

# Thornthwaite yöntemi ile su bilançosunun ve iklim tipinin belirlenmesinde bilgisayar kullanımı

YÜKSEL BİRİSOY / M.KIRAMI ÖLGEN

## Giriş

Gerek Klimatoloji, gerekse Hidroloji çalışmalarında, bir yerin ikliminin belirlenmesi için o yere ait yalnız sıcaklık, yağış, basınç, rüzgarlar ve nem verilerinin ortaya konulması yeterli olmamakta, o yerin iklimi ile ilgili tüm elemanların birlikte incelenmesi gerekmektedir. Kuşkusuz, dünya ölçeğinde iklim tiplerinin dağılışı, öncelikle enlem derecesine, kara ve denizlerin dağılışına ve yükseltiye bağlıdır. İşte tüm bu nedenlerden dolayı iklim tipinin belirlenmesi oldukça kompleks bir olaydır ve üzerinde en çok çalışılan Klimatoloji konularından biridir. Onun için iklimlerin sınıflandırılması ile ilgili geliştirilen yöntemlerin sayısı oldukça fazladır.

İklim sınıflandırmalarının ana amacı farklı iklim tiplerini ayırt etmek, bu bakımdan birbirine benzeyen veya benzemeyen mekânları belirlemektir. İklim sınıflandırmaları bilimsel açıdan olduğu kadar, uygulama açısından da büyük öneme sahiptir. Çünkü herhangi bir coğrafi mekânın iklim şartlarına bağlı potansiyeli, tarım, planlama, ulaşım, yerleşme, sulama gibi mekândan faydalanma ile ilgili hemen hemen tüm çalışmalar geniş ölçüde iklimle ilgilidir (1).

Birçok araştırmacı tarafından iklim sınıflandırması ile ilgili olarak geliştirilen başlıca yöntemleri ve özelliklerini şöyle sıralayabiliriz : Kantitatif olarak iklim sınıflandırması ile ilgili bir yöntemi 1901 yılında W. KÖPPEN geliştirmiştir. Bugün en yaygın olarak kullanılan sınıflandırma yöntemi budur (2)

Köppen, sınıflandırmasında yıllık ve aylık sıcaklıklar ile yıllık ve aylık yağışları ve bunlara ek olarak "İklimsel Vejetasyon" u göz önüne almıştır (3). Bu sınıflamada ana iklim tiplerinin sayısı beş'tir ve sınırları hem sıcaklık hem de nemlilik derecesine göre

---

1) ERİNÇ, S.: "Klimatoloji ve Metodları", İ.Ü.yay. no: 3278, Deniz Bilimleri ve Coğ. Enst. yay. no: 2, 1984. İSTANBUL

2) ERİNÇ, S. a.g.e., 1984

3) AKMAN, Y. : "İklim ve Biyoiklim", Palme yayınları Mühendislik serisi 103 1990, ANKARA.

belirlenmektedir. Bunlar : Tropikal sıcak iklimler, Kurak iklimler, Nemli iklimler, Nemli bölgelerdeki karasal alanları karakterize eden iklimler ve kutup iklimleridir.

Köppen'in sınıflaması bugün çok kullanılmasına rağmen bazı yerel farkların belirmesi için yeterli olmamaktadır. Örneğin ülkemizde kuraklık sınırları belirlendiğinde Kars ve Lüleburgaz gibi step sahaları ile Bursa ve Antalya gibi orman alanları hep nemli iklim bölgesi olarak çıkar. Gerçekte bunların arasında büyük farklar vardır. Bunun nedeni Köppen sisteminde sınır değerleri aralıklarının çok geniş tutulmasıdır (4). İklim sınıflandırmaları ile ilgili yaygın olarak kullanılan bir diğer yöntem de 1929' da de MARTONNE tarafından ortaya konulmuştur. Hemen hemen tüm kantitatif iklim sınıflandırmalarında olduğu gibi bu sınıflandırmada da yağış ve sıcaklık ana belirleyici unsurlar olarak göz önüne alınmıştır. Ancak de Martonne'a göre en önemli faktör sıcaklıktır ve yıllık ortalama sıcaklık yanında sıcak ve soğuk mevsimlerdeki sıcaklık ortalamaları (temmuz ve ocak ayları) ile bu sıcaklıklar arasındaki fark ve sıcak ve soğuk devrelerin süresi de göz önünde bulundurulmalıdır. Araştırmacı, sınıflandırmasında ikinci önemli faktör olarak yağışı kullanmıştır. Yıllık yağış miktarı genel olarak kurak ve yağışlı iklimleri ayırmaya yarar. Kuraklık yalnız yağış miktarına değil, aynı zamanda buharlaşmaya, dolayısıyla sıcaklığa bağlıdır. Ortalama aylık yağışlar, kurak devreleri olan iklimlerin ayrılmasında yardımcı olur (5). Ayrıca de Martonne bu sınıflandırmasında bulutluluk, havanın nemi ve yağışlı günlerin sayısı gibi diğer iklim özelliklerini de göz önünde bulundurmaktadır.

Tüm bu özellikler dikkate alınarak şu iklim tipleri ayrılmıştır (6): Sıcak iklimler, Muson iklimleri, Çöl iklimleri, Subtropikal iklimler, Orta kuşak iklimleri ve Soğuk iklimler. Özellikle ülkemizde iklim sınıflandırması amacıyla 1965 yılında ERİNÇ tarafından ortaya atılan "Yağış Etkinliği İndisi" ni de burada belirtmek gerekir. Erinç, indis sonuçlarını vejetasyon formasyonlarının yayılış alanları ile kontrol ederek, altı ayrı sınıf belirlemiştir. Bunlar: Tam kurak, Kurak, Yarı kurak, Yarı nemli, Nemli ve Çok nemli iklimlerdir. Araştırmacının kendi belirttiğine göre bu formül Türkiye şartlarını

---

4) ERİNÇ, S. a.g.e., 1984

5) AKMAN, Y. a.g.e., 1990

6) AKMAN, Y. a.g.e., 1990

birçok formülden çok daha iyi yansıtmaktadır. Örneğin de Martonne formülüne göre Kars, Yalova ve Bursa'dan daha nemli çıkmaktadır. Oysa Erinç formülü Bursa ve Yalova'nın Kars'tan daha nemli olduğunu, aradaki farkları dereceleyerek ortaya koymaktadır (7).

Bugün ülkemizde de birçok araştırmacı tarafından yaygın olarak kullanılan ve bizim de çalışmamızın konusunu oluşturan bir diğer yöntem de 1948 yılında C.W. THORNTHWAITE tarafından ortaya atılan sınıflandırmadır. Bunun temeli yağışla evapotranspirasyon ve sıcaklıkla evapotranspirasyon arasındaki ilişkilere dayanır. Thornthwaite' a göre yağışın evapotranspirasyondan fazla olduğu yerde su fazlalığı vardır. Dolayısıyla bu yerin iklimi nemlidir. Bunun aksine yağışın evapotranspirasyondan az olduğu yerde su noksanlığı vardır. O halde, bu yerin iklimi kuraktır. Thornthwaite'in sınıflandırmasındaki iklim tipleri işte bu iki ekstrem arasında oynar (8)

### **Çalışmanın amacı ve kapsamı**

Thornthwaite sınıflandırmasının her hangi bir bölgenin iklim özelliklerini, diğer sistemlere göre daha iyi ortaya çıkardığı genellikle kabul edilir (9). Fakat uygulanmasının biraz uzun işlemlere bağlı olması, özellikle abak ve tablolardan bol miktarda yararlanılması birçok prezisyon hatasına yol açmakta ve böylece sağlıklı sonuç alınmasını güçleştirmektedir. İşte bu nedenle yöntemin çözümünün daha pratik bir hale getirilmesi amacıyla tarafımızdan bir bilgisayar programı geliştirildi. Aşağıda Thornthwaite su bilançosu ve iklim sınıflandırması ile ilgili genel bir bilgi verildikten sonra, geliştirilen bilgisayar programının uygulaması açıklanmıştır.

