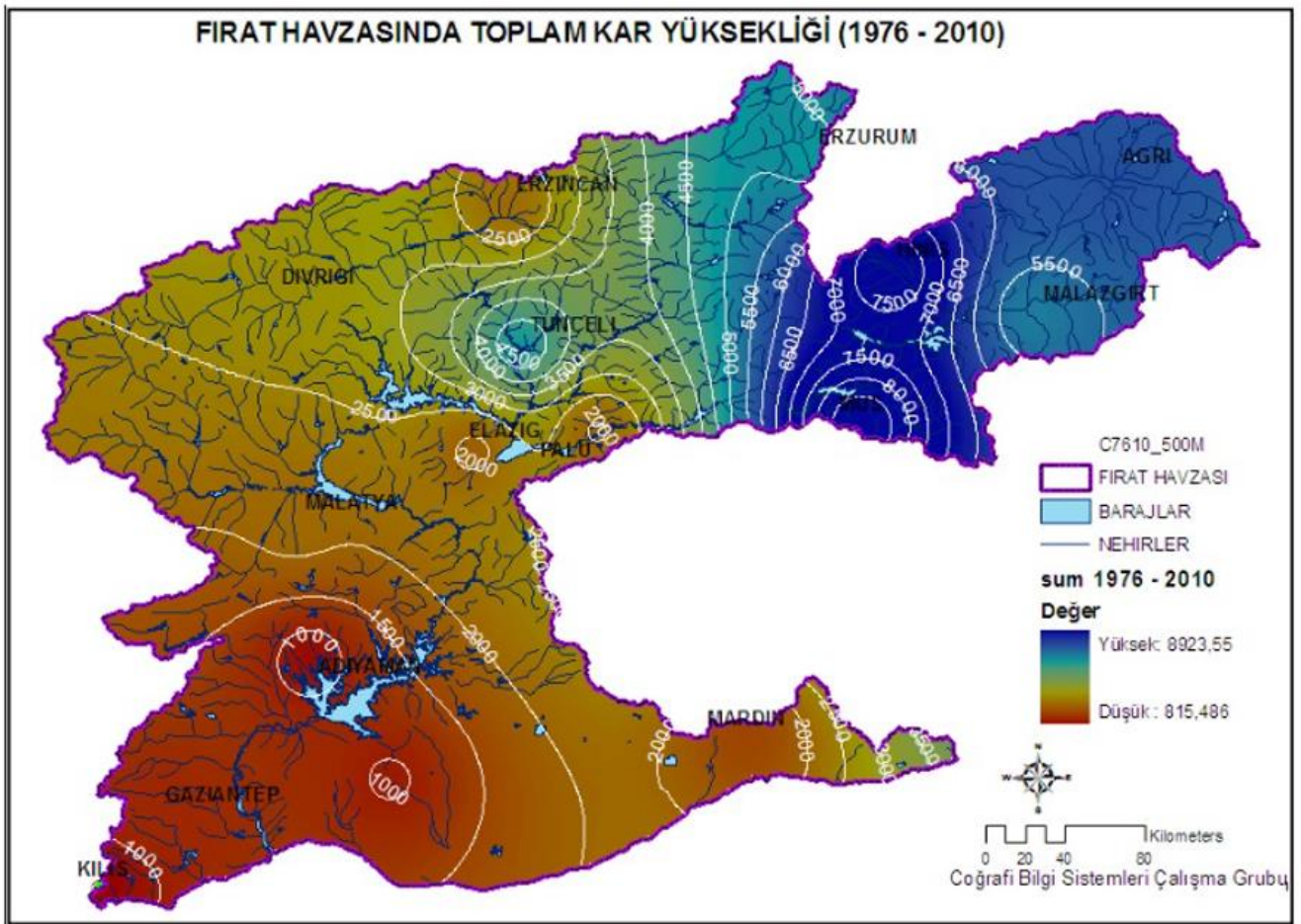


Şekil 13. Fırat Havzasındaki 6 istasyonun yıllık ortalama kar örtülü gün sayısı (3)

