

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ ARTIRMAK İÇİN
FAZ DEĞİŞTİREN MALZEMELERİN KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS

Mikail KURTOĞLU

OCAK-2023
GÜMÜŞHANE



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ ARTIRMAK İÇİN
FAZ DEĞİŞTİREN MALZEMELERİN KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

**INVESTIGATION OF USING OF PHASE CHANGE MATERIALS TO
INCREASE ENERGY EFFICIENCY IN SOLAR COLLECTORS**

YÜKSEK LİSANS

Mikail KURTOĞLU

**OCAK-2023
GÜMÜŞHANE**



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

**GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ ARTIRMAK İÇİN
FAZ DEĞİŞTİREN MALZEMELERİN KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

**INVESTIGATION OF USING OF PHASE CHANGE MATERIALS TO
INCREASE ENERGY EFFICENCY IN SOLAR COLLECTORS**

YÜKSEK LİSANS

Mikail KURTOĞLU

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Meryem TERHAN

**OCAK-2023
GÜMÜŞHANE**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “**Güneş Kollektörlerinde Enerji Verimliliğini Artırmak İçin Faz Değiştiren Malzemelerin Kullanımının Araştırılması**” isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmaları kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi'nin lisanslı kullanıcısı olduğum intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlediği kıstaslara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

11/01/2023

.....
Mikail KURTOĞLU

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıŐmasının her aŐamasında engin bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren, kıymetli zamanını benden esirgemeyen, danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Meryem TERHAN'a, hayatımın her anın da koşulsuz şartsız beni destekleyen annem, babam ve kardeşlerime beni daima destekleyen ve her konuda yanımda olan müstakbel eşime en içten dileklerle teşekkür ederim.

Mikail KURTOĞLU
GÜMÜŞHANE – 2023

ÖZET

Güneş enerjisi, kesintili bir enerji kaynağı olduğu için periyodik olarak depolanması gereklidir. Güneş enerjisinden elde edilen en başlıca enerji termal enerjidir. Güneş enerjisinden faydalanmamızı sağlayan güneş kolektörleri, termal enerjiyi depolayarak sıcak su gereksinimini karşılamaktadır. Güneş kolektörleri, Güneş kaynaklı çalıştığı için güneşin batması ile kısıtlanan bir durum söz konusu olmaktadır.

Çeşitli termal enerji depolama yöntemlerinden olan gizli ısı depolama, küçük sıcaklık değişimi ve hacmine göre yüksek depolama yoğunluğu sebebi ile en iyi yöntemlerdendir. Bu tez kapsamında faz değiştiren malzeme olarak yüksek termal enerji depolama kabiliyetine sahip olan RT31 ve RT35 kullanılmıştır.

Tez çalışmasında, gizli ısı depolayan faz değiştiren malzeme entegre edilmiş düzlemsel güneş kolektörü, üç farklı konfigürasyonda Gaziantep, Ankara ve Trabzon illeri için anlık verimler ile FDM'nin sarj ve deşarj süreleri hesaplanmıştır. Uygulanan konfigürasyonlarda 1 cm, 2 cm ve 3 cm kalınlıklarında kullanılan faz değiştiren malzeme akışkan borusu ve yalıtım malzemesi arasına konulmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre güneş kolektörlerinde faz değiştiren malzemelerin kalınlık, malzeme tipi ve erime sıcaklığına bağlı olarak kolektör verimlerinin değiştiği görülmektedir. Kolektör verimleri, faz değiştiren malzemenin sarj süresi boyunca düşerken, deşarj süresi boyunca artmaktadır. RT31-1 cm konfigürasyonu, her üç il içinde uygun performansta olduğu ve depolanan gizli ısının gün batımından sonra da devam ettiği görülmektedir. Belli erime sıcaklıklarında kullanılan FDM'nin kalınlığının artmasının, tüm aylar için uygun olmadığı ve en yüksek verim değerlerine RT35-3cm konfigürasyonu için Gaziantep ilinde temmuz ayında ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Faz değiştiren malzeme(FDM), Gizli ısı depolama, Güneş enerjisi, Güneş Kolektörleri

SUMMARY

Since solar energy is an intermittent energy source, it must be stored periodically. The main energy obtained from solar energy is thermal energy. Solar collectors, which enable us to benefit from solar energy, store thermal energy and meet the need for hot water. Since the solar collectors work from the sun, there is a situation that is limited by the setting of the sun.

Latent heat storage, which is one of the various thermal energy storage methods, is one of the best methods due to small temperature change and high storage density according to its volume. In this thesis, RT31 and RT35, which have high thermal energy storage capability, were used as phase change materials.

In the thesis study, the instantaneous efficiencies and the charging and discharging times of the PCM for the provinces of Gaziantep, Ankara and Trabzon in three different configurations were calculated. In the applied configurations, the phase change material used in 1 cm, 2 cm and 3 cm thicknesses was placed between the fluid pipe and the insulation material.

According to the results of the research, it is seen that the collector efficiency of the phase change materials in solar collectors changes depending on the thickness, material type and melting temperature. Collector efficiencies decrease during the charging time of the phase-change material and increase during the discharge time. It is seen that the RT31-1 cm configuration performs appropriately in all three provinces and the stored latent heat continues after sunset. The thickness of the PCM used at certain melting temperatures is not suitable for all months and the highest yield values were reached in July in Gaziantep for the RT31-3 cm configuration.

Keywords: Latent heat storage, Solar collectors, Solar energy, Phase change material(PCM),

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET.....	VI
SUMMARY	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLolar DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XV
1. GİRİŞ	1
1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	2
1.2. Güneş Enerjisi	3
1.2.1. Güneş Enerjisinin Dönüştürülmesi	3
2. GÜNEŞ ENERJİSİ DEPOLAMA SİSTEMLERİ	5
2.1. Güneş Kollektörü	5
2.2. Enerji Depolama Teknikleri.....	7
2.2.1. Mekanik Enerji.....	7
2.2.2. Elektrik Enerjisi	7
2.2.3. Termal Enerji	7
2.3. Güneş Enerjisi Depolama Yöntemleri	8
2.3.1. Kimyasal Depolama	8
2.3.2. Mekanik Enerji Depolama	8
2.3.3. Elektrik Enerjisi Depolama	9
2.3.4. Termokimyasal Enerji Depolama	9
2.3.5. Isıl Enerji Depolama	9
2.3.5.1. Duyulur Isı Depolama	10
2.3.5.2. Gizli Isı Depolama	10
2.4. Faz Değiştiren Malzemeler	14
2.4.1. Organik Faz Değiştiren Malzemeleri	14
2.4.2. İnorganik Faz Değiştiren Malzemeleri	15
2.4.3. Ötektik Faz Değiştiren Malzemeler	16
3. LİTERATÜR ARAMASI	17

4. MATERYAL VE YÖNTEM	24
4.1. Analizi Yapılan Güneş Kollektörü için Bilgiler.....	24
4.1.1. Kollektör Bilgileri	24
4.1.2. Lokasyon ve İklim Bilgileri	25
4.1.3. Faz Değiştiren Malzemelerin Özellikleri	32
4.1.4. Güneş Işınım Şiddeti Hesaplamaları	34
4.1.4.1. Esas Güneş Açıları	35
4.1.4.2. Türetilmiş Güneş Açıları.....	37
4.1.4.3. Eğimli Yüze Gelen Işınım ve Anlık Işınım Hesaplanması	39
4.1.4.4. Güneş Kollektörü Termal Analizi ile Bünyesinde Işınım Hesaplama	41
4.1.5. Faz Değiştiren Malzeme Eklenen Kollektör Verimi Hesaplama.....	48
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	53
5.1. İllerin Aylara Göre Rüzgar Hızı.....	53
5.2. İllerin Işınım Değerleri.....	54
5.3. Kollektör Isı Kayıp Verileri	62
5.4. Çevre Sıcaklığı	64
5.5. Efektif Yutma-Geçirme Çarpımı.....	66
5.6. Yutucu Yüzey Üzerine Gelen Işınım	68
5.7. Kanatçık Verimi	70
5.8 Toplayıcı Verim Faktörü.....	72
5.9. Taşıyıcı Kazanç Faktörü	74
5.10. Yutucu Yüzey Sıcaklığı	76
5.11. Faydalı Isı Miktarı.....	78
5.12. Suyun Çıkış Sıcaklığı.....	80
5.13. FDM'siz Ve FDM'li Kollektörün Anlık Verim Verilerinin İrdelenmesi	82
5.13.1. Gaziantep ili Anlık Verim Verilerinin irdelenmesi.....	83
5.13.2. Ankara ili Anlık Verim Verilerinin İrdelenmesi.....	99
5.13.3. Trabzon İli Anlık Verim Verilerinin İrdelenmesi	110
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	116
KAYNAKÇA	121
ÖZGEÇMİŞ	125

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1. Farklı ısı depolama yöntemler arasındaki temel farklar (Taşkiran, 2013).....	13
Tablo 2. Isı depolama yöntemlerinin karşılaştırılması(Taşkiran, 2013).	13
Tablo 3. Faz değişim malzemelerin avantaj-dezavantaj(Benli,2006)	16
Tablo 4. Gaziantep ili lokasyon bilgileri.....	26
Tablo 5. Ankara ili lokasyon bilgileri	26
Tablo 6. Trabzon ili lokasyon bilgileri.....	26
Tablo 7. Gaziantep iline ait 81 yıllık ortalama sıcaklık değerleri (MGM 2022).....	28
Tablo 8. Gaziantep ili şebeke suyunun aylık ortalama sıcaklıkları	28
Tablo 9. Ankara iline ait 81 yıllık ortalama sıcaklık değerleri (MGM 2022).....	29
Tablo 10. Ankara ili şebeke suyunun aylık ortalama sıcaklıkları	30
Tablo 11. Trabzon iline ait 81 yıllık ortalama sıcaklık değerleri (MGM 2022).	31
Tablo 12. Trabzon ili şebeke suyunun aylık ortalama sıcaklıkları.....	32
Tablo 13. RT35 değerleri (RUBITHERM,2022).	32
Tablo 14. RT31 değerleri (RUBITHERM,2022).	33
Tablo 15. Eşitlik 4'e göre deklinasyon açısı(Kılıç, 1983).....	36
Tablo 16. Eşitlik 5'e göre deklinasyon açısı(Kılıç, 1983).....	36
Tablo 17. Gaziantep ili Q , Q_d , Q_o ve T/T_o değerleri (Kılıç, 1987).....	40
Tablo 18. Ankara ili Q , Q_d , Q_o ve T/T_o değerleri (Kılıç, 1987)	40
Tablo 19. Trabzon ili Q , Q_d , Q_o ve T/T_o değerleri (Kılıç, 1987).....	41
Tablo 20. Camların sayısına göre ışınımı yansıtma oranı(p_y) (Kılıç ve Göktürk, 1983)	41
Tablo 21. FDM konfigürasyon değerleri.....	48
Tablo 22. RT31 eklenmiş kollektör analizi için kullanılan değerler(RUBİTHERM).....	52
Tablo 23. RT35 eklenmiş kollektör analizi için kullanılan değerler(RUBİTHERM).....	52
Tablo 24. Gaziantep ili ortalama verim.....	113
Tablo 25. Ankara ili ortalama verim	113
Tablo 26. Ankara ili ortalama verim	113

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 2014 yılında Dünyada tüketilen birincil enerji kaynaklarının dağılımı (Kaya ve Koç,2013).....	2
Şekil 2. 2014 yılında Türkiye’de tüketilen birincil enerji kaynaklarının dağılımı (Kaya, Koç, 2013).....	3
Şekil 3. Sıvılı düzlemsel güneş kollektörünün kesit(Tezcan, 2001)	5
Şekil 4. Düzlemsel güneş enerjisi sistemi(Altuntop, Turgut, 2019)	6
Şekil 5. Güneş enerjisi sistemi şematik gösterimi (Benli, 2006).....	6
Şekil 6. Güneş enerjisinin depolanma yöntemleri(Benli, 2006)	8
Şekil 7. Isı depolama yöntemleri (Taşkiran,2013)	9
Şekil 8. Bir katı-sıvı faz değişiminde enerji depolama (Yatağanbaba, 2013).....	11
Şekil 9. Isıtma ve soğutma sürecinde FDM’nin sıcaklık değişimi (Yatağanbaba,2013)	11
Şekil 10. Faz değiştiren malzemelerin sınıflandırılması (Yatağanbaba,2013).....	12
Şekil 11. FDM Isıl Performans İyileştirme Yöntemleri (Mundra, 2021).....	15
Şekil 12. Tasarımı yapılan kollektör izometrik ve patlatılmış görüşü	25
Şekil 13. Gaziantep ili aylık ışıınım değerleri (PVGIS).....	27
Şekil 14. Gaziantep ili 35° derecelik açrıya gelen ışıınım değerleri 2020 (PVGIS).....	27
Şekil 15. Ankara ili aylık ortalama ışıınım değerleri (PVGIS)	29
Şekil 16. Ankara ili 2020 yılı aylık ortalama 38 dereceye düşen ışıınım değeri (PVGIS)	29
Şekil 17. Trabzon ili aylık ortalama ışıınım değerleri (PVGIS).....	30
Şekil 18. Trabzon ili 2020 yılı aylık ortalama 38 dereceye düşen ışıınım değeri (PVGIS)	31
Şekil 19. RT31 FDM malzemesi(RUBITHERM)	33
Şekil 20. Kapsüllenmiş RT31 FDM malzemesi(RUBITHERM).....	34
Şekil 21. Gökküre önemli görüş açıları(Kılıç, 1983).	35
Şekil 22. Yatay koordinat sisteminde türetilmiş Güneş açıları (Çelik, 2017)	37
Şekil 23. Düz toplayıcı ısı geçişinin elektrik benzeşimi(Kılıç ve Göktürk, 1983).....	43
Şekil 24. Yutucu yüzeye gelen ışıınım değeri şeması(Kılıç ve Göktürk, 1983)	45
Şekil 25. Boru ve yutucu levha şematik gösterimi.....	46
Şekil 26. Kollektör tipi.....	47
Şekil 27. RT35 Şarj-deşarj grafiğı.....	49
Şekil 28. RT31 Şarj-deşarj grafiğı.....	49

Şekil 29. Gaziantep ili aylara göre rüzgar hızı	53
Şekil 30. Ankara ili aylara göre rüzgar hızı	53
Şekil 31. Trabzon ili aylara göre rüzgar hızı.....	54
Şekil 32. Gaziantep ili ağustos ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri.....	55
Şekil 33. Gaziantep ili mayıs ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri	56
Şekil 34. Gaziantep ili haziran ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri	56
Şekil 35. Gaziantep ili temmuz ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri	57
Şekil 36. Ankara ili ağustos ayı hesaplanan-PVGIS ışınım verileri	58
Şekil 37. Ankara ili haziran ayı hesaplanan-PVGIS ışınım verileri.....	59
Şekil 38. Ankara ili mayıs ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri.....	59
Şekil 39. Ankara ili temmuz ayı hesaplanan-PVGIS ışınım verileri	60
Şekil 40. Trabzon ili ağustos ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri.....	60
Şekil 41. Trabzon ili haziran ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri	61
Şekil 42. Trabzon ili mayıs ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri	61
Şekil 43. Trabzon ili temmuz ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri.....	62
Şekil 44. Ankara ili aylara göre ısı kayıp katsayısı (K) verileri.....	63
Şekil 45. Gaziantep ili aylara göre ısı kayıp katsayısı (K) verileri	63
Şekil 46. Trabzon ili aylara göre ısı kayıp katsayısı (K) verileri	64
Şekil 47. Gaziantep ili aylara göre saatlik çevre sıcaklığı verileri.	65
Şekil 48. Ankara ili aylara göre saatlik çevre sıcaklığı verileri	65
Şekil 49. Trabzon ili aylara göre saatlik çevre sıcaklığı verileri.....	66
Şekil 50. Gaziantep ili efektif yutma-geçirme çarpımı ($\alpha\text{-}\tau$) _e verileri.....	67
Şekil 51. Ankara ili efektif yutma-geçirme çarpımı ($\alpha\text{-}\tau$) _e verileri	67
Şekil 52. Trabzon ili efektif yutma-geçirme çarpımı ($\alpha\text{-}\tau$) _e verileri.....	68
Şekil 53. Gaziantep ili aylara göre yutucu yüzeye gelen ışınım verileri.....	69
Şekil 54. Ankara ili aylara göre yutucu yüzeye gelen ışınım verileri.	69
Şekil 55. Trabzon ili aylara göre yutucu yüzeye gelen ışınım verileri.	70
Şekil 56. Gaziantep ili aylara göre kanat verimi	71
Şekil 57. Ankara ili aylara göre kanat verimi.....	71
Şekil 58. Trabzon ili aylara göre kanat verimi.....	72
Şekil 59. Gaziantep ili aylara göre toplam verim faktörü verileri.....	73
Şekil 60. Ankara ili aylara göre toplam verim faktörü verileri	73
Şekil 61. Trabzon ili aylara göre toplam verim faktörü verileri	74
Şekil 62. Gaziantep ili aylara göre taşıyıcı kazanç faktörü verileri	75
Şekil 63. Ankara ili aylara göre taşıyıcı kazanç faktörü verileri.....	75

Şekil 64. Trabzon ili aylara göre taşıyıcı kazanç faktörü verileri	76
Şekil 65. Gaziantep ili yutucu yüzey sıcaklık verileri.....	76
Şekil 66. Ankara ili yutucu yüzey sıcaklık verileri	77
Şekil 67. Trabzon ili yutucu yüzey sıcaklık verileri.....	78
Şekil 68. Gaziantep ili aylara göre faydalı ısı miktarı.....	78
Şekil 69. Ankara ili aylara göre faydalı ısı miktarı	79
Şekil 70. Trabzon ili aylara göre faydalı ısı miktarı.....	80
Şekil 71. Gaziantep ili aylara göre suyun çıkış sıcaklığı.....	80
Şekil 72. Ankara ili aylara göre suyun çıkış sıcaklığı	81
Şekil 73. Trabzon ili aylara göre suyun kollektörden çıkış sıcaklığı	82
Şekil 74. Gaziantep ili haziran ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim grafiği	83
Şekil 75. Gaziantep ili haziran ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	84
Şekil 76. Gaziantep ili haziran ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	85
Şekil 77. Gaziantep ili temmuz ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri .	85
Şekil 78. Gaziantep ili temmuz ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri .	86
Şekil 79. Gaziantep ili temmuz ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri .	86
Şekil 80. Gaziantep ili ağustos ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	87
Şekil 81. Gaziantep ili ağustos ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	88
Şekil 82. Gaziantep ili ağustos ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	88
Şekil 83. Gaziantep ili eylül ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	89
Şekil 84. Gaziantep ili eylül ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	90
Şekil 85. Gaziantep ili eylül ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	91
Şekil 86. Gaziantep ili haziran ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	91
Şekil 87. Gaziantep ili haziran ayı RT35-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	92
Şekil 88. Gaziantep ili haziran ayı RT35-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	92
Şekil 89. Gaziantep ili temmuz ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri .	93
Şekil 90. Gaziantep ili temmuz ayı RT35-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri .	94
Şekil 91. Gaziantep ili temmuz ayı RT35-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri .	95
Şekil 92. Gaziantep ili ağustos ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	95
Şekil 93. Gaziantep ili ağustos ayı RT35-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	96
Şekil 94. Gaziantep ili ağustos ayı RT35-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	97
Şekil 95. Gaziantep ili eylül ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	97
Şekil 96. Gaziantep ili eylül ayı RT35-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	98
Şekil 97. Gaziantep ili eylül ayı RT35-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	99
Şekil 98. Ankara ili haziran ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	99

Şekil 99. Ankara ili haziran ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	100
Şekil 100. Ankara ili haziran ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	101
Şekil 101. Ankara ili temmuz ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	101
Şekil 102. Ankara ili temmuz ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	102
Şekil 103. Ankara ili temmuz ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	103
Şekil 104. Ankara ili ağustos ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	104
Şekil 105. Ankara ili ağustos ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	104
Şekil 106. Ankara ili ağustos ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	105
Şekil 107. Ankara ili haziran ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	105
Şekil 108. Ankara ili haziran ayı RT35-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	106
Şekil 109. Ankara ili haziran ayı RT35-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	107
Şekil 110. Ankara ili ağustos ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	107
Şekil 111. Ankara ili ağustos ayı RT35-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	108
Şekil 112. Ankara ili temmuz ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	109
Şekil 113. Ankara ili temmuz ayı RT35-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	109
Şekil 114. Ankara ili temmuz ayı RT35-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	110
Şekil 115. Trabzon ili haziran RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	111
Şekil 116. Trabzon ili temmuz ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	112
Şekil 117. Trabzon ili ağustos ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri	112
Şekil 118. Tasarımı yapılan kollektör ön görünüşü	115
Şekil 119. Analizi yapılan basit sistem	115
Şekil 120. Analizi yapılan basit sistem mesh ataması	115
Şekil 121. Analizi yapılan basit sistem termal yük gösterimi	116
Şekil 122. Analizi yapılan basit sistem şebeke suyu girişi	116
Şekil 123. Kollektöre giren suyun çıkış sıcaklığı sonucu	117
Şekil 124. 0,008077 h kollektör yan görünüş	117
Şekil 125. 0,3175 h kollektör yan görünüş	117
Şekil 126. 0,6845 h kollektör yan görünüş	117
Şekil 127. Kollektör modelinin yan görünüş-termal sıcaklık aralığı	117
Şekil 128. Kollektör modelinin yutucu yüzey görünüş-termal sıcaklık aralığı	118
Şekil 129. Kollektör modelinin yutucu yüzey görünüş- akışkan sıcaklık aralığı	118
Şekil 130. Şebeke suyunun iterasyona göre sıcaklık grafiği	119
Şekil 131. Şebeke suyunun zamana(1 saatlik) göre sıcaklık grafiği	119

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ASHRAE	: American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers
FDM	: Faz değiştiren mazleme
PVGIS	: Photovoltaic Geographical Informantion System
Bk. / bk.	: Bakınız
C	: Işık hızı
c	: Metaryelin özgöl ısısı
C_p	: Özgöl ısı
Q	: Depo edilen ısı miktarı
\dot{m}	: Kütlesel debi
ΔT	: Sıcaklık farkı
W	: Watt
E	: Enerji
ρ	: Yoğunluk
Ktp.	: Kütüphanesi
m	: Metre
vb.	: Ve benzeri
v.d.	: Ve diğerleri, ve devamı

1. GİRİŞ

Enerji, küresel anlamda ülkelerin güç eşliğini belirlemede büyük paya sahiptir. Ülkelerin enerjiyi elde edebilme eğilimleri geçmişten günümüze kadar gelişen teknoloji ile çok çeşitlilik kazanmıştır.

Son yıllarda, enerjinin elverişli ve kazançlı kullanımı ile yeni enerji kaynaklarına yönelik incelemeler, teknolojinin gelişmesi ile şekillenmektedir. Literatür çalışmalarına göre 1970'lerden bu yana araştırmalar ilerleyerek artmıştır (Taşkiran, 2013).

Yenilebilir enerji, doğal süreçlerde elde edilen kaynakların enerji akışındaki kalıcılığıdır. Kaynaklara sürekli başvurmamız enerjideki istek ve talebe göre sürdürülebilir enerjiyi şekillendirmektedir.

Günümüzde, artış gösteren enerji ihtiyaçlarımız ve azalış göstermekte olan enerji kaynakları; siyasal ve sosyal önemli engellerdir. Gelişme, şehirleşme ve mekânsal değişim gibi küresel sorunlar yenilenemeyen enerji kaynaklarının bu durumu yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgiyi arttırmıştır. Fosil kaynakların yaklaşık %90'ı kullanılmaktadır. Sürdürülebilir enerji kaynaklarını tüketmeden önce gelecek nesillerin ihtiyaçlarının karşılanmasına imkân verecek şekilde bugünün ve geleceğin planlanması yapılmalıdır (Taşkiran, 2013). Sürdürülebilirlik kavramını; bir taraftan enerjiyi tüketirken diğer taraftan yenilenebilir olmasına bağlayabilir. Buradaki asıl amaç küreselleşme ve gittikçe artan insan sayısını karşılayacak enerji miktarını karşılamaktadır (Yatağanbaba, 2013).

Ayrıca konutların ısıtılmasında genel olarak fosil kökenli yakıtlar kullanılmakta ve yapılan tahminlere göre bugünkü tüketim hızlarına bakıldığında doğal gaz ve petrolün 50-75 yıllık rezervinin ve kömürün ise 230 yıllık rezervi kaldığı ve bu süreler içinde tükenebileceği ön görülmektedir (Benli,2006).

Enerji talebine karşın, günümüzde enerji depolama çeşitliliğinin arttırabilmek için yapılan çalışmaların yanı sıra enerji depolamanın verimliliğini arttırabilmek son zamanlarda üzerine düşünülen bir durum haline gelmiştir (Taşkiran, 2013).

Güneş, insanlığın var oluşundan beri çağın gerekliliklerine göre insanların ihtiyaçlarına karşılık vermiştir. Günümüzde, güneşten gelen fotonlar ile güneş sistemleri sayesinde termal enerji ve elektrik enerjisi elde edilmektedir.

Bu çalışmada üstüne durulacak olan güneş sistemlerinden elde edilen termal enerjiyi kullanırken daha verimli kullanmak için ısı depolama tekniklerinden olan gizli

ısı tekniği ile ısı depolanması için FDM malzemeleri ve kalınlıklar değiştirilerek bunların konfigürasyonları ile daha verimli bir sistem elde edilmek amaçlanmıştır.

1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Dünyada ve Türkiye’de enerjiyi elde etmek için birincil olarak kullanılan enerji kaynağı yer altında bulunan kömür, petrol, doğal gaz olmakla beraber bir rezerve sahip ve hava kirliliğine sebep olan kaynaklardır.

Enerji kaynakları; kullarılarına göre ikiye ayrılırlar bunlar yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olmaktadır.

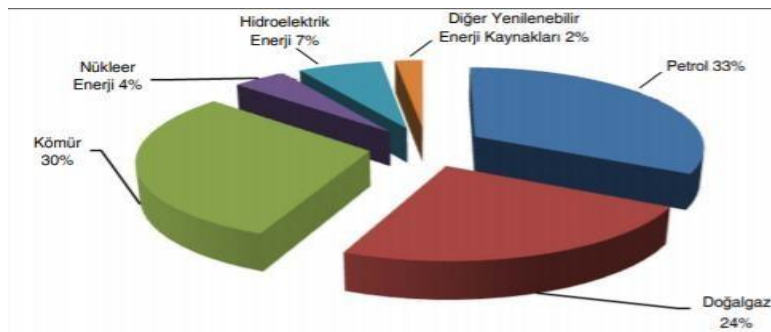
Yenilenemez enerji kaynakları;

- 1- Fosil kaynaklı (kömür, petrol, doğal gaz)
- 2- Çekirdek kaynaklı (uranyum, toryum)

Yenilenebilir enerji kaynakları;

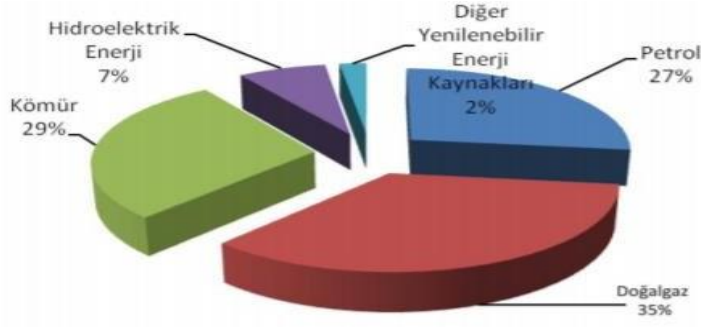
- 1- Hidrolik
- 2- Güneş
- 3- Biyokütle
- 4- Rüzgar
- 5- Jeotermal
- 6- Dalga
- 7- Gel-git
- 8- Hidrojen

Bu enerji kaynakları kendi aralarında birincil enerji kaynakları ve ikincil enerji kaynakları olarak da ayrılmaktadır (Kaya ve Koç, 2013).



Şekil 1. 2014 yılında Dünyada tüketilen birincil enerji kaynaklarının dağılımı (Kaya ve Koç, 2013).

2014 yılında Dünyada tüketilen birincil enerji kaynaklarının dağılımı Şekil 1’de gösterilmektedir..



Şekil 2. 2014 yılında Türkiye’de tüketilen birincil enerji kaynaklarının dağılımı (Kaya ve Koç, 2013).

Tüketilen birincil enerji kaynaklarından kömürün tüketim açısından Dünya’da %30 olduğu Türkiyede ise %29’luk orana sahip olduğu görülmektedir. Yenilenebilir enerjinin ise dünya da %2 olarak gösterildiği, Türkiyede ise aynı oran olduğu görülmektedir.

2014 yılında Türkiye’de tüketilen birincil enerji kaynaklarının dağılımı Şekil 2’de gösterilmektedir.

1.2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi esasen hidrojen atomlarının helyum gazına füzyon ile güneşin çekirdeğinde meydana gelen bir doğal enerjidir. Füzyon; hidrojen atomlarının birbirine yaklaştıkça güçlü bir şekilde yaklaştıkça aynı güçte birbirlerinin itmesi ile aralarında tepkime sonucu ışık ve ısı açığa çıkarak helyum gazına dönüşür. Bunun için 4 hidrojen füzyon olayı ile 1 helyuma dönüşmektedir. Bu dönüşüm ile birim kütle farkından dolayı 0.029 birim kütle görülmüş ve bu kaybı Einstein’ın $E=mc^2$ bağıntısı ile enerjiye dönüşmektedir ve Güneşte gerçekleşen bu doğal olay saniyede 3.86×10^{26} Joule tekabül eden enerjiye dönüşmekte ve ışınım şeklinde uzaya yayılmaktadır. Güneşteki bu enerji oluşumu neredeyse sonsuzdur (Çelik, 2017).

Güneşten dünyaya gelen enerji şiddeti yaklaşık 1370 W/ m^2 iken bu değer yeryüzüne ulaştığında atmosfer tabakaları yüzünden direkt gelmemesine mani olacaktır ve bu değer $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerler arasında olmaktadır (Çelik,2017).

1.2.1. Güneş Enerjisinin Dönüştürülmesi

Güneş enerjisi, üç ayrı şekilde kullanılır, faydalı işe dönüştürülmektedir.

- 1- Güneş enerjisinin direk elektrik enerjisine,
- 2- Güneş enerjisinin önce ısı enerjisine, sonra elektrik enerjisine dönüştürülmesi,

3- Güneş enerjisinin ısı enerjisine dönüştürülmesi,

Güneş enerjisinin direkt elektriğe, güneş pilleri ya da fotovoltaikler elektrik enerjisine direkt çevirmektedirler.

Güneş ışınımı ile ilk olarak ısı enerjisine, sonra elektrik enerjisine dönüştürülmesi, ısıyı kullanarak enerji elde edilen diğer sistemler (nükleer, termik, jeotermal) gibi buhar çevrimiyle sağlanmaktadır.

Güneş enerjisinin ısı enerjisine dönüştürülmesi, kolektörler tarafından gerçekleştirilir. Kullanılma amacı yapılarda sıcak su ve ısınma talebi için kullanılır (Benli, 2006).

Güneş kolektörleri maliyet, panel geometrisi ve istenilen ısıtma ihtiyacına göre çeşitlilik göstermektedir.



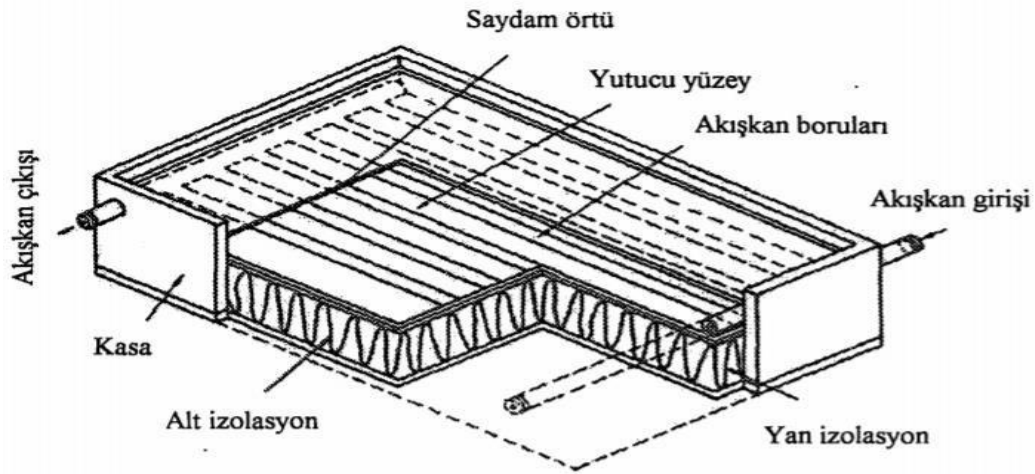
2. GÜNEŞ ENERJİSİ DEPOLAMA SİSTEMLERİ

Güneş enerjisini ilk olarak Sokrat ve Arşiment kullanmıştır. 1725 yılında Belidor güneş enerjisi ile çalışan pompa yapmıştır. 1860'da Fransız bilim insanı Monuchok parabolik aynalar yardımı ile güneş ışınımını odaklayarak küçük bir buhar makinesi üzerine çalışmıştır, güneş enerjisi üzerine çok daha farklı çalışmaları olmuştur. Bunlardan bir tanesi de güneş ocaklarıdır. Ancak o zamanlar da petrolün kullanımı daha etkin olduğu için bu çalışmaları durdurmuştur. 1960 yılından sonra petrol krizinin ortaya çıkması bilim insanların alternatif enerji kaynakları konusunda çalışma yapmaya itmiştir. H. Bucberg ve j. R. Roulet güneş kolektörü ve deposu komple bir sistem yaparak, maliyet çalışması yapmışlardır. Y. Jalurai ve S.K. Gupta ise güneş enerjisi depolama teknikleri ile ilgilenmiş ve çalışmışlardır (Koca, 2016).

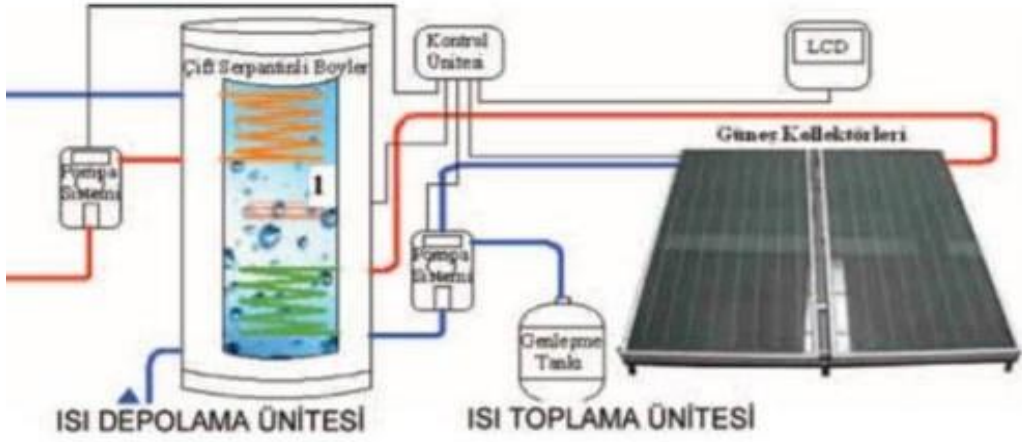
2.1. Güneş Kolektörü

Güneş kolektörleri, güneş ışınımını toplayarak onu termal enerjisine dönüştürebilen bir sistemdir. Güneş kolektörlerinin en önemli yerlerinden biri yutucu plakasıdır. Yutucu plakalar, aldıkları termal enerjiyi, içlerinde bulunan borulardan geçen, soğuk olan akışkana vererek sıcaklığını artırır. Sıcaklığı arttırılan akışkan, kullanım amacı depolanarak kullanılır ya da çevrime tekrar geri gönderilir (Tezcan, 2001).

Güneş kolektörlerinde saydam örtü yutucu yüzey, akışkan boruları, izolasyon ve kasa bölümlerinden oluşmaktadır.



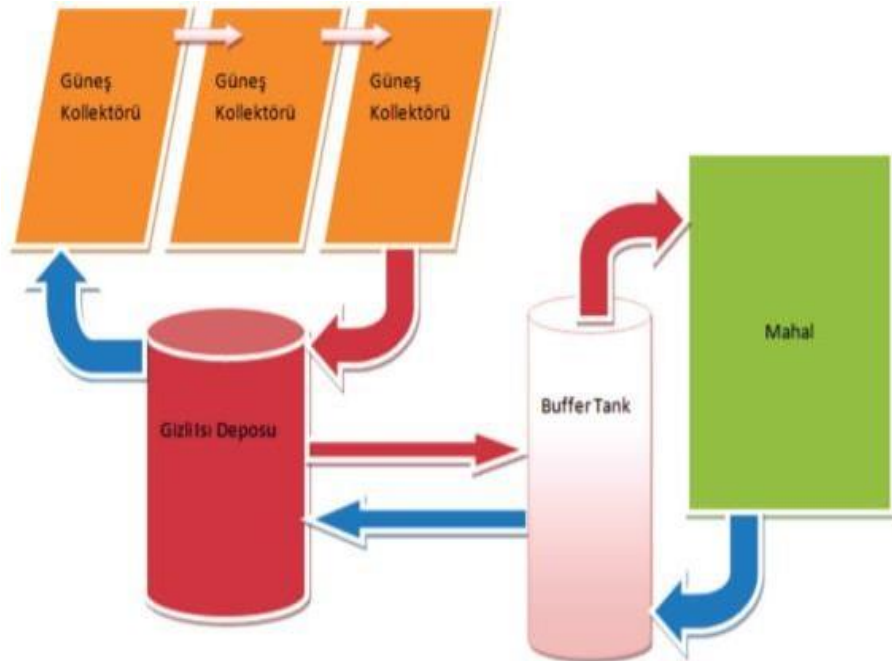
Şekil 3. Sıvılı düzlemsel güneş kolektörünün kesit (Tezcan, 2001).



Şekil 4. Düzlemsel güneş enerjisi sistemi (Altuntop ve Turgut, 2019)

Sıvılı düzlemsel güneş kolektörünün kesit Şekil 3'te gösterilmektedir. Düzlemsel güneş enerjisi sistemi Şekil 4'te gösterilmektedir. Güneş enerjisi sistemi şematik gösterimi Şekil 5'de gösterilmektedir.

Güneş enerjisi periyodik ve düzensiz olmaktadır. Güneş battıktan sonra veya bulutun güneşin ışınımını engellemesi ile güneşli günlere oranla enerji daha az olmaktadır. Bunun sebebi mevsimsel değişim, gün uzunlukları güneş enerjisinde etkindir. Atmosferik koşullar, konum ve rakımdan kaynaklanan etkilerin güneş ışınımının şiddetini etkilemektedir (Benli, 2006).



Şekil 5. Güneş enerjisi sistemi şematik gösterimi (Benli, 2006).