### **Thornthwaite iklim sınıflandırmasının esasları**

Thornthwaite sınıflandırmasının asıl amacı her ne kadar farklı iklim tiplerini belirlemekse de, özellikle uygulamada tarım, hidrojeoloji, su kaynaklarının geliştirilmesi gibi konularda evapotranspirasyonun doğrudan hesaplanamadığı yerlerde geniş kullanım alanı bulmaktadır. Bu amaçla yöntemin en önemli özelliği

---

7) ERİNÇ, S. a.g.e., 1984

8) DÖNMEZ, Y.: "Umumi İklima:oloji ve İklim Çalışmaları", I.O.. yay. no: 2506, Coğ. Enst.yay. no: 102, 1979, İSTANBUL

9) ERİNÇ, S. a.g.e., 1984

olan evapotranspirasyonun hesaplanmasında su bilançosu tablosu kullanılmakta ve hesaplama sonucu oluşturulan tablo aracılığıyla aynı zamanda iklim tipi de belirlenmektedir. Su bilançosu tablosunun nasıl oluşturulduğuna geçmeden önce evapotranspirasyon ile ilgili temel kavramlara değinmenin yararlı olacağı inancındayız.

## **Evapotranspirasyonun Tanımı**

Evaporasyon (Buharlaştırma) ve Transpirasyon (Terleme) toplamının genel ifadesi olup burada,

**Evaporasyon (Buharlaştırma) :** Suyun buhar haline gelmesi ile ilgili fiziksel bir olaydır ve bir bölgede topraktan ve diğer yüzeylerden doğrudan buharlaşan sudur.

**Transpirasyon (Terleme) ise :** Topraktaki suyun bitkiler aracılığı ile atmosfere verilmesi olayıdır, yani bir bölgede bitkilerin buharlaştırdığı sudur

## **Evapotranspirasyonu Etkileyen Faktörler:**

Temelde evapotranspirasyonu etkileyen faktörleri şu şekilde sınıflandırmak mümkündür (10).

**Meteorolojik elemanlar :** Bunlar atmosferin buharlaştırma gücünü saptarlar. Atmosferin buharlaştırma gücü ise su noksanlığının, sıcaklığın, rüzgâr hızının ve basıncın etkisi ile oluşur.

**Hidrolojik elemanlar:** Bunlar buharlaşma olan kara yüzeyinin özellikleridir. Bu buharlaşma yüzeyi, su tablasının yeryüzüne yakınlığı, strüktür ve tekstür özellikleri gibi faktörlerin etkisi altındadır.

**Fizyolojik elemanlar:** Bitki türü, yaşı, oprak gelişimi, kök derinliği gibi özelliklerdir.

Bunların dışında enlem derecesi, yükselti ve bakı gibi coğrafi faktörler de evapotranspirasyon üzerinde etkilidir.

## **Su bilançosunun hesaplanması**

Thornthwaite yöntemine göre potansiyel ve gerçek evapotranspirasyonu hesaplamak için önce her ayın ortalama sıcaklığına göre sıcaklık indislerini belirlemek ve bunları toplayarak

---

10) AKMAN, Y. a.g.e., 1990

yıllık sıcaklık indisini bulmak gerekir. Bu işlemin yapılabilmesi için Tablo-1 den yararlanılır. Daha sonra Şekil-1 deki gibi bir abak aracılığıyla düzeltilmemiş aylık evapotranspirasyon değerleri bulunur. Bunun için Şekil-1 deki abak üzerinde daha önce belirlenmiş olan yıllık sıcaklık indisine rastlayan nokta ile aynı abak üzerindeki sabit nokta arasında bir doğru çekilir. Her ayın ortalama sıcaklığına rastlayan potansiyel evapotranspirasyon değerleri yatay eksen üzerinde okunur. Ortalama sıcaklığı 26.5 °C ve daha fazla olan ayların potansiyel evapotranspirasyonu ise, abak yanındaki bir cetvelden bulunur. Daha sonra bu potansiyel değerler, ayların uzunluğuna ve istasyonun coğrafi enlemine bağlı olarak değişen güneşlenme süresine göre düzeltilir. Bunun için potansiyel evapotranspirasyon değerleri, bu amaçla hazırlanan Tablo-2 deki katsayılar ile çarpılır. Böylece düzeltilmiş aylık evapotranspirasyon miktarları bulunur ve bunlar toplanarak yıllık evapotranspirasyon tutarı hesaplanır.

Sonraki işlem, yağış miktarını gözönünde bulundurarak bir su bilançosu hazırlamak ve bu şekilde gerçek evapotranspirasyonu, su fazlasını ve su noksanını aylık ve yıllık olarak belirlemektir. Bu işlemler için temel bazı kurallar söz konusudur. Önce düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon (PE) ve yağış miktarına göre gerçek evapotranspirasyon (Etr) bulunur. Etr, yağış yetmediği ve toprakta su bulunduğu takdirde, toprakta depolanmış su ile karşılanır ve bu şekilde bazen o ayda düşen yağıştan daha fazla evapotranspirasyon gerçekleşebilir. Bu şekilde bazı durumlarda PE'ye erişilebilir. Yağış miktarı PE'yi karşıladığı sürece fazla olan yağış suyunun bir bölümü toprakta depolanır. Bu fazlalık su bilançosu tablosundaki depo değişikliği bölümüne, depoda biriken su miktarı da ait olduğu bölüme yazılır. Depo değişikliği olumlu yönde maksimum 100 mm'ye ulaşır. Depolama da yine 100 mm'yi geçemez. Depodan suyun kullanıldığı aylarda oluşan depo değişikliği de ilgili bölüme "-" işareti ile yazılır ve aynı zamanda depoda ne kadar su kaldığı da depolama bölümüne yazılır. Su fazlası ve yüzeysel akış depolamanın 100 mm'yi geçtiği anda başlar. Bu miktarın yarısı o aya ait akış miktarı olarak gösterilir, diğer yarısı ise öbür ayın akış bölümüne yazılır (11).

Su bilançosu tablosu oluşturulduktan sonra, yapılacak işlem bu tablo aracılığı ile iklim tipini belirlemektir. İklim tipinin nasıl

T	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
1	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.20	0.21	0.23
2	0.25	0.27	0.29	0.31	0.33	0.35	0.37	0.39	0.42	0.44
3	0.46	0.48	0.51	0.53	0.56	0.58	0.61	0.63	0.66	0.69
4	0.71	0.74	0.77	0.80	0.82	0.85	0.88	0.91	0.94	0.97
5	1.00	1.03	1.06	1.09	1.12	1.16	1.19	1.22	1.25	1.28
6	1.32	1.35	1.38	1.42	1.45	1.49	1.52	1.56	1.59	1.63
7	1.66	1.70	1.74	1.77	1.81	1.85	1.88	1.92	1.96	2.00
8	2.04	2.08	2.11	2.15	2.19	2.23	2.27	2.31	2.35	2.39
9	2.43	2.48	2.52	2.56	2.60	2.64	2.68	2.73	2.77	2.81
10	2.86	2.90	2.94	2.99	3.03	3.07	3.12	3.16	3.21	3.25
11	3.30	3.34	3.39	3.44	3.48	3.53	3.58	3.62	3.67	3.72
12	3.76	3.81	3.86	3.91	3.96	4.00	4.05	4.10	4.15	4.20
13	4.25	4.30	4.35	4.40	4.45	4.50	4.55	4.60	4.65	4.70
14	4.75	4.80	4.86	4.91	4.96	5.01	5.07	5.12	5.17	5.22
15	5.28	5.33	5.38	5.44	5.49	5.55	5.60	5.65	5.71	5.76
16	5.82	5.87	5.93	5.98	6.04	6.10	6.15	6.21	6.26	6.32
17	6.38	6.43	6.49	6.55	6.61	6.66	6.72	6.78	6.84	6.90
18	6.95	7.01	7.07	7.13	7.19	7.25	7.31	7.37	7.43	7.49
19	7.55	7.61	7.67	7.73	7.79	7.85	7.91	7.97	8.03	8.10
20	8.16	8.22	8.28	8.34	8.41	8.47	8.53	8.59	8.66	8.72
21	8.78	8.85	8.91	8.97	9.04	9.10	9.16	9.23	9.29	9.36
22	9.42	9.49	9.55	9.62	9.68	9.75	9.81	9.88	9.95	10.01
23	10.08	10.15	10.21	10.28	10.35	10.41	10.48	10.55	10.61	10.68
24	10.75	10.82	10.89	10.95	11.02	11.09	11.16	11.23	11.30	11.37
25	11.44	11.50	11.57	11.64	11.71	11.78	11.85	11.92	11.99	12.06
26	12.13	12.21	12.28	12.35	12.42	12.49	12.56	12.63	12.70	12.78
27	12.85	12.92	12.99	13.07	13.14	13.21	13.28	13.36	13.43	13.50
28	13.58	13.65	13.72	13.80	13.87	13.94	14.02	14.09	14.17	14.24
29	14.32	14.39	14.47	14.54	14.62	14.69	14.77	14.84	14.92	14.99
30	15.07	15.15	15.22	15.30	15.38	15.45	15.53	15.61	15.68	15.76
31	15.84	15.91	15.99	16.07	16.15	16.23	16.30	16.38	16.46	16.54
32	16.62	16.70	16.77	16.85	16.93	17.01	17.09	17.17	17.25	17.33
33	17.41	17.49	17.57	17.65	17.73	17.81	17.89	17.97	18.05	18.13
34	18.21	18.30	18.38	18.46	18.54	18.62	18.70	18.79	18.87	18.95
35	19.03	19.11	19.20	19.28	19.36	19.44	19.53	19.61	19.69	19.78
36	19.86	19.94	20.03	20.11	20.20	20.28	20.36	20.45	20.53	20.62
37	20.70	20.79	20.87	20.96	21.04	21.13	21.21	21.30	21.38	21.47
38	21.56	21.64	21.73	21.81	21.90	21.99	22.07	22.16	22.25	22.33
39	22.42	22.51	22.59	22.68	22.77	22.86	22.94	23.03	23.12	23.21
40	23.30	23.38	23.47	23.56	23.65	23.74	23.83	23.92	24.00	24.09