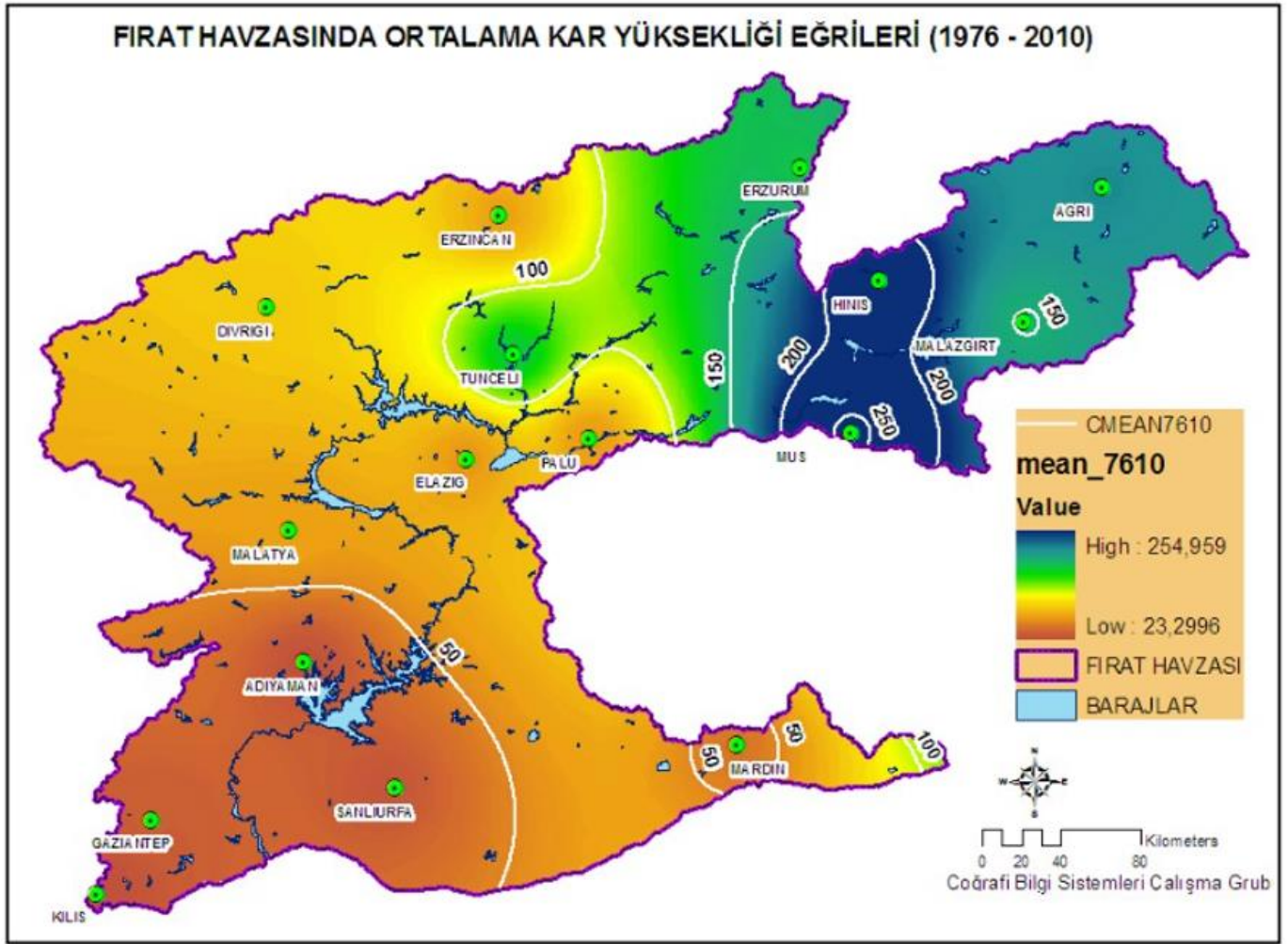
Şekil 12 ve Şekil 13 ‘de verilen bu grafikler ve diğer sonuçlar üzerinden yapılan analizde “*Türkiye geneli için bazı yıllarda kar yağışında, uzun yıllar ortalamasına göre ortalamanın üzerinde kar yağışı olmuşken Fırat havzasındaki istasyonlarda ortalama kar yağışı miktarı azalma trendi içindedir.*” denmiştir(3).