2.2. Enerji Depolama Teknikleri

Enerji; yararlı iş yapabilme yeteneğidir. Enerji talebini azaltmak bilim adamları ve mühendislerin en üstüne durduğu konular arasında yer almaktadır. Bunun sebebi zararlı fosil kaynakların yerine koyulabilecek yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarını daha kullanılabilir hale getirmek ve geliştirmek bu sorunun cevabına etkin çözüm olabilecektir. Enerjinin uygun formda depolanması, arz-talep ikilemesinin dengelendiği zaman güvenliği de sağlamaktadır. Enerji, üç farklı formda depolanabilir; mekanik, elektrik, termal olarak depolanabilmektedir (Yatağanbaba, 2013).

2.2.1. Mekanik Enerji

Mekanik enerji depolama, kolay uygulanabilir. Genel olarak kinetik enerji ya da potansiyel enerji formunda dönüşümlü bir şekilde mekanik enerji daha sonra kullanılmak üzere başka şekillerde depolanabilir. Örnek olarak, barajlarda elde edilen elektrik enerjisi için kullanılan pompalar, genel olarak tarım alanlarında başvurulan bir şekli formudur (Yatağanbaba, 2013).

2.2.2. Elektrik Enerjisi

Elektrik enerjisini, direkt depolamanın imkânı yoktur. Enerji talep ihtiyacına göre hemen kullanılmasının daha uygun olduğu elektriği depolarken elektrik kaçaklarından dolayı verim düşerken, enerjiyi diğer formlara çevirerek zaman kazanılıp döngü kurulmaktadır (Yatağanbaba, 2012).

2.2.3. Termal Enerji

Isı enerjisi, maddenin bünyesinde bulunan kinetik enerji ve potansiyel enerjinin toplam enerjisi olmaktadır. Diğer bir tanıma göre ise maddenin atomik seviyesindeki titreşimleri sonucunda oluşmaktadır (Kozak, ve Kozak 2012).

Termal enerji, genel olarak sıcaklık bakımından düşük dereceli ısıtma ve soğutma uygulamaları için daha konforlu faydalar sağlamaktadır. Bu konforu ekonomik ve kaliteli sistem elde etmek mümkündür (Yatağanbaba, 2013).

Literatüre bakıldığında son 20 yıldır (FDM) faz değiştiren malzemeler üzerine araştırmacılar yoğun olarak çalışarak termal enerji depolamayı daha etkin ve verimli şekilde çalışmalar yürütmüşlerdir.

2.3. Güneş Enerjisi Depolama Yöntemleri



Şekil 6. Güneş enerjisinin depolanma yöntemleri (Benli, 2006).

Güneş enerjisi depolama teknikleri ısı, elektriksel, mekanik, kimyasal enerji olarak depolanmaktadır. Güneş enerjisinin depolanma yöntemleri Şekil 6'da gösterilmektedir.

2.3.1. Kimyasal Depolama

Güneş kaynaklı elektro manyetik ışınlarını kullanan birçok kimyasal reaksiyon bulunmaktadır ve reaksiyonlardan hidrojen gibi yakıtlar üretilmektedir. Üretilen yakıtlar, yakıt pilleri veya yanmada kullanılarak enerji kazanılmaktadır.

Bir diğer olayda fotosentez olayı olmaktadır. Foto-kimyasal olarak doğal bir şekilde depolanmaktadır. Yani hızlı yetişen bitkilerden güneş enerjisi depolanıp, yetiştirildikten sonra yakılarak enerji elde edilerek açığa çıkarılmaktadır. Basit bir yöntem olmakla beraber çevresel olarak kirlilik ve verim olarak düşüktür. Depolama bataryaları ile depolanması da bir seçenek olmaktadır (Benli, 2006)

2.3.2. Mekanik Enerji Depolama

Fazla enerji mekanik enerjiye sonra istenildiği takdirde kinetik veya potansiyel enerjiye dönüştürülerek depolanmaktadır.

Burada mekanik enerji ile depolanma barajlarda suyun potansiyel enerjisinden faydalandıktan sonra tekrardan eski yüksekliğine çıkarmak için kullanılan pompanın

güneş enerjisinden faydalanılmasıyla yapmaktadır. Depolama enerjinin başka formlardan geçerek depolandığını görmüş oluyoruz (Benli, 2006)

2.3.3. Elektriksel Enerji Depolama

Enerji, indüktör içinde manyetik alan veya kapasitör içinde elektriksel alan olarak depolanabilir. Fakat uzun süreli depolama sürecinde kaçak olduğu için ekonomik olarak uygun değildir.

2.3.4. Termokimyasal Enerji Depolama

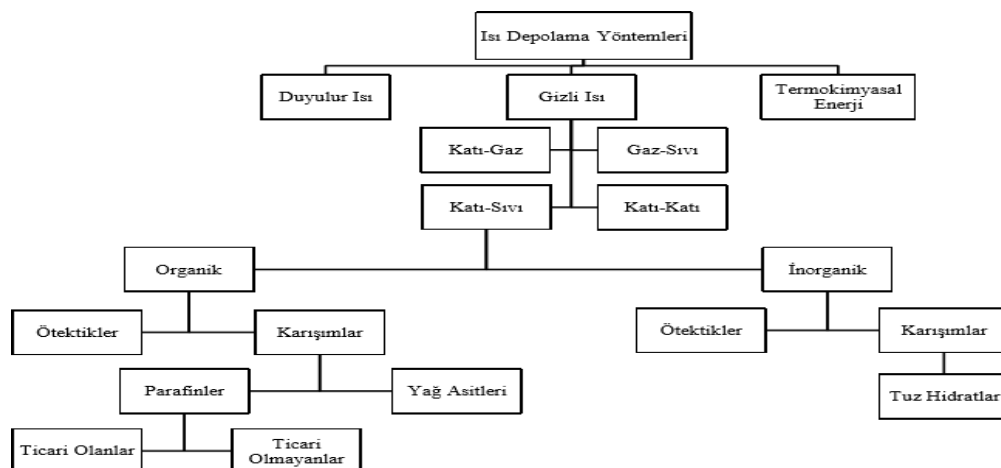
Termokimyasal enerji sistemleri geri kazanımlı bir şekilde kimyasal reaksiyon içerisinde moleküler bağların birleşmesi ile veya ayrışması sonucu oluşan reaksiyon ısını depolayarak veya serbest bırakılarak depo edilmesidir.

Yukarıda da bahsedildiği üzere ısı enerjisi reaksiyonlara ve dönüşümlere bakılmaksızın ısı olarak iki şekilde depolana bilinmektedir. Eşitlik 1'deki gibi olmaktadır.



2.3.5. Isıl Enerji Depolama

Bundan önce bahsedilen yöntemler, enerjinin bir biçimden başka bir biçime dönüşmesi ile depolanmasını ya da dönüşmesi ile ilgilenmiştir ve dönüşümler enerjiden kayıplara yol açmıştır. Enerji ısıtma amacıyla kullanılacaksa reaksiyon olmaksızın ısı enerjisini depolayabilmek mümkündür (Benli, 2006). Isı depolama yöntemleri Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7. Isı depolama yöntemleri (Taşkıran,2013).

2.3.5.1. Duyulur Isı Depolama

Duyulur ısı depolama yöntemi, ısı depolayan malzemesinin sıcaklığındaki değişim sonucunda ortaya çıkan ısıdan yararlanır. Depolama malzemesinin sıcaklığı ile ilgilenilmektedir. Depolama materyali olarak, ısı verildiğinde sıcaklığı yükseltilebilen materyaller katı ve sıvı halde kullanılır. Duyulur ısı materyalleri hem ucuz hem de kolay bulunabilmektedir. Teknolojinin gelişmesi ile ısı depolama sistemlerinde kullanımı uygunluk sağlamıştır. Duyulur ısı depolama miktarı, materyalin miktarına, ortamın kapasitesine, sıcaklığındaki değişim miktarına bağlı olmaktadır (Benli, 2006).

$$Q = \dot{m}.c.\Delta T \quad , \quad Q = \dot{m}.c_p.\Delta T \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Herhangi bir maddenin kütledeki depolanan ısı miktarını Eşitlik 2 ile bulunabilmektedir. Burada verilen \dot{m} kütleli debi, c materyalin ısınma ısısını (özgül ısı), ΔT sıcaklık farkı olmaktadır. Q depo edilen ısı miktarı olmaktadır. Duyulur ısı depolama sıvı materyali olarak en iyi depolamayı su sağlamaktadır. Burada duyulur ısı depolama yeteneği yoğunluk ile özgül ısı ($\rho.c$) çarpımıyla elde edilmektedir (Taşkiran, 2013).

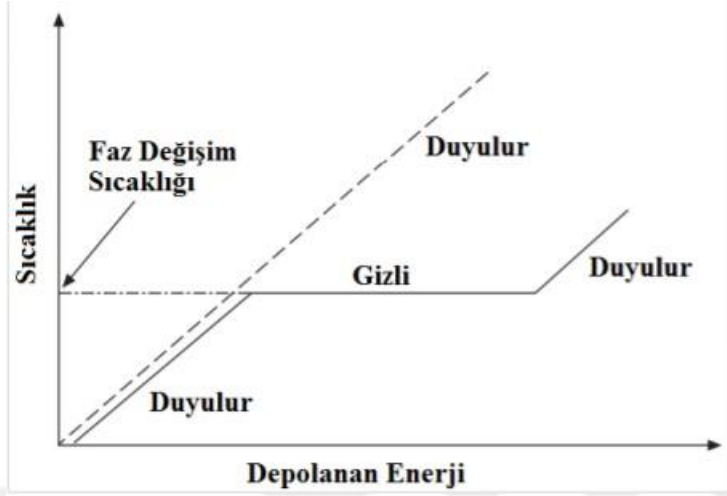
Su, maliyet açısından ucuz ve güvenilir olmasının yanında özgül ısısının da yüksek olması sebebiyle duyulur ısı depolama da yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışılması istenilen sıcaklık değeri yüksek ise suyu etilen glikol veya propilen glikol ile karıştırarak sıcaklık aralığını arttırabiliriz. Katı bir duyulur ısı depolama materyali ile çalışılmak istenilirse kayalar kullanılabilir. Kayaların çalışma sıcaklık aralığı suyun çalışma sıcaklığına göre daha geniş aralığa sahip olmaktadır. Ama ısı kapasitesi olarak kayalar sudan düşüktür (Yatağan, 2013).

2.3.5.2. Gizli Isı Depolama

Bir materyalin sıcaklığı değiştirilerek yani ısıtılıp veya soğutulduğunda bunu sabit bir sıcaklıkta faz değiştirerek yapıyorsa materyal gizli ısı olarak depolama yapmış veya açığa çıkarmıştır demektir. Yani materyal önemli oranda moleküler yapısında kinetik enerji değişimi ile sabit sıcaklıkta faz değiştirerek yapıyorsa depolamış ya da açığa çıkarmıştır bu kayıp gibi görünen ama kaybolmayan termal enerjiyi gizli ısı olarak tanımlamaktayız (Taşkiran, 2013).

Örneğin suyun kaynama noktası 100 derecedir ve suya 100 dereceden fazla sıcaklık verildiğinde bunu duyulur şekilde ölçülmeyeceğini verilen enerjinin

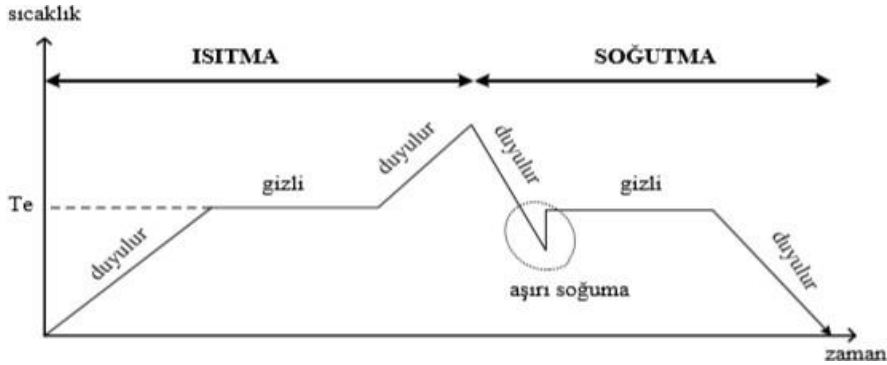
görülmediği İskoç kimyacı Joseph Black tarafından görülmüş ve enerjinin materyal tarafından emildiğinin tanımı yapmıştır.



Şekil 8. Bir katı-sıvı faz değişiminde enerji depolama (Yatağanbaba, 2013).

Gizli ısı çalışmalarında yukarıdaki verilen örnek su ile çalışması doğru olmaz çünkü güneş kolektörlerinde gizli ısı çalışmalarında daha düşük dereceler de çalışılması için erime noktaları daha düşük olan faz değiştiren malzemeler kullanılmaktadır.

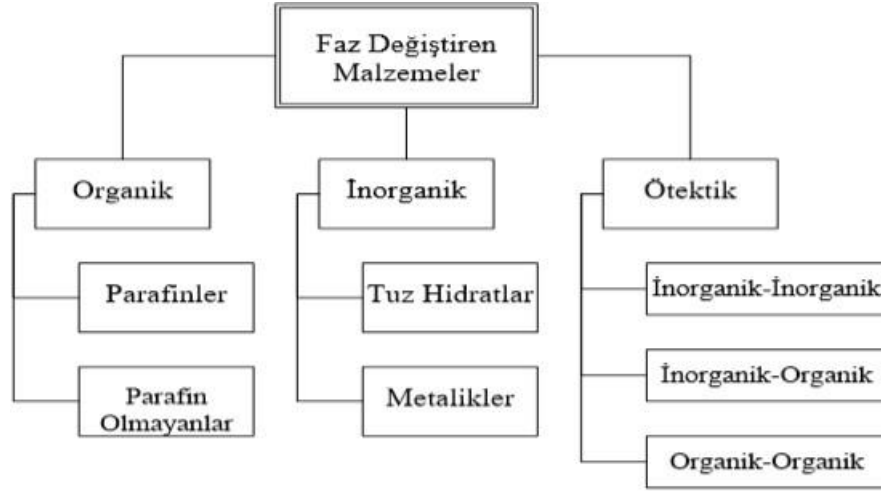
Katı-sıvı faz değişiminde enerji depolama Şekil 8’de gösterilmektedir.



Şekil 9. Isıtma ve soğutma sürecinde FDM'nin sıcaklık değişimi (Yatağanbaba,2013).

Bu ısı depolama tekniği, bu teknik için kullanılması düşünülen materyalin ısı depolama kapasitesi yüksek olması ve faz değiştirme sıcaklığının sabit sıcaklıkta ısı depolayabilmesi gerekmektedir ve bu durum diğer ısı depolama yöntemlerine göre daha kullanışlı daha verimli duruma sahiptir (Taşkıran,2013).

Isıtma ve soğutma sürecinde FDM'nin sıcaklık değişimi Şekil 9’da gösterilmektedir.



Şekil 10. Faz değiştiren malzemelerin sınıflandırılması (Yatağanbaba,2013).

Gizli ısı depolama tekniğinde termal enerji depolama faz değişim sürecine göre sınıflandırılmaktadır. Bunlar katı-katı, katı-sıvı, katı-gaz ve sıvı-gaz şeklinde sınıflandırılabilir.

Duyulur ısı depolamaya kıyasen gizli ısı depolama hacmi daha az yer ihtiyacı istemektedir. Gizli ısı depolama materyallerinin erime sıcaklığına göre hem soğutma hem de ısıtma amaçlı sistemlerde kullanılabilirler (Taşkiran,2013).

Faz değiştiren malzemelerin sınıflandırılması Şekil 10'da gösterilmektedir.

Gizli ısı depolama yönteminin diğer ısı depolama yöntemlerine göre avantajları; duyulur ısı depolama yöntemiyle depolanan termal enerji ve ısı deposu hacmi arasındaki fark gizli ısı depolama yöntemine kıyas olarak daha çok yer kaplamaktadır. Yani duyulur ısıya göre daha az depolama alanına sahip olarak ve daha çok enerji depolaması. Bu gizli ısı depolama yönteminin kullanılmasının daha avantajlı olduğunu göstermektedir.

Gizli ısı depolama yönteminin bazı dezavantajları da göz önüne alınmalıdır; Faz değiştiren malzemelerin düşük ısı iletkenliği ve bu dezavantaj için literatür de bu dezavantaj için çalışıldığı ve iyileştirmeler üstüne düşünüldüğü görünmektedir. Şarj süresince oluşan yoğunluk değişimi, kullanımının uzun vadeli bir şekilde çalışması sonucu malzemenin yapısında ortaya çıkan kararsızlık, faz ayrılması ve aşırı soğuma olarak diye bilinmektedir (Taşkiran, 2013).

Farklı ısı depolama yöntemleri arasındaki temel farklar Tablo 1'de gösterilmektedir.

Isı depolama yöntemlerinin karşılaştırılması Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Farklı ısı depolama yöntemleri arasındaki temel farklar (Taşkıran, 2013).

	Isı depolama yöntemleri		
	Duyulur ısı depolama	Gizli ısı depolama	Termokimyasal Isı depolama
Depolama kapasitesi	Düşük	Düşük	Yüksek
Geri kazanma sıcaklığı	Değişebilir	Sabit	Sabit/Değişken
Yalıtım	Gerekli	Gerekli	Gerekli değil
Isı kayıpları	Fazla	Fazla	Az
Tasarım	Kolay	Oldukça güç	Bilinmiyor

Tablo 2. Isı depolama yöntemlerinin karşılaştırılması (Taşkıran, 2013).

Özellikler	Isı Depolama Yöntemleri		
	Duyulur Isı Depolama	Gizli Isı depolama	Termokimyasal Isı Depolama
Depolama kapasitesi	Geniş sıcaklık aralığı olmadıkça düşüktür.	Orta düzeydedir. Yüksek sıcaklıklarda artar.	Genellikle yüksektir. Var
Yalıtım geresinimi	Var	Var	Değişebilir
Çalışma sıcaklığı	Değişebilir	Sabit	Genellikle mevcut değildir.
Teknoloji	Mevcut	Bazı sıcaklık için mevcuttur.	Uzun mesafeler için mümkündür.
Isı kayıpları	Yalıtım durumuna bağlıdır. Sadece geniş hacimli ısı depolarında, uzun süre depolama oluşabilir.	Yalıtım durumuna bağlıdır. Sadece büyük hacimli ısı depolarında, uzun süre depolamada oluşabilir.	Isı kaybı ürünün soğutulması için gereklidir. Ek ısı kaybı oluşmadan uzun süre depolama mümkündür.

Gizli ısı depolamada termal enerjiyi depolamak için gereklilikler;

Gizli ısı enerji depolama sistemi aşağıdaki üç bileşen önemli olmaktadır. Belirlenen sıcaklık aralığı için uygun faz değiştiren malzeme seçiminin, faz değiştiren malzemenin uygun bir depolama kabının, termal enerji kaynağı ile faz değiştiren malzeme arasında ısı transferi için gerekli ısı transfer yüzeyidir.

Gizli ısı depolamada kullanılan FDM'lerin aranan özellikleri; termodinamik, fiziksel, kimyasal ve ekonomik özellikler bazında bakılmalıdır (Yatağanbaba, 2013).

Termodinamik; Erime noktasının, istenilen çalışma sıcaklığında kararlılık gösterip çalışması, Fdm'nin termal enerji depolarken hızlı şarj ve deşarj sürecine izin verecek ısı iletkenlik, depolanan gizli ısının birim kütlesine oranla yüksek olmalı, yüksek yoğunluğa sahip olacak ve bununla beraber küçük depolama ortamı.

Kinetik (Fiziksel); Sıvı halden katı hale gelirken yani katılaşma anının da aşırı soğuma gösterilmemelidir. Bunun olmaması için çekirdekleşme ve kristalleşmenin büyüme hızları yüksek olmalıdır.

Kimyasal; Faz değiştiren malzeme uzun ömürlü çevrimler sonucu kimyasal ayrışma göstermemelidir. FDM kimyasal kararlılığa sahip olmalıdır ve zehirleyici, yanıcı özelliğe sahip olmamalıdır. Korozyon özelliği olmamalıdır.

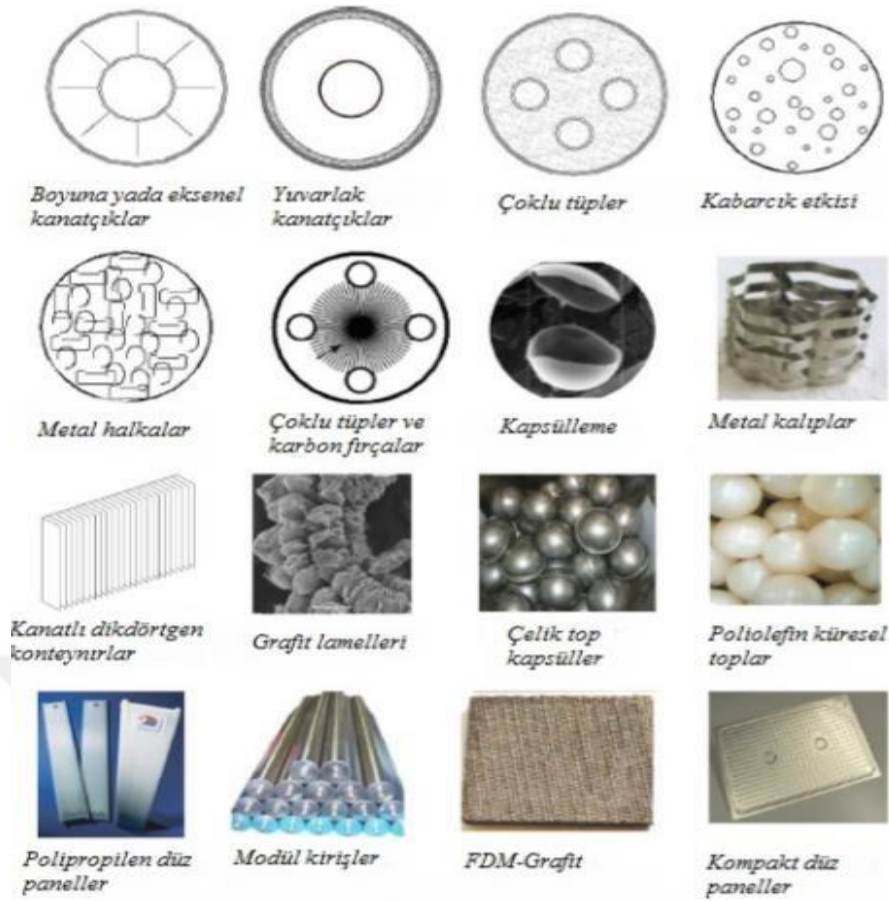
Ekonomi; FDM ucuz ve kolay erişilebilir olmalıdır.

2.4. Faz Değiştiren Malzemeler

FDM kullanımı, ısı depolama yöntemlerinde kullanılarak sağladığı yüksek ısı depolama yoğunluğu ve küçük sıcaklık aralığında az yer kaplayarak yani hacimsel olarak küçük gizli ısıyı büyük ölçüde depolayabilen sistemler birçok mühendislik alanında kullanılmaktadır (Sharma vd., 2009).

FDM'lerin en belirgin özellikleri faz değişimi esnasında sabit sıcaklık veya dar sıcaklık aralığında termal enerjiyi yani gizli ısıyı depolayabilmeleridir. FDM'ler genellikle oda sıcaklığında katı olarak bulunmaktadırlar. FDM'ye sıcaklık verildiğinde kimyasal bağları ayrılarak yani eriyerek termal enerjiyi depolamaktadır. Sıcaklık düşürüldüğünde ise FDM tekrar katı faza dönerek depoladığı termal enerjiyi bırakmaktadır. FDM'ler binlerce çevrim yaparak yapılarında bozukluk olmadan yapılarını korurlar (Yatağanbaba, 2013).

Faz değiştiren malzemeler kimyasal yapılarına göre organik, inorganik ve ötektik olarak ayrılmaktadır.



Şekil 11. FDM ısı performans iyileştirme yöntemleri (Mundra, 2021).

FDM ısı performans iyileştirme yöntemleri Şekil 11'de gösterilmektedir.

2.4.1. Organik Faz Değişim Malzemeleri

Organik FDM'ler, aşırı soğumadan zarar görmeyen, korozyon yapıcı olmayan ve yüksek erime gizli ısısına, zehirleyici olmayan özelliğe sahiptir. Organik faz değişim malzemeleri ikiye ayrılmaktadır; parafin ve parafin olmayan, ticari parafinler ucuzdur ve 120-210 kJ/kg arasında ısı enerji depolama yoğunluğundadırlar. Parafinler kimyasal olarak etkisizler ve 20-70 °C'lik sıcaklıkta bulunmaktadır. Parafin olmayan FDM'ler; esterler, alkoller, yağ asitleri, glikoller vb. malzemelerdir. Parafin olan FDM'ler ile olmayanlar arasındaki en çarpıcı özellikler iyi derecede erime ve donma özelliğine sahip ve çok daha pahalı olmasıdır (Yatağanbaba, 2013).

2.4.2. İnorganik Faz Değişim Malzemeleri

Uygulamalarda sıkça görülen inorganik FDM tuz hidratlardır. Yüksek yoğunluğa sahiptirler ve ortalama 240 kJ/kg ısı enerji depolayabilirler. Tuz hidratlar zehirsizdir, alevlenmez ve parafinlere kıyas olarak daha ucuzdurlar. Dezavantajları korozyon

yapıcıdır ve uzun süreli çevrimler sonucu yapılarında bozulma olabiliyor ve bunun için bazı katkılar ilave edilerek FDM'nin kullanım ömrü uzatılmaktadır. Son zamanlarda en çok üzerine çalışılan ticari TEAP TH58 malzemesidir (Benli,2006).

Faz değişim malzemelerin avantaj-dezavantaj Tablo 3'de gösterilmektedir.

Tablo 3. Faz değişim malzemelerin avantaj-dezavantaj (Benli,2006)

Organikler	İnorganikler
Avantajlar	Avantajlar
Korozyon yapıcı değildirler	
Düşük veya az derecede aşırı soğuma	Daha büyük faz değişim entalpisini
Kimyasal ve termal kararlılık	
Dezavantajlar	Dezavantajlar
Daha düşük faz değişim entalpisini	Aşırı soğuma
Düşük termal iletim	Korrozif
Yanıcılık	Faz ayrışması
	Faz seyrelmesi, termal kararlılık eksikliği

2.4.3. Ötektik Faz Değiştiren Malzemeler

Ötektik faz değişen malzemeler hakkında düşük erime noktasına sahip olan birden fazla malzemenin karışımından oluşmaktadır. Ötektikler, organik-organik, inorganik-inorganik ve inorganik-organik olarak ayrılmaktadırlar (Yatağanbaba,2013).

Son zamanlarda çalışmalar ötektik karışimli faz değişim malzemeleri üzerine yeni ilaveler yapılarak daha verimli malzemeler üzerine durulmuştur.

6. LİTERATÜR TARAMASI

Bu literatür taramasında faz değişim malzemeleri üzerinde yapılan termal iyileştirme çalışmalarını ve güneş kolektörlerinde, hibrit(PV/T) panellerde, PV panellerde kullanımlarına değinilmiştir.

Meksika ikliminin şartları baz alınarak PV/T hava kolektöründe uygun faz değişim malzemeleri üzerine sayısal analiz yapmışlardır. Kullanılan faz değişim malzemeleri organik FDM olan RT25HC, RT28HC, RT35HC olmaktadır. PV den elde edilen elektrik enerjisinin ısıdan dolayı verimliliğinin düşmesine karşın kullanılan FDM'ler önemli rol almaktadır. FDM'lerin soğuk iklimlere sahip bölgeler için kullanılması uygun değildir. Çalışma sonucu olarak, en iyi seçilmiş FDM kullanıldığında elektriksel verim %20-24 oranında arttığı görülmektedir.

Tropikal Savana iklimine RT35HC, sıcak yarı kurak iklime RT28HC ve RT25HC faz değişim malzemelerinin uygun olduğuna buna karşın Mexico city için RT35HC, Monterrey RT28HC ve Campeche city için RT35HC kullanılmasını elektrik verimine daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Tariq vd., 2020).

FDM malzemesinde ötektik FDM malzemesinde ısıl iletkenliği kötü olduğu için termal özellikleri üzerine iyileştirme çalışması yapmıştır. FDM olarak, 17 adet farklı FDM'ye 3 farklı nanoparçacık malzeme ilave edilerek termal testlere tabi tutmuşlardır. Miristik asit %90 ve iyosinamin %10 karışımını ötektik malzemesi seçilmiştir. Termal iletkenliği arttırmak için nanoparçacık kullanılmış %1 oranında bakıroksit kullanılarak elde edilen nano parçacıklı faz değişim malzemesi elde edilmiştir. Ötektik FDM ile NPKFDM kendi yapmış oldukları düzeneklerde termal iletkenliği üzerinde durularak FDM erime noktası 55.61 °C, termal iletkenliği 0.1 W/m°C iken NPKFDM'nin erime noktası 56.66 °C termal iletkenliği 0.11 W/m°C bulmuşlardır. FDM ve NPKFDM'yi hazıladıkları bir silindirik depo içerisinde şarj/deşarj süreçlerini deneysel olarak erime için; 77, 75, 73 ve 70°C de katılma için ise 20 ve 25°C debi olarak da 2, 3, 4 kg/dk da incelemişlerdir. Sonuç olarak nanoparçacık kullanımının erime ve katılma yani şarjdeşarj zamanının %12.5-63 ve %27-33 oranında azaldığı görülmektedir (Taşkıran, 2013).

Çalışma deneyinde ilk olarak, sadece havalı güneş kolektörlerinde sera ısıtılması yapmış daha sonra havalı güneş kolektörü ile faz değiştirici malzeme kullanarak ısıtma işlemini yapmıştır. En son havalı güneş kolektörü, faz değiştiren malzeme ve toprak kaynaklı ısı pompası kullanarak bu üç durumu kendileri arasında kıyaslamıştır.

Deneysel çalışmasında 10 adet 5 farklı geometride tasarlanmış havalı güneş kolektörü, toprak kaynaklı ısı pompası, gizli ısı depolama tankı ve 30 m² alana sahip cam sera kullanmıştır. Gizli ısı depolama tankına faz değiştiren malzeme olarak ısı iletimi ve ekonomikliği ile kalsiyum klorür hekahidrat (CaCl₂·6H₂O) kullanmıştır. Depolama kabı olarak da pvc kullanılmıştır. Sonuç olarak ek sistemler verimliliği artırmıştır (Benli, 2006).

Isıl iletkenlik performansının geliştirilmesi için kanatçık kullanımı yerine gözenekli metal köpük malzemelerini kullanmıştır. Çalışma deneyinde faz değiştiren malzeme olarak parafin(n-heptacosane) ve inorganik FDM olarak kalsiyum klorür heksahidrat (CaCl₂·6H₂O) kullanmıştır. Isı transferi iyileştirmesi içinde Almanya'dan temin edilen 10PPI(A1Si7Mg) ve 20 PPI'lik (İnç başına düşen gözenek sayısı) gözenekli metal köpük kullanılmıştır. Ticari hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) yazılımı kullanılarak farklı ısı akısı ve bu ısı akılarının konumlarını metal köpük takviyesi ile FDM'nin faz değiştirme oranı üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğunu rapor etmiştir. Konum olarak alttan ısıtma FDM(parafin)'nin daha hızlı olduğu görülmektedir. Isı akısının q: 3000W/m² olarak alttan ısı akısı verildiğinde 1080 dk'da tamamen erimiş(şarj) etmiştir. Yandan ise tamamen erime sağlanamamış %78 oranında erimiştir aynı koşullarda. 600 dk sonunda alttan %55, yandan %30, üstten %25 ısıtıldığında FDM erimekte. Sonuç olarak bu çalışmada doğal taşınım etkisinin sonuca alttan ısıtmanın daha yararlı olduğu görülmektedir. 10PPI ile 20PPI arasında çok ısı transferi açısından farklı bir sonuç bulunmadığı rapor edilmiştir (Yatağanbaba, 2013).

Bankong iklim koşulları üzerine geleneksel solar duvar ile SC-PCM (faz değiştiren malzemeli güneş kolektörü) ile yapmış oldukları iki evde doğal havalandırma yapmayı düşünmüşlerdir. Faz değiştiren malzeme olarak parafin mumu kullanmışlardır. Parafin mumunun iklim şartlarına uygunluğunu rapor etmişlerdir. SC-PCM evi solar duvarlı evden %96.62 oranında daha hızlı bir sirkülasyonlu iç havaya sahip olduğunu göstermiştir (Thantong vd., 2017).

Güneş bacasında faz değiştiren malzeme(FDM) kullanımında kanatçık kullanarak kanatçık kullanılmama durumu ile ve FDM'siz durumlar üstünde kıyaslamaya gitmişlerdir. İki oda aynı koşullarda değerlendirilmiş ve faz değiştiren malzeme olarak sodyum sülfat dekahidrat(Na₂SO₄·10H₂O) kullanmışlardır. FDM kullanımını FDM'siz sisteme kıyasen oda sıcaklığının homojen durumunu arttırdığını homojen durumu %60 oranında iyiye etki ettiğini belirtmişlerdir. Kanatçık olarak alüminyum parça kullanılmıştır. Kanatlı güneş bacasının kullanıldığında oda sıcaklığı 17.65 °C kanatsız

sistemde ise 14.68°C olarak bildirilmiştir. Yani odanın ortalama %20 artışa sonuçlanmıştır (Tiji vd., 2020).

Meksika iklim şartları üzerine pasif bir duvar ısıtma sistemi olan trombe duvarında faz değiştiren malzemesi(FDM) kullanarak termal performansını ve hava hızının sayısal analizini yapmıştır. FDM olarak etilen bazlı polimer (polietilen)(%40) ve parafin mumu(%60) karışımını kullanmışlardır ve alüminyum plakaya lamine ederek, sistemi ısı kayıplarından korunmak adına en dış cephesine şeffaf ısı yalıtımı(transparent thermal insulation) denilen içerisinde bulunan boşluğa ısı iletim katsayısı düşük olduğu için CO₂ gazı kullanılmıştır. Sonuç olarak kış aylarında ve gece ısıtma durumu için FDM malzemesinin kullanılması önemli faktördür (Torres-Rodríguez vd., 2020).

20x20mm'lik bir kare kavite içerisine faz değiştiren malzemenin şarj ve deşarj sürecini sayısal olarak incelemiştir. Çalışmasını 4 farklı çalışmayarak kıyaslamıştır. Kullanılan faz değiştiren malzeme %1, %2, %3 oranlarında CuO ve Al₂O₃ nanoparteküllü parafin mumuna ek olarak kavite bünyesine w: 4, w:7, w:10 mm'lik kanatçıklar ilave edilerek ısıl kaynak durumunu, konumlarını değiştirerek ısı iletime etkilerini tek tek incelemiştir. Sonuç olarak çok dikkate alınması gereken sonuç elde edildi %1 oranında termal iyileştirme yapılması için kullanımın nanopartekülleri %2 ve %3 de erime hızı vizkozite arttığı için FDM nin erime hızının düştüğünün ideal oranın %1 olduğunu ama oranın artışı ile depolama miktarının arttığı görülmektedir. Kanatçık uzunluğu artarsa ısı transfer yüzeyi artacağı için doğal olarak erime hızında artış görüldüğünü ama zaman ilerledikçe etkisinin azaldığını rapor etmiştir (Tütüncü, 2020).

Vengadesan ve Senthil, çalışmasında güneş kolektörlerinde kanatçıkların ve faz değiştiren malzeme kullanımını incelemiştir. Çeşitli emici yüzey tasarımlarını ve ısı depolama malzemelerini entegrasyonlarını karşılaştırmıştır. Entegre etmiş olduğu faz değiştiren malzemeye köpük kanatçıklar ile verimliliği %0.1'den %4'e yükseltildiğini ve bu konu hakkında ileri bir çalışma yapılmasını rapor etmiştir. PV/T kolektörlerinde faz değiştiren malzemesinin hem elektrik verimliliğine hemde termal enerji depolama verimliliğinde büyük ölçüde etkin olduğunu rapor etmiştir. Termal verimlilik %9 elektrik verimliliği %12 FDM ile termal verimlilik %5 daha arttığını rapor etmiştir (Vengadesan ve Senthil, 2020).

İzmir iklim şartları altında dış duvarda FDM kullanarak bina içi termal enerjiyi incelemiştir. FDM'lerin erime sıcaklığı ile iç mekan sıcaklığının literatür araştırmalarında hemen hemen aynı olduğunu bu olayın ise yaz aylarında iç mekanın sıcaklığını koruyacağını, kış aylarında ise ısıtmaya katkı sağlayacağını varsayımsal olarak belirtmiştir. FDM seçimlerini 21< FDM erime sıcaklığı< 33 derecelerde

olacağını belirterek sektördeki bina yalıtımı için özel üretim yapan firmalardan tedarik etmiştir. Model olarak 4X4X4m'lik küp olarak kurgulanan ve Design Builder enerji hesaplaması yapmıştır. Elde edilen sonuçlar, FDM'ler dış duvar da kullanıldığında güneş ışınımından verimli şekilde yararlanılırken, iç duvarda kullanıldığında enerji veriminin kış aylarında küçük de olsa zarar görüldüğünü rapor etmiştir (Özyurt, 2019).

PV/T hibrit kollektöre 3 farklı soğutma sistemi yaparak elektrik verimliliği üzerine çalışmışlardır. İlk deneyleri su ve su ile dolu tank soğutma borularının içinde su geçerek, ikinci FDM ile dolu tank ve soğutma borularından su geçerek, üçüncü olarak da FDM/ nano-SİC ve nanoakışkan(su-SİC) kullanarak bu üç yöntemi geleneksel PV kollektör ile verimi karşılaştırılmış ve nanoparçacıklı FDM'nin soğutma olarak nanoakışkan kullanılan yöntemde elektrik akımı 3.69 A'dan 4.04 A' çıkardığını geleneksel PV ile karşılaştırıldığında ise elektrik verimliliği 8.07'den 13.32'ye yükseldiğini rapor etmiştir (Al-Waeli vd., 2018).

CO₂ soğutmalı bir teşhir dolabında raf ve dolabın arka kasasının içine FDM kullanarak bu iki durumu FDM'siz soğutarak enerji tüketimi verimi üzerine durmuşlardır. Dolap 4 rafa 2.5 m uzunluk ve 0.76 m genişliğindedir. FDM'leri yüksek yoğunluklu polietilen kaplara koymuşlardır. Sonuç olarak FDM'nin arka tarafa konulduğunda enerji tüketiminin daha yüksek bulunduğu ve FDM'lerin konumlarının enerji tüketimini önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. Enerji tüketimi FDM kullanılmadan 929 KJ, raflarda kullanıldığında 888 KJ, dolap arkasında 1003 kJ tüketildiği hesaplanmış ve bu doğrultuda en uygun durumun FDM'nin raflarda konumlandırıldığı zaman olmuştur (Yılmaz vd., 2020).