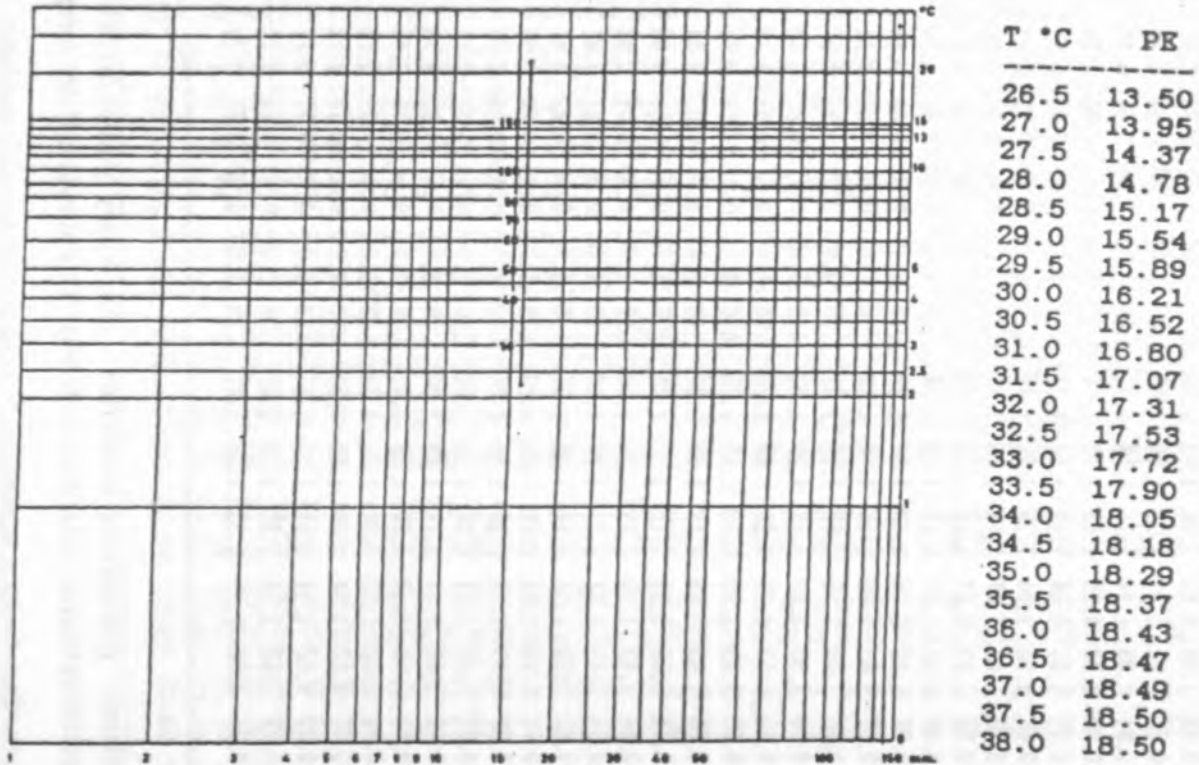
TABLO-1:Thornthwaite formülü ile hesaplanan sıcaklık indis değerleri.

TABLE -1 : Monthly heat indices calculated from Thornthwaite formula.

KN.	OCAK	ŞUB.	MART	NİS.	MAY.	HAZ.	TEM.	AGS.	EYL.	EKİM	KAS.	ARA.
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
1	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
2	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.08	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
3	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
4	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
5	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
6	0.92	0.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
7	0.92	0.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	0.99	0.90	0.90
8	0.91	0.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	0.98	0.90	0.90
9	0.91	0.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	0.98	0.90	0.89
10	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
11	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
12	0.89	0.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	0.98	0.88	0.87
13	0.88	0.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	0.97	0.88	0.86
14	0.88	0.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	0.97	0.87	0.86
15	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
16	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	0.97	0.86	0.84
17	0.88	0.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	0.97	0.85	0.83
18	0.85	0.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	0.96	0.84	0.82
19	0.85	0.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	0.96	0.84	0.82
20	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
21	0.83	0.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	0.96	0.82	0.80
22	0.62	0.63	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	0.95	0.82	0.79
23	0.81	0.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	0.95	0.81	0.77
24	0.81	0.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.30	1.20	1.04	0.95	0.80	0.78
25	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
26	0.79	0.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	0.94	0.79	0.74
27	0.77	0.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	0.93	0.78	0.73
28	0.78	0.80	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	0.93	0.77	0.72
29	0.75	0.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	0.93	0.76	0.71
30	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.78	0.70

TABLO-2: Ortalama güneşlenme sürelerine göre kuzey yarımküredeki evapotranspirasyon düzeltme değerleri, (Thornthwaite 1948' göre)

TABLO -2: Correction factors according to mean duration of sunlight in northern hemisphere, (After, Thornthwaite 1948).



ŞEKİL-1 : Düzeltilmemiş potansiyel evapotranspirasyonu bulmak için abak. (Thornthwaite 1948'e göre)

FIGURE-1 : Nomogram for determining potential evapotranspiration (After, Thornthwaite 1948)



belirleneceği konusuna geçmeden Thornthwaite su bilançosu tablosunun uygulamadaki önemine değinmek gerekir. Özellikle sudan yararlanarak yapılacak büyük çaplı projelerde o bölgelerdeki evapotranspirasyon miktarının bilinmesi gerekir. Yani hidrolojik ve hidrojeolojik çalışmalarda evapotranspirasyon önemli bir yer tutar. Örneğin yeraltı suyu kullanılarak yapılan bir tarımsal sulamada evapotranspirasyon değeri bilinirse akiferden çekilebilecek su miktarı da optimal olarak belirlenebilir. Bu ülkemiz gibi yarı kurak iklimin oldukça önemli bir alan kapladığı yerlerde zaten sınırlı olan yeraltı suyunun rasyonel kullanımı için gereklidir. Bu ve bunun gibi birçok konuda evapotranspirasyonu ölçmek pek mümkün değildir ve iklimle evapotranspirasyon arasında sıkı bir ilişki olduğundan uzun rasat süresi içinde evapotranspirasyonun ne gibi salınımlar gösterdiğinin bilinmesi ancak Thornthwaite veya benzeri ampirik yöntemlere dayanır.