Şekil 12 ve 13 te gerek yıllık ortalama kar yağış miktarının gerekse kar örtülü gün sayısının 1992 yılından itibaren son ölçüm verisi alınan 2010 yılına kadar keskin bir azalma içinde olduğu açıkça görülmektedir.

Şekil 13 ‘te verilen kar örtülü gün sayısında uzun yıllar (1950-2010) değerlerine bakıldığında 1992 yılı hariç tutulduğunda çok açık bir azalma eğilimi görülmektedir. Bu durum kar erimeleriyle beslenen Fırat Nehri üzerindeki barajların su bütçesi konusunda çok önemli bir gösterge olarak ortaya çıkmaktadır.



Şekil 14.Fırat Havzasında toplam kar yüksekliği (3).



Şekil 15. Fırat Havzasında ortalama kar yüksekliği eğrileri (1976-2010). (3).

MGM tarafından yapılan çalışmalarda Fırat havzasında 1976-2010 yılları arasındaki toplam ve ortalama kar yükseklikleri haritaları çıkartılmıştır. Bu haritalar Şekil 14 ve Şekil 15’de verilmiştir.

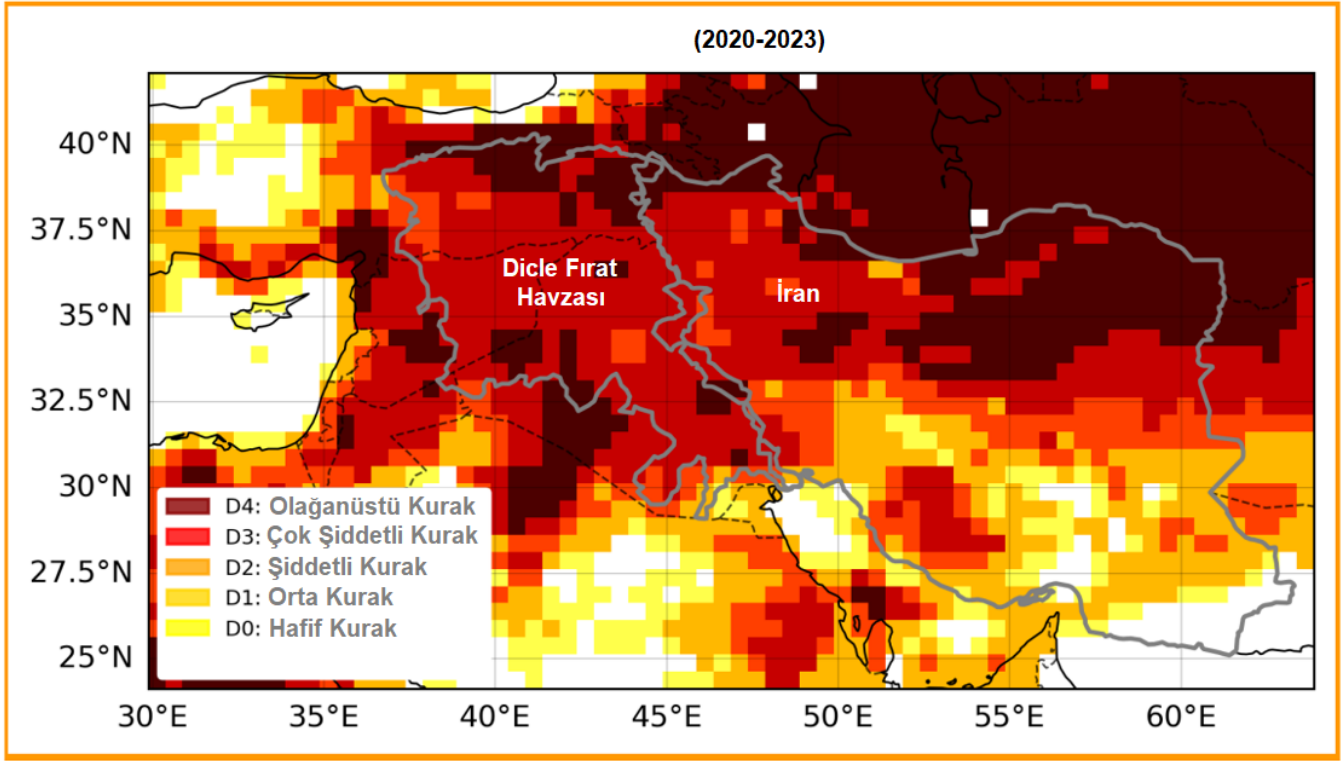
5.3.Keban Barajı su toplama havzasında yağışlardaki azalmanın etkisi