Elektrik kesintisi üzerine bilgi işlemci odasındaki anlık yoğun ısı açığa çıkması üzerine FDM malzemesi ile sıcaklık kontrolünü kontrol etme fizibilite çalışması yapmışlardır. Oda sıcaklığı soğutma sistemi çalışırken 22-24 °C çalışırken 35 °C olduğunu belirtmişlerdir. FDM olarak erime sıcaklığı 24 °C ve 180 KJ ısı depolama kapasitesi olan RT-26 600x500x50 mm boyutundaki plakalar model olarak kullanmışlardır. 9 saatte 32.10 C olduğunu ve FDM erime sıcaklığının ne kadar düşük ise o kadar oda koşulundaki hava sıcaklığı kontrol altına alındığını rapor etmişlerdir (Wu vd., 2019).

PV/T-FDM sistemi ile PV/T sisteminin verimliliği üzerine deneysel bir çalışma yapmışlardır. Yazarlar, literatüre bakarak solar elektrik hücresinin silikon malzemesi 1 °C sıcaklık artışı ile elektrik verimini %5 ve amorf silikon hücrelerinde bu artışı %0.25 azalma ile sonuçlandığını söylemiştir (Yang vd., 2018).

Termodinamik yasalarına göre uygun bir teorik model geliştirerek kollektörün akışkan borusu ve kasasına kadar faz değıştiren malzeme koyarak enerji ve ekserji verimliliğine bakınmışlardır ve FDM'nin erime sıcaklığının 42-44 °C olduğu ve sonuca bakıldığında erime süresinin yani şarj süresinin katılma süresine yani deşarj süresinden daha kısa olduğunu göstermişlerdir. Bu sonuçta geceleri ısıtma gereksiniminin artırdığı görülmektedir (Hamed vd., 2017).

Lokasyon olarak Fas'ın Erracidia şehrinde kalınlığı 0.01 m olduğu plakadan kablınmış FDM malzemesinin kollektörün yalıtım malzemesinin altına iki farklı konfigürasyonu düşünülerek FDM'siz ve FDM'li kollektörün karşılaştırılması yapıldığı görülmektedir. FDM olarak N-eicosane ile saatlik hava durumuna 2 boyutlu simülasyon programı ile hesaplandığı görülmektedir. bu karşılaştırmalar sonucu 0.0015 kg/s akış hızı ile 0.01 m kalınlığındaki FDM malzemesi konfigürasyonundan 313 Kelvin veriden en iyi verimi aldıkları görülmektedir (Allouhi vd., 2018).

Güneş enerjisinin doğada kesintili zamana bağlı bir enerji olduğu ve bunun için enerjinin daha kullanışlı kollektör modelleri ile faz değıştiren malzemelerini entegre ederek bir karşılaştırmaya gidilmiştir. FDM'siz sistemde suyun çıkış sıcaklığının 54°C iken FDM'li kollektörde maksimum suyun çıkış sıcaklığının 74°C'lere geldiği gösterilmektedir (Isamotu ve Musa, 2020).

Güneş kollektörüne FDM ekleyerek sabit tutulan üç farklı ışınım ile FDM'li ve FDM'siz olan sistemleri 400 W/m², 700 W/m² ve 1000 W/m² ışınımına maruz bırakılıp simülasyon programı ile simüle etmişlerdir. Bunun ile beraber uygulamalı bir şekilde sistemlerin verimleri karşılaştırılmıştır. En iyi verim karşılaştırılmasını hem deneysel hem de sayısal olarak vermişlerdir. Deneysel çalışmada verimin %70.98 olduğu simülasyon ile aynı sistemin %67.73 olduğu görülmektedir (Syahrudin vd., 2020).

Tüplü kollektör ve diğer kollektörler arasında karşılaştırma yapıldığı tahliye tüplü kollektörün diğer kollektörlere göre daha geniş sıcaklıklar verdiği söylenmiştir. Tüplü kollektöre FDM malzemesi de ekleyerek gece saatlerinde de gündüz depolanan fazladan sıcaklığı kullanarak daha konforlu bir yol çizmişlerdir. FDM malzemesini vakumlu yer ile sıcak su taşıyan borunun arasına konulmuş ve ekstra alüminyum malzemeli kanatçık ile de ısı transferleri güçlendirilmiştir (Aramesh vd., 2020).

Düz plakalı termal güneş kollektörüne levha olarak istiflenmiş FDM malzemesi konulmuş FDM olarak RT42 RT50 ve RT60 olarak belirlenmiş ve maksimum sistemden 19.3 MJ enerjii şarj süresince depolandığı gösterilmektedir. RT45 için 43.6 °C ile -24 °C olduğu gösterilmektedir. RT50 için 51.7 °C ile -24 olduğu ve RT60 için ise 62.86 °C ile -24 °C olduğu gösterilmektedir. Sisteme debileri 0.1 kg/s, 0.04 kg/s,

0.02kg/s, 0.01 kg/s 0.008 kg/s ve 0.004 kg/s debiler ile akışlar verilerek tayin edilmiştir. En iyi sıcaklık korumasını RT42 ve RT50 de 0.004 kg/s debi sağladığı gösterilmektedir (Elbahjaoui vd., 2019).

Bir diğer çalışmada faz değiştiren malzemesi olan parafine manyetik nanopartekül parçacıklar ile nano-kompozit malzeme elde etmişler ve faz değiştiren malzemelere genel olarak ısı iletkenliklerini artırmak için malzeme ve farklı yüzey alanlar uygulamışlardır. FDM'lerin termal iletkenliğinde karbon bazlı kullanılarak elde edilen FDM'lerinde nanoparteküllerinde kullanılabileceği tartışılmıştır (Zayed vd., 2019).

Bu çalışmada hem güneş kolektörüne hem de sıcak su deposuna FDM malzemesi entegrasyonu sağlanmış ve akış analizini simüle edildiği görülmektedir. Faz değiştiren malzeme olarak RT65HC kullanılmış. FDM'siz sistemin sıcaklık farkının şarj süresi boyunca en verimli sonuç çıkarken deşarj süresince FDM'nin hem kolektör hem de depoda aynı anda kullanılması sadece tank da FDM kullanmasından da büyük çıktığı gösterilmektedir (Zohra vd., 2020).

İran'ın Şiraz ilinin lokasyon olarak seçildiği düz kolektöre 7 farklı konfigürasyon düşünülerek 4 farklı FDM kullanılmış ve kalınları değiştirilmiştir birde bunlara ek olarak bazı konfigürasyonlara kanatçıklar ekleyerek kıyaslamışlardır. Yutucu yüzey olarak alüminyum malzeme kullanıldığı ve akışkan borusu olarak da bakır boru kullanıldığı görülmektedir. FDM'li sistemin daha düşük çıkış sıcaklığı verildiği görülürken akşam saatlerine kadar daha uzun süreli sıcak su verdiği gösterilmektedir. Ayrıca yaz günün de kolektör verimi %33'ten %46'ya çıkarıldığı görülmektedir. Kanat kullanımının ise deşarj süresini düşürdüğü ve enerjiyi daha hızlı boşalttığı görülmektedir (Badiei vd., 2019).

Bu çalışmada genel olarak 17.000'den fazla araştırma makalesinin ve 14.000'den fazla üzerine durulan termal güneş kolektörlerinin genel bir araştırılması yapılmış olduğu bunların vakum tüplü kolektörden, düz kolektöre kadar düz kolektörlerden PV/T sistemlere FDM ve sistemdeki sıcaklığı ileten akışkanların entegrasyonları incelendiği ve literatür taraması yapıldığını bu çalışmalardaki araştırma yöntemlerini derledikleri görülmektedir (Evangelisti, vd., 2019).

Parabolik kolektörde hava kolektörünün aynı sistem de birleştirdikleri görülürken sistemdeki akışkan sıvıyı değiştirerek bir sonuca varıldığını göstermişlerdir. Nano-akışkan, su, yağ, gliserin sıvılarını sistemde denemişlerdir. Kurutma sistemindeki havalı kolektöre giren havanın debisi 0.025 kg/s gerçekleştirilen deneysel bir çalışmayı da sunmuşlardır. Nano-sıvı olarak Al₂O₃ %4, yağ olarak motor yağını(10W40)

kullandıkları gösterilmektedir. Nano sıvı ile sisteme 17.36 MJ termal enerji girdiğini, motor yağı ile 18.46 MJ, gliserin ile 17.76 MJ ve su ile 16.80 MJ termal enerji yakaladıklarını göstermişlerdir. Hem uygulama hem de sisteme harici bir depolama tankına FDM malzemesi ekleyerek kurutulan elmalar üzerine FDM'nin etkisinin olumsuz sonuçlar çıkarmadığını göstermişlerdir (Alimohammedi vd., 2020).

Düz sıvılı kollektöre FDM malzemesi olarak parafin mumu entegre ettikleri gösterilmektedir. Bununla birlikte depolama tankının içine dik bir şekil de silindirik kaplarla kapsüllenmiş olarak konularak hem yazılım hem de uygulamalı deney olarak ilerlendiği görülmektedir. Yapılan deney sonucunda yazılım ile deney sonuçları tutarlı çıktığını gösterilmektedir. Ortam sıcaklığı yazılımda da deneyde de 10°C olarak tutulmuştur. Radyasyonun 1000 W/m² kabul edilmiştir. FDM'siz sistemde tank sıcaklığı maksimum 60 °C'lere çıktığı gösterilirken, FDM eklenen tankta ise maksimum sıcaklığı 55°C'lere indirdiği gösterilmektedir. Sadece tankta 9 saatin sonuna yaklaşırken FDM'li sistemin FDM'siz sistemi geçtiği görülmektedir (Kurri, 2019).

Üç farklı kollektör üzerine iki farklı deney denenmiştir. Duyulur ısı ile gizli ısı depolama tekniği ile eş zamanlı olarak çalışılmıştır. İlk deney de FDM malzeme entegre edilmiş sistem, ikinci deney de ise duyulur ısı depolama olarak kiraz çekirdekleri ve yüzey alanını genişleterek ısı transferi iyileştirilmesi düşünülen öğütülmüş kiraz çekirdekleri kullanıldığı gösterilmektedir. ANSYS fluent yazılım programı ile nümerik olarak modellenmiştir. FDM kullanılan deneysel çalışmadan verim %8.4-%9 arasında olduğu görülmektedir. Ek olarak FDM'li sisteme bal peteği geometrisi ile ısı transferi artırıldığı ve şarj-deşarj süresinin daha kısa zamanda gerçekleştiği gösterilmektedir (Kayapunar, 2019).

4. MATERYAL VE YÖNTEM

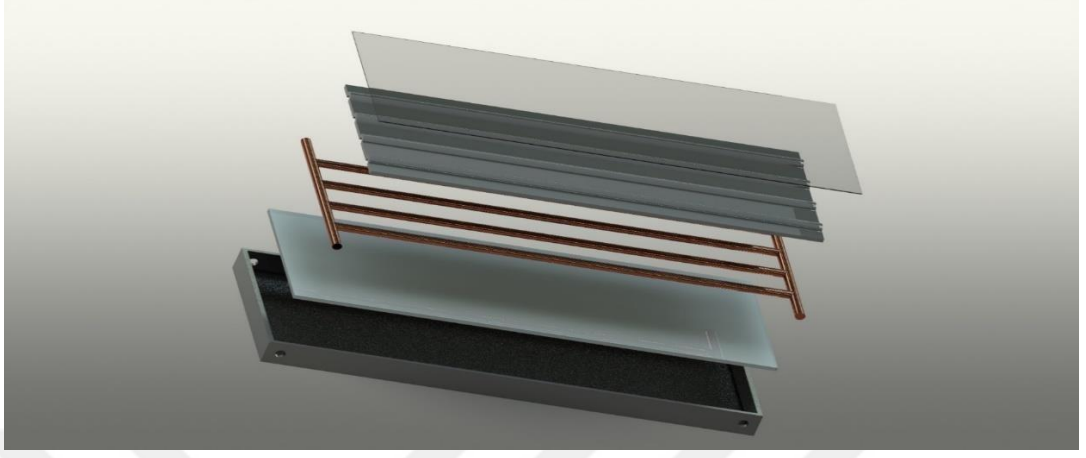
Bu tez çalışmasında üç ayrı lakosyonda Ankara, Gaziantep, Trabzon illerinde 1000x1800mm panel yüzeyine sahip kollektör kullanılmıştır. Toplam kalınlığı 120mm olan güneş kollektörün nümerik hesaplamalar ile üç şehrin yıllık ışınlm hesaplamalarını her ayın ortalama değeri veren günlerinde her 15 dakikada güneşin doğuşu ile batışı arasındaki saatler arasında hesaplanarak şehirlerdeki, kollektörlerin eğim açlarına göre direkt, toplam ve eğimli yüzeye düşen ışınlm şiddetleri hesaplanmıştır. Nümerik hesaplamalar ile PVGIS(Photovoltaic Geographical Information System) de karşılaştırılıp değerler arasındaki fark kabul edilir derece görülmektedir. PVGIS 2 farklı uydudan alınan ve istasyondan Güneş verilerini sunan ücretsiz erişim imkanı sağlayan programdır. Bu hesaplamaları yaparken Güneş ışığının geliş açısı, saat açısı vb. değerler hesaplanmıştır. Güneş kollektörü panelinin altına faz değışen malzeme levha olarak konulmuş ve konulan faz değışen malzeme kanatçık olarak kabul edilip kanatçık verimleri ve kollektör verimi her üç şehirde de bulunmuştur. Yapılan kollektör tasarımı ile ilk olarak faz değışen malzeme eklenmeden hesaplanmıştır ve sonradan sisteme faz değışen malzeme eklemesi yapılmıştır. Şehirlerdeki aylara göre su sıcaklıkları, kollektör su giriş sıcaklığı kabul edilmiştir. Kullanılan faz değışen malzemeler(RUBİTHERM) RT31,RT35 olmaktadır. Faz değıştiren malzemelerin erime sıcaklıkları 31°C, 35°C olmaktadır Bu çalışma üç şehirde iki ayrı faz değıştiren malzeme ile kollektör sistemi ilk başta eklenmeden sonra faz değışen malzemesi eklenmiş ve FDM'li, FDM'siz olarak sonra eklenen FDM'ler arasındaki sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bunun yanı sıra FDM levhaların kalınlıkları 1cm 2cm ve 3cm olarak hesaplanmıştır.

4.1. Analizi Yapılan Güneş Kollektörü Bilgileri

4.1.1. Kollektör Bilgileri

Simülasyonu yapılmak üzere kollektör projesini çift camlı, kasa için kullanılan saç kalınlığı 10mm düşünülmüştür. Taşıyıcı boru malzemesi bakır malzemeden olmaktadır. Yalıtım malzemesi olarak XPS malzeme kullanılmıştır. XPS hücre yapısı homojen olan ısı yalıtımı yapmak amacıyla üretilen düşük ısı iletim katsayısına sahip bir malzeme olmaktadır. Yutucu yüzey olarak bakır malzemesi kullanılmıştır. Kollektör 1000x1800x120 mm ebatlarına sahiptir. Simülasyon kolaylığı sağlamak için kollektör panel camını tek cam olarak kabul edilmiştir. Kollektör çizimi üç boyutlu (3D) ve katı modelleme ve tasarım yazılımı ile parçalar katı modellenmiştir ve katı modellenen

parçalar aynı program ile montaj edilmiştir. Nümerik hesaplamalardan sonra katı model analiz için basitleştirilmiştir ve daha sonra simülasyon yazılımı SolidWorks Similaiton ile Transient thermal analizi yapılmıştır.



Şekil 12. Tasarımı yapılan kollektör izometrik ve patlatılmış görüşü

Tasarımı yapılan kollektör izometrik ve patlatılmış görüşü Şekil 12’de gösterilmektedir.

4.1.2. Lokasyon ve İklim Bilgileri

Tasarlanan kollektörün üç farklı lokasyon olarak ilk olarak Gaziantep ikinci olarak Ankara ve üçüncü olarak Trabzon illeri seçilmiştir. Şehirleri seçerken Türkiye’nin üç bölgesini de ele alarak Gaziantep’in Akdeniz ve kara ikliminin etkisinde olduğu genel olarak yaz aylarının sıcak ve kurak, kış aylarında ise soğuk ve yağışlı olması güneşlenme süresinin diğer iki ile nazaran fazla olması için seçilmiştir. Ankara ili, kara ikliminin yoğunlukta olduğu ve ülkenin orta kısmında yer olduğu için seçilmiştir. Trabzon ili, Karadeniz ikliminin yoğun olduğu ve güneşlenmenin diğer iki şehirden daha az olduğu, havanın daha kapalı ve yağışlı olduğu için tercih edilmiştir. Simülasyonu yapılacak olan kollektöre ait lokasyon bilgileri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Şehirlerdeki veriler ile 15’er dakika aralıklar ile anlık verim hesabına gidilecektir şehirlerin 4 mevsimde olan yağış durumu, havanın açıklık kapalılık durumları, çevre sıcaklıkları, şebeke sıcaklıkları vb. çevre faktörlerinin kollektör verimini birebir etkileyeceği literatür taraması sonucu ön görülmektedir. Gaziantep ili lokasyon bilgileri Tablo 4’te gösterilmektedir.

Tablo 4. Gaziantep ili lokasyon bilgileri

Gaziantep	
ÜLKE	TÜRKİYE
BÖLGE	Güney Doğu
BOYLAM	36.28
YÜKSEKLİK	850 m
KOLLEKTÖR	35°
EĞİMİ	

Gaziantep şehri, Türkiye'nin Güneyinde bulunan ve güneşi araştırmada yer verilen diğer iki şehirden coğrafi konumu gereği daha dik kabul etmektedir ve kollektör eğimi 35° konulmaktadır. Kollektör eğimi kuzeye doğru gidildikçe artmaktadır.

Tablo 5. Ankara ili lokasyon bilgileri

Ankara	
ÜLKE	TÜRKİYE
BÖLGE	İç Anadolu
BOYLAM	32.53
YÜKSEKLİK	890 m
KOLLEKTÖR	38°
EĞİMİ	

Ankara şehri, Türkiye'nin İç Anadolu bölgesinde 39.57 enlem, 32.53 boylam da bulunan yüksekliği 890 m olan kollektör eğimi 38° olmaktadır. Ankara ili lokasyon bilgileri Tablo 5'de gösterilmektedir. Trabzon ili lokasyon bilgileri Tablo 6'da gösterilmektedir.

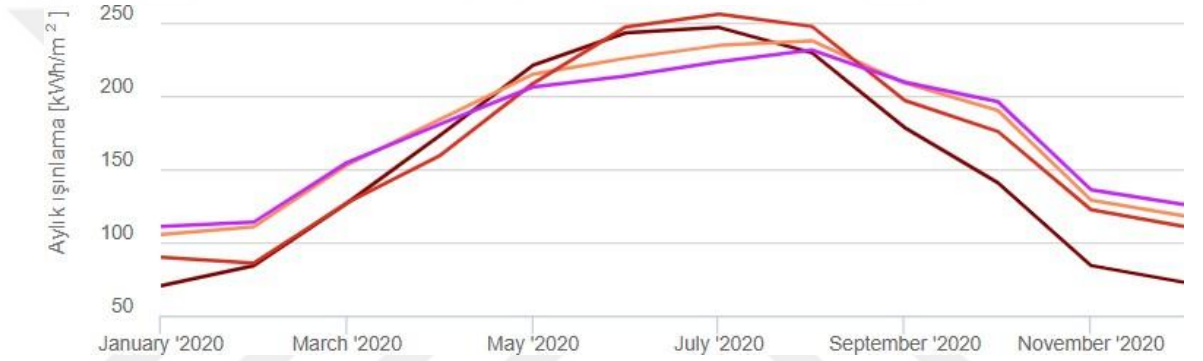
Tablo 6. Trabzon ili lokasyon bilgileri

Trabzon	
ÜLKE	TÜRKİYE
BÖLGE	Karadeniz
BOYLAM	39.727
YÜKSEKLİK	20 m
KOLLEKTÖR	39°
EĞİMİ	

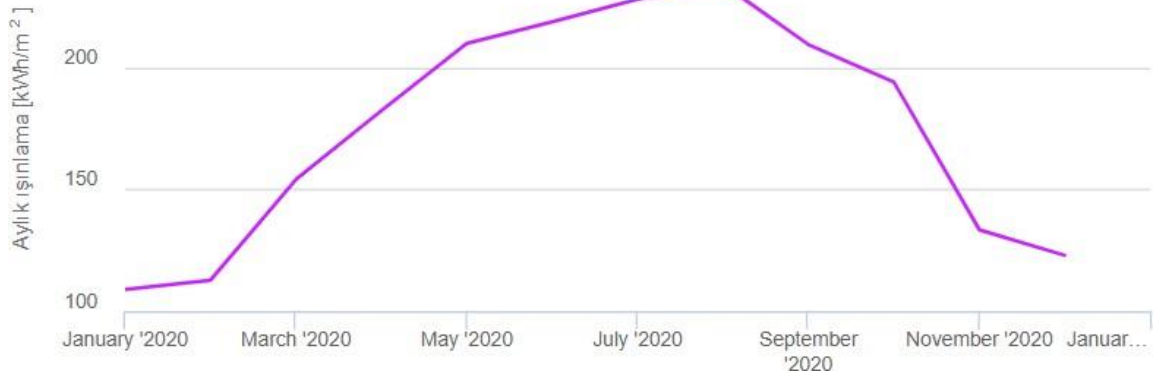
Trabzon şehri, Türkiye'nin Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan genellikle araştırması yapılan iki şehirden hava durumu olarak daha kapalı bir şehir olmaktadır. 41.005 enlem, 39.727 boylamında bulunan yüksekliği açısından diğer iki şehirden deniz kıyısında bulunduğundan deniz seviyesine çok yakındır ve yüksekliği 20 m olmaktadır.

PVGIS(Photovoltaic Geographical Information) güneş radyasyon değerlerini kıtalara göre fotovoltaik ve diğer güneş sistemleri ile ilgili güneş enerjisi değerlerini ücretsiz ve online yayınlayan fotovoltaik enerji hesaplayıcı simülasyon programıdır.

Hesaplamalar için için gerekli olan güneş ışınım değerlerini yıllık değer olarak PVGIS programından yararlanılmıştır. Gaziantep ili aylık ışınım değerleri Şekil 13'de gösterilmektedir.



Şekil 13. Gaziantep ili aylık ışınım değerleri (PVGIS).



Şekil 14. Gaziantep ili 35° derecelik açığa gelen ışınım değerleri 2020 (PVGIS).

Pvgis'den alınan verilerce yukarıda verilen grafikte Gaziantep ilinin 2020 yılı içerisinde aylık yatay ışınım doğrudan direk ışınım ve kollektöre gelen ışınımı vermektedir. Grafikteki ışınımlar koyu kırmızı, kırmızı, açık kırmızı ve mor çizgiler olarak verilmiştir. Koyu kırmızı çizgi yatay ışınımı değerini, kırmızı çizgi direk normal

ışınım değerini ve açık kırmızı çizgi ise optimal açı ile gelen ışıını vermektir. Gaziantep ili için kollektöre verilen eğim 35° derece olduğu için eğik düzlem açısını 35° derece olarak kabul edilmiştir. Mor renkli çizgi ise Gaziantep ilin de 35 derecelik açı ile konulan kollektöre gelen ışıını değerini vermektir.

Gaziantep ili 35° derecelik açığa gelen ışıını değerleri Şekil 14'te gösterilmektedir..

Tablo 7. Gaziantep iline ait 81 yıllık ortalama sıcaklık değerleri (MGM 2022)

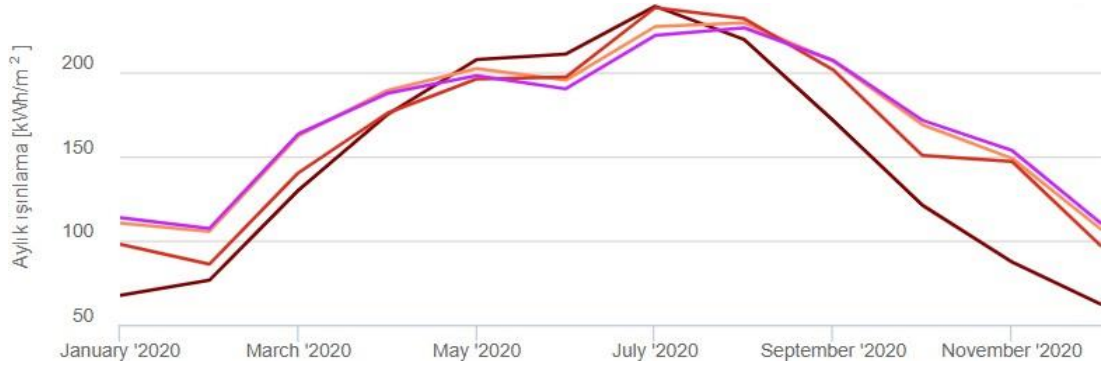
Aylar (Ölçüm Periyodu 1940-2021)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	Ortalama Güneşlenme Süresi (Saat)
Ocak	5.7	7.5	-0.6	3.6
Şubat	4.5	9.5	0.2	4.3
Mart	8.2	13.9	3	5.5
Nisan	13.4	19.7	7.3	6.9
Mayıs	18.8	25.5	12	8.6
Haziran	24.2	31.2	17.1	10.4
Temmuz	28	35.2	21.1	10.8
Ağustos	27.8	35.3	21	10.1
Eylül	23.4	31.1	16.3	8.8
Ekim	16.7	24.3	10.1	7
Kasım	9.9	16.3	4.5	5.4
Aralık	5.0	9.7	1.1	3.6
Yıllık	15.3	21.6	9.4	7.1

Gaziantep iline ait 1940-2021 yılları arasındaki 81 yıllık ortalama sıcaklık değerlerini Tablo 7'de verilmiştir.

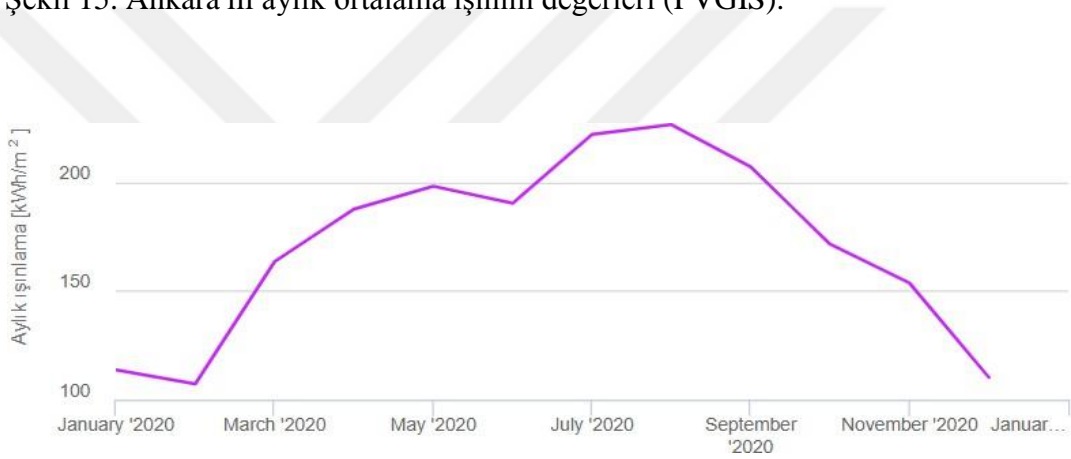
Tablo 8. Gaziantep ili şebeke suyunun aylık ortalama sıcaklıkları

Ocak	10.3 °C
Şubat	8.7 °C
Mart	9.6 °C
Nisan	12.1 °C
Mayıs	15.5 °C
Haziran	20.9 °C
Temmuz	23.3°C
Ağustos	25.3 °C
Eylül	24.7 °C
Ekim	21.5 °C
Kasım	17.4 °C
Aralık	13.2 °C

Gaziantep ilinin aylık ortalama sıcaklık verileri Tablo 8’de verilmiştir. En yüksek şebeke suyu sıcaklığını ağustos ayında, en soğuk şebeke suyu sıcaklığını şubat ayında olduğu Tablo 8’de görülmektedir.



Şekil 15. Ankara ili aylık ortalama ışınıım değerleri (PVGIS).



Şekil 16. Ankara ili 2020 yılı aylık ortalama 38 dereceye dūřen ışınıım değeri (PVGIS).

Pvgıs’den alınan verilerce yukarıda verilen grafikte Ankara ilinin 2020 yılı içerisinde aylık yatay ışınıım doğrudan direk ışınıım ve kollektöre gelen ışınıımı vermektedir Şekil 15 ve Şekil 16’da gösterilmektedir. Grafikteki ışınıımlar koyu kırmızı, kırmızı, açık kırmızı ve mor çizgiler olarak verilmiştir. Koyu kırmızı çizgi yatay ışınıım değerini, kırmızı çizgi direk normal ışınıım değerini ve açık kırmızı çizgi ise optimal açı ile gelen ışınıımı vermektedir. Ankara ili için kollektöre verilen eğim 38 derece olduğu için eğik düzlem açısını 38 derece olarak kabul edilmiştir. Mor renkli çizgi ise Ankara ilin de 38 derecelik açı ile konulan kollektöre gelen ışınıım değerini vermektedir.

Tablo 9. Ankara iline ait 81 yıllık ortalama sıcaklık değerleri (MGM 2022)

Aylar (Ölçüm Periyodu 1940-2021)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	Ortalama Güneşlenme Süresi (Saat)
Ocak	5.7	7.5	-0.6	3.6

Tablo 9. (Devam)

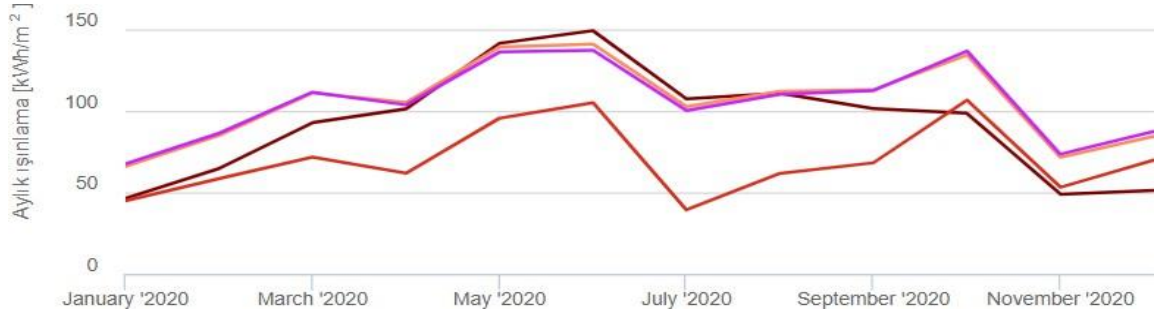
Şubat	4.5	9.5	0.2	4.3
Mart	8.2	13.9	3	5.5
Nisan	13.4	19.7	7.3	6.9
Mayıs	18.8	25.5	12	8.6
Haziran	24.2	31.2	17.1	10.4
Temmuz	28	35.2	21.1	10.8
Ağustos	27.8	35.3	21	10.1
Eylül	23.4	31.1	16.3	8.8
Ekim	16.7	24.3	10.1	7
Kasım	9.9	16.3	4.5	5.4
Aralık	5.0	9.7	1.1	3.6
Yıllık	15.3	21.6	9.4	7.1

Ankara iline ait 1940-2021 yılları arasındaki 81 yıllık ortalama sıcaklık değerlerini Tablo 9’da verilmiştir. En yüksek sıcaklık verileri temmuz ayında olduğu görülmektedir. En soğuk sıcaklık verileri ise aralık ve ocak aylarında olduğu $-24.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ye kadar düştüğü görülmektedir.

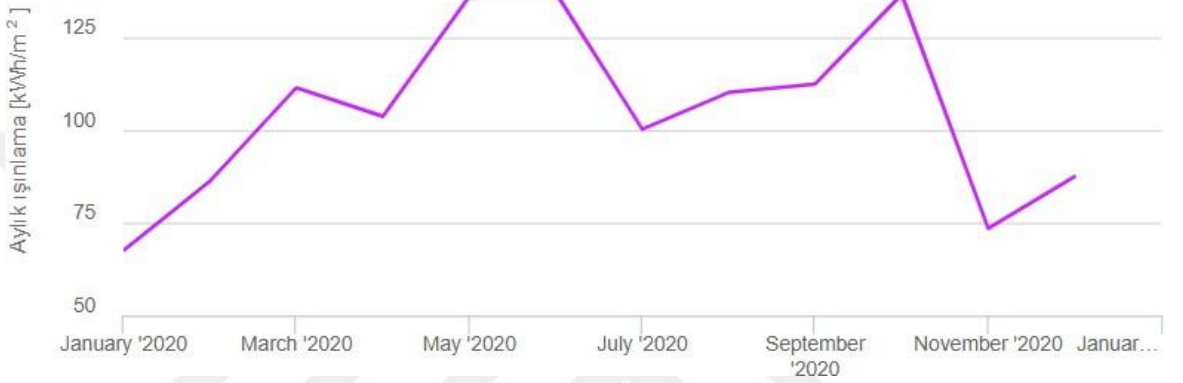
Tablo 10. Ankara ili şebeke suyunun aylık ortalama sıcaklıkları

Ocak	8.2°C
Şubat	6.6°C
Mart	7.8°C
Nisan	10.7°C
Mayıs	14.5°C
Haziran	18°C
Temmuz	20.9°C
Ağustos	22.8°C
Eylül	21.6°C
Ekim	18.1°C
Kasım	14.6°C
Aralık	10.9°C

Ankara ilinin aylık ortalama şebeke suyu sıcaklık verileri Tablo10’da verilmiştir. En yüksek şebeke suyu sıcaklığını ağustos ayında, en soğuk şebeke suyu sıcaklığını şubat ayında olduğu Tablo 10’da görülmektedir. Trabzon ili aylık ortalama ışınlam değerleri Şekil 17’de gösterilmektedir..



Şekil 17. Trabzon ili aylık ortalama ışınlam değerleri (PVGIS).



Şekil 18. Trabzon ili 2020 yılı aylık ortalama 38 dereceye düşen ışınlam değeri (PVGIS).

Trabzon ili 2020 yılı aylık ortalama 38 dereceye düşen ışınlam değeri Şekil 18’de gösterilmektedir.

PVGIS’ den alınan verilerce yukarıda verilen grafikte Trabzon ilinin 2020 yılı içerisinde aylık yatay ışınlam doğrudan direk ışınlam ve kollektöre gelen ışınlamı vermektedir. Grafikteki ışınlamlar koyu kırmızı, kırmızı, açık kırmızı ve mor çizgiler olarak verilmiştir. Koyu kırmızı çizgi yatay ışınlamı değerini, kırmızı çizgi direk normal ışınlam değerini ve açık kırmızı çizgi ise optimal açı ile gelen ışınlamı vermektedir. Trabzon ili için kollektöre verilen eğim 35 derece olduğu için eğik düzlem açısını 35 derece olarak kabul edilmiştir. Mor renkli çizgi ise Trabzon ilin de 35 derecelik açı ile konulan kollektöre gelen ışınlam değerini vermektedir.

Tablo 11. Trabzon iline ait 81 yıllık ortalama sıcaklık değerleri (MGM 2022).

Aylar Periyodu (Ölçüm 1940-2021)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	Ortalama Güneşlenme Süresi (Saat)
Ocak	7.5		-0.6	3.6
Şubat	7.3	9.5	0.2	4.3
Mart	8.4	13.9	3	5.5

Tablo 11. (Devamı)

Nisan	11.7	19.7	7.3	6.9
Mayıs	15.9	25.5	12	8.6
Haziran	20.2	31.2	17.1	10.4
Temmuz	23	35.2	21.1	10.8
Ağustos	23.4	35.3	21	10.1
Eylül	20.4	31.1	16.3	8.8
Ekim	16.7	24.3	10.1	7
Kasım	13	16.3	4.5	5.4
Aralık	9.6	9.7	1.1	3.6
Yıllık	14.8	21.6	9.4	7.1

Trabzon iline ait 1940-2021 yılları arasındaki 81 yıllık ortalama sıcaklık değerlerini Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 12. Trabzon ili şebeke suyunun aylık ortalama sıcaklıkları

Ocak	10.6°C
Şubat	9.5°C
Mart	10.1°C
Nisan	11.9°C
Mayıs	14.8°C
Haziran	18.2°C
Temmuz	20.7°C
Ağustos	21.8°C
Eylül	21.3°C
Ekim	18.8°C
Kasım	16°C
Aralık	13°C

Trabzon ilinin aylık ortalama şebeke suyu sıcaklık verileri Tablo12’de verilmiştir. En yüksek şebeke suyu sıcaklığını ağustos ayında, en soğuk şebeke suyu sıcaklığını şubat ayında olduğu Tablo 12’de görülmektedir.

4.1.3. Faz Değiştiren Malzemelerin Özellikleri

Nümerik hesaplanması ve simülasyonu yapılan kollektör için oluşturulan senaryolarda erime sıcaklıklarına ve kalınlıklarına göre iki farklı faz değiştiren malzemesi kullanılmıştır. Kullanılan faz değiştiren malzemelerin özellikleri Tablo 13 ve Tablo 14’te verilmiştir.

RUBITHERM firmasının yüksek kristalliğe sahip az yer kaplayan küçük alanlarda kullanılan çeşitli uygulamalarda kullanılabilen çevrimlerinde uzun süreli dayanıklı malzemelerdir. Çevrimlerini kararlı yapıya sahiplerdir.

Tablo 13. RT35 değerleri (RUBITHERM, 2022).

RT35	
Özellikler	Değerler
ρ_s (kg/m ³) katı halde yoğunluk	860
ρ_l (kg/m ³) – Sıvı halde yoğunluk	770
K (W/m·K) - Termal iletkenlik	0.2
C_p (J/kg·K) - Özgül ısı	2000
β (1/K) - Termal genleşme katsayısı	0.0006
hfg (kJ/kg) - Gizli füzyon ısısı	170
μ (kg/m·s) – Viskozite	0.023
T_m (°C) - Erime alanı	35
Hacim genişlemesi (%)	12.5
Maksimum Çalışma sıcaklığı (°C)	70

RT35 faz değiştiren malzemesi katı halde ki yoğunluğu 860 kg/m³, sıvı halde yoğunluğu 770 kg/m³ termal iletkenliği 0.2 W/m.K olmaktadır. Termal iletkenliği kollektör sistemine uygun olduğu için ve kritik sıcaklığının 35°C derece olduğu için diğer kullanılan faz değiştiren malzemesinden daha yukarıdadır. Analizi yapılacak çalışmalarda üç ile de uygulanan faz değiştiren malzemedir. Kalınlıkları 1 cm,2 cm ve 3 cm olarak incelenip hem faz değiştiren malzeme kullanılmayan hem de kalınlıklarına göre 15 dakikalık aralıklarla kollektör verimi hesaplanmıştır. RT35 özellikleri Tablo 13’de gösterilmektedir.

RT35 faz değiştiren malzemesi katı halde 880 kg/m³, sıvı halde 770 kg/m³ termal iletkenliği RT35 ile aynı değere sahip olmaktadır. RT31 malzemesini üç şehirde 1 cm, 2cm ve 3 cm olarak üç ayrı kalınlıkta çalışarak faz değiştiren malzemesi kullanılmayan kollektör ile bu üç ayrı kalınlıkların sonucu karşılaştırılmıştır.

Tablo 14. RT31 değerleri (RUBITHERM, 2022).