### **Thornthwaite su bilançosu aracılığıyla iklim sınıflandırması**

Thornthwaite, iklimleri yağışla evapotranspirasyon arasındaki ilişkilere dayanarak, nemli ve kurak iklimler diye iki büyük grupta toplamıştır. Nemli iklimleri, nemlilik derecelerine göre 6, kurak iklimleri de kuraklık derecelerine göre 3 iklim tipine ayırmıştır (12). Bu sınıflandırmanın uygulanması için bir istasyonun :

- Yağış etkinlik indisi (Moisture Index),
- Sıcaklık etkinlik indisi (Index of Thermal Efficiency-TE Index),
- Kuraklık ve nemlilik indisleri (Aridity and Humidity Index),
- PE' un üç yaz ayına oran indisi (Summer Concentration of Thermal Efficiency)

bulunarak, istasyonun 4 ayrı harfle sembolize edilmiş iklim tipi belirlenir.

Yağış Etkinlik indisi:

$$I_m = \frac{100 \cdot s - 60 \cdot d}{n}$$

---

12) DÖNMEZ, Y. a.g.e., 1979

formülüne göre bulunur. Burada, s: yıllık su fazlası, d: yıllık su noksanı, n: yıllık potansiyel evapotranspirasyondur. Sonuçta elde edilen değere göre ilk harf

Nemlilik İndisi	İklim Tipi	Sembol	
100'den büyük	Çok nemli	A	Nemli İklimler
80 - 100	Nemli	B4	
60 - 80	Nemli	B3	
40 - 60	Nemli	B2	
20 - 40	Nemli	B1	
0 - 20	Yarı nemli	C2	Kurak İklimler
-20 - 0	Kurak-Yarı nemli	C1	
-40 - -20	Yarı Kurak	D	
-40'tan küçük	Tam Kurak (Çöl)	E	

Yukarıda belirtilen iklim tipleri aynı zamanda Thornthwaite'in belirlediği 9 ana iklim tipidir.

#### Sıcaklık Etkinlik İndisi:

İklim tipinin ikinci harfini belirleyen sıcaklık etkinlik indisi yıllık PE değerleri alınarak bulunur. Bunlar,

Yıllık PE (mm)	Sembol	İklim Tipi
142 ve daha az	E'	Çok Soğuk iklim
142 - 285	D'	Tundra iklimi
285-427	C1'	Mikrotermal iklim
427-570	C2'	
570-712	B' 1	Mezotermal iklim
712-855	B' 2	
855-997	B' 3	
997-1140	B' 4	
1140 ve daha fazla	A'	Megatermal iklim

## **Kuraklık ve nemlilik indisleri**

İklim tipinin üçüncü harfini oluşturan bu iki indisin belirlenmesinde yağışlı iklimler (A1, B ve C2) için kuraklık indisi, kurak iklimler (C1, D ve E) için nemlilik indisi kullanılır. Kuraklık indisi

$$I_a = \frac{100 \cdot d}{n}$$

Nemlilik indisi

$$I_h = \frac{100 \cdot s}{n}$$

formülüyle bulunur. Burada d: yıllık su noksanı, s: yıllık su fazlası, n: yıllık PE'dir.

<b>Kuraklık İndisi (I<sub>a</sub>)</b>	<b>Yağış Rejimi</b>	<b>Sembol</b>
0 -16.7	Su noksanı yok veya çok az	r
16.7- 33.3	Yazın orta derecede su noksanı	s
16.7- 33.3	Kışın orta derecede su noksanı	w
33.3 ve daha fazla	Yazın çok kuvvetli su noksanı	s2
33.3 ve daha fazla	Kışın çok kuvvetli su noksanı	w2

<b>Nemlilik İndisi (I<sub>h</sub>)</b>	<b>Yağış Rejimi</b>	<b>Sembol</b>
0-10	Su fazlası yok veya çok az	d
10- 20	Kışın orta derecede su fazlası	s
10-20	Yazın orta derecede su fazlası	w
20 ve daha fazla	Kışın çok kuvvetli su fazlası	s2
20 ve daha fazla	Yazın çok kuvvetli su fazlası	w2

### **PE' un üç yaz ayına oran indisi:**

PE'un üç yaz ayına oranı, en sıcak üç yaz ayının, PE değerlerinin toplamını 100 ile çarpıp, yıllık PE miktarına bölmekle elde edilir(13).

Thornthwaite iklim sınıflandırmasının dördüncü ve son harfini oluşturan bu indis değerleri o yerde denizel ya da karasal etkilerden hangisinin baskın olduğunu gösterir.

Oran İndisi (%)	Sembol	
48.0' den az	a'	Denizel
48.0 - 51.9	b'4	
51.9 - 56.3	b'3	
56.3 - 61.6	b'2	
61.6 - 68.0	b'1	
68.0 - 76.3	c'2	
76.3 - 88.0	c'1	
88.0' den çok	d	Karasal

a' tam denizel, d ise tam karasal iklimi ifade eder. b'2 den yukarıda olan harfler ise karasal etkinin yakınlığını gösterir.

### **Thornthwaite uygulaması için hazırlanan bilgisayar programı**

Önceki bölümlerde, abak ve tablolar kullanılarak Thornthwaite yöntemiyle potansiyel evapotranspirasyonun saptanması kapsamlı bir şekilde anlatılmıştır. Bu açıklamalardan da görüleceği üzere, abak ve tablolar yardımı ile düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyonun hesaplanması uzun zaman alan, sıkıcı ve küçük bir dalgınlıkla büyük hataların yapılabileceği işlemlerdir. Düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyonun hesaplanmasını takiben; su bilançosundaki diğer değişkenlerin hesaplanması için de aynı ifadeler rahatlıkla kullanılabilir. İlk önce müsvedde olarak hazırlanması zorunlu olan bu bilgilerin, gerektiğinde temiz bir şekilde daktilo edilmesi gibi durumları da göz önüne aldığımızda, sadece tek bir veri grubunu kullanarak temiz ve güvenilir bir su bilançosunun hazırlanmasındaki güçlükler yeterince ifade edilmiş olacaktır. Yine Thornthwaite' in verdiği formüller kullanılarak, bu konuda hazırlanacak bir bilgisayar programının tüm bu işlemler için harcanacak zamanı çok kısaltacağı, yapılacak hesaplamaların güvenilirliğini artıracığı açıktır. Onlarca veri grubu söz konusu olduğunda da, bu amaçla yazılmış bir bilgisayar programının faydaları kolaylıkla kabul edilebilecek bir gerçektir.

## Programın yapısı

Bu çalışmada yazılan su bilançosu programı bir ana ve birkaç alt programdan oluşmuştur. Ana program gerekli verileri okur, aşağıda belirtilen algoritma düzeninde ön hesaplamaları yapar, su bilançosunu hazırlar ve iklim tipini saptar. Alt programlar, sadece sonuçların ve tabloların yazım düzeni ile ilgilidir ve hesaplamalara katkıları yoktur. Ana programdan okunan veriler a) Değişmez (Genel) veriler ve b) Değişken (Bölgesel) veriler olmak üzere iki başlık altında toplanabilir. Değişmez (Genel) veriler Thornthwaite'ın çeşitli iklim tipleri için kullandığı semboller ve deyimlerdir. Thornthwaite'ın iklim sınıflamasında kullandığı tabloların sistematik olmayan sınır değerleri ve kuzey yarımküreye ait enlem düzeltme katsayılarıdır. Bu verilere ancak programın mantığına iyice aşına olduktan sonra müdahale edilebilir. Programlama bilgisi olmayan kullanıcıların bu verilere müdahale etmemesi gerekir.

## Verilerin hazırlanması

Programın ikinci veri grubunu, oluşturan ve programın kullanıcısı tarafından verilecek olan bölgesel veriler şunlardır (Tablo-3). Sırasıyla aralarına virgül konarak:

- 1- Bölgenin enlemi,
- 2- Bölge adı,
- 3- Başlık,
- 4- 12 adet aylık sıcaklık ortalamaları,
- 5- 12 adet aylık yağış miktarları,
- 6- SON deyimini.

Tablo-3 de İzmir ve Salihli istasyonlarına ait veriler yukarıda belirtilen sırayla verilmiştir. Ancak elimizde uzun yıllara ait yağış ve sıcaklık verileri varsa bunları aşağıdaki gibi sıralı olarak verebiliriz:

- 1- Bölgenin enlemi,
- 2- Bölge adı,
- 3- Birinci yıl,
- 4- Birinci yıla ait 12 aylık sıcaklık ortalamaları,
- 5- Birinci yıla ait 12 aylık yağış ortalamaları,
- 6- İkinci yıl,
- 7- İkinci yıla ait 12 aylık sıcaklık ortalamaları,

8- İkinci yıla ait 12 aylık yağış miktarları,

.....  
.....

n - SON deyimini.