Yukarıda açıklanan nedenlerin dışında barajlarda üretilen elektrik enerjisindeki tedrici azalmanın en makul nedeni havzaya düşen yağışlardaki azalma olarak ortaya çıkmaktadır. Son 30 yılda Keban ve Atatürk Barajlarının su seviyelerinde zaman zaman yaşanan dramatik düşüşler de bu meteorolojik kuraklığın sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Bu durumun barajlardan üretilen elektrik enerjisine düşüş olarak yansması da doğal bir sonuç olmaktadır.

Yukarı Fırat Havzasının Uzun Dönem Akım Eğilimlerinin Analizi çalışmasının sonuçları da (1) Yukarı Fırat Havzası'nda sıcaklık ve yağış ile birlikte uzun dönemli akarsu akışında doğal olarak azalma eğilimini ortaya koymuştur.

Yapılan çalışmada havza çapında kapsamlı bir hidrolojik model oluşturmanın karmaşıklığı nedeniyle, uzun vadeli akış eğilimlerini tahmin etmek amacıyla, regresyon ve zaman serileri analizlerinde akım verisi kullanılmıştır. Havzada Yıllık doğal akışın esas olarak doğal faktörler nedeniyle azalma eğiliminde olduğu sonucuna varılmıştır.

6.İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN DİCLE FIRAT HAVZASINDAKİ KURAKLIĞA OLAN ETKİSİ (6)



Şekil 16: ABD küresel kuraklık izleme sistemine göre Geniş Batı Asya bölgesi için kuraklık sınıflandırması (6). Lejand Haziran 2023'teki 36 aylık SPEI değerlerini gösteriyor . Çalışma bölgeleri, Dicle-Fırat Nehri Havzası ve İran gri çizgilerle gösterilmiştir.

World Weather Attribution grup tarafından yapılan çalışmada(6) Tüm Fırat ve Dicle Havzası (ET-Basin) ile İran'ın çok geniş bir bölgesinde, Haziran 2023'e kadar 36 ay boyunca aşırı ve olağanüstü tarımsal kuraklık yaşandığı tespit edildi.(Şekil 16). Üç farklı gözlem tabanlı veriler kullanılarak yapılan çalışmada gerek Dicle ve Fırat havzasında gerekse İran'da gelecekte daha ciddi kuraklıklara yönelik güçlü bir eğilim tespit edildi.

Bu çalışmada(6)insan kaynaklı iklim değişikliğinin bölgedeki kuraklık eğilimlerinin itici gücü olup olmadığını veya ne ölçüde olduğunu belirlemek için gözlem tabanlı veriler kullanılmıştır. Bu veriler iklim modellerine uygulanıp bölgedeki 36 aylık SPEI değerleri elde edilmiştir.

World Weather Attribution grup tarafından gerçekleştirilen çalışmada(6), Dicle ve Fırat Havzasında son dönemde olduğu gibi böyle bir kuraklığın meydana gelme olasılığının 1.2 ° C daha serin bir dünyaya kıyasla 25 kat daha arttığı tespit edilmiştir. İran'da ise böyle bir kuraklık olasılığının 1.2 ° C daha serin bir dünyaya kıyasla 16 kat arttığı sonucuna varılmıştır(6).