RT31	
Özellikler	Değerler
ρ_s (kg/m ³) katı halde yoğunluk	880
ρ_l (kg/m ³) – Sıvı halde yoğunluk	760
K (W/m·K) - Termal iletkenlik	0.2
C_p (J/kg·K) - Özgül ısı	2000
β (1/K) - Termal genleşme katsayısı	0.0006
hfg (kJ/kg) - Gizli füzyon ısısı	157
μ (kg/m·s) – Viskozite	0.023

Tablo 14. (Devamı)

Tm (°C) - Erime alanı	31
Hacim genişlemesi (%)	12.5
Maksimum Çalışma sıcaklığı (°C)	50



Şekil 19. RT31 FDM malzemesi (RUBITHERM)

RT31 faz değiştiren malzemesi katı halde 880 kg/m³, sıvı halde 770 kg/m³ termal iletkenliği Rt 35 ile aynı değere sahip olmaktadır. RT31 malzemesini üç şehirde 1 cm, 2cm ve 3 cm olarak üç ayrı kalınlıkta çalışarak faz değiştiren malzemesi kullanılmayan kollektör ile bu üç ayrı kalınlıkların sonucu karşılaştırılmıştır. şekil 19’de RT31 FDM malzemesi gösterilmektedir. Kapsüllenmiş RT31 FDM malzemesi şekil 20’de gösterilmektedir.



Şekil 20. Kapsüllenmiş RT31 FDM malzemesi (RUBITHERM)

Faz değiştiren malzemeleri 300x250x15mm boyutlara sahip alüminyum plakalara paketleyerek toplamda 24 paket olacak şekilde kollektörün XPS malzemesinin üzerine koyarak analizi düşünülmüştür. Fakat modelleme ve simülasyon kolaylığı gereği alüminyum plaka ile paketlenmiş faz değiştiren malzemesi tek bir parçadan yapılmış gibi kabul edilmiş nümerik hesaplanıp ve simülasyonu yapılmıştır.

Üretici firmalarda, alüminyum kasada FDM’ler mikro kapsülleme tekniği ile doldurulur ve çeşitli uygulamalarda kullanılır. Avantajı faz değiştiren malzemenin katıdan sıvıya veya sıvıdan katıya geçilmesinde içinde kurulmuş olmasıdır. İki levha çevresinden ve ortasından iki noktada birbirine tutularak kapatılmıştır. Alüminyum levha kullanılmasının nedeni ısıyı iyi iletebilen ve doğası gereği küçük lde aşındırıcı

olması için FDM ambalajlamada kullanılmaktadır. Analiz hesaplamalarında alüminyum malzemesi yok sayılmıştır.

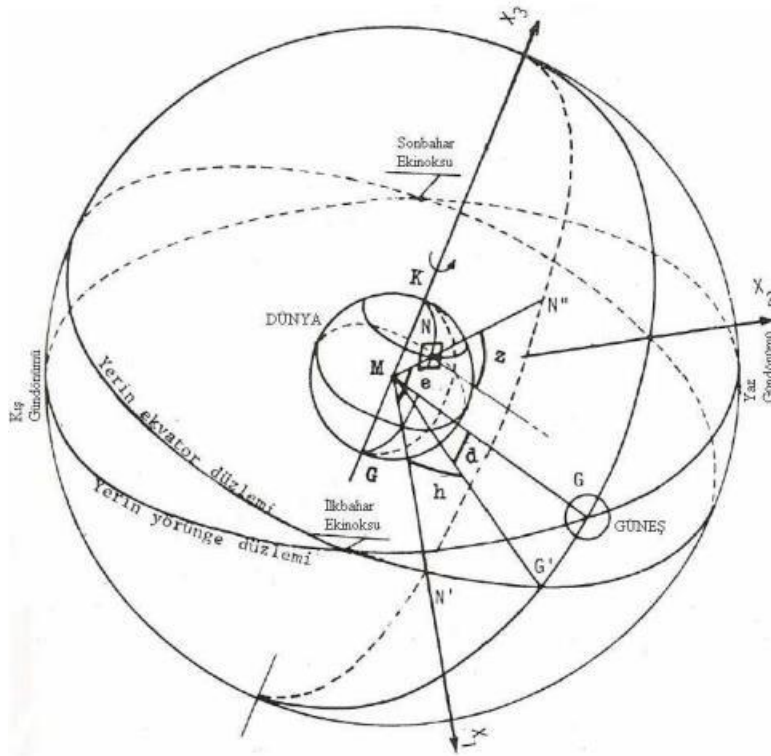
4.1.4. Güneş Işınım Şiddeti Hesaplamaları

Güneş enerjisinden maksimum verimli bir şekilde faydalanılabilmek için güneş ışınım değerlerini belirli lokasyon ve belirli zamandaki miktarını bilmek gerekir. Güneşten, eğim verilen kollektöre gelen ışınımlar üç bileşende gelmektedir ve incelenmektedir. Bu bileşenler direkt, yayılan ve yansıyan olmaktadır.

Bu çalışmanın en temelini PVGIS den yararlanıldığı gibi ışınım şiddetleri üç şehrin ışınım değerleri hesaplanmıştır.

Güneş ışınımı hesaplamaları esas açılar ve türetilmiş açılar ile hesaplanmıştır.

4.1.4.1. Esas Güneş Açıları



Şekil 21. Gök küre önemli görüş açıları (Kılıç ve Göktürk, 1983).

Esas güneş açıları; enlem açısı, deklinasyon açısı, saat açısı olarak bilinmektedir.

Enlem açısı(e); Şekil 21'deki gök küre üzerinde belirlenen N noktasından dünya merkezine (M) birleştirilen doğrunun ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Yani açı (NMN) açısıdır. Enlem açısı kuzey yarımkürede (+), kuzey yarımkürede (-) işareti ile ölçülmektedir.

Saat açısı(h); gök küre belirlenen N noktasının yani sabit olarak belirlenen noktanın boylamı ile dünya merkezine (M) birleştirilen doğrunun(güneş ışınlarının belirttiği boylam arasındaki(NMG) açıdır. Saat açısında her 15° 1 saat zaman dilimine denk gelmektedir. Eşitlik 3'ki gibi hesaplanmıştır (Çelik, 2017).

$$h=15(12-GS) \quad (\text{Eşitlik 3})$$

Deklinasyon açısı(d); güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Şekil 21'de (GMG) açıdır. Bu açının sebebi dünyanın dönme ekseninin, yörünge düzleminin normali ile yapmış olduğu 23° 27'lik açı olmaktadır.

$$d = 23,45 * \sin \left(360 * \frac{n+284}{365} \right) \quad (\text{Eşitlik 4})$$

$$d = 23,45 * \sin \left(360 * \frac{n-80}{370} \right) \quad (\text{Eşitlik 5})$$

Eşitlik 4 ile Eşitlik 5'deki n 1 Ocaktan başlayan gün sayısı olmaktadır. Yukarıdaki denklemler en yaygın olarak kullanılan deklinasyon hesaplamasında kullanılmaktadır.

Genel olarak güneş ışınım değerlerini aylık ortalama deklinasyon açısı ile bulma işlem kolaylığı sağlamaktadır ve hesaplamalarda güneş ışınım değeri hesaplarken ortalama deklinasyon açısına denk gelen veya tekabül eden günü baz alındığı bilinmesi gereken bir durum olmaktadır (Çelik, 2017).

Tablo 15. Eşitlik 4'e göre deklinasyon açısı (Kılıç ve Göktürk, 1983).

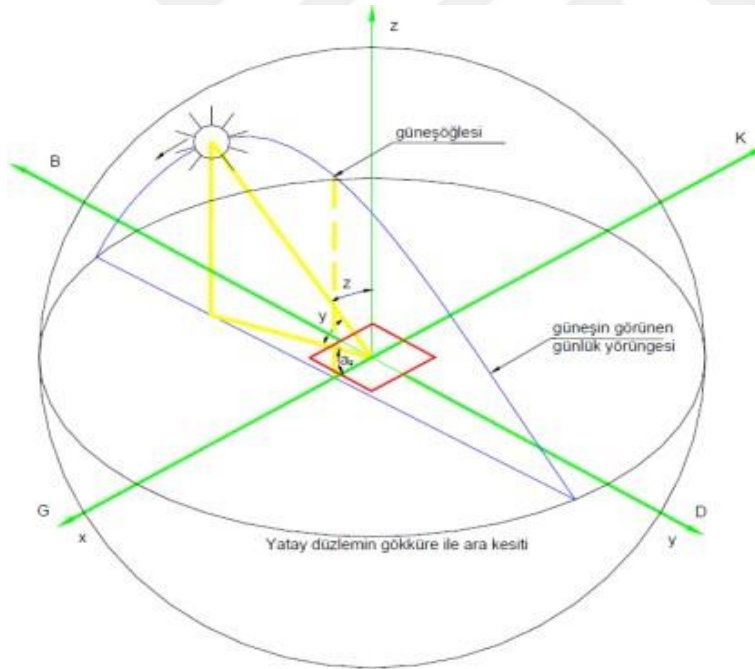
Aylar	Gün	n	d
Ocak	17	17	-20.17
Şubat	16	47	-12.955
Mart	16	75	-2.418
Nisan	15	105	9.415
Mayıs	15	135	18.791
Haziran	11	162	23.086
Temmuz	17	198	21.184
Ağustos	16	228	13.455
Eylül	15	258	2.217
Ekim	15	288	-9.599
Kasım	14	318	-18.912
Aralık	10	344	-23.049

Tablo 16. Eşitlik 5'e göre deklinasyon açısı (Kılıç ve Göktürk, 1983).

Aylar	Gün	n	d
Ocak	17	17	-20.568
Şubat	15	46	-12.799
Mart	17	76	-1.592
Nisan	15	105	9.659
Mayıs	15	135	18.854
Haziran	11	162	23.078
Temmuz	18	199	21.115
Ağustos	17	229	13.459
Eylül	15	258	2.781
Ekim	15	288	-8.928
Kasım	14	318	-18.369
Aralık	12	346	-23.004

Bu çalışmada ortalama güneş ışınım değerleri hesaplamalarında denklinasyon açısı ve günü ilk denklemdaki değerler baz alınarak yapılmıştır.

4.1.4.2. Türetilmiş Güneş Açıları



Şekil 22. Yatay koordinat sisteminde türetilmiş Güneş açıları (Çelik, 2017)

Eğik düzleme gelen ışınım miktarını bulabilmek için türetilmiş açılardan faydalanılmaktadır; zenit açısı(z), güneş yükseklik açısı(y), güneş azimut açısı(a_g) olmaktadır. Yatay koordinat sisteminde türetilmiş Güneş açıları Şekil 22'de gösterilmektedir. Türetilmiş açılarının hesaplandığı denklemler (Kılıç ve Göktürk, 1983).

Zenit açısı(z); yatay yüzey ile güneş ışınları arasındaki açıdır. Güneş ışınları yatay yüzeye dik gelirse $z=0^\circ$ olurken güneşin doğup ve battığı zamanda $z=90^\circ$ olmaktadır.

$$\text{Cos}(z) = \cos(d) \cos(e) \cos(h) + (\sin(d) \sin(e)) \quad (\text{Eşitlik 6})$$

$$\text{Cos}(ag) = \frac{\cos(d) \sin(e) \cos(h) - (\sin(d) \cos(e))}{\cos y} \quad (\text{Eşitlik 7})$$

$$\text{Cos}(g) = \cos(d)\cos(h)\cos(e - s) + (\sin d \sin(e - s)) \quad (\text{Eşitlik 8})$$

Güneşin doğup ve battığı zamanda ışınlar yatay zemine paralel gelir ($z=90^\circ$) ve denklem yerine yazıldığı zaman $\cos 90^\circ=0$ olur doğuş (-) batış(+) saat açısı H;

$$\text{cos}H = -\frac{\sin d \sin e}{\cos d \cos e} = -\text{tan}d \text{tan}e \quad (\text{Eşitlik 9})$$

Eşitlik 9'daki gibi bulunmaktadır.

Güneşlenme süresi ve ışınım değerleri için gün uzunluğu bulunması gerekmektedir ve gün uzunluğu aşağıdaki Eşitlik 10, kış ayların da Eşitlik 1 ise yaz ayları için hesaplanabilir (Çelik, 2017).

$$H = \arccos(-\tan(d) \tan(e)) \quad (\text{Eşitlik 10})$$

$$H_{gp} = \arccos(-\tan(d) \tan(e - s)) \quad (\text{Eşitlik 11})$$

Kuzey kutup dairesinde deklinasyon(d) açısı negatif olmaktadır yani $-\tan(d)\tan(e) \geq 1$ güneş doğmadığı anlarda ve deklinasyonun pozitif olduğu anda $-\tan(d)\tan(e) \leq -1$ güneş batmaz. Yani gün uzunluğu;

$$t_g(\text{saat}) = 2/15H \quad (\text{Eşitlik 12})$$

$$t_g(\text{saat}) = 2/15H_{gp} \quad (\text{Eşitlik 13})$$

Eşitlik 12 ve Eşitlik 13 ile bulunmaktadır (Çelik,2017).

Bu çalışmada güneşlenme süresi, güneş kolektörlerinin enerji kaynağı olan güneşin başlangıç ve bitiş zamanını bilmemizi göstererek işleme başlama saati ile bitiş saatini belirtmiş olmaktadır.

4.1.4.3. Eğimli Yüzeyle Gelen Güneş Işınım ve Anlık Işınım Hesaplanması

Güneş ışınımının hesaplanması anlık toplam güneş ışınımı hesaplanırken günlük toplam ışınımına bağıntılı olarak hesaplanmaktadır. Kollektör hesaplamalarında eğik yüzeye gelen güneş ışınımı önemli bir faktöre sahiptir ve birçok etkene bağlı olmaktadır. Bu etkenler, kolektörün eğim açısı, çevrenin yansıtma katsayısı, azimut açısı ve yatay yüzeye gelen anlık toplam ışınım, direkt ışınım, yayılı ışınım değerleri olmaktadır.

$$I_e = I_{ed} + I_{ey} + I_{ya} \quad (\text{Eşitlik 14})$$

Eğik yüzeye gelen anlık toplam ışınım Eşitlik 14 ile hesaplanmaktadır. I_e eğik yüzeye gelen anlık ışınım değeri, (I_{ed})direkt, (I_{ey})yayılı ve (I_{ya})yansiyarak gelen ışınımlardır. Aşağıdaki denklemlerde ise direkt, yayılı ve yansiyarak olan ışınım değerleri hesaplanmaktadır (Kılıç ve Göktürk, 1983).

$$I_{ed} = R_d I_d \quad (\text{Eşitlik 15})$$

$$I_{ey} = I_y \left(\frac{1 + \cos(s)}{2} \right) \quad (\text{Eşitlik 16})$$

$$I_{ya} = \rho I \left(\frac{1 + \cos(s)}{2} \right) \quad (\text{Eşitlik 17})$$

Burada s kolektör açısı, ρ çevrenin yansıtma katsayısı olmaktadır. Yansıtma oranı hesaplamalarda 0.2 olarak alınmıştır. Ama iklim durumuna bitki örtüsü ve topografik duruma göre değişebilmektedir. 0.2 değeri ortalama bir değer olduğu için kabul edilmektedir (Kılıç ve Göktürk, 1983).

Eğik yüzeye gelen ile yatay yüzeye(güneye bakan) gelen anlık direkt güneş ışınımı oranı Eşitlik 18 deki hesaplanmıştır (R_d);

$$R_d = \frac{(\cos(e-s) \cos d \cosh) + (\sin(e-s) \sin d)}{(\cos e \cos d \cosh) + (\sin e \sin d)} \quad (\text{Eşitlik 18})$$

Yukarıdaki Eşitlik 18'den faydalanarak yani;

$$R = \frac{e}{I} = (Rd \left(\frac{Id}{I}\right)) + Rd \left(\frac{Id}{I}\right) + \left(\frac{Iy}{I}\right) \left(1 + \frac{\cos(s)}{2}\right) + p \left(\frac{1-\cos(s)}{2}\right) \quad (\text{Eşitlik 19})$$

Düzlemin eğimi arttıkça düzleme gelen yansıyan ışınım miktarı artar fakat yayılı ışınım miktarı azalmaktadır. Iy ve Id hesaplamaları Eşitlik 24 ve Eşitlik 25 ile hesaplanarak ışınım değerleri aşağıdaki eşitlikler ile hesaplamaya yardımcı olmaktadır.

$$\Psi = \exp\left(-4\left(1 - \left(\frac{lhI}{H}\right)\right)\right) \quad (\text{Eşitlik 20})$$

$$rt = \frac{I}{Q} = \pi/(4to) \left(\cos\left(\frac{180}{2}\right) \left(\frac{h}{H}\right)\right) + \left(\frac{2}{\sqrt{\pi}}\right) (1 - \Psi) \quad (\text{Eşitlik 21})$$

$$ry = \left(\frac{\pi}{24}\right) \left(\frac{\cos(h) - \cos(H)}{\left(\sin(H) - \left(\frac{\pi}{180}\right)H\cos(H)\right)}\right) \quad (\text{Eşitlik 22})$$

$$Qy = Q - Qd \quad (\text{Eşitlik 23})$$

$$Iy = ry Qy \quad (\text{Eşitlik 24})$$

$$Id = I - Iy \quad (\text{Eşitlik 25})$$

Işınım hesaplamaları denklemlerde görüldüğü gibi günlük ışınım hesaplamalarından anlık ışınım hesaplamalarına entegre bir şekilde ilerlenmektedir. r_t değeri anlık tüm güneş ışınımı(I) ile günlük toplam güneş ışınımı(Q) değerlerine oranı olmaktadır. r_y değeri ise yatay düzleme gelen anlık yayılı(Iy) ile güneş ışınımının günlük toplam yayılı ışınımına(Qy) oranı olmaktadır. Günlük toplam güneş ışınımı(Q) ile günlük toplam direkt ışınım(Q_d) değerleri Tablo 17, Tablo 18, Tablo 19'da kaynak olarak gösterilip alınmıştır (Kılıç ve Göktürk, 1983).

Tablo 17. Gaziantep ili Q , Q_d , Q_o ve T/T_o değerleri (Kılıç ve Göktürk, 1983).

Aylar	Q	Q _d	Q _o	T/T _o
Ocak	7	3.3	16.8	0.42
Şubat	9.7	4.9	22	0.44
Mart	14	7.8	28.5	0.15
Nisan	18.9	11.5	35	0.6
Mayıs	23.6	16	39.5	0.75

Tablo 17. (Devamı)

Haziran	26.5	19.2	14.2	0.88
Temmuz	26.1	19.2	40.3	0.93
Ağustos	23	16.3	36.7	0.89
Eylül	18.6	12.7	30.8	0.83
Ekim	13.5	8.6	23.8	0.57
Kasım	8.9	5	18	0.61
Aralık	6.6	3.2	15.4	0.47
Yıllık	16.4	10.6	29	0.67

Tablo 18. Ankara ili Q, Q_d, Q_o ve T/T_o değerleri (Kılıç ve Göktürk, 1983).

Aylar	Q	Q_d	Q_o	T/T_o
Ocak	5.3	2	15.3	0.29
Şubat	8.4	3.9	20.6	0.37
Mart	12.7	6.7	27.4	0.45
Nisan	17.3	9.9	34.4	0.51
Mayıs	22	13.9	39.3	0.64
Haziran	24.5	16.4	41.3	0.73
Temmuz	25.5	18.2	40.3	0.84
Ağustos	22.7	16	36.2	0.83
Eylül	17.9	12.2	29.9	0.78
Ekim	12.2	7.4	22.5	0.67
Kasım	7.6	3.9	16.5	0.53
Aralık	4.4	1.6	13.9	0.26
Yıllık	15	9.3	28.1	0.57

Gaziantep ili Q, Q_d, Q_o ve T/T_o aylık ortalama değerleri Tablo 17’de gösterilmektedir. Ankara ili Q, Q_d, Q_o ve T/T_o aylık ortalama değerleri Tablo 18’de gösterilmektedir. Trabzon ili Q, Q_d, Q_o ve T/T_o aylık ortalama değerleri Tablo 18’da gösterilmektedir.

Tablo 19. Trabzon ili Q, Q_d, Q_o ve T/T_o değerleri (Kılıç ve Göktürk, 1983).

Aylar	Q	Q_d	Q_o	T/T_o
Ocak	5.2	2.1	14.4	0.34
Şubat	7.9	3.6	19.8	0.38
Mart	10.1	4.3	26.7	0.31
Nisan	14	6.5	34	0.36
Mayıs	17	8.3	39.2	0.42
Haziran	19	9.9	41.3	0.51
Temmuz	16.6	7.7	40.2	0.44
Ağustos	13.9	6.1	36	0.40
Eylül	11.1	4.8	29.3	0.38
Ekim	8.7	4	21.8	0.43
Kasım	6.2	2.8	15.7	0.44
Aralık	4.6	1.8	13	0.35
Yıllık	11.2	5.2	27.6	0.40

4.1.4.4. Güneş Kollektörü Termal Analizi İle Bünyesine Gelen Işınım Hesaplama

Basit bir düz toplayıcıda genellikle beş kısımdan oluşmaktadır. Bunlar saydam örtü enerji tutan yutucu yüzey, ısıyı taşıyan akışkanın boruları, yalıtım yapan malzeme ve şase den oluşmaktadır.

Güneş kollektörlerinde saydam örtünün geçirme oranı kollektör analizi yaparken önemli bir yere sahiptir. Yarı saydam örtüler ise ışınımı yansıtır yutar ve geçirir. Güneş den gelen dalga boyunda cismin yansıtma(p), yutma(α), geçirme(τ) oranlarının toplamı olmaktadır. Eşitlik 26'daki eşitlik yardımı ile hesaplanılmıştır (Kılıç ve Göktürk,1983).

$$\alpha + p + \tau = 1 \quad (\text{Eşitlik 26})$$

Camların geçirme oranı içinde bulunan demir-oksit miktarı arttıkça azalmaktadır. Bundan dolayı demir oksit değeri düşük cam kullanılmıştır. Yutma geçirme (α - τ), yutulan ışınım değerini kollektör verimi için önemli olmaktadır.

Tablo 20. Camların sayısına göre ışınımı yansıtma oranı(p_y) (Kılıç ve Göktürk, 1983).

Cam sayısı	1	2	3	4
Düşük demir oksitli camlar	0.154	0.233	0.28	0.311
Pencere camı	0.143	0.202	0.23	0.244

Kollektör üzerine gelen ışınımın yutucu yüzeyine gelen güneş ışınımının üzerine gelen büyük kısmının yüzey tarafından yutulurken, küçük kısmının ise yansıtılmaktadır. Bu küçük kısım, saydam örtünün altına gelir ve yansır, tekrar yine geçer ve tekrar yine yansır ve bu şekilde devam etmektedir.

Eşitlik 27 ile yutma geçirme çarpımı hesaplanmıştır (Kılıç ve Göktürk, 1983).

$$(\tau\alpha) = \frac{\tau\alpha}{1-(1-\alpha)p_y} \quad (\text{Eşitlik 27})$$

p_y değeri Tablo 20'de görüldüğü tek camlı kollektör kullanılarak değeri 0.154 olarak alınmıştır. (α)yutma oranı krom kaplı bakır olarak ele alınmıştır ve değeri 0.92 olmaktadır. Neşretme oranı ise 0.08 değerinde olmaktadır.

Direkt güneş ışınımı için yutma-geçirme çarpımı değerleri Şekil 28'de gösterilmektedir.

Direkt, yayılı ve yansıyan ışınım için yutma-geçirme çarpımı oranlarını Eşitlik 28 ile elde edilmektedir. Yayılı ve yansıyan ışınım için yutma-geçirme çarpımı Şekil 32'de gösterilmektedir (Kılıç ve Göktürk, 1983).

Buna göre kollektörün yutulan ışınım miktarı (I_{yu}) kollektörün üzerine gelen ışınım şiddeti(I_e) olduğunda;

$$(\tau\alpha) = \frac{I_{yu}}{I_e} \quad (\text{Eşitlik 28})$$

Yutulan ışınım miktarı ise

$$I_{yu} = (\tau\alpha)dI_{ed} + (\tau\alpha)yI_{ey} + (\tau\alpha)yaI_{ya} \quad (\text{Eşitlik 29})$$

Denklem genişletildiğinde ise;

$$I_{yu} = (\tau\alpha)dRdId + ((\tau\alpha)yI_y) \left(\frac{1+\cos(s)}{2} \right) + ((\tau\alpha)yaI_p) \left(\frac{1-\cos(s)}{2} \right) \quad (\text{Eşitlik 30})$$

Kollektör tarafından yutulan ışınım miktarı da bulunduktan sonra kollektörün ısı yalıtımı ile ısı kayıp katsayısı bulunmalıdır. Kollektöre gelen ışınımın bir kollektör camından geçerken, bir kısmı yansır ve geçen ışınım yutucu yüzeye gelir yutucu yüzeye gelen ışınım yani enerjinin bir kısmı taşıyıcıya geçmektedir ve bu faydalı ısıdır. Geri kalan kısım ise taşınım, ışınım ve iletim ile çevreye gider.

$$A_t(\tau\alpha)I = Q_f + Q_k + Q_d \quad (\text{Eşitlik 31})$$

A_t faydalı yüzey alanı, yani kollektörün üzerine gelen ışınımı kabul eden yüzey alanı, Q_f akışkana geçen geçen enerji, Q_k iletim, taşınım ve ışınım ile ısı kayıplarını, Q_d depolanan enerji, I toplayıcı üzerine gelen ışınım olmaktadır. Eşitlik 31 yardımıyla hesaplanmıştır.

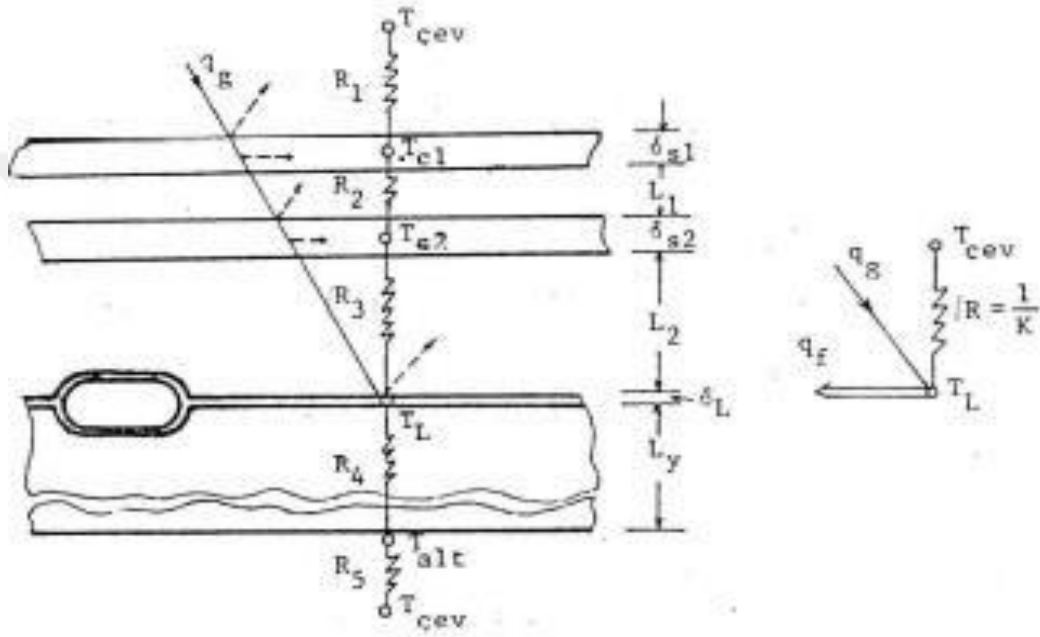
Kollektörde ısı kayıplarının çok değişkene bağlı olmakla beraber bu hem kollektörün imalatı ile hem de çevre faktörü ile olmaktadır.

Kollektörün çevreye karşı kaybetmiş olduğu ısıyı kollektörün altı ve üst kısmından meydana gelen kayıpları hesaplanmıştır. Yan taraflardaki kayıpların küçük olmasından dolayı işlem kolaylığı nedeni ile yanlardaki kayıpları sıfır kabul edilmiştir.

$$K = K_{alt} + K_{üst}$$

(Eşitlik 32)

(K_{alt})kollektörün alt kısmındaki ısı kayıp katsayısı, ($K_{üst}$)üst kısmındaki ısı kayıp kat sayısı ile toplamı (K) ısı kayıp katsayılarının toplamı olarak bulunmaktadır. Toplayıcılarda alt tarafındaki ısı kayıp durumu yalıtım malzemesinin kalınlığına ve ısı iletim katsayısına bağlı olmaktadır. Isı kayıp katsayılarını elektrik benzeşimi Şekil 23’de gösterilmektedir ve bu doğrultuda Eşitlik 32 yardımıyla hesaplanmıştır (Çelik, 2017).



Şekil 23. Düz toplayıcı ısı geçişinin elektrik benzeşimi (Kılıç ve Göktürk, 1983).

$$K_{alt} = \frac{1}{R_4 + R_5}$$

(Eşitlik 33)

Yalıtım malzemesi XPS malzemesi kullanılmıştır. XPS özellikleri Tablo 21’de verilmiştir. L_y yalıtım malzemesinin kalınlığı k_y yalıtım malzemesinin iletim katsayısı olmaktadır. Kollektörün alt yüzey sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki fark çok küçük değerde olduğu için ihmal edilmiştir ve $R_5=0$ kabul edilmiştir. Sırasıyla hesaplanan aşağıdaki Eşitlik 34, Eşitlik 35, Eşitlik 36 ve Eşitlik 37, Eşitlik 38, Eşitlik 40 yardımıyla hesaplanmıştır (Kılıç ve Göktürk,1983).

$$R_4 = \frac{L_y}{k_y}$$

(Eşitlik 34)

Yani K_{alt} ;

$$K_{alt} = \frac{k_y}{L_y} \quad (\text{Eşitlik 35})$$

Kollektörün üst kısmındaki ısı kayıp katsayısı ise $K_{üst}$;

$$\frac{1}{K_{üst}} = R1 + R2 + R3 = \frac{1}{K1} + \frac{1}{K2} + \frac{1}{K3} \quad (\text{Eşitlik 36})$$

$$R1 = \frac{1}{K1} = \frac{1}{h_{t,d} + h_{l,d}} \quad (\text{Eşitlik 37})$$

Işınım katsayısı ($h_{i,d}$);

$$h_{i,d} = \varepsilon_{s1} \sigma (T_{s1} + T_{\text{çev}}) (T_{s1}^2 + T_{\text{çev}}^2) \quad (\text{Eşitlik 38})$$

ε_s saydam örtünün ışınım neşretme oranı olmaktadır. σ Stefan Boltzman sabiti değeri $5.67 \times 10^{-18} \text{ W/m}^2\text{-K}^2$ olmaktadır. Hesaplanması yapılan kollektör camının neşretme oranını 0.88 alınmıştır. Yutucu yüzeyin neşretme oranı ise 0.05 alınmıştır.

$$h_{td} = 5.7 + 3.8v \quad (\text{Eşitlik 39})$$

Taşınım katsayısı Eşitlik 39 ile bulunmaktadır. Kollektör camı ile çevre arasındaki taşınım ile ısı transfer katsayısı rüzgar hızına bağlı olmaktadır ve rüzgar hızlarını PVGIS'den alınmıştır.

$$R2 = \frac{1}{K2} = \frac{1}{h_{t,s2-s1} + h_{l,s2-s1}} \quad (\text{Eşitlik 40})$$

Küst ısı kayıp katsayısını Agarwal ve Larson (1981) daha kolay daha pratik çözümlemesi yapmıştır ve çözümleme Şekil 41'deki gibi yapılmıştır.

$$K_{üst} = \left\{ \frac{N}{\frac{C}{T_k} [1 - \frac{1}{\varepsilon_{\text{çev}}}]^{0.33}} + \frac{1}{h_{td}} \right\}^{-1} + \frac{\sigma (T_L + T_{\text{çev}}) (T_L^2 + T_{\text{çev}}^2)}{[s + 0.05N(1-s)]^{-1} + \frac{2N\varepsilon_{\text{çev}}}{\varepsilon_s} - N} \quad (\text{Eşitlik 41})$$

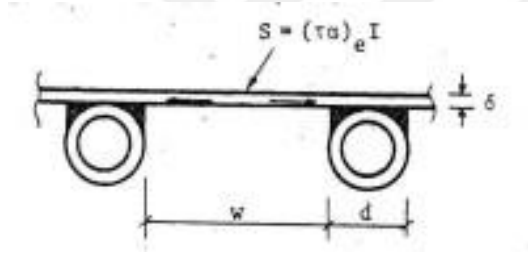
$$f = (1 - 0.04h_{td} + 0.005 h_{td}^2) (1 + 0.091 N) \quad (\text{Eşitlik 42})$$

$$C = 250(1 - 0.0044 (s - 90)) \quad (\text{Eşitlik 43})$$

Rüzgar hızı v (m/s) , s (drc) kollektör eğimi olmaktadır. Gaziantep 35° , Ankara 38° , Trabzon 39° derece olmaktadır. N kollektörün cam sayısını yani saydam örtü sayısını ifade etmektedir. ϵ_L yutucu yüzeyin neşretme oranı, ϵ_s kollektör camının neşretme oranı olmaktadır. Her üç ilde de bu değerler aynı alınmıştır. T_L yutucu yüzey sıcaklığı $T_{\text{çev}}$ çevre sıcaklığıdır. İllerin çevre sıcaklığı PVGIS'den alınmıştır.

Kollektörün saydam örtüsü yani cam yutmuş olduğu ışınımından dolayı ısınmaktadır. Saydam örtü sıcaklığı arttıkça saydam örtü ile yutucu yüzey arasındaki ısı transfer kat sayısı azalmaktadır. Yani faydalanılan ısı miktarı da artar.

Bu çalışmada camın kollektörün saydam örtülerde yutulan ışınım miktarı işlem kolaylığından ve ihmal edilir düzeyde olduğu için ihmal edilmiştir ve ortaya çıkan denklem efektif yutma geçirme çarpımı($\tau\alpha$)_e ile yutma geçirme çarpımı($\tau\alpha$) birbirine eşit olmaktadır.



Şekil 24. Yutucu yüzeye gelen ışınım değeri şeması (Kılıç ve Göktürk, 1983).

Kollektör yutucu yüzey sıcaklığı eksponansiyel olarak artmaktadır. Artışın bağlı olduğu etkenler toplayıcı tipine, akışkanın giriş sıcaklığına, toplayıcı üzerine gelen ışınım değerlerine ve kollektörün çevreye tekrar saldıdığı yani ısı kayıpları olmaktadır.

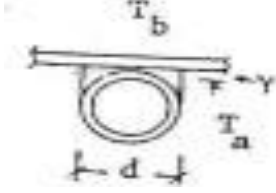
Kollektörün boru ve yutucu levhası ısıl çözümlene yaparken kanatçık olarak kabul edilmiştir. İki boru arasındaki mesafeyi (w) , boru sıcaklığı (T_b), yutucu levhanın kalınlığı (δ), borunun uzunluğu (b), çevre sıcaklığı ($T_{\text{çev}}$) olmaktadır.

Yutucu yüzey üzerine gelen ışınım Şekil 24'teki Eşitlik 44 yardımıyla hesaplanmıştır;

$$S = (\tau\alpha)_e I \quad (\text{Eşitlik 44})$$

$$m^2 = \frac{k}{k\delta} \quad (\text{Eşitlik 45})$$

Eşitlik 45’de m (metre) değeri burada işlem kolaylığı sağlamak için bir başka faktör olarak alınmıştır. Kanat verimi hesabı edilirken kolaylık sağlanmaktadır. Bir boruya toplam geçen faydalı ısı miktarı için ilk olarak kanat verimi hesaplanmalı ve bu işlemler için boru ile levha arasındaki birleştirmeden dolayı kaynağın veya lehimin ısı iletim katsayıları ihmal edilmiştir. Boru ve yutucu levha şematik gösterimi Şekil 25’de gösterilmektedir.



Şekil 25. Boru ve yutucu levha şematik gösterimi

$$n_k = \tanh(nw / 2) / (nw / 2) \quad (\text{Eşitlik 46})$$

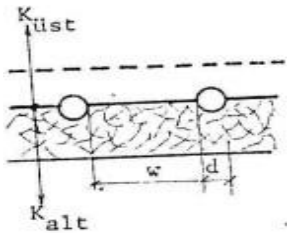
Kanat verimi yutucu yüzey malzemesinin ısı iletkenlik katsayısına, kalınlığına ve boruların birbiri arasındaki konumuna bağlı olarak değişim göstermektedir.

$$Q_{1f} = b(d + wn_k)[S - K(T_b - T_{\text{cev}})] \quad (\text{Eşitlik 47})$$

Bir boruya geçen toplam faydalı enerji miktarı(Q_{1f}) Eşitlik 47 yardımıyla hesaplanmıştır. Borunun ısıl ataleti ihmal edilmiştir (Kılıç ve Göktürk, 1983).

Toplayıcı verim faktörü (F_v) boru sıcaklığına bağlı olmadan Eşitlik 48’deki gibi bulunmaktadır.

$$F_v = \frac{1/K}{(d+w)[\frac{1}{d+wn_k} + 1/nd h_i t_i]} \quad (\text{Eşitlik 48})$$



Şekil 26. Kollektör tipi

Kollektör tiplerine toplayıcı verim faktörü hesaplaması farklılık gösterir. Bu çalışmadaki kollektör tipi Şekil 26'daki gibi olmaktadır. Toplayıcı verim faktörü çözümlenmesi ondan dolayı Eşitlik 48'deki gibi olmaktadır (Kılıç ve Göktürk, 1983).

$$F_t = \frac{\dot{m} c_p}{A_t K} (1 - \exp[-\frac{A_t K F_v}{\dot{m} c_p}]) \quad (\text{Eşitlik 49})$$

T_{ag} kollektöre giren suyun sıcaklığı olmaktadır.

Esas olarak kollektör hesaplamaları ısı geçiş katsayıları ve toplayıcı faktörlerini kollektör üzerinde her noktasında farklılık gösterir ama pratikte hesaplama yapılırken kolaylık sağlanması için yutucu yüzeyin ortalama sıcaklığı esas alınır. Böylelikle yutucu yüzey ortalama sıcaklığı, kanat sıcaklığına ve akışkan ortalama sıcaklığına bağlı olarak hesaplanmıştır. (\bar{T}_h) akışkan ortalama sıcaklığı olmaktadır (Kılıç ve Göktürk, 1983).

$$\bar{T}_h = T_{ag} - (T_{ag} - T_{cev} - S / K)(1 - F_t / F_v) \quad (\text{Eşitlik 50})$$

Yutucu yüzey sıcaklığı;

$$T_L = T_{ag} - (T_{ag} - T_{cev} - S / K) (1 - \frac{F_t d + w n_k}{F_v d + w}) \quad (\text{Eşitlik 51})$$

Son olarak kollektör anlık verimi hesaplaması kollektörde toplanan enerjinin, kollektöre gelen güneş ışınımına oranı kollektör verimi olmaktadır. Kollektör anlık verimi (n_t) Eşitlik 52 yardımıyla;

$$n_t = \frac{Q_f}{A_t I} = F_t [(r\alpha)_e - K \frac{T_{ag} - T_{cev}}{I_e}] \quad (\text{Eşitlik 52})$$

Şuana kadar ki hesaplamaların çalışması yapılan kollektörün faz değişen malzeme olmadan Gaziantep, Ankara ve Trabzon ilinde olan anlık hesaplanmıştır. Hesaplamalar her 15 dakika da bir güneşin doğuşu ile başlanmış ve batışı ile sonlanmış.