Tablo -3 de Beypazarı İstasyonuna ait veriler yukarıdaki sırayla gösterilmiştir. Çözümü arzu edilen başka bir problem (veya problemler) aynı verilerin arkasına aynı düzende girilir.

**Bölge Enlemi:** İlgili enlem düzeltme katsayısını bilgisayara yüklenen Tablo-1 den seçimi veya gerekiyorsa Tablo-1 deki bilgilerden yararlanarak interpolasyonla hesaplanması için 0 ile 50 arasında değişen pozitif bir sayıdır. Gelişi güzel negatif bir değer de olabilir. Enlemin negatif bir değer olarak bilgisayara verilmesi en son problemin de tamamlanmış olduğu anlamına gelir ve program hata mesajı vermeden durur.

**Başlık:** İstasyonu tanımlayan Alfa-Nümerik bir değişkendir. Hiç verilme de olur. Ancak bu durumda en az bir boş karakter verilmesi gerekir.

Yukarıdaki bu iki veriyi takiben gözlemin yapıldığı yıl ve sırasıyla 12'şer adet aylık sıcaklık ortalamaları ve aylık toplam yağışlar girilir. Gözlem yılı adedi birden fazla ise ve bu verilerin ortalamalarından su bilançosunun hazırlanması veya iklim tipi saptanması arzu ediliyorsa başta verilen her gözlem yılına ait 3, 4 ve 5 verileri arka arkaya aynı düzende girilir.

Son gözlem yılının aralık ayına ait son verisinden sonra "SON" Alfa-Nümerik deyiminin girilmesi gereklidir. Bu deyim söz konusu istasyona ait verilerin sonunu belirtmesinin ötesinde gözlem yılı adedinin program tarafından sayılmasında da önemli bir rol oynar.

Birden fazla İstasyonunun su bilançosunun hazırlanması veya iklim tipinin saptanması arzu ediliyorsa, her İstasyona ait veriler yukarıda belirtildiği şekilde arka arkaya girilir. bu programla aynı İstasyonunun değişik yıllardaki iklim tipi saptanabilir. Ancak bu durumda her yıl, değişik bir İstasyon içinmiş gibi düşünülüp, aynı İstasyon enleminin ve adının her yıl için, bu arada her yılın aralık ayının yağış verisinden sonra "SON" deyimini de ihmal etmeden, tekrar tekrar girilmesi gerekir. Gözlem yılı adedi bir ise veya sıcaklık ve yağış verileri zaten ortalama ise, gözlem yılı verisi yerine "1976 yılı verileri", " 22 yıllık ortalama" veya sadece "ortalama" gibi fazla uzun

38.24,	"İZMİR "	"ORTALAMA"												
8.5	9.2	11.1	15.4	20.4	25.0	27.5	28.7	22.9	18.5	14.2	10.2			
132.1	86.8	68.8	46.6	28.3	8.1	2.8	2.0	11.2	40.2	85.7	154.8,	SON		
38.29,	"SALİHLİ "	"ORTALAMA"												
6.8	8.0	10.4	15.3	20.5	24.9	27.0	26.1	22.6	16.3	11.7	8.0			
83.2	68.9	59.3	38.2	35.8	28.6	5.5	4.2	15.6	44.1	51.0	83.8,	SON		
40.10,	"BEYPAZARI	"1970"												
5.0	5.6	8.9	15.2	15.9	21.1	25.4	23.6	19.6	12.2	8.8	1.4			
58.8	100.4	63.8	26.3	25.6	16.9	32.3	14.6	22.0	22.8	20.8	82.9			
1971														
5.9	4.0	8.1	11.9	17.0	21.1	24.2	23.4	20.4	12.3	8.3	2.6			
41.3	28.8	63.2	44.0	72.7	10.5	16.9	13.0	19.5	3.8	61.1	43.9			
1972														
-1.8	0.5	7.6	15.2	18.1	21.1	24.5	23.6	19.9	13.8	7.2	0.3			
14.1	13.5	26.6	36.8	30.8	50.2	52.8	34.4	23.1	83.5	9.6	6.4			
1973														
-1.7	5.8	5.7	11.7	17.6	20.3	24.7	22.7	20.8	14.0	5.3	2.3			
17.7	36.6	25.9	49.0	18.1	3.6	7.9	20.4	11.2	11.1	21.6	32.3			
1974														
-3.1	3.3	8.8	10.0	16.0	21.6	24.1	23.8	18.8	17.9	7.6	1.5			
7.8	40.2	61.6	51.0	72.1	65.0	3.4	16.2	31.5	19.0	15.9	38.4			
1975														
0.3	2.1	9.1	14.6	16.1	21.2	25.1	24.5	20.1	13.8	8.8	-0.7			
51.4	38.6	51.0	68.4	114.1	21.1	7.3	10.9	0.1	4.3	44.5	49.5			
1976														
-2.5	-0.7	6.7	12.2	16.8	19.2	23.4	21.8	18.6	15.7	9.7	3.3			
44.5	18.3	15.6	46.4	95.1	27.1	1.2	5.2	11.4	55.8	24.5	76.2			
1977														
0.8	7.2	7.1	12.0	17.0	21.2	24.6	24.5	19.3	10.9	9.7	1.8			
54.9	8.4	15.9	47.0	18.4	21.6	6.0	8.1	14.4	24.3	25.1	43.5			
1978														
1.2	6.6	8.6	10.9	17.3	21.5	24.6	27.6	18.5	14.7	5.5	3.6			
77.5	74.6	23.1	61.4	27.4	7.9	0.8	0.3	33.5	71.2	6.9	73.4			
1979														
1.8	5.3	9.3	12.4	17.2	22.1	22.9	25.2	20.6	13.7	8.9	3.8			
116.4	27.4	16.1	11.4	53.0	46.5	12.8	0.0	13.3	47.0	56.9	36.1			
1980														
0.5	1.7	6.0	10.9	17.2	21.6	26.4	24.4	17.9	15.5	9.3	4.7			
92.2	33.3	48.0	48.3	32.5	24.9	2.3	10.5	18.6	3.0	55.7	40.6			
1981														
3.6	3.4	8.8	12.0	14.8	22.9	24.9	23.7	21.4	16.7	6.1	7.2			
90.5	54.8	38.8	27.2	40.4	20.6	27.2	4.2	2.9	24.0	38.8	43.4			
1982														
2.0	1.0	5.5	12.0	17.2	21.1	21.5	23.0	21.0	13.8	5.9	4.4			
64.2	21.2	28.7	69.3	17.5	23.4	24.5	34.0	2.8	25.2	1.1	25.5			
1983														
2.4	1.8	7.9	13.6	17.1	20.2	22.8	21.9	20.2	12.7	7.3	4.2			
27.3	19.8	7.9	29.3	54.8	18.8	75.2	57.9	5.1	12.3	102.3	54.1			
1984														
3.7	5.1	6.8	9.6	18.2	21.5	22.8	20.9	21.8	15.1	8.8	0.2			
47.8	31.2	38.1	69.3	11.7	5.6	22.7	28.6	0.9	0.4	15.6	4.4			
1985														
3.4	2.6	4.2	13.0	19.3	21.5	22.8	26.2	19.0	11.9	9.7	2.0			
88.1	47.9	25.3	19.3	44.0	3.9	3.2	3.5	0.0	23.2	45.2	29.7,	SON		

TABLO - 3: İzmir, Salihli ve Beypazarı sıcaklık ve yağış değerlerinin bilgisayara verilmiş.

TABLO - 3: Preparation of temperature and precipitation data of İzmir, Salihli and Beypazarı as an input to the computer.

olmayan açıklayıcı ifadeler kullanılabilir.

Son problemin "SON" deyiminden sonra gelişigüzel girilecek negatif bir sayı, programın hata mesajı vermeden durmasını sağlayacaktır.

### **Kullanılan algoritma**

Aşağıdaki Thornthwaite' in verdiği formüllerden faydalanılarak bu çalışmada geliştirilen bilgisayar programı ile su bilançosu ve iklim tipinin hesaplanmasında kullanılan algoritma kısaca özetlenmiştir.

1- Program daha önce belirttiğimiz değişmez genel verilerle, bizim bilgisayara verdiğimiz bölgesel verileri ilk adım olarak okur.