Yapılan araştırmanın sonucuna göre, daha çok fosil yakıtların etkisiyle, dünyadaki ortalama sıcaklığın 1.2 ° C artmış olması nedeniyle daha ciddi kuraklıkların en az on yılda bir meydana gelmesi beklenmektedir.

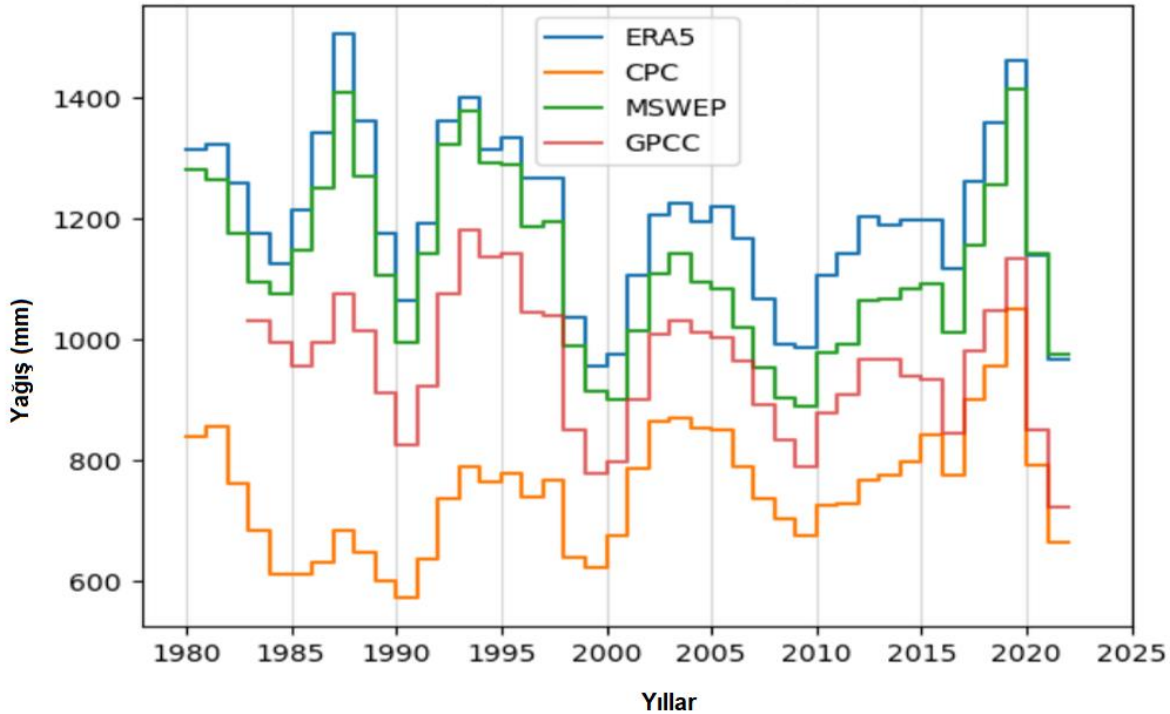
Suriye, Irak ve İran'daki Aşırı Kuraklığın Ardındaki İklim Değişikliği Etkisi (6).

World Weather Attribution grup tarafından yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre Suriye ve Irak'ın büyük bir bölümünü kapsayan Dicle-Fırat havzasında, bu şiddetteki kuraklıklar, küresel ısınmadan önce yaklaşık 250 yılda bir yaşanıyordu; şimdi ise on yılda bir yaşanması beklenmektedir. İran'da aşırı kuraklıklar ise geçmişte her 80 yılda bir yaşanırken, günümüzün daha sıcak dünyasında artık ortalama her beş yılda bir yaşanmaktadır.