4.1.5. Faz Değiştiren Malzeme Eklenen Kollektör Verimi Hesaplama

Bundan önceki hesaplamalar faz değişen malzeme olmadan kollektörün ısı analizi ve anlık verimi hesaplanmış olmaktadır. Kollektörün ölçülerinde değiştirilmemiştir. Faz değiştiren malzeme akışkanı taşıyan boruların altına yerleştirilmiştir ve kollektörün

kalınlığı aynı kalacağından dolayı kollektörün altındaki yalıtım malzemesi olan XPS malzemesi kalınlığı 10, 20, 30 mm den düşerek konfigürasyonlar hesaplanmıştır.

Tablo 21. FDM konfigürasyon değerleri

Kalınlık(mm)	XPS	FDM
1.konfigürasyon	90	10
2.konfigürasyon	80	20
3.konfigürasyon	70	30

1.Konfigürasyon 90 mm XPS kullanılarak 10 mm FDM kullanılmıştır.

2.Konfigürasyon 80 mm XPS kullanılarak 20 mm FDM kullanılmıştır.

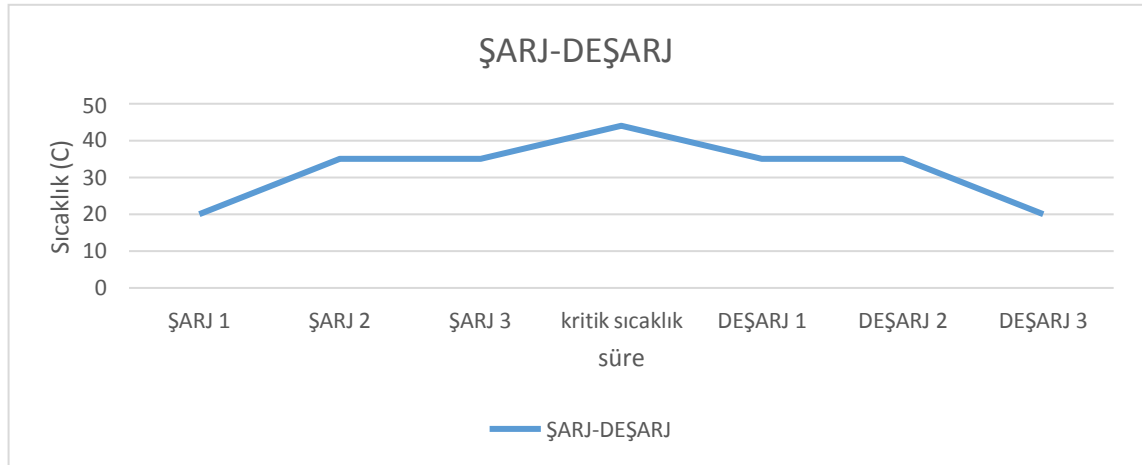
3.Konfigürasyon 70 mm XPS kullanılarak 30 mm FDM kullanılmıştır.

Kollektörün altındaki kalınlık yalıtım yerine konulan XPS yalıtım malzemesi ile FDM kalınlığı Tablo 21’de verilmiştir.

FDM eklenmiş kollektör de ilk olarak faz değişen malzemelerin şarj süreleri hesaplanmıştır.

Yutucu yüzey sıcaklığı 0 noktasında FDM’nin sıcaklığına eşit kabul edilmiştir; ($T_{yy} = T_{fdm}$) alınmıştır.

Örnek olarak konfigürasyonlarda kullanılan RT35 faz değişen malzemenin RT35= 35°C olduğundan yutucu yüzeyin 35°C ulaştığı kısım belirlenmiştir. Bu kısım şarj 1 süresini oluşturmaktadır. Yani; 35°C olana kadar gerekli ısıyı faz değişen malzeme ortamdan çekmektedir.



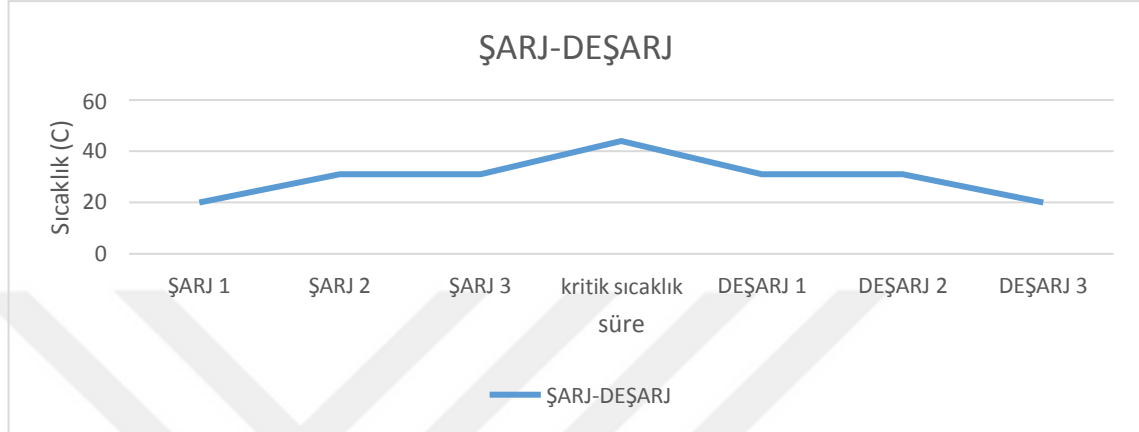
Şekil 27. RT35 Şarj-deşarj grafiği

Şarj 1 süresi; $T_{yy} < T_{erime}$ °C sınırı olarak kabul edilmektedir. Şarj süresi kollektör veriminin faz değiştiren malzeme kullanılına olan oranı ile hesaplanmıştır ve Eşitlik 53’deki gibi hesaplanmıştır (Kurri, 2018).

$$\Delta_t = \frac{Q_{Fdm}}{Q_f} = \frac{m_{Fdm} C_{p_{kati}} (T_{erime} - T_{yy})}{Q_F} \quad (\text{Eşitlik 53})$$

35 dereceye kadar her yutucu yüzey sıcaklığı her 15 dakika bir hesaplanmıştır.

Şarj 2 süresi; $T_{yy} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğu zaman Eşitlik deki gibi hesaplanmıştır (Kayapınar,2019).



Şekil 28. RT31 şarj-deşarj grafiği

RT35 şarj-deşarj grafiği Şekil 27'de ve RT31 şarj-deşarj grafiği Şekil 28'de gösterilmektedir.

$$\Delta_t = \frac{Q_{Fdm}}{Q_f} = \frac{m_{Fdm} h_F}{Q_F} \quad (\text{Eşitlik 54})$$

Şarj 3 süresi; maksimum sıcaklık o gün ne zaman ise sınır olarak o sıcaklık kabul edilmiştir. $T_{yy_{maks}} = 42^\circ\text{C}$ ise 35°C den 42°C 'ye kadar süre şarj 3 süresini oluşturmaktadır. Şarj 3 süresi Eşitlik 55'deki gibi hesaplanmıştır (Kayapınar, 2019).

$$\Delta_t = \frac{Q_{Fdm}}{Q_F} = \frac{m_{Fdm} C_{p_{sivi}} (T_{yy_{maks}} - T_{erime})}{Q_F} \quad (\text{Eşitlik 55})$$

FDM eklenmiş kollektörün verimi faz değişen malzemenin kütlesine (m_{fdm}), kollektörün verimine (Q_f) ve şarj 1 de FDM'nin özgül ısısı ($c_{p_{kati}}$), şarj 2'de taşınım katsayısı (h_f), şarj 3'te fdm'nin özgül ısısı ($c_{p_{sivi}}$) bağlı olmaktadır.

Şarj süresi içerisinde sistemden ısı olarak soğutma işlemi yapmış ve ısıyı bünyesinde toplamıştır. Yani şarj süresi boyunca depolanan enerji FDM'ye toplanıyor.

Şarj süresi dolduktan sonra FDM'nin kritik sıcaklığından artık ısı verilmeye başlanmaktadır ve bu süreyedeşarj süresi denilmiştir.

Deşarj süreside şarj süresi gibi 3 aşama hesaplanmıştır. Şarj süreci boyunca depolanan enerji kollektöre aktarılıyor.

Deşarj 1 süresi; $T_{yy_{maks}}$ dan 35°C dereceye kadar olan kısım alınarak hesaplanmıştır.

$T_{yy} > 35^{\circ}\text{C}$ olarak Eşitlik 56'daki gibi hesaplanmıştır.

$$\Delta t_{(\text{deşarj 1})} = \frac{Q_{Fdm}}{Q_F} = \frac{m_{Fdm} C_{psıvı}(T_{yy_{maks}} - T_{erime})}{Q_F} \quad (\text{Eşitlik 56})$$

Deşarj 2 süresi; $T_{fdm}(35^{\circ}\text{C}) = T_{yy}$ olarak Eşitlik 57'deki gibi hesaplanmıştır.

$$\Delta t_{(\text{deşarj 2})} = \frac{Q_{Fdm}}{Q_F} = \frac{m_{Fdm} h_{fg}}{Q_F} \quad (\text{Eşitlik 57})$$

Deşarj 3 süresi; $T_{yy} < 35^{\circ}\text{C}$ olarak Eşitlik 58'deki gibi hesaplanmıştır.

$$\Delta t_{(\text{deşarj 3})} = \frac{Q_{Fdm}}{Q_F} = \frac{m_{Fdm} C_{p\text{kati}}(T_{erime} - T_{yy_{maks}})}{Q_F} \quad (\text{Eşitlik 58})$$

Şarj vedeşarj süreleri dakika cinsinden hesaplanmıştır. Şarj vedeşarj süreleri hesaplandıktan sonra FDM'li kollektörde verim için şarj sürelerinde çekilen ısı enerjisi iledeşarj süresi boyunca aktarılan ısı enerjisi miktarı için hesaplama için FDM'li kollektörün verimini hesaplanmıştır (Hamed vd., 2016).

Şarj 1 için Eşitlik 59 ile hesaplanmıştır;

$$Q_{fdm(\text{çekilen})} = m_{fdm} f c_{p(\text{kati})}(T_{erime} - T_{YY})/\Delta t \quad (\text{Eşitlik 59})$$

Eşitlik 59'da verilen f değeri, faz değıştiren malzemenin erime veya donma oranını göstermektedir.

FDM'li kollektör verimi için Eşitlik 60'deki gibi kollektör verimi ilk verimi ($Q_{f(\text{ilk})}$) ile $Q_{fdm(\text{çekilen})}$ enerjiye bağlıdır Eşitlik 61'de hesaplanmıştır (Hamed vd., 2016).

$$Q_{f(\text{geri kalan})} = Q_{f(\text{ilk})} - Q_{fdm(\text{çekilen})} \quad (\text{Eşitlik 60})$$

$$n = \frac{Q_F(\text{geri kalan})}{I_e A t} \quad (\text{Eşitlik 61})$$

Şarj 2 süresi için;

$$Q_{\text{fdm}(\text{çekilen})} = m_{\text{fdm}f} h_{\text{fg}}/\Delta t \quad (\text{Eşitlik 62})$$

Eşitlik 6' de şarj 2 süresi 3 aşamadan olduğu için 3'e bölünmüştür.

Şarj 3 süresi için;

$$Q_{\text{fdm}(\text{çekilen})} = m_{\text{fdm}f} c_{p(\text{sıvı})}(T_{\text{yy}} - T_{\text{erime}}) / \Delta t \quad (\text{Eşitlik 63})$$

Deşarj 1 süresi için;

$$Q_{\text{fdm}(\text{aktarılan})} = m_{\text{fdm}(f)} c_{p(\text{sıvı})}(T_{\text{yy}} - T_{\text{erime}}) / (\Delta t) \quad (\text{Eşitlik 64})$$

Deşarj 2 süresi için Eşitlik 65'den faydalanılmıştır (Zayed vd.,2019).;

$$Q_{\text{fdm}(\text{aktarılan})} = m_{\text{fdm}(f)} h_{\text{fg}} / (\Delta t) \quad (\text{Eşitlik 65})$$

Deşarj 3 süresi için Eşitlik 66'dan faydalanılmıştır (Zayed vd., 2019).;

$$Q_{\text{fdm}(\text{aktarılan})} = m_{\text{fdm}(f)} c_{p(\text{kati})}(T_{\text{erime}} - T_{\text{yy}}) / (\Delta t) \quad (\text{Eşitlik 66})$$

Yukarıdaki eşitlikler ile FDM'li kollektör hesaplanmıştır.

Tablo 22. RT31 eklenmiş kollektör analizi için kullanılan değerler (RUBİTHERM).

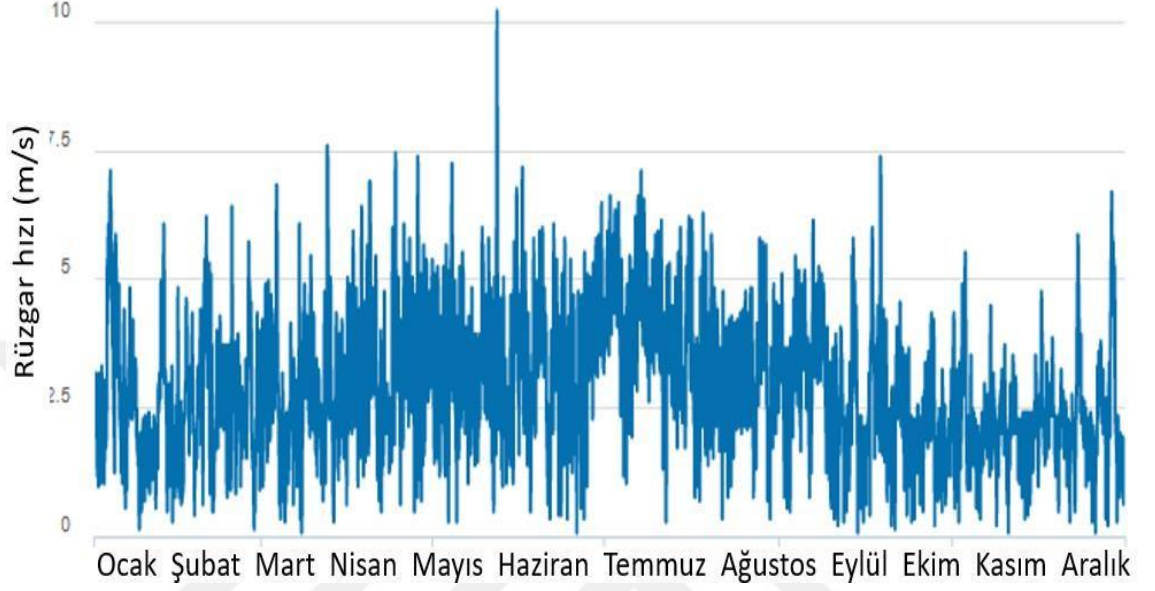
RT31			
c_p katı (kj/kg)	2	k (W/m.K)	0.2
c_p sıvı (kj/kg)	2	ρ katı (kg/m ³)	880
Hfg (kj/kg)	165	ρ sıvı (kg/m ³)	760
T_{erime} °C	31	A (m ²)	1.8

Tablo 23. RT35 eklenmiş kollektör analizi için kullanılan değerler (RUBİTHERM).

RT31			
c_p katı (kj/kg)	2	k (W/m.K)	0.2
c_p sıvı (kj/kg)	2	ρ katı (kg/m ³)	880
Hfg (kj/kg)	165	ρ sıvı (kg/m ³)	760
T_{erime} °C	31	A (m ²)	1.8

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

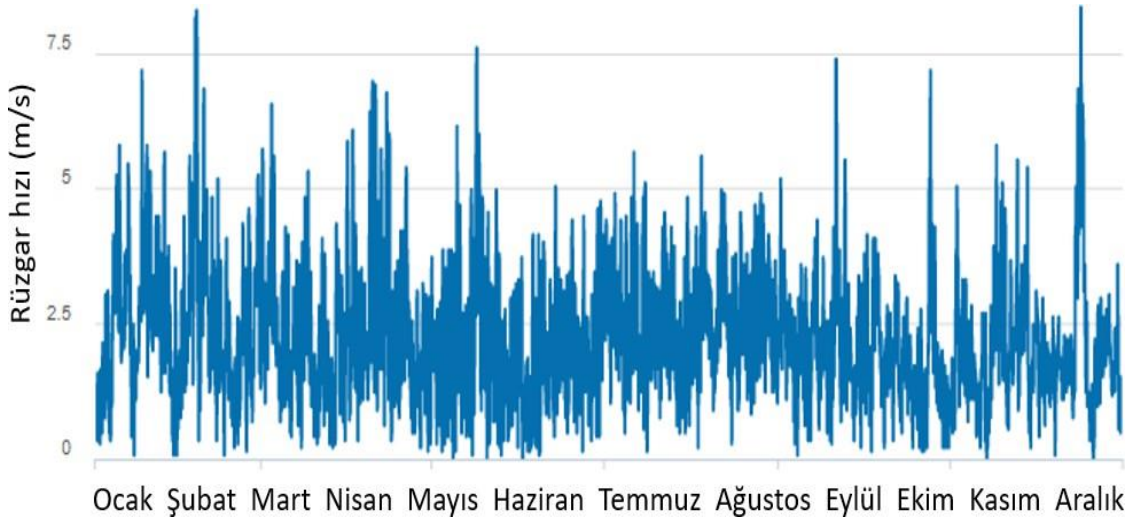
5.1 İllerin Aylara Göre Rüzgar Hızı



Şekil 29. Gaziantep ili aylara göre rüzgar hızı (PVGIS).

Gaziantep ili, rüzgar hızı en fazla ocak ayında 7.66 m/s hızlara kadar çıkarırken ekim ayında 0.28 m/s hızlara kadar düşmektedir. Rüzgar hızı zorlanmış taşınım için kritik bir değer olduğu için verimi etkilemektedir. Rüzgar hızı PVGIS'den alınmıştır.

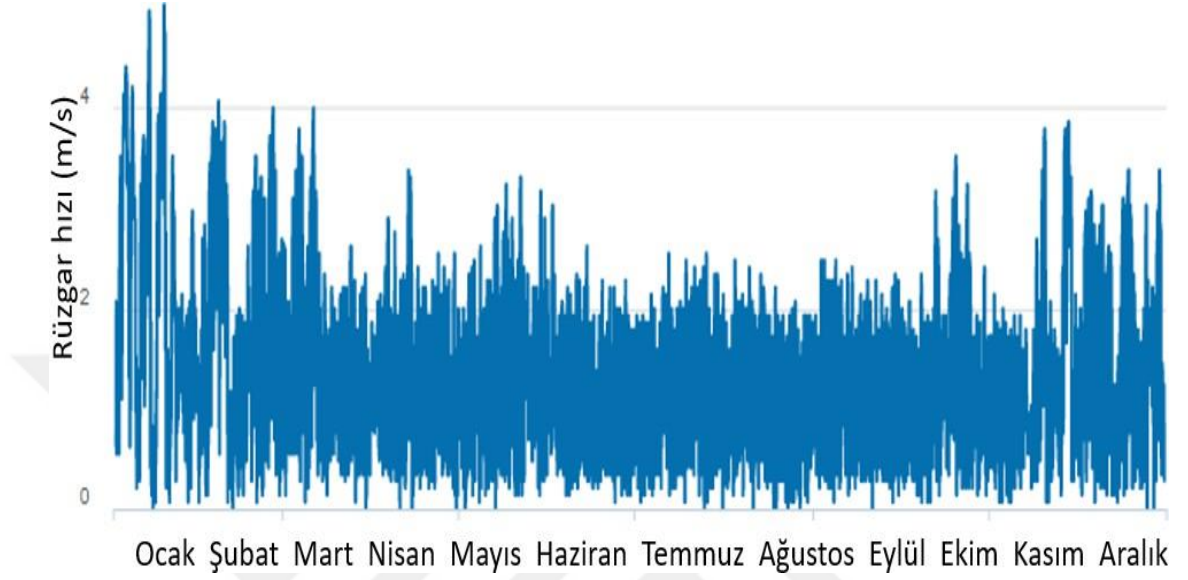
Gaziantep ili aylara göre rüzgar hızı verileri Şekil 29'da gösterilmektedir.



Şekil 30. Ankara ili aylara göre rüzgar hızı (PVGIS).

Ankara ili rüzgar hızı en fazla kasım ayında saat 11:00 de 7.79 m/s olmakta iken en az ekim ayında saat 14:00 da 0.41 m/s olmaktadır.

Şekil 30'da Ankara ili rüzgar hızı PVGIS'den alınan verilerle yukarıdan saatlik olarak verilmiştir.

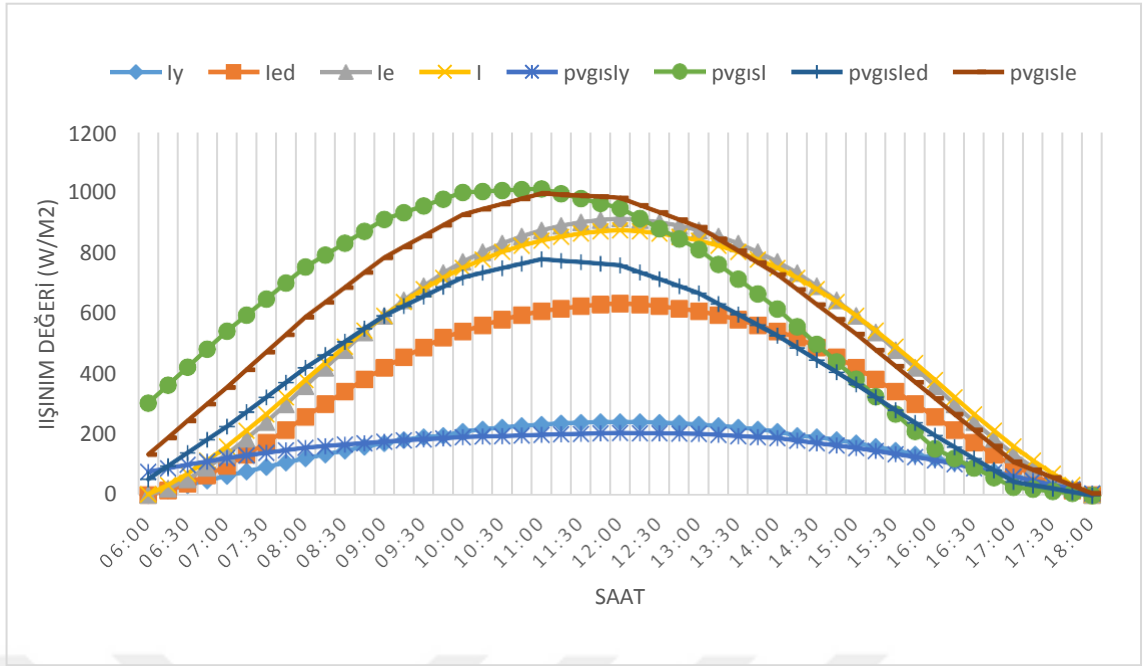


Şekil 31. Trabzon ili aylara göre rüzgar hızı

Trabzon ili rüzgar hızı en fazla şubat ayında saat 18:00 de 4.6 m/s hıza çıkabilirken en az ağustos ayında 0.54 m/s hıza düşebilmektedir. Şubat ayında genel olarak diğer aylara nazaran daha rüzgarlı geçmektedir. Trabzon ili aylara göre rüzgar hızı Şekil 31'de gösterilmektedir.

5.2. İllerin Işınım Değerleri

Bu bölümde Gaziantep, Ankara, Trabzon illerinin yansıyan ışınım(I_y), direkt ışınım(I_{ed}), eğik yüzeye gelen ışınım olarak hem PVGIS'den alınan veriler ile hem de hesaplanan verilerin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırılma ve hesaplama 15 dakikalık süreler aralığında hesaplanmıştır ve güneşlenme süresi baz alınarak güneş doğuşu ve batışı arasındaki zaman aralığında hesaplanmıştır.



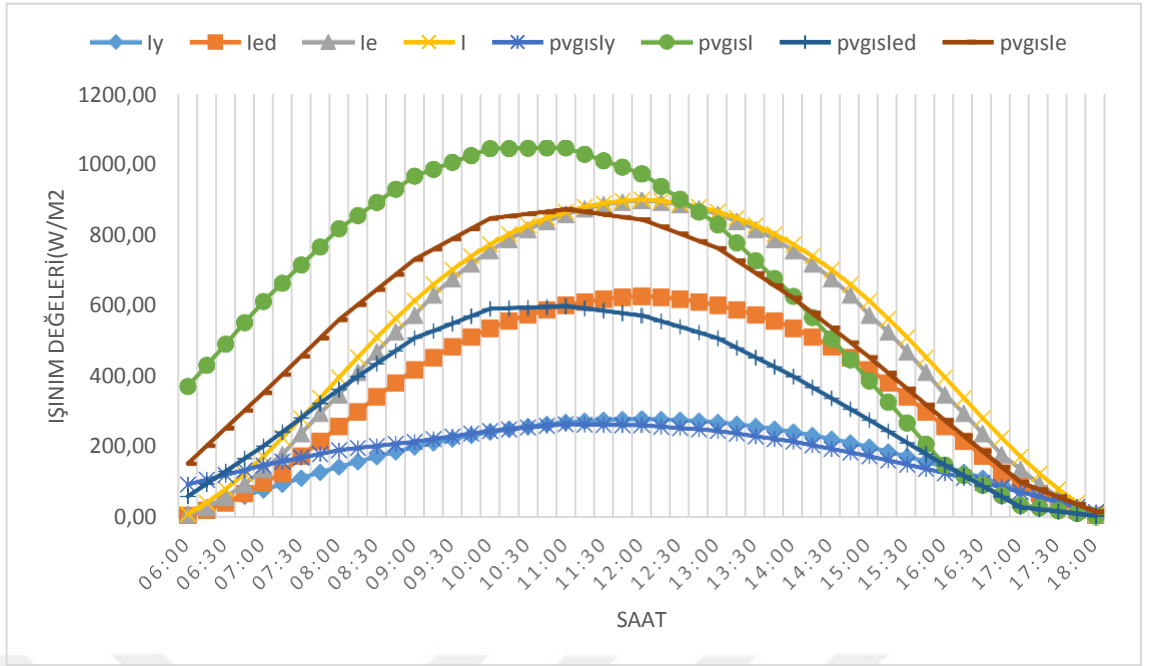
Şekil 32. Gaziantep ili ağustos ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri

Gaziantep ilinin ağustos ayının ışınım değerleri ile PVGIS değerleri arasındaki farkı ve değerleri Şekil 32' de Gaziantep ilinin ağustos ayının ışınım değerleri hesaplanmıştır.

En fazla değer Şekil 32'de görüldüğü gibi hesaplanan ışınım değerleri ile PVGIS değeri arasında görüldüğü PVGIS 'den alınan değerler olmaktadır.

Gaziantep ili için kollektörün açısı 35 derecelik açı ile konulmaktadır. Toplam ışınım değerleri diğer ışınım değerlerine nazaran hem PVGIS verilerine göre hem de hesaplamalar sonucu oluşan sonuca göre daha yüksektir ki dünya üzerine hangi enlemde ise Güneşi daha üzerine kabul etmek için kollektöre verilen açı sonuca direk etki ettiği incelenmiştir.

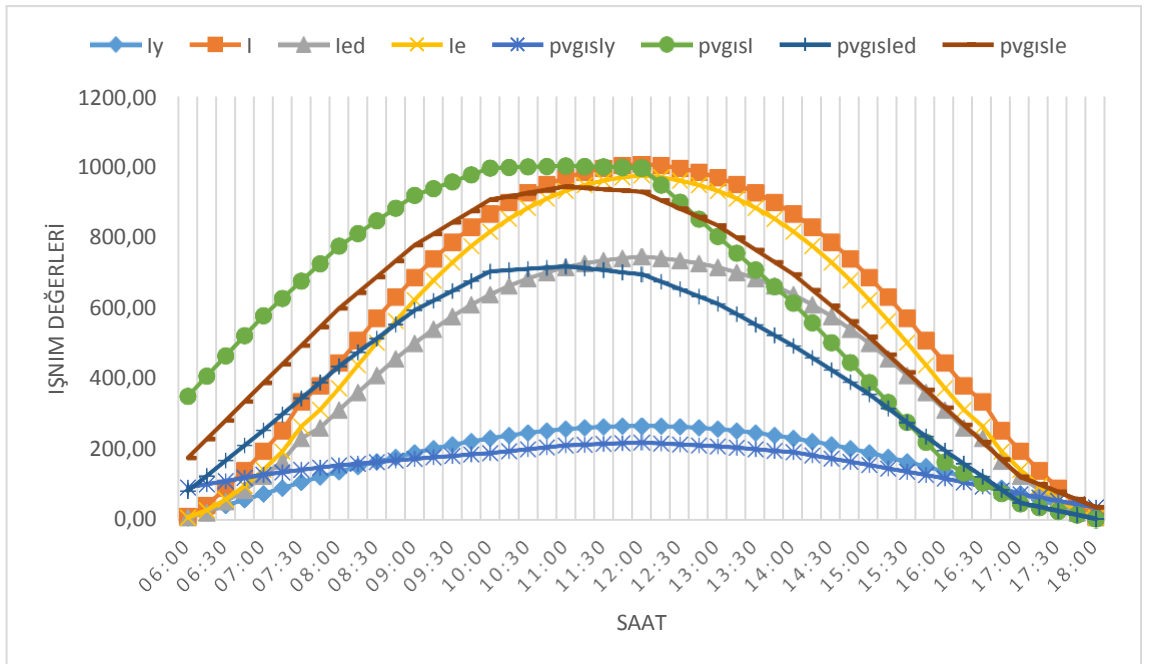
Gaziantep ili için ışınım değerleri her ayı hesaplanmıştır ama mayıs, haziran, temmuz, ağustos aylarının ışınım değerleri incelenmiştir. Araştırmada kullanılan faz değiştiren malzemelerinin kritik sıcaklıkları bu aylarda diğer aylara nazaran daha kullanışlı olduğu için kollektör yüzey sıcaklığı ile kritik sıcaklığı geçmeyen ayları detaylandırılmamıştır.



Şekil 33. Gaziantep ili mayıs ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri

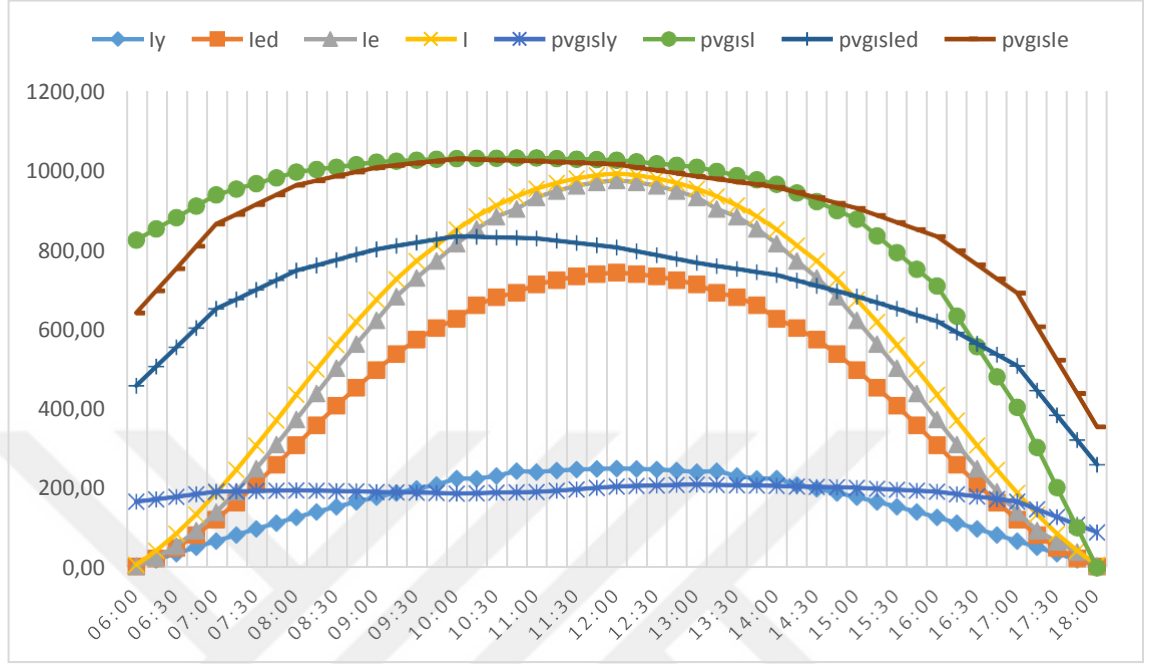
Gaziantep ili mayıs ayı ışınım değerlerinde kollektöre gelen toplam ışınım(I) değeri ile PVGIS verilerimde 1042.11 W/m^2 olurken hesaplanan değerde ise 893.52 W/m^2 olmaktadır. Zaman ikindi vakitlerinde ise hesaplanan değer PVGIS' den alınan verilere göre daha yüksek çıktığı incelenmiştir.

Gaziantep ili mayıs ayı hesaplanan ışınım-PVGIS' den alınan verileriler Şekil 33' de gösterilmektedir. Haziran ayı verileri ise Şekil 34'te gösterilmektedir.



Şekil 34. Gaziantep ili haziran ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri

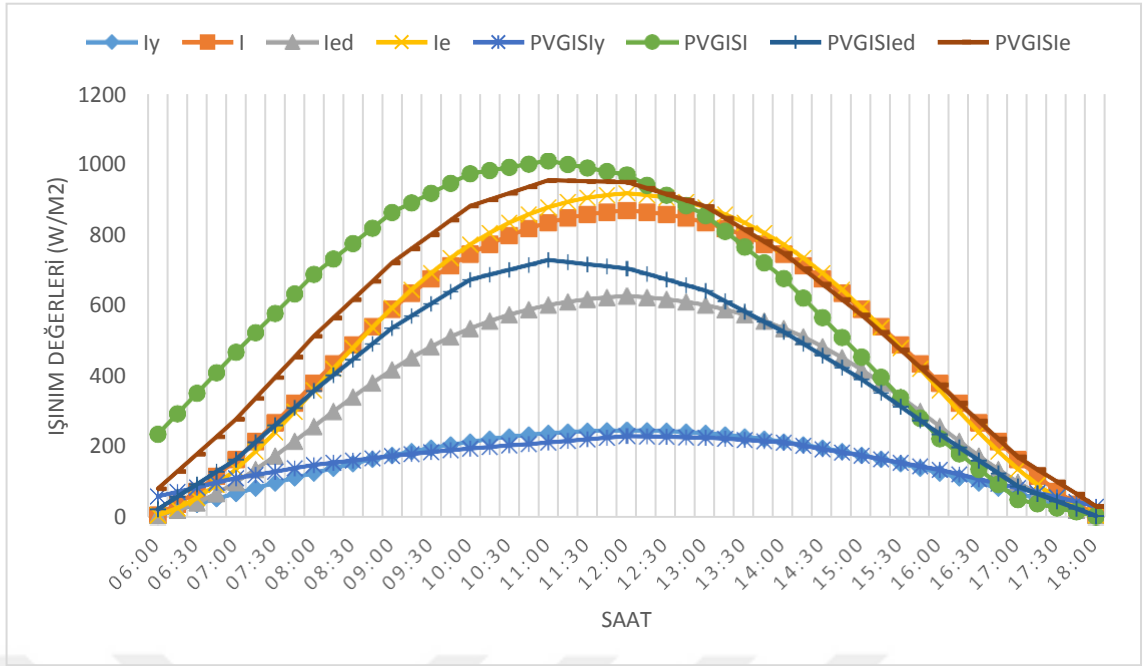
Gaziantep ili için haziran ayı ışınım değerleri verileri hesaplanan ışınım değeri arasında değer farkından çok zaman arasındaki fark görülmektedir ve ışınım değerleri arasında yaklaşık 1.5 saatlik ara ile değerleri birbirinin yaklaşık aynı olmaktadır.



Şekil 35. Gaziantep ili temmuz ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri

Gaziantep ili temmuz ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri Şekil 35'te gösterilmektedir.

Gaziantep ili için en fazla ışınım(I) değeri PVGIS verilerince Mayıs ayı 1042.11 W/m^2 . Hesaplanan ışınım değerlerinde ise toplam ışınım değeri(I) en fazla Temmuz ayında 1013.81 W/m^2 olduğu görülmektedir.



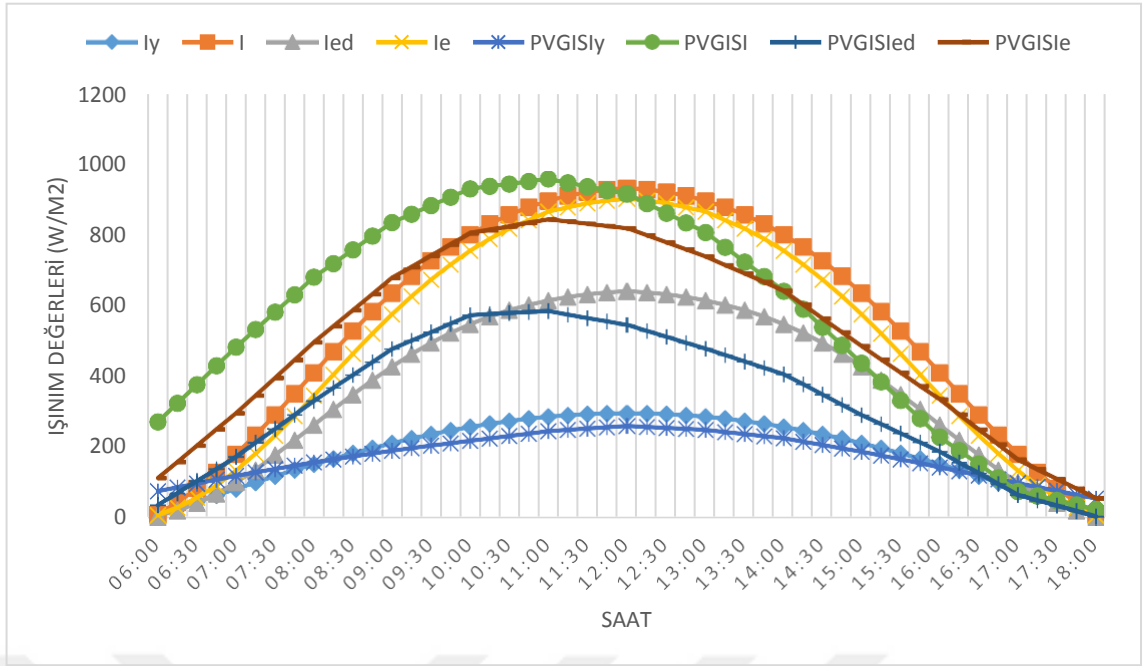
Şekil 36. Ankara ili ağustos ayı hesaplanan-PVGIS ışınım verileri

Ankara ili için kollektör eğim açısı 38 derece olmaktadır ve eğik yüzeye yani kollektör üzerine gelen ışınım değeri için PVGIS eğim açısı 38 derece olarak alınmıştır. Hesaplamalar her 15 dakika da bir olarak hesaplanmıştır. Ve her ayın deklinasyon hesabı yapılan n günü baz alınarak hesaplanmıştır. Ankara ili için ışınım değerleri ağustos, haziran, temmuz, mayıs olarak incelenmiştir.