2- İkinci adım olarak aşağıda verilen formülü (14) kullanarak her ay için aylık sıcaklık indislerini hesaplar.

3-

$$t = \left[ \frac{t}{5} \right]^{1.514}$$

Burada  $t$ , aylık sıcaklık ortalamasıdır. Bu formül aynı zamanda Thornthwaite tarafından hazırlanan ve elle çözümde kullanılan Tablo-1 deki değerleri hesaplar.

$$I = \sum_{k=1}^{12} I_k$$

formülü kullanılarak hesaplanan aylık sıcaklık indisleri toplanarak yıllık sıcaklık indisi bulunur.

4- Dördüncü adım olarak 5. adımda verilen formüldeki "a" katsayısı hesaplanır. Bunun için şu formül kullanılır (15):

$$a = 0.000000675 \cdot I^3 - 0.0000771 \cdot I^2 + 0.01792 \cdot I + 0.49239$$

Burada  $I$ , yıllık indis değeri olup, algoritmanın 3. adımında hesaplanmaktadır.

5- 
$$PE = 16 \cdot \left[ 10^t / I \right]^a$$

---

14) THORNTHWAITE, C.W.: "An Approach Toward A Tational Classification of Climate". *Geographical Review*, vol :38, no:1, s. 55-94, 1948

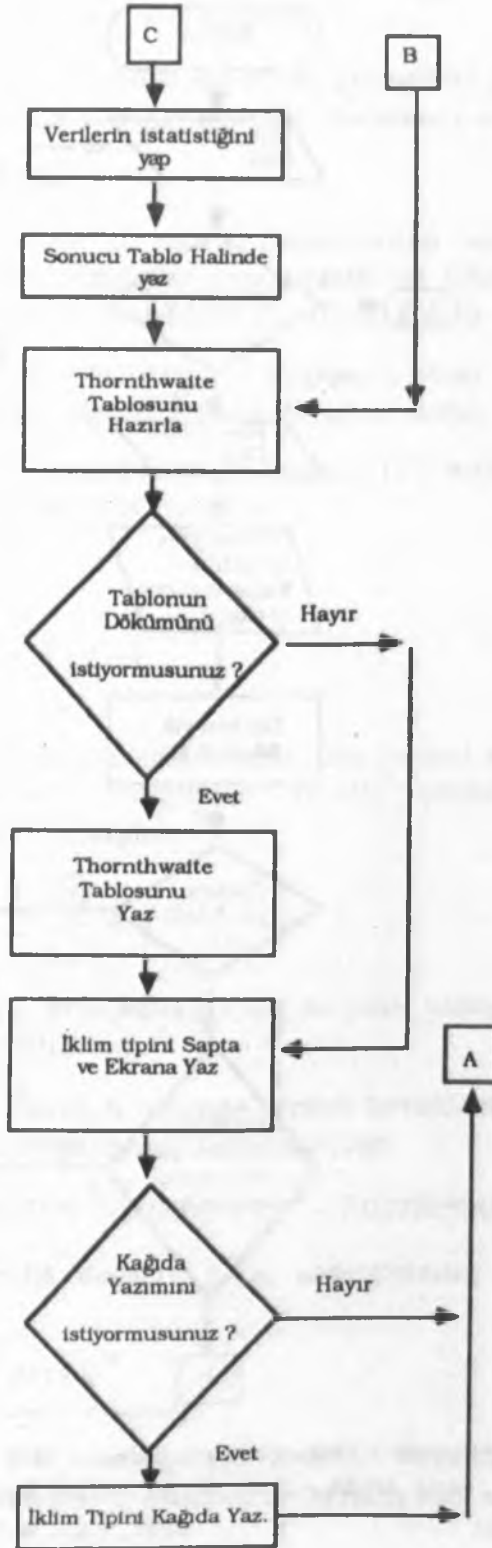
15) THORNTHWAITE, C.W. a.g.e., 1948





ŞEKİL -2 Thornthwaite su bilançosu programının akış şeması.

FIGURE -2 The flow chart of the computer program of the Thornthwaite water budget.



formülü ile (16) her ay için düzeltilmemiş potansiyel evapotranspirasyon değeri hesaplanır. Bu işlem Şekil-2 deki abağın kullanılması ile elde edilecek sonuçları verir.

6- Güneşlenme sürelerini göz önüne alarak Thornthwaite tarafından hazırlanan Tablo-2 deki bilgiler bilgisayara değişmez genel verilerin bir bölümü olarak program içinde verilmiş olup, 6. adımda program söz konusu istasyonun bizim verdiğimiz enlem değerini göz önüne alarak, gerekiyorsa interpolasyon yaparak (17) uygun enlem düzeltme katsayısını seçer.

7- Bu enlem düzeltme katsayılarını kullanarak; düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon değerlerini hesapladıktan sonra,

8- Su bilançosunun sırasıyla diğer değişkenlerini (Birikmiş suyun aylık değişimi, Birikmiş su, Gerçek evapotranspirasyon, Su noksanı, Su fazlası, Akış ve Nemlilik oranı) sekizinci adım olarak hesaplar.

9- İklim sınıflandırmasını yapabilmek için gerekli olan indisleri (Yağış etkinlik indisi, Sıcaklık etkinlik indisi, Kuraklık ve Nemlilik indisleri, PE' nin üç yaz ayma oran indisi) hesaplayarak iklim tipini belirler.

10- Yeni bir problem varsa birinci adıma geri döner.

Yukarıda kısaca belirttiğimiz bu algoritma Şekil -2 de bir Akış Şeması halinde verilmiştir.

### **Programın kullanılması ve çıktıları**

BASIC dilinde yazılan bu programın kullanılabilmesi için öncelikle IBM/ PC veya uyumlu bir bilgisayar ile BASIC program derleyicisine ihtiyaç vardır. Kullanıcı sadece ikinci veri grubunu oluşturan değişken(bölgesel) verileri programın sonuna yukarıda açıkladığı

---

16) THORNTHWAITTE, C.W. a.g.e., 1948

17) Tablo - 2 de enlem değerleri 250 ye kadar beşer beşer daha sonra birer birer gılmektedir. Ancak 38 o 00 ' 00 " nin enlem düzeltme katsayısı ile 38 o 59 ' 00 " gibi bir değer in enlem düzeltme katsayısı aynıdır. Fakat gerçekte ikinci değer 39 o ye daha yakındır. Bundan hareketle program içinde bunu gözönüne alacak bir interpolasyon yapılarak düzeltme katsayısı bilgisayar tarafından belirlenmektedir.