World Weather Attribution grup tarafından yapılan çalışmada(6) araştırmacılar, küresel ısınmanın ortalama sıcaklığı yaklaşık 1,2 ° C artırmıştı bu yana Dicle ve Fırat havzası ve İran'daki kuraklığın şiddeti ve tekerrür süresinin nasıl değiştiğini araştırmıştır. Bunun için gözlem tabanlı hidrometeorolojik veriler ve iklim modelleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada yer alan araştırmacılar , 2020'den bu yana kaydedilen yüksek sıcaklıkların iklim değişikliği olmadan oluşabilmesinin “neredeyse imkansız” olduğunu ve iklim değişikliğinin kuraklığın meydana gelme olasılığını çok daha artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Dicle ve Fırat havzasında son üç yıl için tespit edilen kuraklığın şiddeti ABD Kuraklık Gözlem ölçeğinde “aşırı kurak ” olarak sınıflandırılmıştır. Araştırmacılar yayınladıkları makalede (6) son üç yılda oluşan aşırı kuraklıkların iklim değişikliği etkisi ile oluştuğunu ,bu etki olmamış olsa idi kuraklık eşiğinin geçilmemiş olacağını ileri sürmüştür.

Araştırmacılar, gelecekte daha sık yaşanacak kuraklığa karşı plan yapmanın hayati önem taşıdığını ifade etmektedir. İran'daki Semnan Üniversitesi'nden Prof. Mohammad Rahimi, “Çalışmamız, insan kaynaklı iklim değişikliğinin Batı Asya'daki on milyonlarca insanın hayatını oldukça zorlaştırdığını gösterdi. Daha fazla ısınmayla birlikte Suriye, Irak ve İran yaşanması daha da zor yerler haline gelecek” demiştir



Şekil 17 .Dicle-Fırat havzasında üç yıllık kümülatif toplam yağışların değişimi. (Kullanılan veri setleri: CPC, GPCC, MSWEP , ERA5) (6)

Sözkonusu araştırmada Dicle-Fırat havzasındaki uzun dönemli yağış verileri de incelenmiştir. Şekil 17'de

Dicle-Fırat Havzası için kümülatif yağışlara ilişkin zaman serileri verilmiştir. Bu incelemede kullanılan veri setlerinden üçünün kendi aralarında iyi bir uyum gösterdiği görülmektedir.

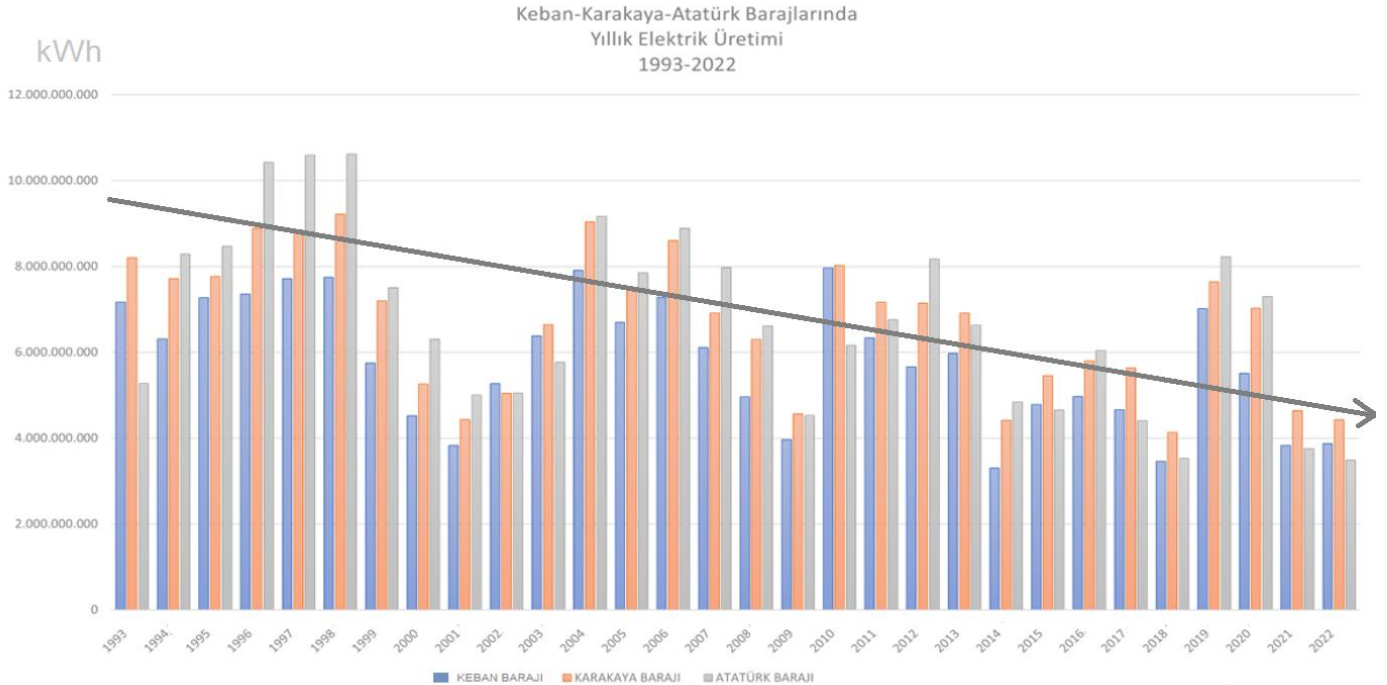
Ayrıca Şekil 17 de Fırat ve Dicle havzasında 1980 yılından itibaren kurak periyotların oluştuğu ve kümülatif yağışlarda tedrici bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir.