Şekil 36'da ağustos ayı için hesaplanan ve PVGIS' den alınan ışınımlar gösterilmektedir.

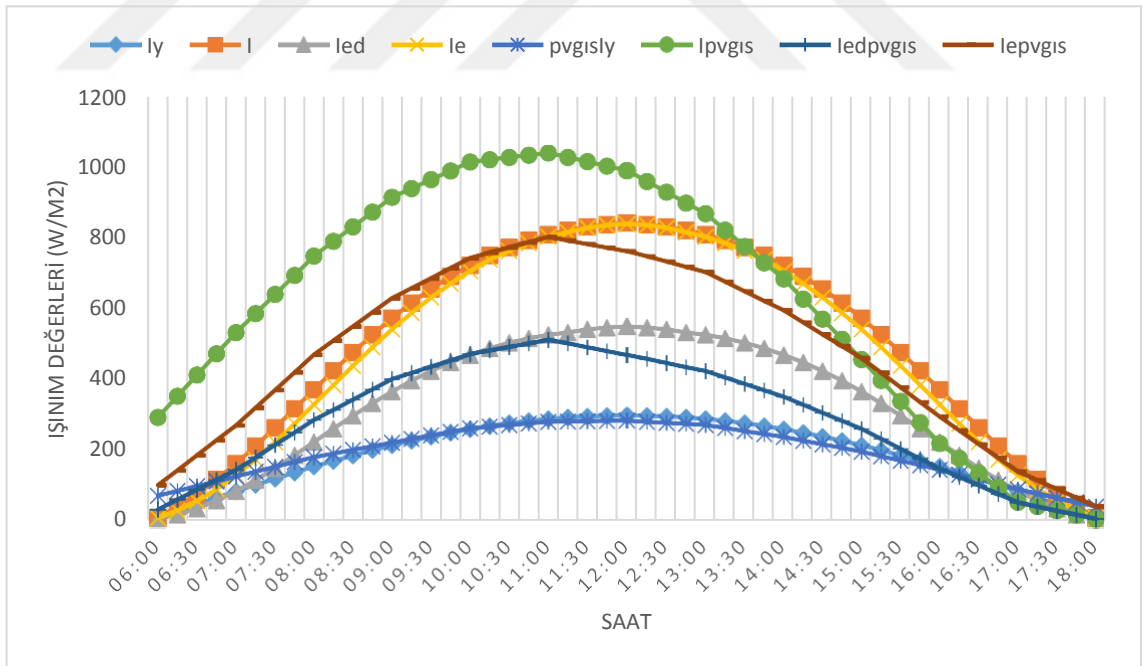
Ankara ili için PVGIS' de en fazla toplam ışınım(I_{pvGIS}) değeri mayıs ayında saat 11:00'de 1035.36 W/m^2 olmaktadır. Hesaplanan toplam ışınım(I) değerinde ise en fazla 942.43 W/m^2 temmuz ayında olmaktadır.

Işınım değerleri saat 06:00'dan 18:00'e kadar hesaplanmıştır. Gaziantep ili ile Ankara ilinin ikisi arasında ışınım değerleri bazında kıyaslama yapıldığında Gaziantep ilinin ışınım değerleri Ankara ilinin ışınım değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir.



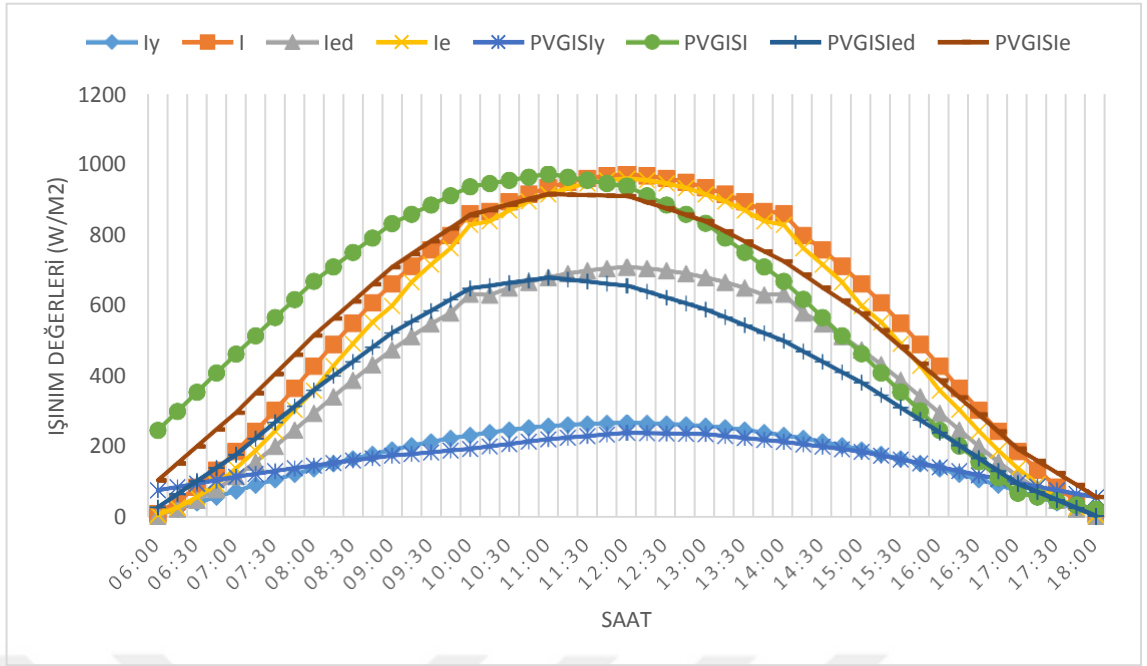
Şekil 37. Ankara ili haziran ayı hesaplanan-PVGIS ışınım verileri

Ankara ili haziran ayı hesaplanan ve PVGIS'den alınan ışınım verileri Şekil 37'de verilmiştir.



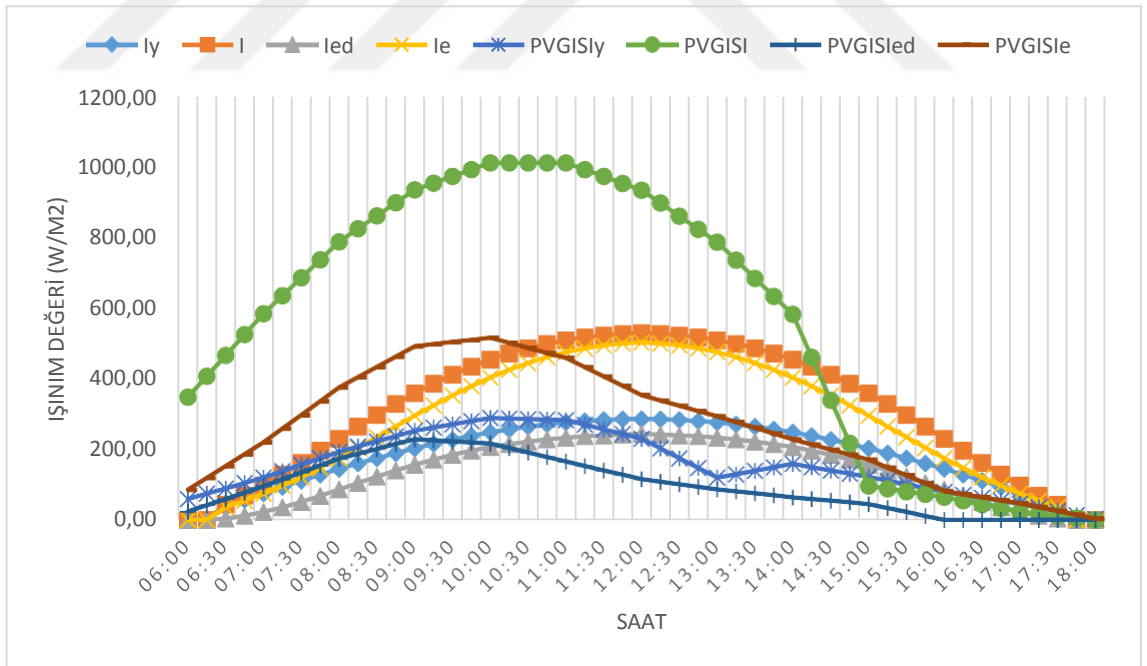
Şekil 38. Ankara ili mayıs ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri

Ankara ili mayıs hesaplanan ışınım ve PVGIS'den alınan ışınım verileri Şekil 38'de verilmiştir.



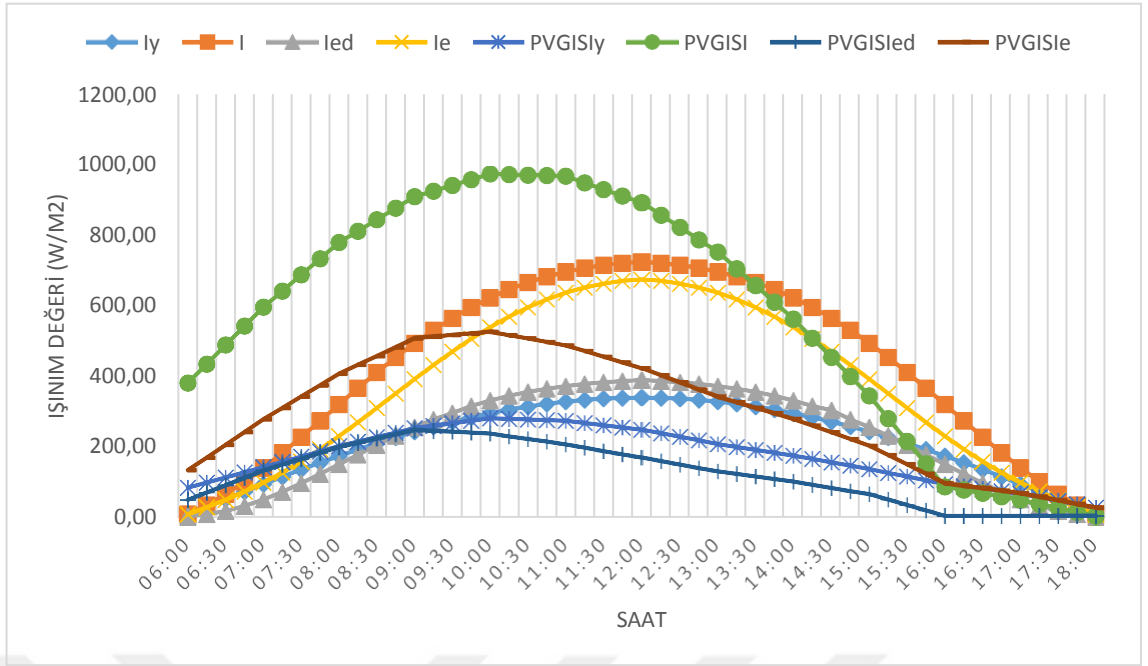
Şekil 39. Ankara ili temmuz ayı hesaplanan-PVGIS ışıınım verileri

Ankara ili temmuz ayı hesaplanan ve PVGIS'den alınan ışıınım verileri Şekil 39'da verilmiştir.



Şekil 40. Trabzon ili ağustos ayı hesaplanan ışıınım-PVGIS ışıınım verileri

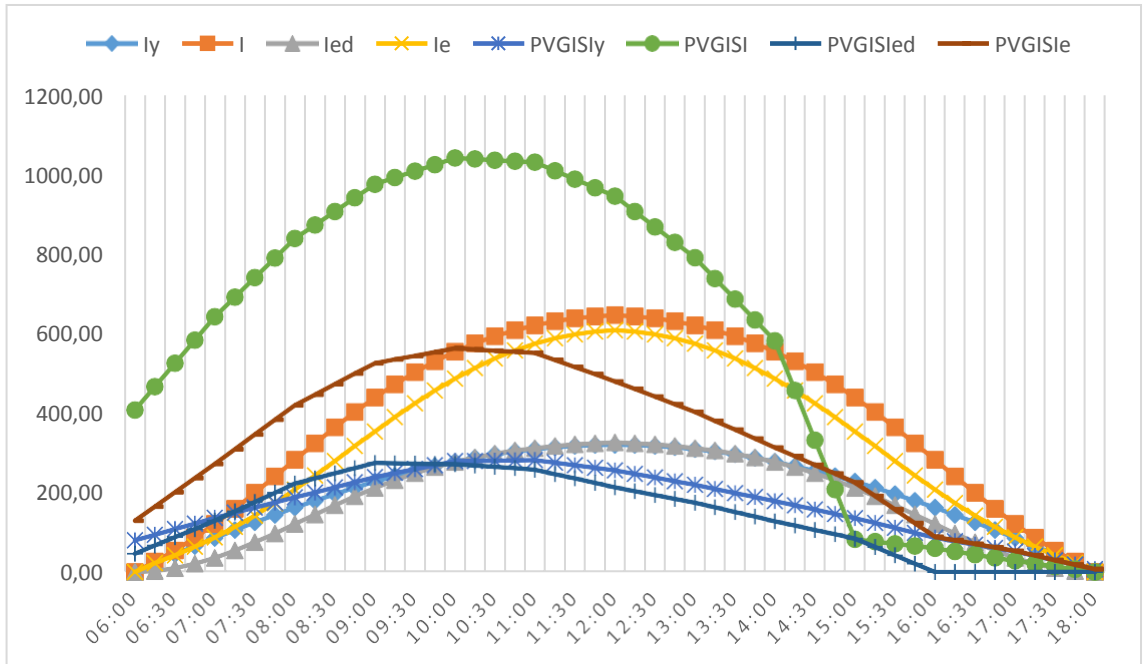
Trabzon ili ağustos ayı hesaplanan ve PVGIS ışıınım değeri Şekil 40'da verilmiştir.



Şekil 41. Trabzon ili haziran ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri

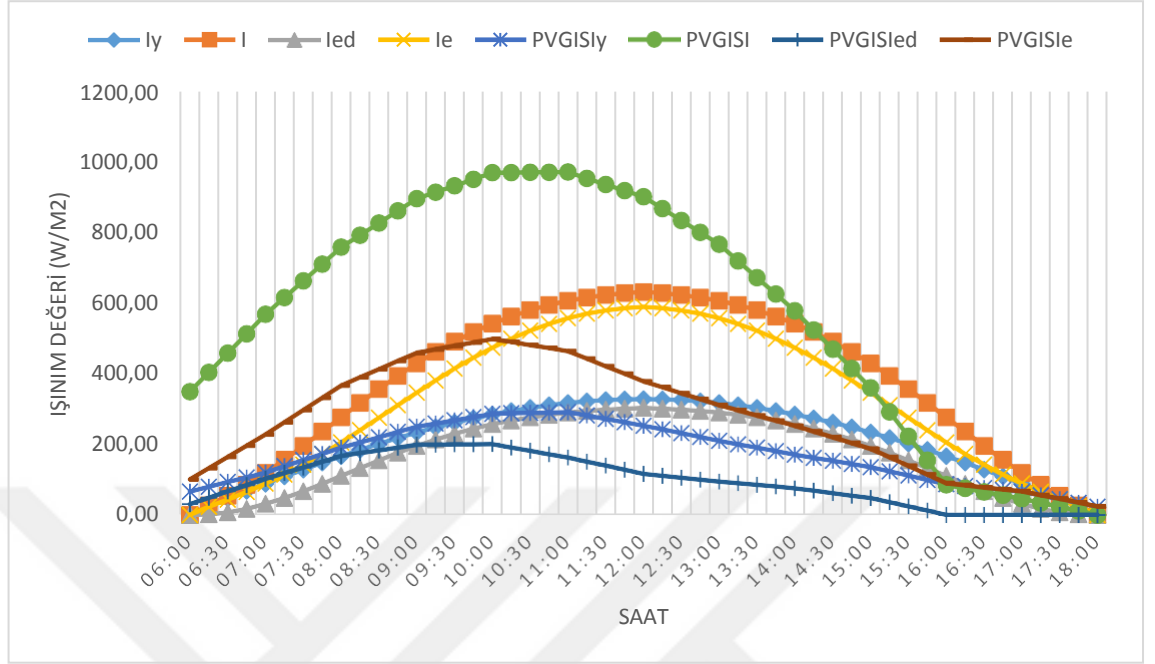
Trabzon ili haziran ayı hesaplanan ışınım ve PVGIS ışınım verileri Şekil 41’de verilmiştir.

Trabzon ili diğer iki ile göre ışınım değerleri bakımından genel olarak daha düşük değere sahip olmaktadır. Hesaplanan en büyük eğik yüzeye gelen(Ie) ışınım değeri 670.12 W/m^2 olmaktadır.



Şekil 42. Trabzon ili mayıs ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri

Trabzon ili mayıs ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri Şekil 42’de gösterilmektedir.



Şekil 43. Trabzon ili temmuz ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri

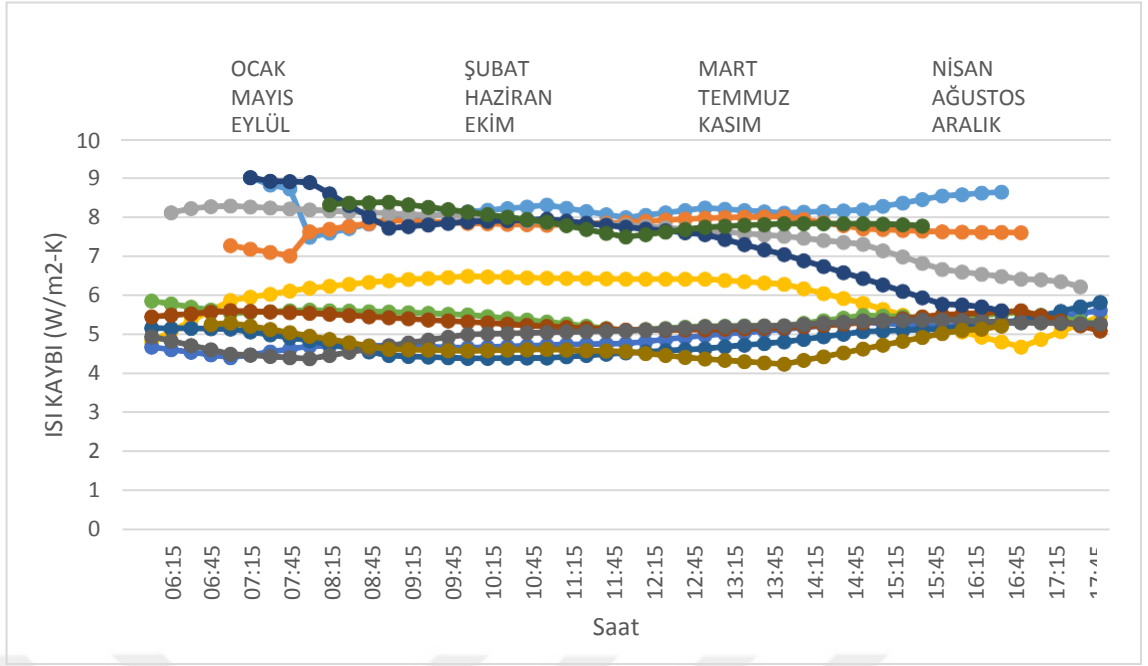
Veri hesaplamalarında ışınım değerlerinde PVGIS değerleri kıyaslama yapılması için verim hesabını 15 dakikalık süreler zarfında hesaplanacağı için PVGIS’de saatlik veriler olduğundan hesaplanan ışınım değerleri kullanılmıştır.

Trabzon ili için hesaplanan en büyük eğik yüzeye gelen (I_e) ışınım değeri haziran 670.12 W/m^2 olmaktadır. Trabzon ili temmuz ayı hesaplanan ışınım-PVGIS ışınım verileri Şekil 43’de gösterilmektedir.

5.3. Kollektör Isı Kayıp Katsayısı Verileri

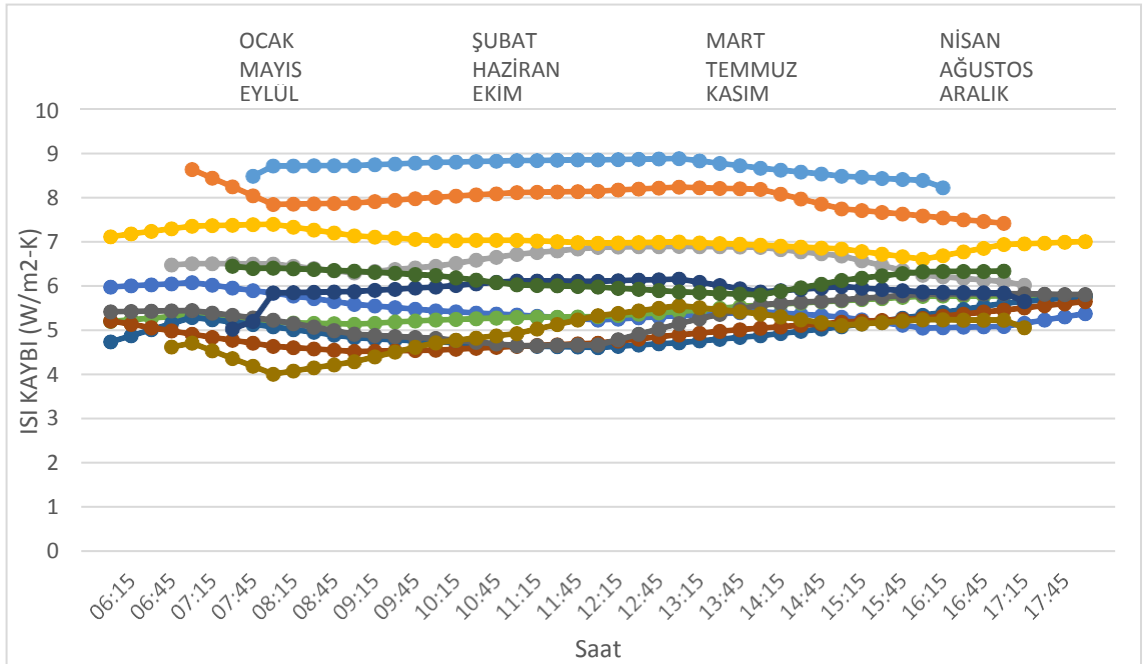
Güneş kollektörü verim hesaplamalarında ısı elde etmek kadar sisteme kazanmış olunan enerjiyi kaybetmemekte bir o kadar önemli olmaktadır ve enerji kayıpları(K) değerleri hesaplanmıştır.

Kollektörün yan tarafındaki alanlarda kaybedilen ısı miktarı çok düşük olduğu için hesaplamaya alınmamıştır. Rüzgarın fazla olduğu aylarda taşınım katsayısı da arttığı için ısı kayıpları da ona göre düştüğü bilinmektedir.



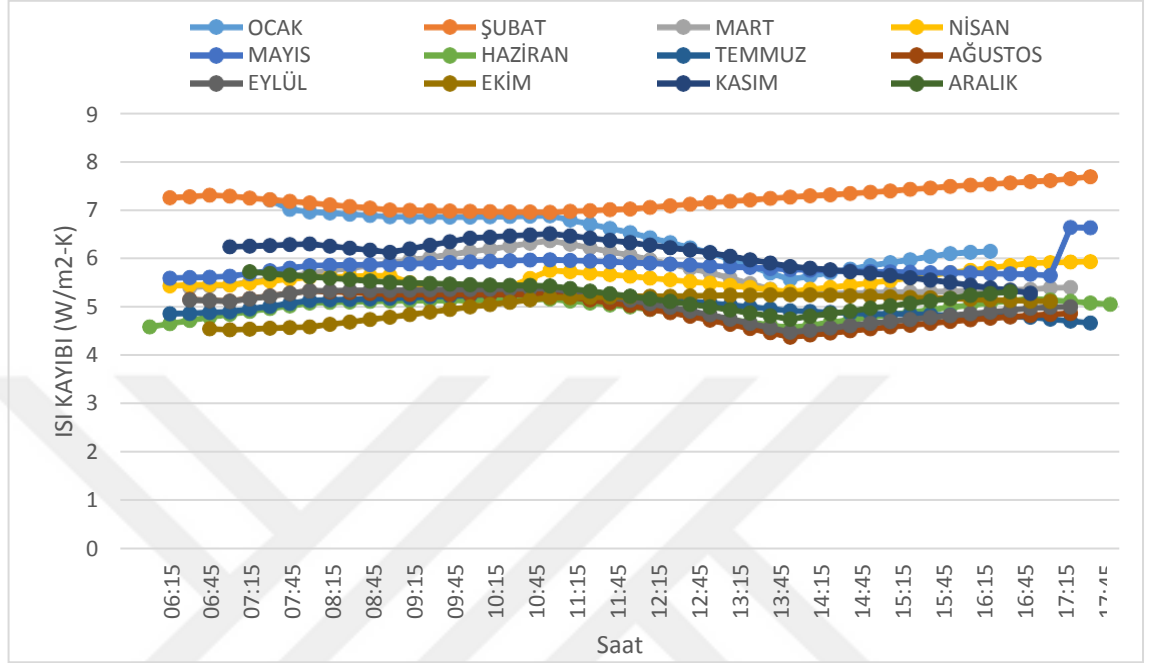
Şekil 44. Ankara ili aylara göre ısı kayıp katsayısı (K) verileri

Ankara ili için K değeri kasım ayında $8.99 \text{ (W/m}^2\text{-K)}$ ile en yüksek seviyede olmaktadır. En düşük değer olarak $4.24 \text{ (W/m}^2\text{-K)}$ olmaktadır. Ankara ili ısı kayıp katsayısı (K) değeri Şekil 44'te verilmiştir. Gaziantep ili verileri Şekil 45'de gösterilmektedir.



Şekil 45. Gaziantep ili aylara göre ısı kayıp katsayısı (K) verileri

Gaziantep ili için ocak ayı en yüksek ısı kayıp katsayısına sahip olmaktadır ve 8.89 (W/m²-K) olmaktadır en düşük değer olarak ise ekim ayı 4.01 (W/m²-K) değerlerine kadar düşmektedir. Genel olarak 9 (W/m²-K) ile 4(W/m²-K) değerleri arasında yıl içerisinde değişim göstermektedir.



Şekil 46. Trabzon ili aylara göre ısı kayıp katsayısı (K) verileri

Kollektörün alt tarafında ısı yalıtım malzemesi olarak XPS malzemesi kullanılmıştır.

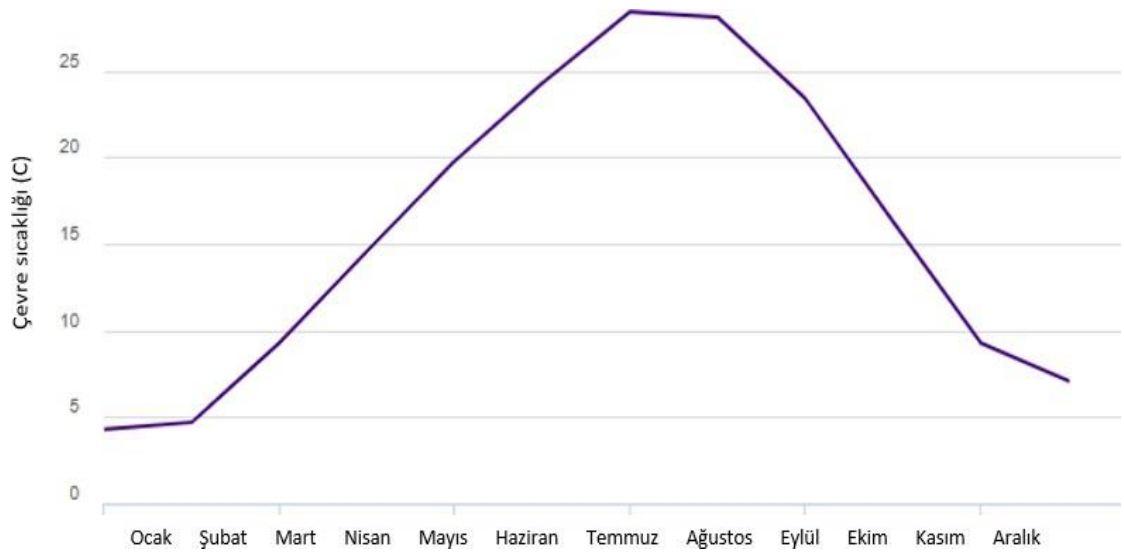
Şekil 46'da Trabzon ili aylara göre ısı kayıp (K) verileri 15'er dakikalık aralıklar olarak gösterilmektedir.

Trabzon ili için Şekil 46'da görüldüğü gibi şubat ayı diğer aylara göre yüksek çıkarken en düşük olarak ağustos ayında 4.39 (W/m²-K) değerlerinde olmaktadır. Diğer illere göre Trabzon ilinde ısı kayıp katsayısı daha düşük olduğu görülmektedir.

5.4. Çevre Sıcaklığı

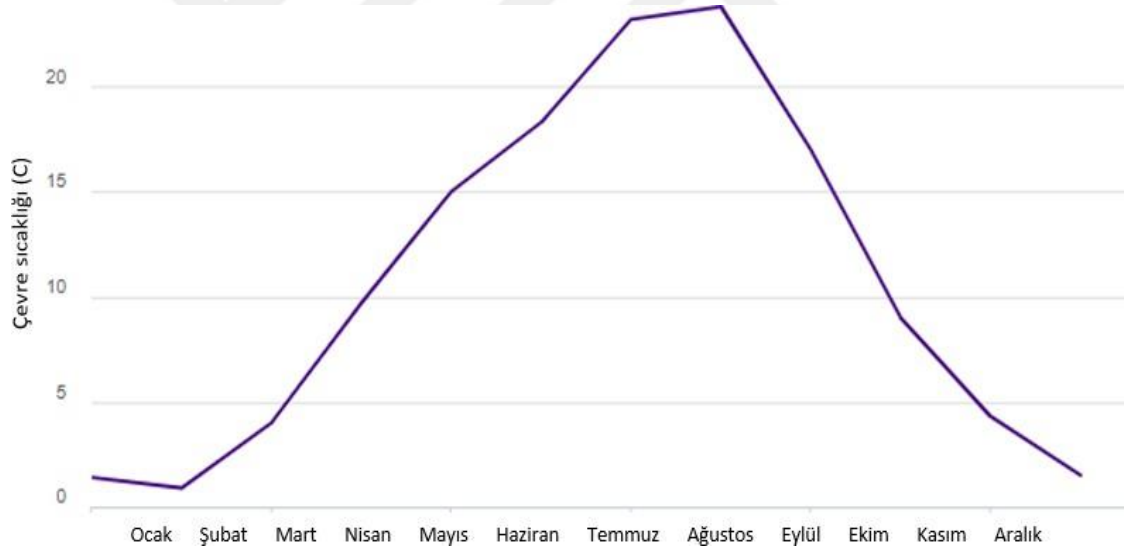
Kollektör verimini etkilen en önemli unsurlardan birisi kollektörün bulunduğu ilin çevre sıcaklığı olmaktadır. Çevre sıcaklığı verilerini saatlik olarak ayların n günlerine denk gelen günleri baz alınarak alınmıştır.

Gaziantep ilinin aylara göre PVGIS' den alınan saatlik çevre sıcaklığı verileri Şekil 57'de verilmiştir. Temmuz ve ağustos aylarında 36°C derecelere kadar çıkarken en soğuk ayları aralık, ocak ve şubat aylarında eksi derecelere düşmeyerek 0°C yaklaştığı Şekil 47'de görülmektedir.

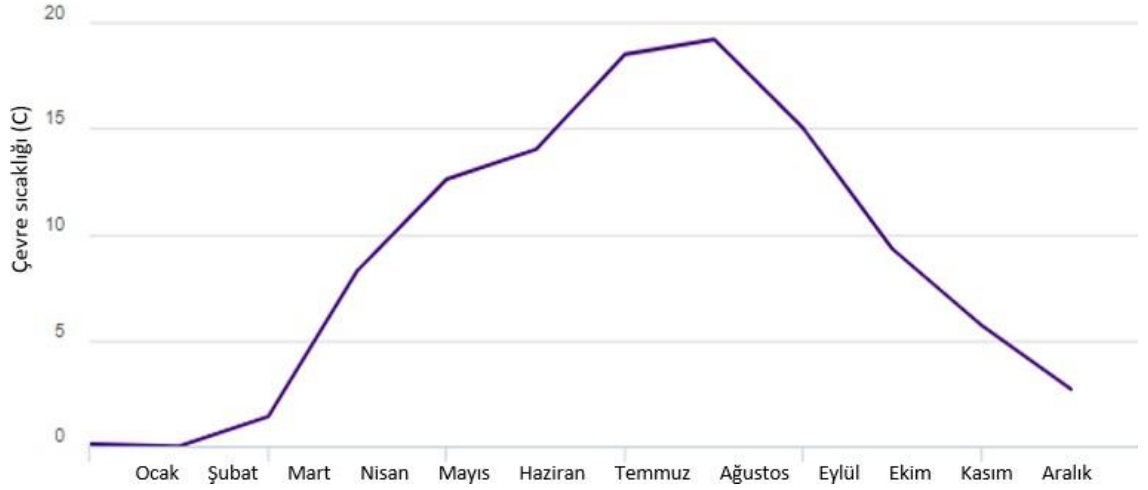


Şekil 47. Gaziantep ili aylara göre saatlik çevre sıcaklığı verileri

Ankara ili aylara göre PVGIS'den alınan saatlik veriler Şekil 48'de verilmiştir.



Şekil 48. Ankara ili aylara göre saatlik çevre sıcaklık verileri



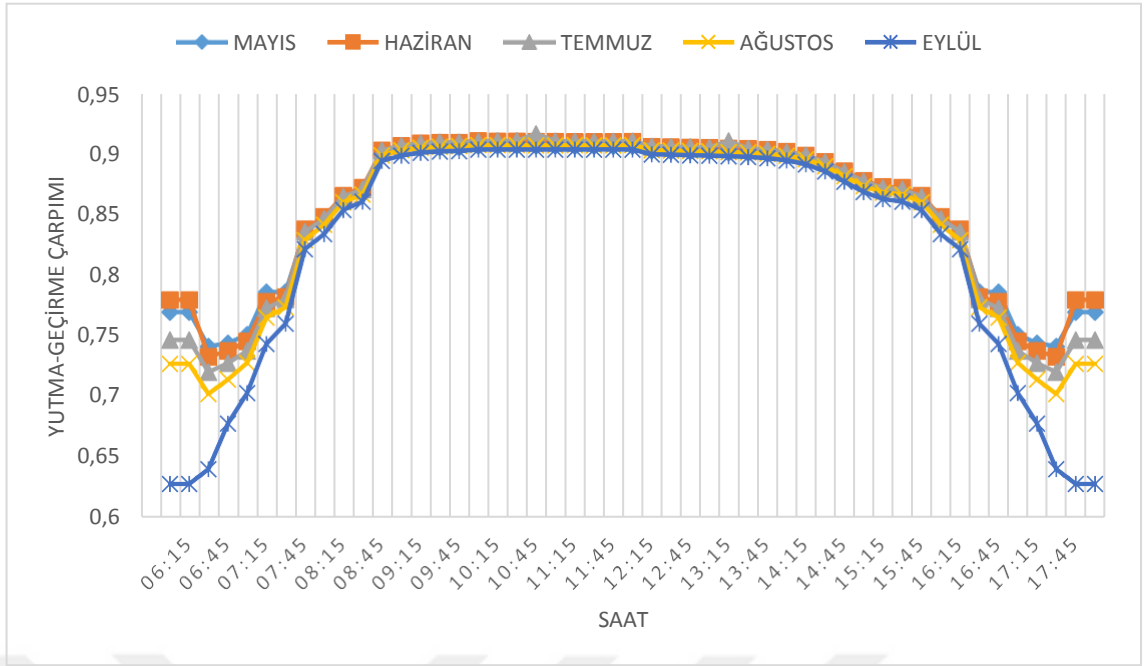
Şekil 49. Trabzon ili aylara göre saatlik çevre sıcaklığı verileri

Çevre sıcaklığı açısından öğlen saatlerinde diğer iki ili göre daha düşük il Trabzon ili ve en fazla ağustos ayında 24 °C'lere kadar yükselmektedir çevre sıcaklığı diğer iki ile göre kıyaslandığında en düşük sıcaklığı ocak ayında 9 °C'lere kadar düştüğü Şekil 49'da verilmiştir. Trabzon ilinin çevre sıcaklığı kullanılan rt31 ve rt35 faz değişen malzemelerinin kritik sıcaklığından çok daha düşük olduğu görülmektedir.

Ankara ilinin çevre sıcaklığı en fazla ağustos aylarında 30 °C'lere kadar geldiğini ve her iki sistemde konfigürasyonu düşünülen faz değiştiren malzemelerinin kritik sıcaklıklarının altında olduğu görülmektedir. Burada önemli olan kollektör yüzey sıcaklığının kritik sıcaklığını geçebilmesi olsa da çevre sıcaklığının ve kollektöre gelen şebeke suyu sıcaklığının sıcaklığını çevre sıcaklığı belirlemektedir. Üç ilin çevre sıcaklığına bakıldığında sadece Gaziantep ilinin RT35 ($T_{kritik}=35$), RT31 ($T_{kritik}=31$) kritik sıcaklıklarını geçildiği Şekil 48'de görülmektedir.

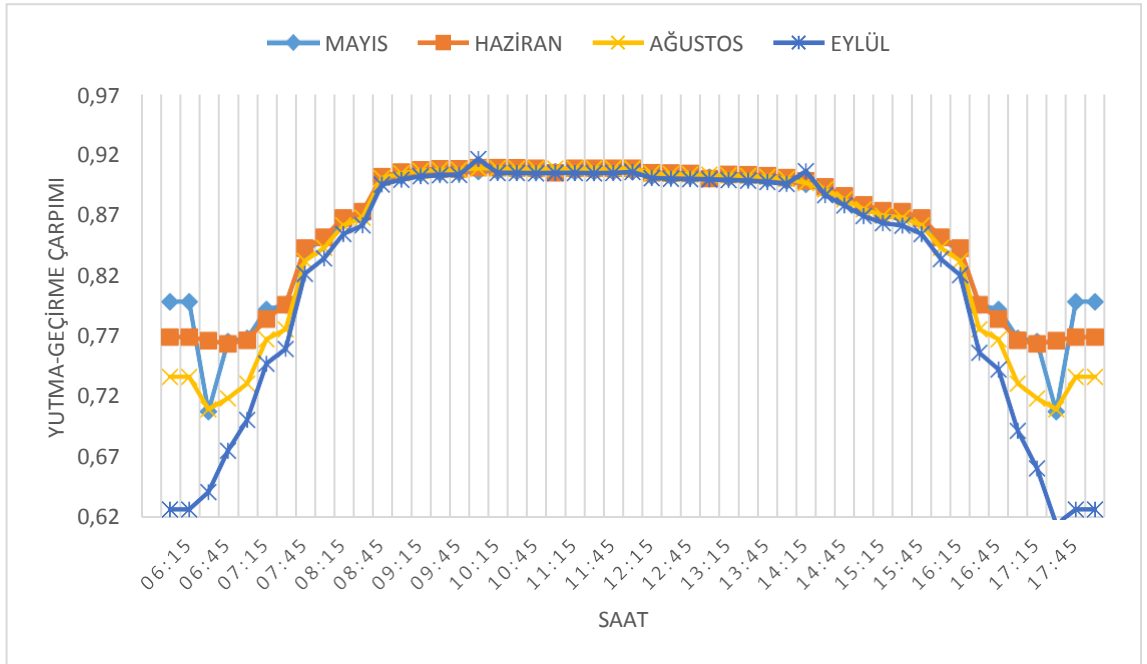
5.5. Efektif Yutma-Geçirme Çarpımı

Efektif ışınım miktarı $(\alpha-\tau)_e$ faydalı ısı miktarı (S) için önemli bir değer olup kollektörün camlarından ısıyı yutması ve ısıyı geçirmesi miktarını belirlemektedir. Yutma-geçirme $(\alpha-\tau)$ miktarı ile efektif yutma-geçirme $(\alpha-\tau)_e$ miktarı işlem kolaylığı ve ihmal edilir düzeyde olduğu için eşit tutulmuştur. Efektif yutma-geçirme çarpımı için düşük demir oksitli cam kullanılmıştır.