BEYPAZARI AYLIK YAĞIŞLARI(mm)												ENLEM : 40 10	
AYLAR	OCAK	SUB.	MART	NİS.	MAY.	HAZ.	TEM.	AGS.	EYL.	EKİM	KAS.	ARA.	YILLIK
1966	113.60	19.60	62.00	5.00	43.70	9.80	38.90	1.90	9.90	4.70	11.30	52.50	374.50
1967	28.20	26.00	20.20	34.50	69.70	9.10	29.00	4.10	0.50	16.30	16.70	42.70	297.00
1968	93.30	30.40	108.80	23.20	34.50	18.50	22.70	28.70	32.60	26.40	46.50	99.60	565.20
1969	57.50	66.10	53.70	57.20	47.70	5.20	6.30	0.00	2.30	4.70	27.60	142.60	470.90
1970	56.80	100.40	63.80	26.30	25.60	16.90	32.30	14.60	22.00	22.80	20.80	62.90	465.20
1971	41.30	28.80	63.20	44.00	72.70	10.50	16.90	13.00	19.50	3.80	61.10	43.90	419.70
1972	14.10	13.50	26.60	36.80	30.80	50.20	52.80	34.40	23.10	83.50	9.60	6.40	381.80
1973	17.70	36.60	25.90	49.00	18.10	3.60	7.90	20.40	11.20	11.10	21.60	32.30	255.40
1974	7.80	40.20	51.60	51.00	72.10	65.00	3.40	16.20	31.50	19.00	15.90	38.40	412.10
1975	51.40	38.60	51.00	68.40	114.10	21.10	7.30	10.90	0.10	4.30	44.50	49.50	461.20
1976	44.50	18.30	15.60	46.40	95.10	27.10	1.20	5.20	11.40	55.80	24.50	76.20	421.30
1977	54.90	8.40	15.90	47.00	18.40	21.60	6.00	6.10	14.40	24.30	25.10	43.50	285.60
1978	77.50	74.60	23.10	61.40	27.40	7.90	0.60	0.30	33.50	71.20	6.90	73.40	457.80
1979	116.40	27.40	16.10	11.40	53.00	46.50	12.80	0.00	13.30	47.00	56.90	36.10	436.90
1980	92.20	33.30	48.00	46.30	32.50	24.90	2.30	10.50	18.80	3.00	55.70	40.60	408.10
1981	90.50	54.80	38.80	27.20	40.40	20.60	27.20	4.20	2.90	24.00	38.80	43.40	412.60
1982	64.20	21.20	28.70	69.30	17.50	23.40	24.50	34.00	2.80	25.20	1.10	25.50	337.40
1983	27.30	19.80	7.90	29.30	54.80	18.80	75.20	57.90	5.10	12.30	102.30	54.10	464.80
1984	47.80	31.20	38.10	69.30	11.70	5.60	22.70	28.60	0.90	0.40	15.60	4.40	276.30
1985	88.10	47.90	25.30	19.30	44.00	3.90	3.20	3.50	0.00	25.20	45.20	29.70	333.30
ORTALAMA	59.25	36.86	39.22	41.17	46.19	20.51	19.66	14.73	12.79	24.15	32.42	49.89	396.81
ST. SAPHA	32.27	22.56	24.06	18.90	27.15	16.47	19.40	15.22	11.34	23.22	24.24	31.08	79.29
SAC. KAT.	0.54	0.61	0.61	0.46	0.59	0.80	0.99	1.03	0.89	0.96	0.75	0.62	0.20
ST. HATA	7.22	5.04	5.38	4.23	6.07	3.68	4.34	3.40	2.54	5.19	5.42	6.95	17.73
MAXIMUM	113.60	19.60	62.00	34.50	43.70	50.20	38.90	28.70	32.60	19.00	11.90	52.50	565.20
MINIMUM	7.80	8.40	7.90	6.00	11.70	3.60	0.60	0.00	0.00	0.40	1.10	4.40	255.40

TABLO - 4:Programın çalıştırılması sonucu oluşturulan Beypazarı aylık toplam yağışları ve temel istatistikleri tablosu.

TABLE - 4:Program output of Beypazarı monthly total precipitations and their fundemantal statistics table.

## BEYPAZARI AYLIK SICAKLIKLARI C

ENLEM : 40 10 :

AYLAR	OCAK	SUB.	MART	NIS.	MAY.	HAZ.	TEM.	AGS.	EYL.	EKİM	KAS.	ARA.	YILLİK
1966	3.40	6.80	8.10	13.40	16.30	20.90	25.30	25.40	20.00	17.50	12.70	5.00	14.58
1967	0.80	-0.50	6.10	11.90	16.20	20.00	23.30	24.10	20.00	15.10	7.90	4.80	12.40
1968	-0.60	1.80	6.00	15.00	20.20	20.60	24.40	22.70	18.90	13.20	9.40	4.80	13.03
1969	1.60	2.90	7.30	9.10	18.70	22.30	22.30	25.90	21.20	13.50	8.50	6.70	13.33
1970	5.00	5.60	8.90	15.20	15.90	21.10	25.40	23.60	19.60	12.20	8.80	1.40	13.56
1971	5.90	4.00	8.10	11.90	17.00	21.10	24.20	23.40	20.40	12.30	8.30	2.60	13.27
1972	-1.80	0.50	7.60	15.20	18.10	21.10	24.50	23.60	19.90	13.80	7.20	0.30	12.50
1973	-1.70	5.80	5.70	11.70	17.60	20.30	24.70	22.70	20.80	14.00	5.30	2.30	12.43
1974	-3.10	3.30	8.90	10.00	16.00	21.60	24.10	23.80	18.80	17.90	7.60	1.50	12.53
1975	0.30	2.10	9.10	14.60	16.10	21.20	25.10	24.50	20.10	13.80	6.80	-0.70	12.75
1976	-2.50	-0.70	6.70	12.20	16.80	19.20	23.40	21.80	18.60	15.70	9.70	3.30	12.02
1977	0.80	7.20	7.10	12.00	17.00	21.20	24.60	24.50	19.30	10.90	9.70	1.80	13.01
1978	1.20	6.60	8.60	10.90	17.30	21.50	24.60	27.60	18.50	14.70	5.50	3.60	13.38
1979	1.80	5.30	9.30	12.40	17.20	22.10	22.90	25.20	20.60	13.70	8.90	3.80	13.60
1980	0.50	1.70	6.00	10.90	17.20	21.60	25.40	24.40	17.90	15.50	9.30	4.70	13.01
1981	3.60	3.40	8.60	12.00	14.80	22.90	24.90	23.70	21.40	16.70	6.10	7.20	13.78
1982	2.00	1.00	5.50	12.00	17.20	21.10	21.50	23.00	21.00	13.80	5.90	4.40	12.37
1983	2.40	1.80	7.90	13.60	17.10	20.20	22.80	21.90	20.20	12.70	7.30	4.20	12.68
1984	3.70	5.10	6.80	9.60	18.20	21.50	22.80	20.90	21.80	15.10	8.60	0.20	12.86
1985	3.40	2.60	4.20	13.00	19.30	21.50	22.80	26.20	19.00	11.90	9.70	2.00	12.97
ORTALAMA	1.34	3.31	7.32	12.33	17.21	21.15	24.00	23.95	19.90	14.20	8.12	3.20	13.00
ST. SAPHA	2.46	2.41	1.41	1.78	1.25	0.83	1.23	1.61	1.07	1.86	1.80	2.12	0.60
SAC. KAT.	1.84	0.73	0.19	0.14	0.07	0.04	0.05	0.07	0.05	0.13	0.22	0.66	0.05
ST. HATA	0.55	0.54	0.32	0.40	0.28	0.19	0.27	0.36	0.24	0.42	0.40	0.47	0.13
MAXIMUM	5.90	7.20	9.30	15.20	20.20	22.90	26.40	27.60	21.80	17.90	12.70	7.20	14.58
MINIMUM	-3.10	-0.70	4.20	9.10	14.80	19.20	21.50	20.90	17.90	10.90	5.30	-0.70	12.02

TABLO - 5:Programın çalıştırılması sonucu oluşturulan Beypazarı aylık ortalama sıcaklıkları ve temel istatistikleri tablosu.

TABLE - 5:Programın çalıştırılması sonucu oluşturulan Beypazarı monthly mean temperature and their fundemantal statistics table.

BEYPAZARI SU BILANÇOSU(Thorntwaite'a göre)													ENLEM : 40 10		
YILLAR													1966-1985		
AYLAR	OCAK	SUB.	MART	NIS.	MAY.	HAZ.	TEM.	AGS.	EYL.	EKİM	KAS.	ARA.	YILLIK		
SICAKLIK C	1.34	3.31	7.32	12.33	17.21	21.15	24.00	23.95	19.90	14.20	8.12	3.20	13.00		
SCK. INDISI	0.14	0.54	1.78	3.92	6.50	8.88	10.75	10.71	8.10	4.86	2.08	0.51	58.76		
PT. STP (mm)	1.96	7.11	21.84	45.71	73.29	98.13	117.37	116.99	90.02	55.85	25.28	6.75	660.30		
EN. DOZ. KAT.	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81			
DOZ. PE (mm)	1.65	5.91	22.50	50.73	91.00	122.83	149.06	138.24	93.62	53.62	20.94	5.46	755.54		
YAGIS (mm)	59.25	36.86	39.22	41.17	46.19	20.51	19.66	14.73	12.79	24.15	32.42	49.69	396.82		
BBE. SU D. (mm)	44.10	0.00	0.00	-9.57	-44.81	-45.62	0.00	0.00	0.00	0.00	11.48	44.43			
BIRIK. SU (mm)	100.00	100.00	100.00	90.43	45.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.48	55.90			
GER. NTR (mm)	1.65	5.91	22.50	50.73	91.00	66.13	19.66	14.73	12.79	24.15	20.94	5.46	335.63		
BKSIK SU (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	56.69	129.40	123.52	80.83	29.47	0.00	0.00	419.90		
FAZLA SU (mm)	13.51	30.95	16.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.18		
AKIS (mm)	6.76	22.23	23.83	8.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.18		
NEMLİLİK ORANI	35.02	5.24	0.74	-0.19	-0.49	-0.83	-0.87	-0.89	-0.86	-0.55	0.55	8.14			

YATES. IND.