7.SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Keban ,Karakaya ve Atatürk Barajları Türkiye'nin sınıraşan bir nehri olan Fırat Nehri üzerindeki en önemli barajlarıdır.Bu üç barajdan Keban barajı 1974,Karakaya barajı 1987 ,Atatürk Barajı ise 1992 yılında işletmeye alınmıştır. Bu üç barajın kurulu gücünün toplamı 5530 MW olup halen Türkiye'deki toplam HES kurulu gücünün % 17,5 'ini, üretilen hidroelektrik enerjinin ise 2022 yılında 11,80Gwh ile % 19'unu üretmiştir. Bu üç baraj Türkiye'deki hidroelektrik enerjinin yaklaşık beşte birini üretmektedir.

1993 yılında Atatürk Barajı'nın üretime başlaması ile bu üç baraj senkronize bir şekilde çalışmaya başlamıştır. Bu üç barajda 1993 yılından itibaren işletme programı senkronize olarak planlanmış ve elektrik üretiminde en yüksek seviyeye çıkılması amaçlanmıştır.

Keban ,Karakaya ve Atatürk Barajlarının proje enerji üretim kapasiteleri sırasıyla 6,6 GWh, 7,5 GWh ve 8,9 GWh olup bu üç barajın toplam proje üretim değeri 23 GWh dır. Hidroelektrik enerji santrallerinde proje üretim kapasiteleri ile güvenilir enerji üretimleri arasında bir fark vardır. Ancak depolama kapasiteleri çok büyük olan bu barajlar birbirleriyle senkronize bir şekilde işletilme avantajına sahiptir. Bu nedenle iyi planlanmış bir işletme programı ile enerji üretimi en yüksek seviyede gerçekleştirilebilir. 1993 yılını takip eden 5 yılda bu üretim son 30 yılın en yüksek seviyesinde gerçekleşmiş daha sonra ise tedrici bir şekilde azalmaya başlamıştır.



Bu barajlar son 30 yıl içinde 17 kez çeşitli seviyelerde proje üretiminin altında üretim yapmıştır. Bu barajlar arasında yıllık enerji üretiminde tedrici azalmanın en fazla görüldüğü baraj Atatürk Barajı olmuştur. Atatürk Barajında son 30 yılın 9 yılındaki yıllık üretim miktarları 8,9 Gwh'lik kapasitenin %45 altında gerçekleşmiştir.