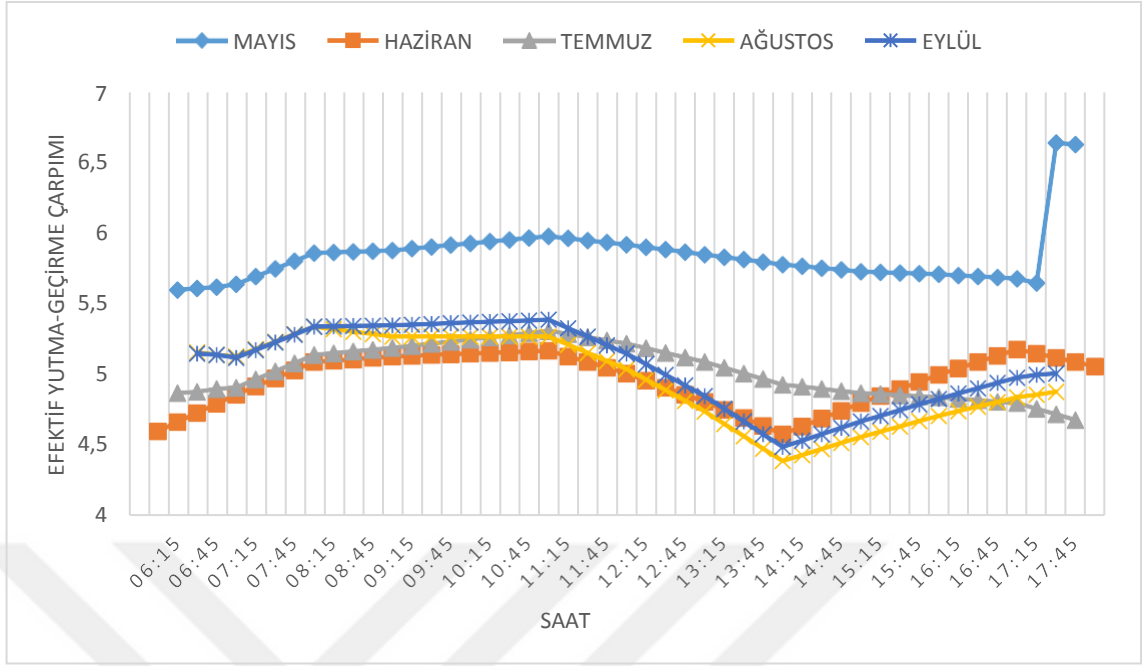
Şekil 50. Gaziantep ili efektif yutma-geçirme çarpımı $(\alpha-\tau)_e$ verileri

Gaziantep ilinde efektif yutma geçirme çarpımı verileri kollektöre direkt gelen ışınım miktarı ile bağlantılı olduğu için neredeyse tüm aylarda saat 09:00-15:00 arası 0.800 ile 0.950 değerleri arasında olmaktadır. En düşük olarak güneşin doğuş ve batış saatlerinde olduğu Şekil 50’de gösterilmektedir. Değerlerin gün içindeki değerleri birbirine çok yakın olduğu için faz değiştiren malzemelerinin incelendiği aylar alınarak gösterilmektedir.



Şekil 51. Ankara ili efektif yutma-geçirme çarpımı $(\alpha-\tau)_e$ verileri

Ankara ili efektif yutma-geçirme çarpımı verileri Şekil 51’de verilmiştir.



Şekil 52. Trabzon ili efektif yutma-geçirme çarpımı $(\alpha-\tau)_e$ verileri

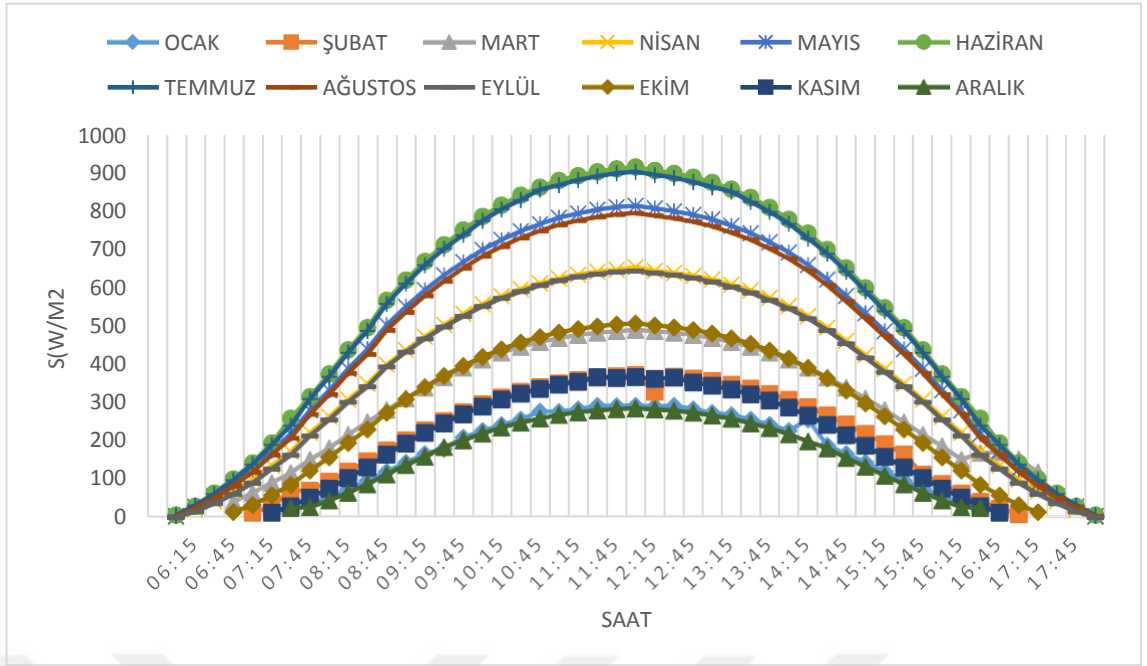
Trabzon ili efektif yutma-geçirme çarpımı $(\alpha-\tau)_e$ Şekil 52’de verilmiştir. Trabzon ilinde diğer illere güneşin doğuşu ile batışı arasında efektif yutma-geçirme çarpımı daha doğrusal olduğu görülmektedir. Değerlere bakıldığında diğer illere göre daha düşük değerler görülmektedir.

5.6. Yutucu Yüzey Üzerine Gelen Işınım

Kollektöre ısı girişinin yutucu yüzey üzerine gelen ışınım sayesinde olduğunu ve kanatçık verimi ve kollektör verimi için önemli olmaktadır. Bu değer kollektör üzerine gelen ışınım(I) ile efektif yutma-geçirme çarpımı $((\alpha-\tau)_e)$ ile doğrusal olmaktadır.

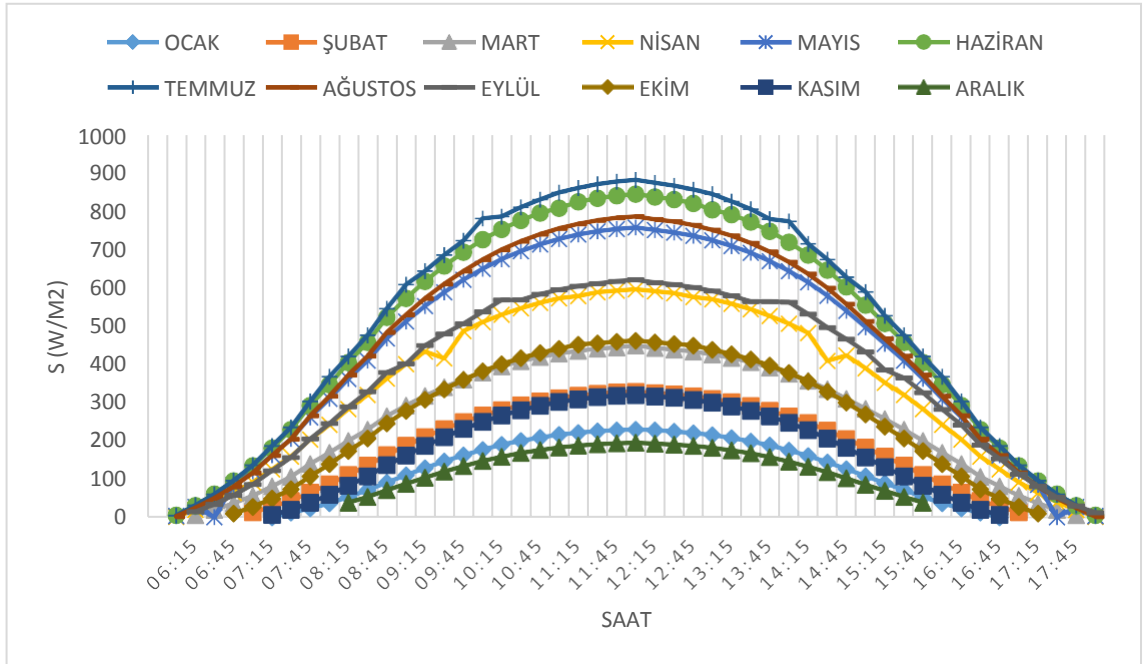
Kollektör üzerine gelen ışınım(I) yani hangi ildeyse eğik yüzeye gelen ışınım ile efektif yutma-geçirme çarpımı sonucu bulunmaktadır. Her ilde kollektör yapısı aynı olsa da bu değerler ortam şartlarından dolayı farklı sonuçları doğurduğu efektif yutma-geçirme ve yutucu yüzeye gelen ışınım verilerini Şekil 53, Şekil 54 ve Şekil 655’te gösterilmektedir.

Her üç il içinde 15 dakikalık süreler zarfında her ayın n. günü hesaplanmıştır.



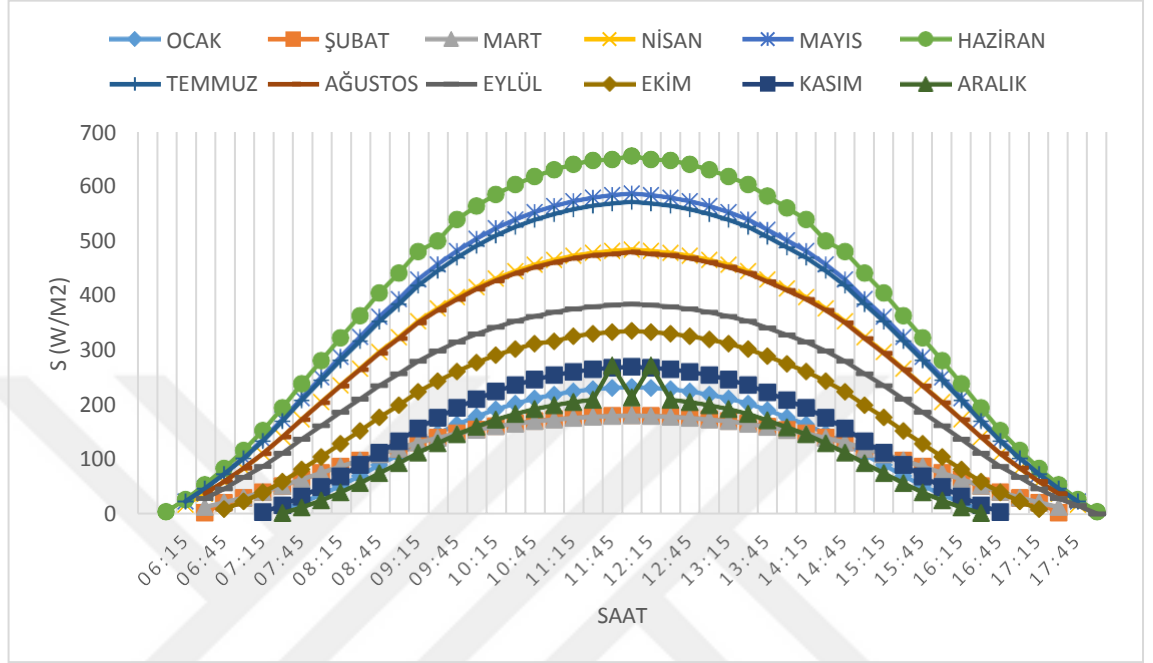
Şekil 53. Gaziantep ili aylara göre yutucu yüzeye gelen ışınım verileri

Yutucu yüzeye gelen ışınım değeri Gaziantep ili için en fazla temmuz ayında olduğu görülmektedir. Kollektör açısı 35 derece olduğu için kollektör üzerine gelen ışınım değeri bu açı doğrultusunda sonucu direk etkilemektedir. En düşük değerler ise aralık ayında olduğu Şekil 53’de gösterilmektedir.



Şekil 54. Ankara ili aylara göre yutucu yüzeye gelen ışınım verileri

Ankara ili aylara göre yutucu yüzeye gelen ışınım verileri Şekil 54'te verilmiştir. Ankara ilinde en fazla temmuz ayında 882.549 (W/m²) görülmektedir. En düşük değerleri diğer aylara göre aralık ayında görülmektedir ve en fazla 195.280 (W/m²) değerlerine çıkabildiği görülmektedir.



Şekil 55. Trabzon ili aylara göre yutucu yüzeye gelen ışınım verileri

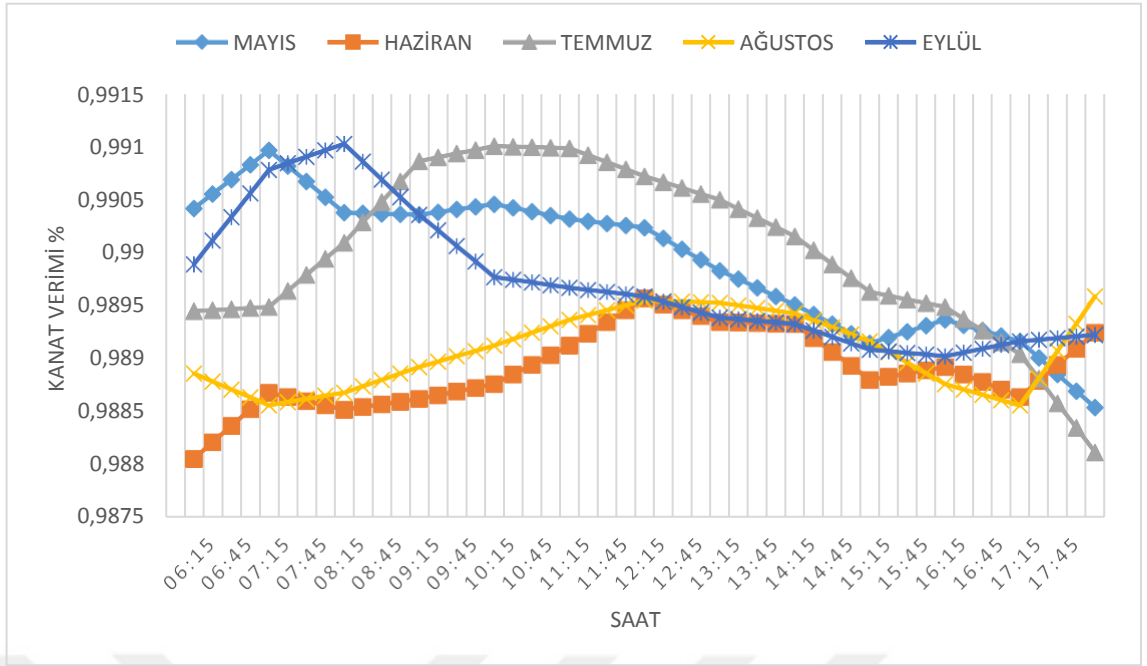
Trabzon ili aylara göre yutucu yüzeye gelen ışınım verileri Şekil 55'de verilmiştir. En fazla değer haziran ayında olup 655.8038 (W/m²) olmaktadır ve aylara göre en düşük değerleri mart ayında görülmektedir ve en fazla değer 180.2705 (W/m²) seviyelere çıkabilmektedir.

Trabzon ili Gaziantep ve iline göre yutucu yüzey gelen ışınım değerine göre daha düşük seviyelerde olduğu görülmektedir.

5.7. Kanatçık Verimi

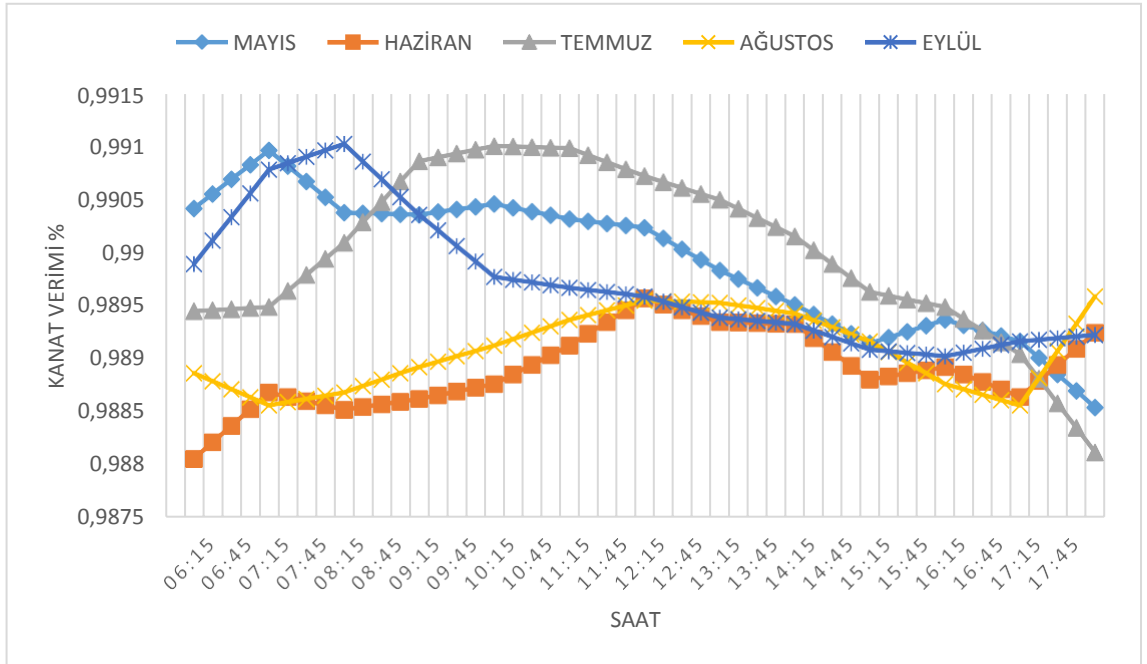
Kanatçık verimi aslında borular ile yutucu yüzey levhasının arasındaki ilişkiyi boruların levhadan çıkan kanatçık yorumu ile yapılan bir çalışma olmaktadır. Faydalı ısı miktarının hesaplanmasında gerekli olmakla beraber borular arasındaki mesafe boruların dış çapı uzunluğuna yani kollektör tasarımına göre verimliliği değişmektedir. Kanatçık verimi sadece tasarıma göre olmayıp çevresel faktörlerle de değişim göstermektedir.

Her üç ilinde 15 dakikalık süreler aralıklarla aylara göre hesapları yapılmıştır



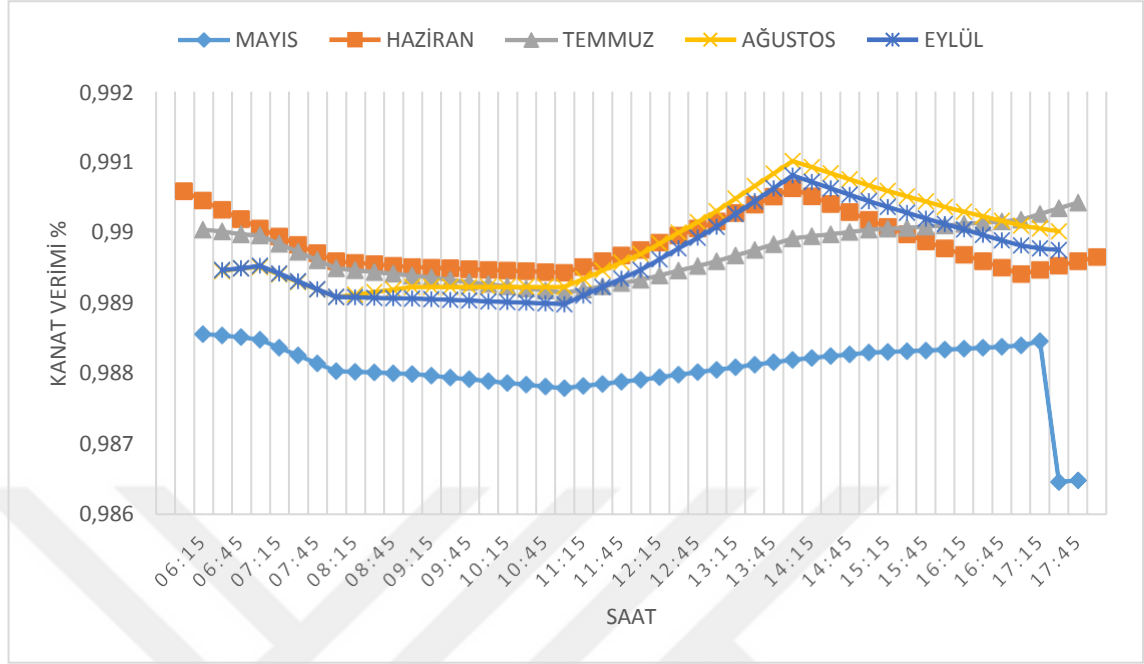
Şekil 56. Gaziantep ili aylara göre kanat verimi

Gaziantep ili aylara göre kanat verimi genel olarak çevre sıcaklığı ve ışınım değerlerinin yüksek olduğu aylarda verimin yüksek çıktığı görülmektedir. Ekim ayında en fazla değer olan %99.13 lük verime sahip olmaktadır. Kanat verimleri %98.13-99.13 arasında olduğu Şekil 56' da görülmektedir.



Şekil 57. Ankara ili aylara göre kanat verimi

Ankara ili aylara göre kanat verimi Gaziantep ile neredeyse aynı verimlere sahip olduğu görülmektedir. Ankara ili aylara göre kanat verimi Şekil 57’de gösterilmektedir.



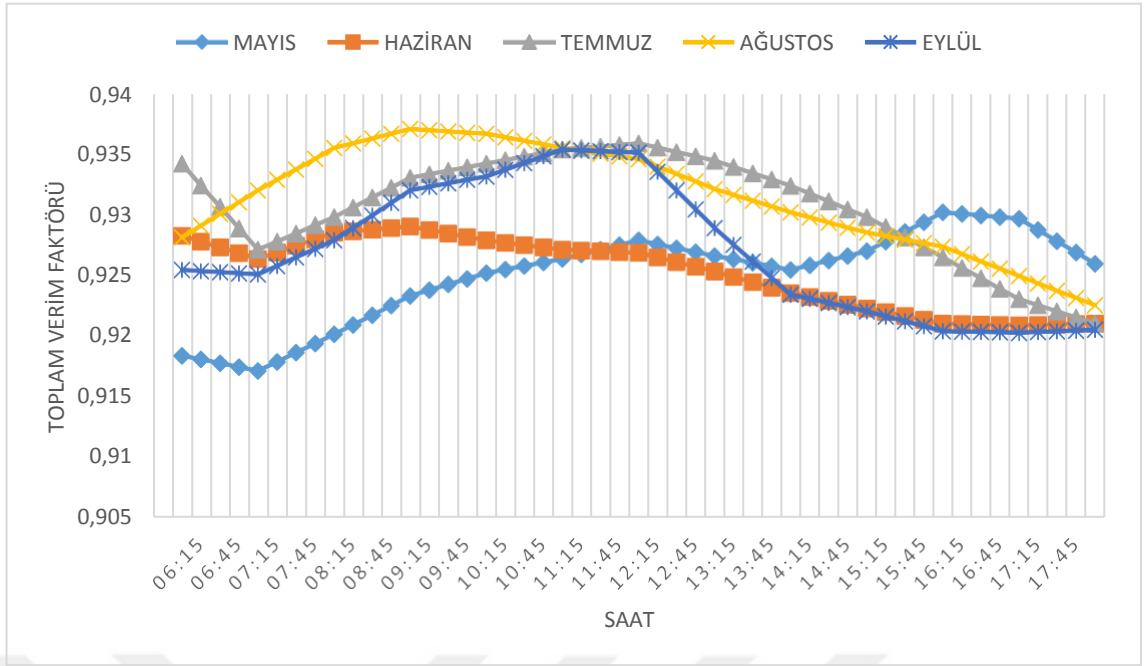
Şekil 58. Trabzon ili aylara göre kanat verimi

Trabzon ili aylara göre kanat veriminin en düşük şubat ayında olduğunu ve en düşük değerini %98.4580 lere kadar çıktığı görülmektedir. En yüksek değerini ise %99.09 kanat verimi ile Şekil 58’de gösterilmektedir.

5.8. Toplayıcı Verim Faktörü

Toplayıcı verim faktörü(F_v), boru iletim katsayısı(k_b), boru çapı(d), borular arasındaki mesafe(w), kanat verimliliği(n_k), şebeke suyunun taşınım katsayısını(h_{ti}), borunun et kalınlığı(d_i), borunu iletim katsayısı(k_b) ve toplam ısı kayıp katsayısına(K) göre değişim göstermektedir. Her ilde aynı sistem kullanıldığı için kolektöre giren şebeke suyu sıcaklığı ile değişim etkeni ve kanat veriminin ısıtım etkeninden dolayı değişim göstermektedir.

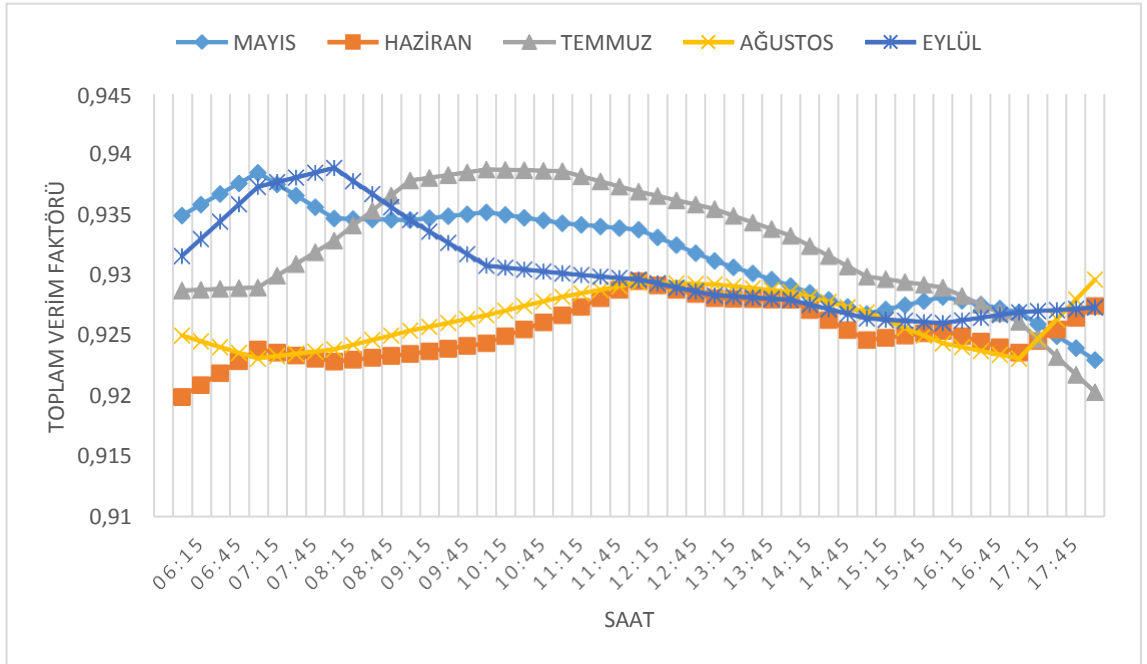
Burada her üç ilinde toplayıcı verim faktörü 15 dakikada bir şekilde hesaplanmıştır.



Şekil 59. Gaziantep ili aylara göre toplam verim faktörü verileri

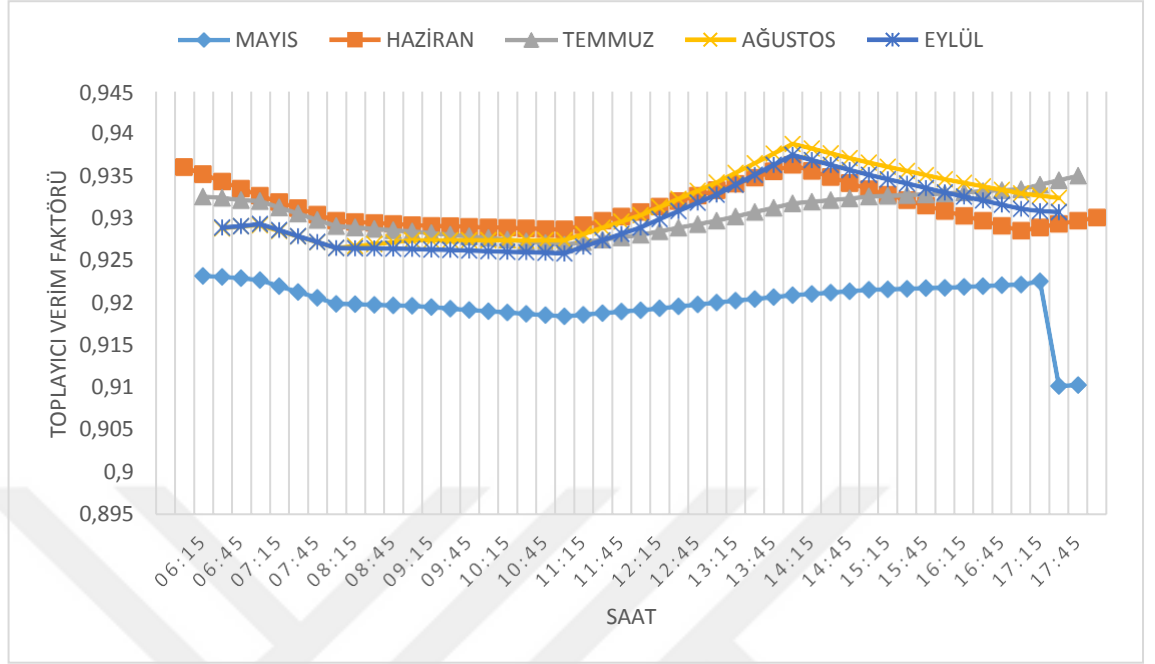
Gaziantep ili için en fazla faydalı ısı miktarı ekim ayında sabah saatlerinde 0.9437'lere kadar çıktığını ilerleyen saatlerde 0.9243'lere kadar düştüğü görülürken yıl bazından bakıldığında ortalama olarak 0.92'lerde olduğu görülmektedir.

Gaziantep ili aylara göre saatlik toplam verim faktörü Şekil 59'da verilmiştir.



Şekil 60. Ankara ili aylara göre toplam verim faktörü verileri

Ankara ili için verim faktörü 0.94-0.87'ler arasında olup en fazla değeri ekim aylarında görüldüğü en az değeri ocak aylarında olduğu Şekil 60'ta gösterilmektedir.



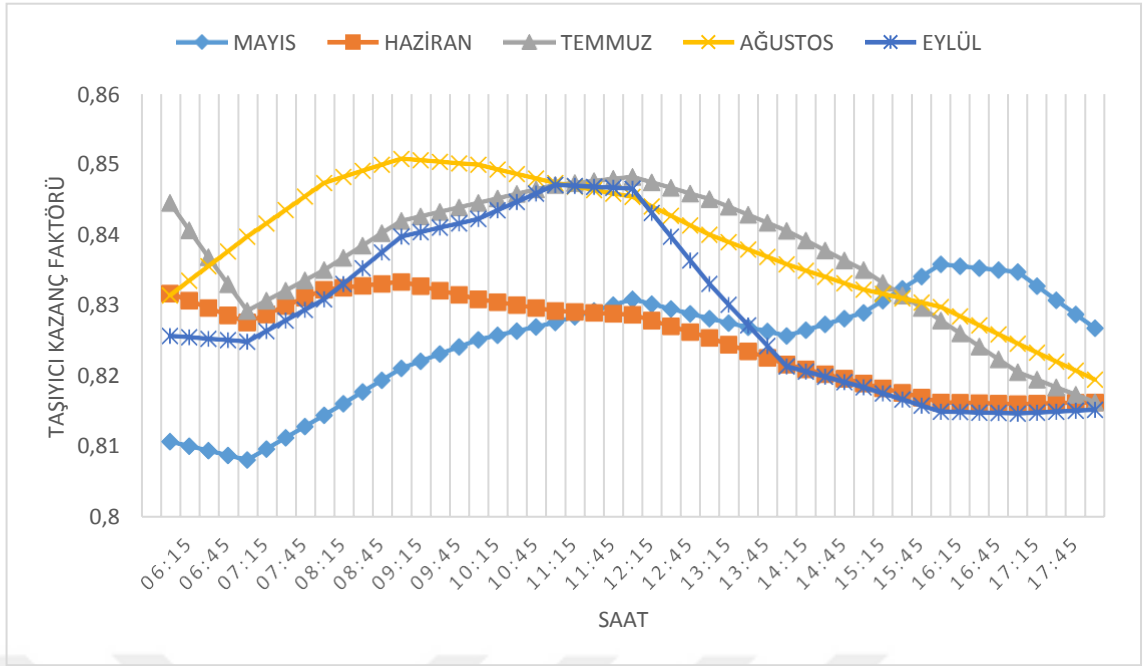
Şekil 61. Trabzon ili aylara göre toplam verim faktörü verileri

Verilere bakıldığında Trabzon ili için şubat ayının toplayıcı kazanç faktörünün diğer verilerle de kıyaslandığında diğer aylara göre daha düşük olduğu en fazla toplayıcı kazanç faktörü değerinin ağustos ayında 0.9387 değerlerinde olduğu görülmektedir. Buna kıyas olarak şubat ayında 0.8987'lere kadar düştüğü Şekil 61'de gösterilmektedir.

5.9. Taşıyıcı Kazanç Faktörü

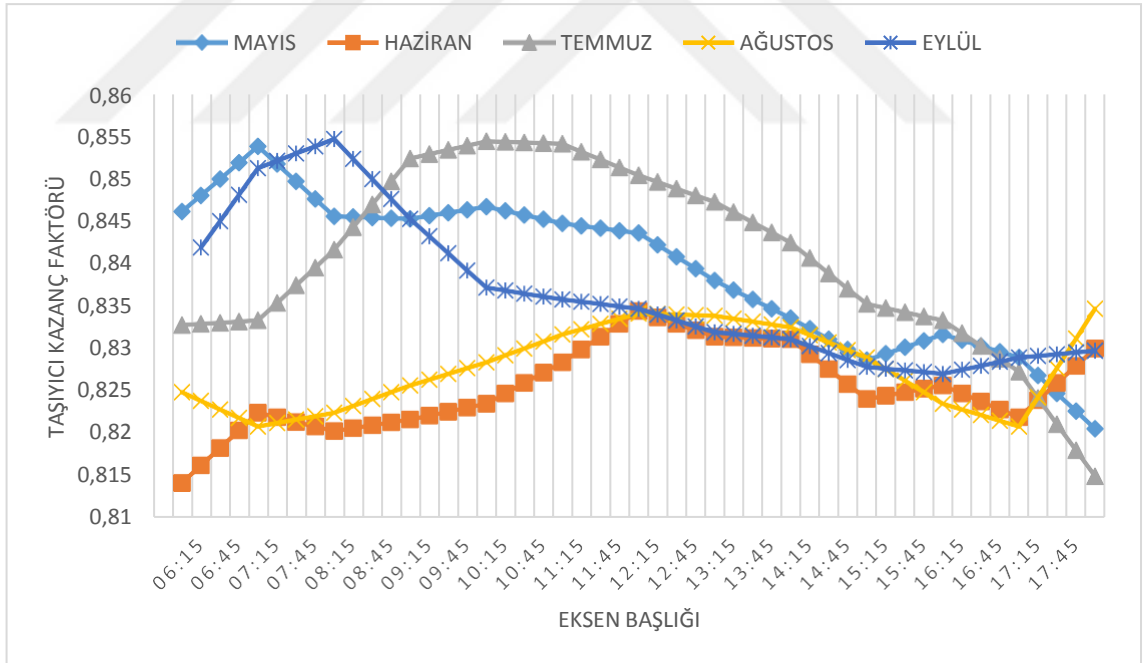
Taşıyıcı kazanç faktörü, kollektör alanı(A_t), akışkan kütleli debisi(\dot{m}), özgül sıcaklık(c_p), ısı kayıp faktörüne göre yani kollektör geometrisi ve akışkanın debisine göre değişiklik göstermektedir. Şebeke suyunun debisi arttıkça artan ısı geçiş katsayısı büyüdükçe azalmaktadır. Bu değerler kendi aralarında kıyaslandığı zaman aradaki fark çok küçük miktar olduğu görülmektedir.

Her üç il içinde her ayın n. günleri 15'er dakikalık aralıklar ile hesaplanmıştır.