SIC.TES. IND.

NEM. IND.

PE. ORN

- 25. 24839

755.538

8. 097754

54. 28256

THORNTWAITE GORE İKLİM TİPİ : D B ' 2 d b ' 3

SONUÇ:

BEYPAZARI YARI KURAK, İKİNCİ DERECEDEDEN MEZOTERMAL, SU NOKSANI OLMİYAN YAHUT PEK AZ OLAN VE DENİZEL ŞARTLARA YAKIN İKLİM TİPİNE GİRER.

TABLO-6:Programın çalıştırılması sonucu oluşturulan Beypazarı Thorntwaite su bilançosu, iklim sınıflandırmasında kullanılan indis değerleri ve Thorntwaite ' a göre iklim tipi

TABLE-6:Program output of Beypazarı Thorntwaite water balance, climatological indices and climate type of Beypazarı.

şekilde girdikten sonra "RUN" komutunu kullanarak program çalıştırılır. Ancak bu programda hazırlanan tablolar düzgün bir şekilde ekrana sığmamaktadır. Bu nedenle bu tabloların ekranda bir görüntüsü söz konusu değildir. Ancak program çalıştıktan sonra ekranda beliren, gibi deyimlerden sonra E (veya e) tuşuna basarak bu

AYLIK SICAKLIK VERİLERİNİ  
BİR TABLO HALİNDE İSTİYORMUSUNUZ E/H ?

AYLIK YAĞIŞ VERİLERİNİ  
BİR TABLO HALİNDE İSTİYORMUSUNUZ E/H ?

THORNTHWAITE SU BİLANÇOSUNU  
BİR TABLO HALİNDE İSTİYORMUSUNUZ E/H ?

İKLİM TİPİNİN KAĞIDA YAZIMINI  
İSTİYORMUSUNUZ E/H ?

tabloların kağıda dökümünü almak mümkündür. Eğer bir tek gözlem yılına ait verilerden su bilançosunun hazırlanması ve iklim sınıflandırmasının yapılması arzu ediliyorsa veya sıcaklık ve yağış verileri zaten ortalama ise ilk iki deyim ekranda belirtmeyecektir. Beypazarı ' na (Ankara) ait sıcaklık ve yağış verileri ve söz konusu verilerin istatistikleri Tablo-4 ve Tablo-5 de verilmiştir. Bu tabloların en altında ve sol tarafında görülen deyimlerin anlamları aşağıdaki gibidir.

**ORTALAMA :** Basit aritmetik ortalama anlamında kullanılmış ve

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \text{ formülü ile hesaplanmıştır.}$$

**ST. SAPMA :** Varyansın karekökü anlamında kullanılmış ve

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

**SAC.KAT. :** Saçılma katsayısı anlamında kullanılmış ve  $S / \bar{X}$  formülü ile hesaplanmıştır.

**ST. HATA :** Standart hata anlamında kullanılmış ve  $S / \sqrt{n}$  formülü ile hesaplanmıştır.

**MİNİMUM VE MAKSİMUM** sırasıyla ilgili değişkenin gözlem süresi içerisindeki minimum ve maksimum değerlerdir.

Bu förmüllerde kullanılan "n" gözlem yılı adedini simgelemektedir. Beypazarı ' na (Ankara) ait aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verilerinden hesaplanan su bilançosu Tablo-6 da verilmiştir. Bu tabloda görülen bazı kısaltılmış deyimlerin anlamları aşağıdaki gibidir.

SCK. İNDİSİ	: Sıcaklık indisi
PT.ETP.	: Düzeltilmemiş potansiyel evapotranspirasyon
EN.DÜZ.KAT.	: Enlem düzeltme katsayısı
DÜZ. PE.	: Düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon
BRK. SU D.	: Birikmiş su değişimi
BIRIK. SU	: Birikmiş su
GER. ETR	: Gerçek evapotranspirasyon

## **TARTIŞMA VE SONUÇ**

Su bilançosunun abaklar ve tablolar yardımı ile, bu konuda deneyimli bir kişi tarafından hazırlanması ve iklim tipinin saptanması ve ayrıca Tablo-6 daki gibi düzgün bir şekilde daktilo edilmesi tarafımızdan bir gün olarak tahmin edilmiştir. Söz konusu bu tablonun bilgisayarda hazırlanmasını, iklim tipinin saptanmasını ve düzgün bir şekilde çıktılarını elde edilmesini yukarıda yapılan tahminle karşılaştırabilmek için Tablo-3 de görülen bilgiler bilgisayara verildikten sonra Tablo-6 nın tümünün, AMSTRAD 8256 gibi yavaş bir bilgisayarda, hesaplanması ve yazımı için geçen süre üç dakika onbeş saniyedir. İklim tipinin ekranda görüntüsünün belirmesi için geçen süre sadece altı saniyedir. Özetle bu program Klimatologlara araştırmalarında, özellikle birden fazla veri grubunun analizinde, önemli bir zaman kazandıracak ve hesaplarına güven sağlayacaktır.

Dizgideki zorluklar nedeni ile programın listesini burada vermemiz mümkün olmadığından, araştırmacılar söz konusu programı Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümünden temin edebilirler.



## SUMMARY

### Computer using on determining water balance and climate type of Thornthwaite

Almost all of man's activities, such as transportation, agriculture, irrigation and planning are strongly depended on climate. Therefore, climate classification and distribution of climates all over the world have been a problem for Climatologists for many years. Early studies on climate classification were involved in statistical analyses of climatic elements such as temperature, precipitation, atmospheric humidity, atmospheric pressure and wind velocity. The first significant advances toward the quantitative classification of climate have been made by Köppen in 1901 and by de Mortonne in 1921. Temperature and precipitation data were the dominant elements in their classification of climate. Thornthwaite argued in 1948 that evapotranspiration should be included in climatic classification procedures and potential evapotranspiration is, definitely, a better measure than the actual evapotranspiration for the distinction of dry and moist climates.

Humidity, aridity and moisture indices, thermal efficiency and the ratio of summer potential evapotranspiration to the annual total are the main elements of climate classification procedure proposed by Thornthwaite in 1948. All these elements are to be calculated from monthly precipitation data and estimated from monthly potential evapotranspiration values. A method proposed by Thornthwaite for the estimation of monthly potential evapotranspiration from monthly average temperatures completes his climate classification procedure. His method for the estimation of potential evapotranspiration is outlined in the following paragraphs.

Monthly heat indices ( $i$ ), for each month of the year, are to be calculated from monthly temperatures ( $t$ ) first by the formula

$$i = \left[ \frac{t}{5} \right]^{1.514}$$

Summation of the monthly heat indices of twelve months gives annual heat index,  $I$ . Then the monthly potential evapotranspiration ( $e$ ) is to be estimated in millimeters by the formula

$$e = 16 \cdot (10 \cdot t / I)^a$$

where the exponential (a) is to be calculated from the following equation

$$a = 0.000000675 \cdot I^3 - 0.0000771 \cdot I^2 + 0.01792 \cdot I + 0.49239$$

The monthly potential evapotranspiration values, estimated with the procedure outlined above, are unadjusted values. These values should be adjusted by multiplying with a correction factor. Correction factors vary from month to month and with latitude. A table for correction factors is also given by Thornthwaite.

The Thornthwaite method for the estimation of potential evapotranspiration is naturally an empirical one. But its results are comparable with actual observed values. Therefore, the Thornthwaite method for the estimation of potential evapotranspiration has found wide application not only among the climatologists but also among hydrologists and hydrogeologists. However some nomograms and tables are necessary for the application of the method in the estimation of the potential evapotranspiration and climate classification. That makes the application of the method monotonic, cumbersome and time consuming. Especially, if the evaluation of more than one data set is in question. This difficulty in application could be thought something that had to be accepted when the method was proposed. But, the fast computers of today this handicap in the method can be easily overcome.

Therefore, a computer program is written in BASIC programming language in this study to relieve the known difficulties of the method in application. Tens of data sets can be evaluated in few minutes with this program.