Özet olarak; Keban, Karakaya ve Atatürk Barajlarının toplam yıllık elektrik üretimlerinde son 30 yıldır tedrici bir azalma görülmektedir. Bu çalışmada bu sürekli azalmaya neden olabilecek hususlar detaylı olarak ele alınmıştır. 2019 yılında bölgedeki akım verilerindeki değişim üzerinde yaptığımız ve yayınladığımız bir çalışmanın(1) sonuçları da bu değerlendirmeye dahil edilmiştir. Barajların yer aldığı Fırat Nehri havzasında Meteoroloji Genel Müdürlüğüne gerçekleştirilen bir çalışma kapsamında elde edilen yıllık ortalama kar yüksekliğindeki değişimler ve analizler de incelenmiştir. Bunun yanı sıra Dicle ve Fırat havzasındaki kuraklığın iklim değişikliği etkisi ile oluştuğunu ileri süren son bilimsel çalışmalar(6) da incelenmiştir. 2019 yılında tarafımızca yapılan çalışmanın (1) sonuçları ve diğer bilimsel çalışmaların sonuçları (5,6) ile MGM tarafından yapılan analizler Dicle-Fırat havzasındaki hidroklimatolojik değişiklikler konusunda birbiri ile uyumlu sonuçlar vermiştir.

Sonuç olarak Fırat havzasındaki barajların enerji üretimindeki azalmaya neden olabilecek birçok etki detaylı bir şekilde incelenmiş ve bu tedrici ve sürekli azalmanın yaşanan kurak dönemler ve havzaya düşen yağışlardaki azalmadan kaynaklandığı ve sürmekte olduğu sonucuna varılmıştır.

Bölgede su kaynakları üzerinde oluşan bu baskının suyun sektörel tahsisine ve bölge hidropolitiğine etkilerinin detaylı olarak incelenmesi ve planların buna göre güncellenmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışma, Keban, Karakaya ve Atatürk Barajlarının son 30 yıllık aylık elektrik üretimleri, baraj gölü su seviyeleri ve bölgedeki yağış değerlerinin baraj havzalarına karşılık gelen alansal dağılımı hesaplanarak daha detaylı bir şekilde gerçekleştirilebilir.

8. KAYNAKÇA

[1] Yildiz, D., Yildiz, D. & Gunes, M.S. (2019). Analysis of long-term natural streamflow trends in Upper Euphrates River Basin. European Journal of Science and Technology, (15), 118-131

[2] T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI Meteoroloji Genel Müdürlüğü
2022 YILI YAĞIŞ DEĞERLENDİRMESİ Araştırma Dairesi Başkanlığı Hidrometeoroloji Şube Müdürlüğü
OCAK 2023 – ANKARA

[3] MGM Fırat Havzasının Klimatolojik Analizi <https://www.mgm.gov.tr/genel/firathavzasi.aspx?s=6>

[4] ENERJİ ATLASI www.enerjiatlası.com/hidroelektrik

[5] Yılmaz Y. 2019 Ph.D. THESIS “ INVESTIGATING THE HYDROCLIMATIC CHANGES IN THE EUPHRATES-TIGRIS BASIN UNDER A CHANGING CLIMATE” ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY EURASIA INSTITUTE OF EARTH SCIENCES. Department of Climate and Marine Sciences Earth System Science Programme MARCH 2019.

[6] Otto, F,Clarke, B,Rahimi, M, Zachariah, M, Barnes, C ,Kimutai, J Stewart, S ,Vahlberg, M, Banthiya, A, El Hajj, R, Singh, R, Wynter, A, Philip, S, Pinto, I (2023) “Human-induced climate change compounded by socio-economic water stressors increased severity of drought in Syria, Iraq and Iran” [Grantham Institute for Climate Change Faculty of Natural Sciences. http://hdl.handle.net/10044/1/107370](https://hdl.handle.net/10044/1/107370)



SPD

HİDROPOLİTİK AKADEMİ MERKEZİ

Güfte Sokak 8/9 06680 Kavaklıdere/ANKARA /TURKEY

TEL: 312 417 00 41 Fax: 312 417 60 67