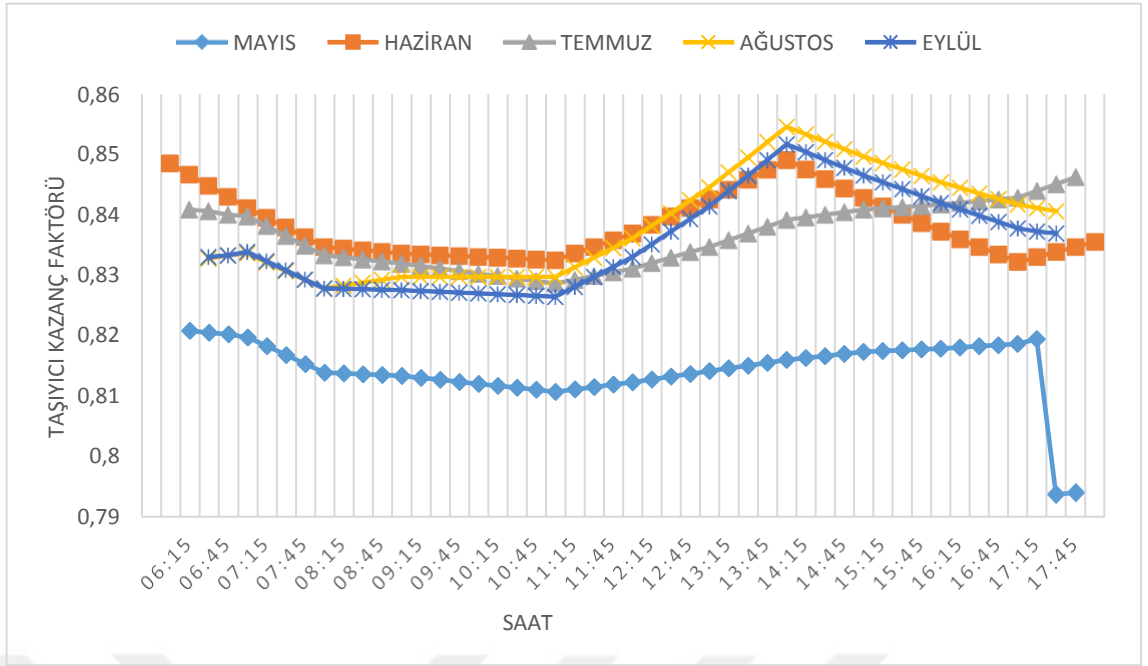
Şekil 62. Gaziantep ili aylara göre taşıyıcı kazanç faktörü verileri

Gaziantep ili için taşıyıcı kazanç faktörü(F_t) verileri Şekil 62’de verilmiştir.



Şekil 63. Ankara ili aylara göre taşıyıcı kazanç faktörü verileri

Ankara ili ve Gaziantep illerinde taşıyıcı kazanç faktörünün mayıs, haziran, temmuz, ağustos, eylül aylarında net bir şekilde daha elverişli aylar olduğu ve verime daha etki edeceğini çıkan sonuçlar doğrultusunda Şekil 63’te gösterilmektedir. Taşıyıcı kazanç faktörü 0.74 ile 0.85 değerleri arasında olduğu görülmektedir.

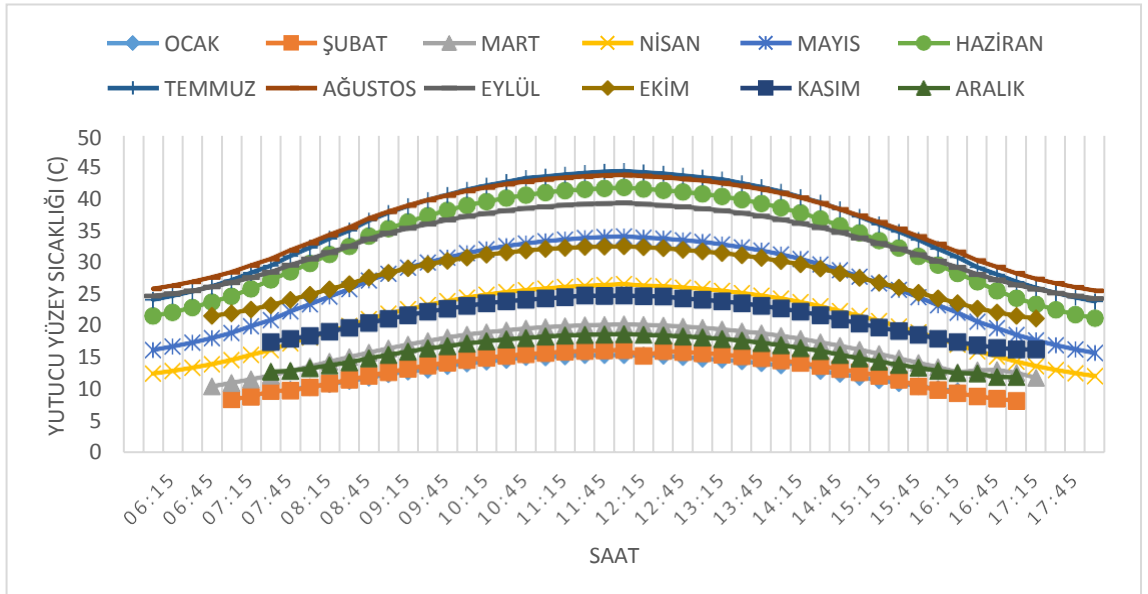


Şekil 64. Trabzon ili aylara göre taşıyıcı kazanç faktörü verileri

Trabzon ili için taşıyıcı kazanç faktörü verileri şekil 64'te gösterilmektedir.

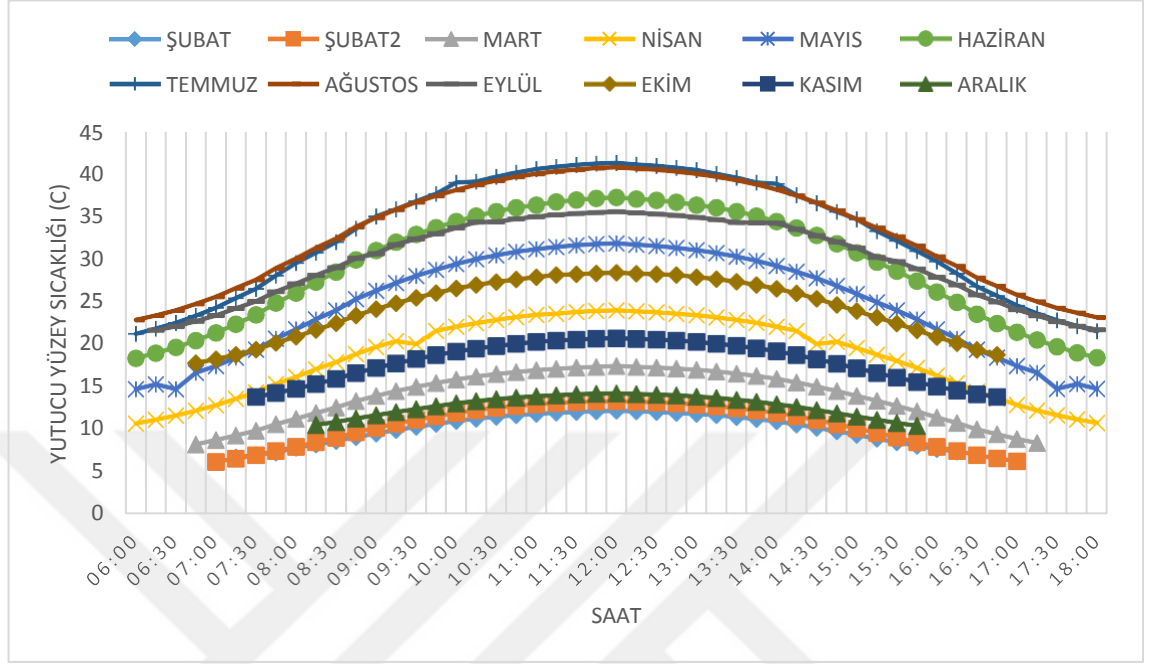
5.10. Yutucu Yüzey Sıcaklığı

Gaziantep ili yutucu yüzey sıcaklığı(T) en fazla temmuz ayında ve ağustos ayında olduğu 44.34°C'lere kadar çıktığını ve o saatlerde çevre sıcaklıkları 35.11°C'lere kadar çıktığını çevre sıcaklığı ile yutucu yüzey sıcaklığı arasındaki farkın 9.24°C'lere çıktığı görülmektedir. Yutucu yüzeyin en fazla sıcaklığa çıktığı bu aylarda güneşin doğuşu ve batışına yakın saatlerde 26.09°C'lere kadar düştüğü Şekil 65'te gösterilmektedir.



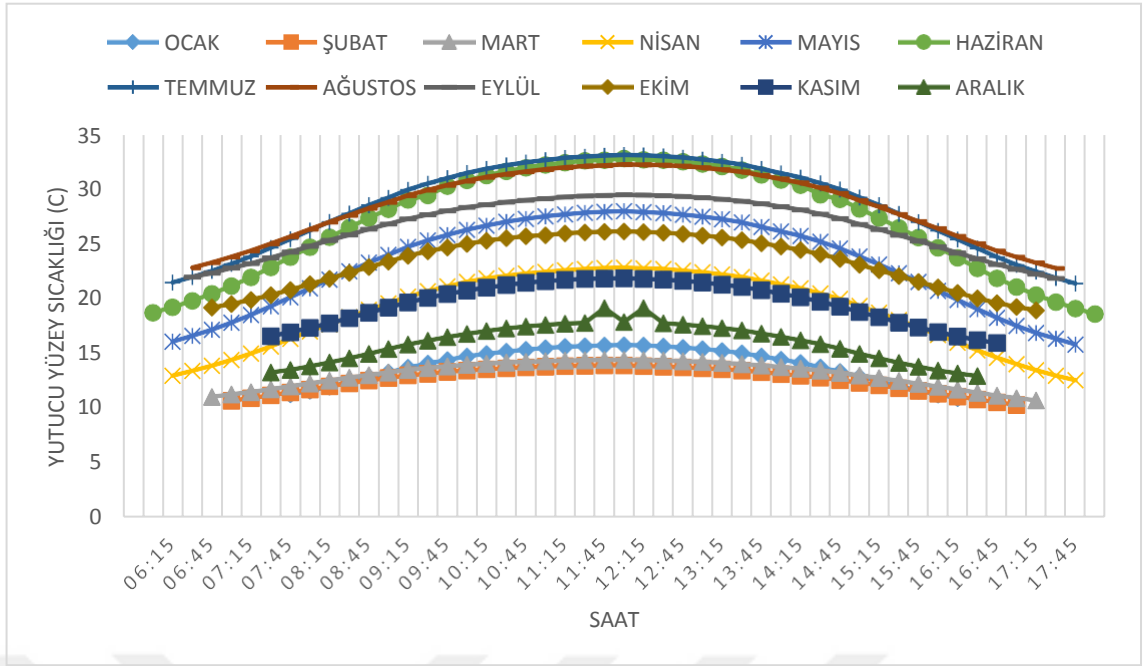
Şekil 65. Gaziantep ili yutucu yüzey sıcaklık verileri

Ankara ili Gaziantep illeri arasındaki yutucu yüzey sıcaklığının en fazla görüldüğü andan 2°C fark görüldüğü, Ankara ili ağustos ve temmuz ayında 41.26°C'lere kadar çıktığı Şekil 66'da gösterilmektedir.



Şekil 66. Ankara ili yutucu yüzey sıcaklık verileri

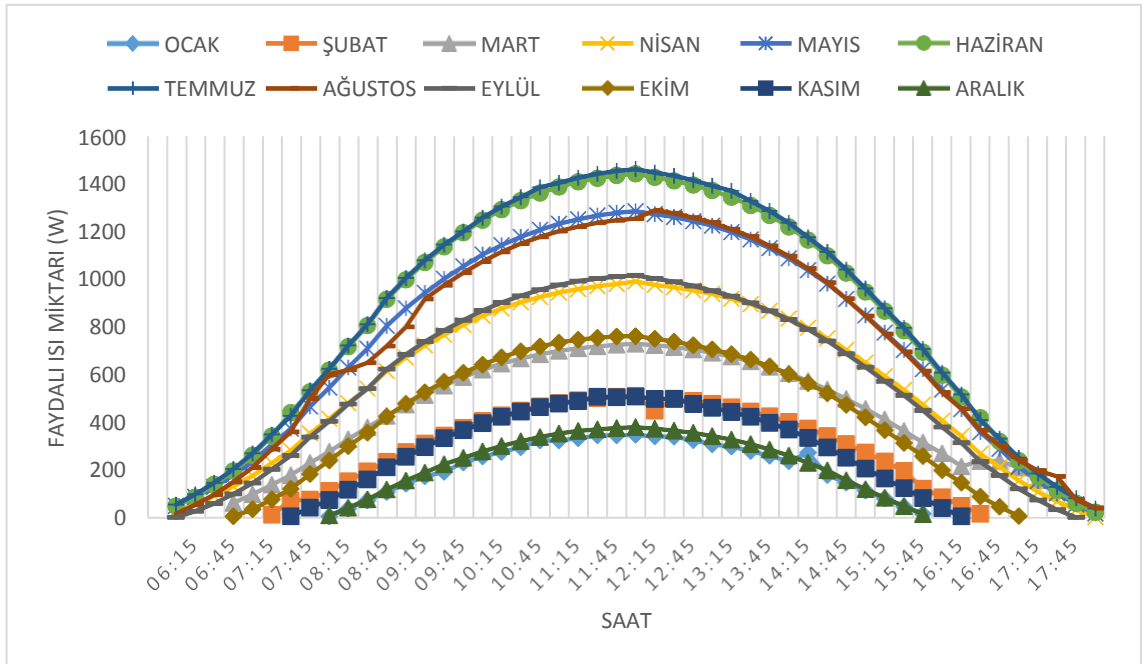
Trabzon ili diğer iki il ile yutucu yüzey sıcaklığının kıyaslandığı zaman daha düşük derecelere sahip olduğu yüzey sıcaklığının etkisinin çevre sıcaklığı ile kıyaslandığında daha düşük olduğu görülmektedir. Faz değiştiren malzemelerin bu sonuçlarla kıyas edildiğinde, RT31 ve RT35 FDM'lerinin bakıldığı üzere RT35 faz değişen malzemesinin erime sıcaklığı 35°C olmaktadır. Trabzon ilinde yutucu yüzey sıcaklığı en fazla 33.10°C ile temmuz ayında, 32.22°C ile haziran ayında, 31.22°C ile ağustos ayında olduğu görülmektedir. Diğer aylarda daha düşük seviyelerde olduğu için kullanılmaz ve Trabzon ili için RT31 FDM'nin sadece bu üç ay da analizi yapılabildiği Şekil 67'de gösterilmektedir.



Şekil 67. Trabzon ili yutucu yüzey sıcaklık verileri

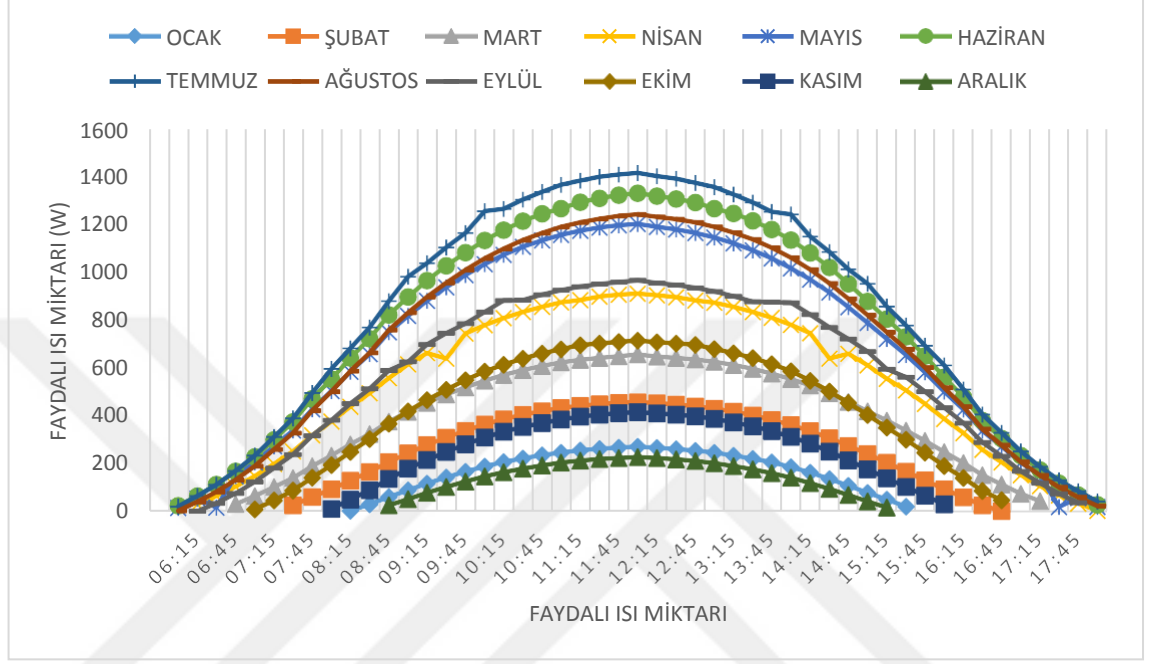
5.11. Faydalı Isı Miktarı

Kollektöre gelen toplam faydalı ısı miktarı (Q_f), etkileyen faktörler boru çapı(d), kanat verimi(η_k), yutucu yüzeye gelen güneş ışınımı(S), borular arası mesafe, toplam ısı kayıpları(K), çevre sıcaklığı, akışkan sıcaklık ortalaması(T_a) olmaktadır. Bu etkenler doğrultusunda hesaplanan faydalı ısı miktarı kollektör verimi için önemli olmaktadır.



Şekil 68. Gaziantep ili aylara göre faydalı ısı miktarı

Gaziantep ili, en fazla değer olarak temmuz ayında öğlen saatlerinde 1461.49 W olduğu görünürken genel olarak kaynağın güneş enerjisinden olduğu güneşin doğuşu ve batışındaki ışıma verileri gibi parabolik bir veri grafiği olduğu Şekil 68’de gösterilmektedir. Yine öğle saatlerinde en düşük değer ocak ve aralık aylarında görülmektedir.



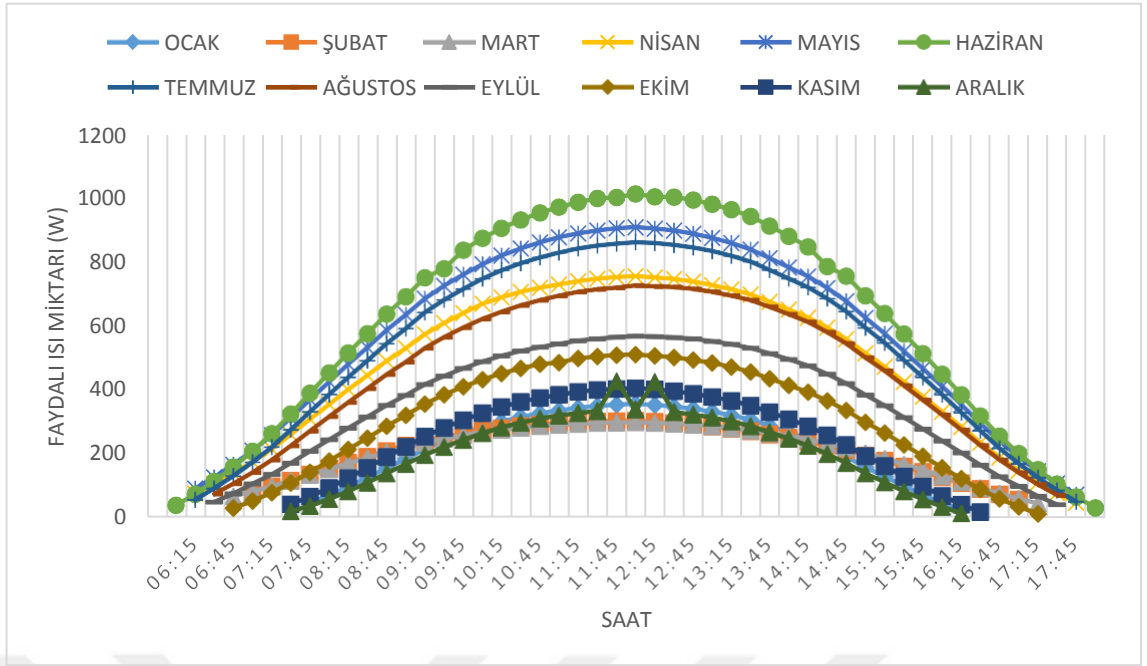
Şekil 69. Ankara ili aylara göre faydalı ısı miktarı

Ankara ili için aylara göre faydalı ısı miktarı şekil 69’da gösterilmektedir. Öğle saatlerinde en fazla değer temmuz ayında 1414.60 W olduğu görünürken, en az değer aralık ve ocak aylarında olduğu ve 222.17 W değerlere kadar düştüğü gösterilmektedir.

Trabzon ili aylara göre faydalı ısı miktarı Şekil 70’de gösterilmektedir.

Genel anlamda faydalı ısı miktarı verilerine göre yaz aylarında yüksek iken bahar aylarında bu değerlerde düşüşler başlamış ve geçiş dönemlerinden sonra kış aylarında faydalı ısı miktarı yaz aylarına göre daha düşük değerlerde olmaktadır.

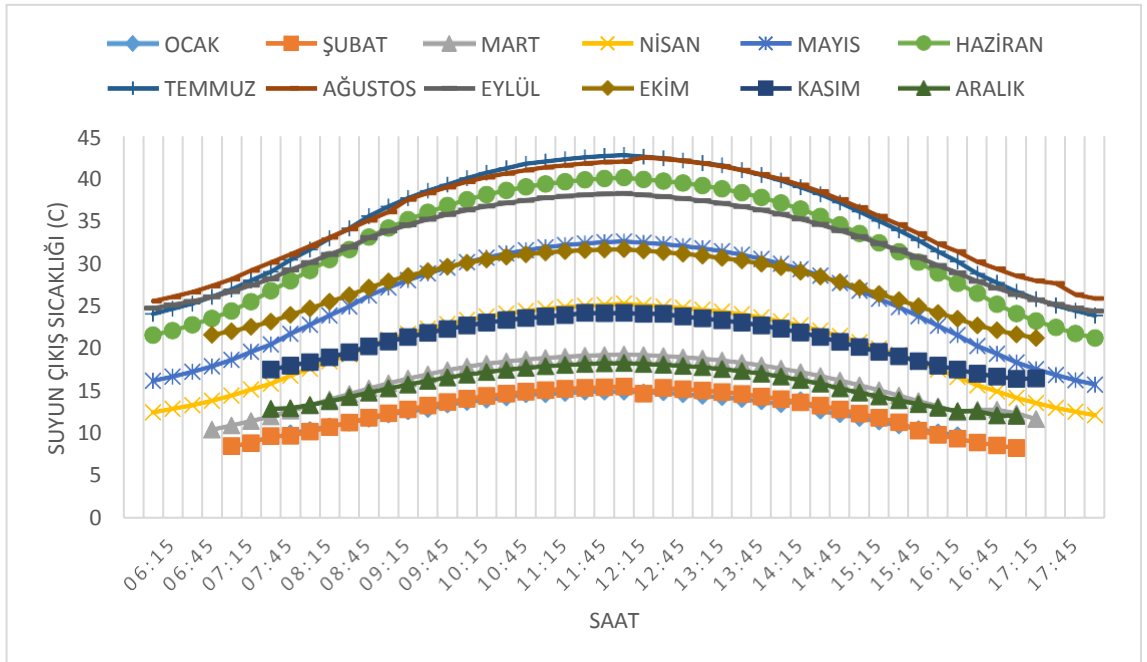
Bu ölçüde kolektör verimlerinin yıl bazında bakıldığında yaz aylarında daha etkin sonucu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 70. Trabzon ili aylara göre faydalı ısı miktarı

5.12. Suyun Çıkış Sıcaklığı

Kollektöre giren şebeke suyunun kollektörden almış olduğu faydalı ısı ile kollektörden çıkan suyun sıcaklığı verimin kendisini vermektedir. FDM' siz kollektörden giren şebeke suyunun kollektörden almış olduğu faydalı ısıyı insanların sıcak su ihtiyacını karşılayacak duruma getirdiği görülmektedir.

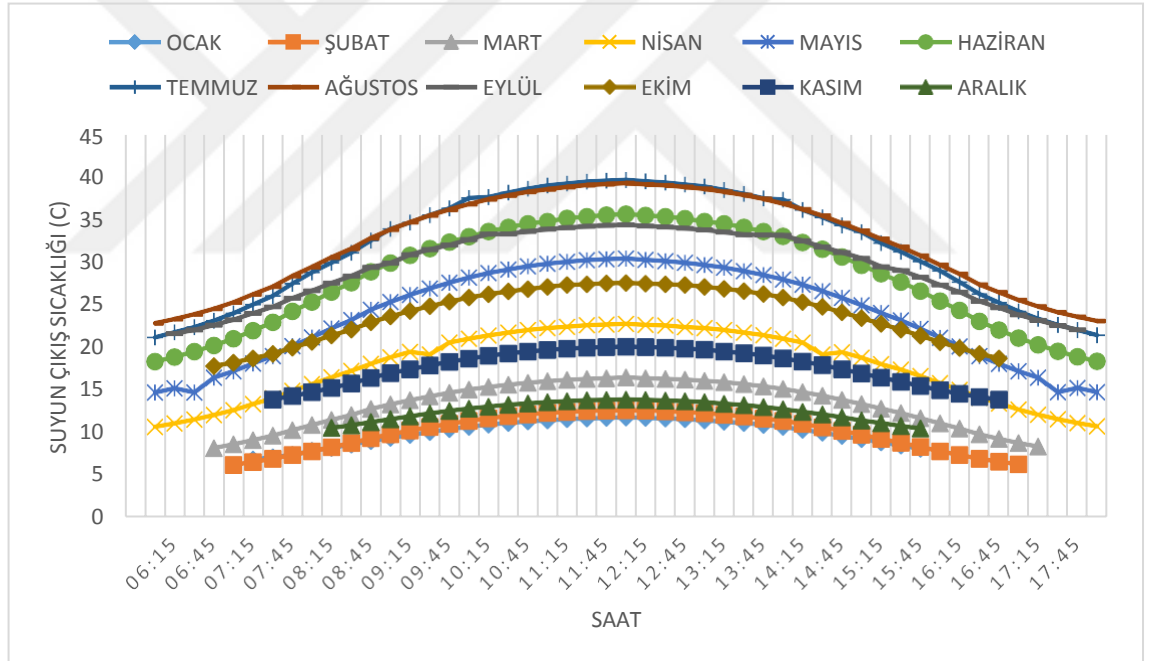


Şekil 71. Gaziantep ili aylara göre suyun çıkış sıcaklığı

Gaziantep ilinde şebeke suyunun en düşük olduğu iki ay Şubat 8.7°C ve Mart 9.6°C olmaktadır. Şubat ayında kollektörden çıkan suyun sıcaklığı 15.32°C ye çıkarak su sıcaklığı neredeyse 2 katı olduğu görülmektedir. Mart ayında ise 19.18°C'ye çıkarak yaklaşık 3.5-4°C sıcaklık farkı olduğu görülmektedir. En fazla sıcaklığı 42.66°C temmuz ayında olduğunu böylelikle temmuz ayında şebeke suyu sıcaklığının 23.3°C'den neredeyse 2 katı sıcaklığına çıkardığı görülmektedir.

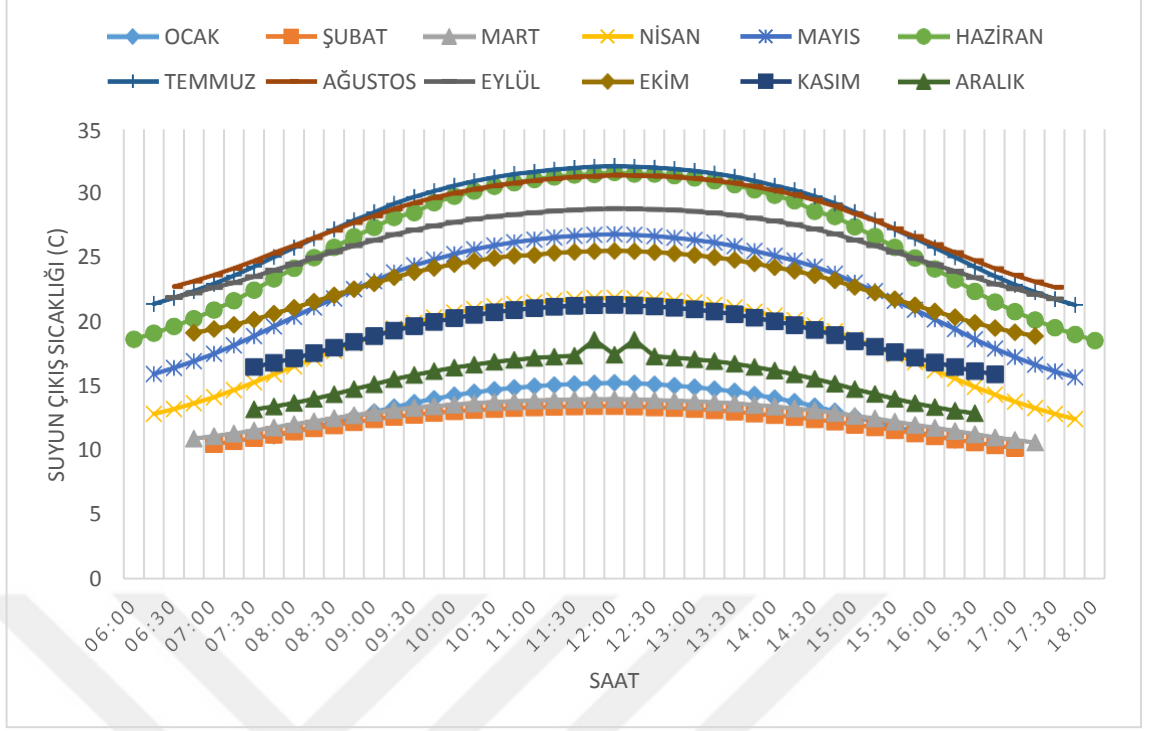
Gaziantep ili aylara göre suyun çıkış sıcaklığı Şekil 71'de gösterilmektedir.

Ankara ilinde kollektörden çıkan su sıcaklığı temmuz ve ağustos aylarında görülmektedir. Bu sıcaklık 39.25°C'lere kadar çıkmıştır. Kollektöre bu aylarda giren şebeke suyu sıcaklığı temmuz ayında 20.9°C iken ağustos ayında 22.8°C'lerde olmuştur giriş ve çıkış sıcaklık farkı 19.25°C'lere olduğu ve RT35 ve RT31 için kritik sıcaklıklarına haziran, temmuz, ağustos, eylül aylarında daha uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 72. Ankara ili aylara göre suyun çıkış sıcaklığı

Ankara ili aylara göre suyun çıkış sıcaklık verileri Şekil 72'de gösterilmektedir.



Şekil 73. Trabzon ili aylara göre suyun kollektörden çıkış sıcaklığı

Trabzon ilinde kollektöre giren şebeke suyu sıcaklığı en düşük şubat ayında 9.5°C olduğunu güneşin doğduğu saatlerde 10.56°C güneşin batışına yakın ise 10.24°C 'lere geldiğini en fazla değer öğlen saatlerinde 13.45°C 'lere geldiğini yani sıcaklık farkının en fazla 3.95°C fark yaratılmaktadır.

En yüksek çıkış sıcaklığını temmuz ayında görüldüğü şebeke suyunun kollektöre giriş sıcaklığı temmuz ayında 20.7°C olmaktadır temmuz ayında maksimum sıcaklığı 32.10°C 'lere kadar çıktığı ve su sıcaklığını 11.4°C ısıtılmış olduğu Şekil 73'te gösterilmektedir.

5.13. FDM'siz ve FDM'li Kollektörün Anlık Verim Verilerinin İrdelenmesi

Anlık verim verileri her ay için FDM'li ve FDM'siz olarak her ile üç farklı kalınlık ile sırasıyla 1cm, 2 cm ve 3 cm kalınlıklarında FDM ekleyerek konfigürasyon uygulandı. RT35 faz değişen malzemesinin kritik sıcaklığı 35°C olduğunun ve yutucu yüzey sıcaklık değerinin bu değer altında olması durumundaki ayları hesaplanamadığı görülmektedir. Bu hesap her iki faz değişen malzemesinde de görülmektedir. Yani kollektörün yutucu yüzey sıcaklığı verilerinin FDM'li kollektörün hesaplanmasında önemli rol aldığı belirtmek gerekmektedir.

5.13.1. Gaziantep İli Anlık Verim Verilerinin İncelenmesi

Gaziantep ilinde faz değişen malzemesinin verimlilik hesabı haziran, temmuz, ağustos, eylül ayları baz alınarak hesaplanmış ve incelenmiştir. Tasarlanmış olunan geometrisi Gaziantep ilinde FDM' siz kollektör de verim ortalama %70-80 civarlarında iken öğlen saatlerinde %80 üzerine çıkmaktadır.

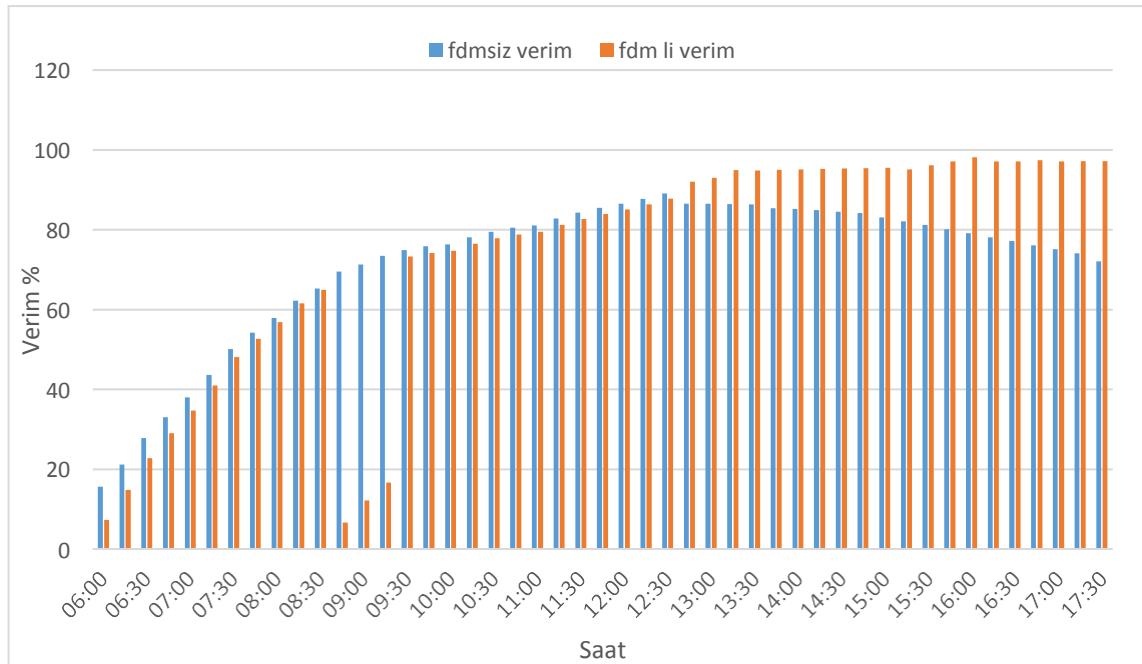
Gaziantep ili için RT35 ve RT31 faz değişen malzemesi 1 cm, 2 cm ve 3 cm kalınlıkları ile gösterilmektedir. Bu konfigürasyonlar RT31-1 cm, RT31-2cm, RT31-3 cm ve RT35-1 cm, RT35-2 cm, RT35-3 cm olarak tanımlanmıştır.

Genel anlamda şarj ve deşarj sürelerindeki hesaplamalar verimlilik sonuçlarını ortaya koymuştur.

Gaziantep ili RT31-1 cm haziran ayında sabah saatlerinde FDM'siz kollektör verimi %15 ler'den öğlen saatlerine doğru %89.09 seviyelerine çıkmaktadır. Bu süre zarfına kadar şarj süresini ve RT31-1 cm kullanılan kollektör verimi sistemdeki ısı kullanmaktadır yani gizli ısı depolama durumunda iken verim sabah saatlerinde FDM'siz kollektörden daha düşük çıkmıştır.

Öğlen saatlerinde şarj süresi bittikten sonra deşarj süresi başlamaktadır. Sistemden alınan ısı miktarı artık açığa çıkacağı için FDM'siz kollektörde verim düşerken FDM'li sistemdeki verim yükselmektedir.

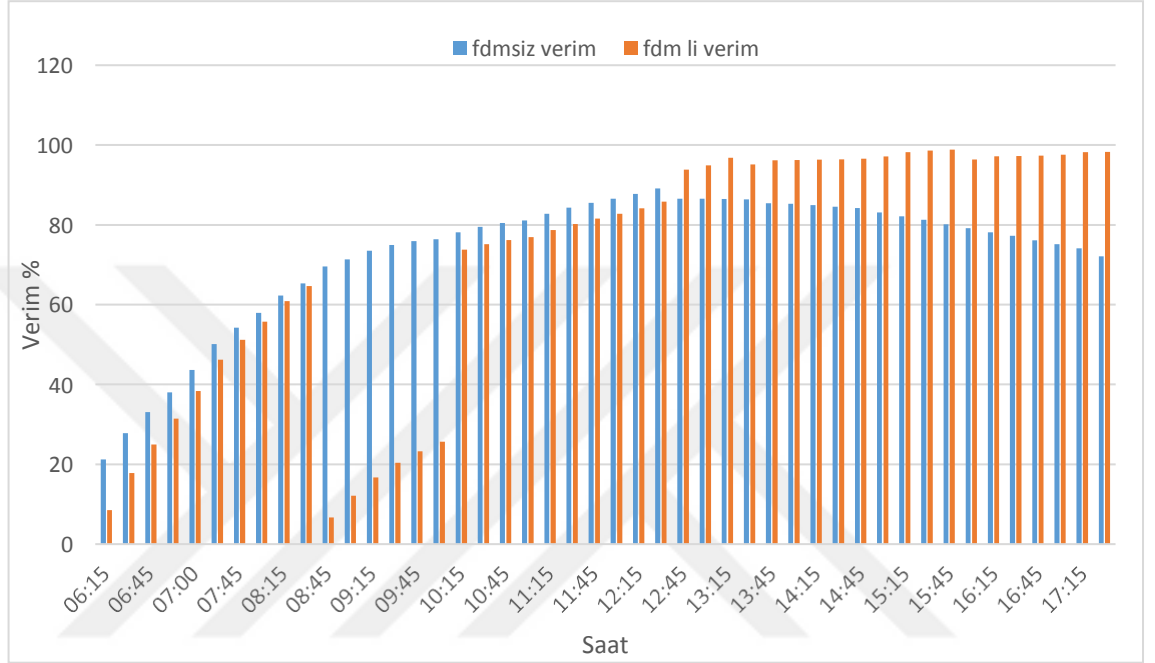
Gaziantep ili haziran ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 74'te gösterilmektedir.



Şekil 74. Gaziantep ili haziran ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim grafiği

Gaziantep ili haziran ayı RT31-1 cm şarj süresinin 6 saat 30 dakika sürdüğü ve deşarj süresinin akşam saatlerinde 19:30'a kadar devam ettiği yani 7 saat sürdüğü görülmektedir.

Verim şarj süresi boyunca FDM' siz kollektöre göre daha aşağıda iken öğleden sonra FDM' siz kollektöre göre daha yukarıda olduğu görülmektedir. RT31-1 cm konfigürasyonunun Gaziantep ili için uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 75. Gaziantep ili haziran ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Gaziantep ili haziran ayı RT31-1 cm şarj süresinin 7 saat 30 dakika sürdüğü ve deşarj süresinin akşam saatlerinde 20:30'a kadar devam ettiği yani 8 saat sürdüğü görülmektedir.

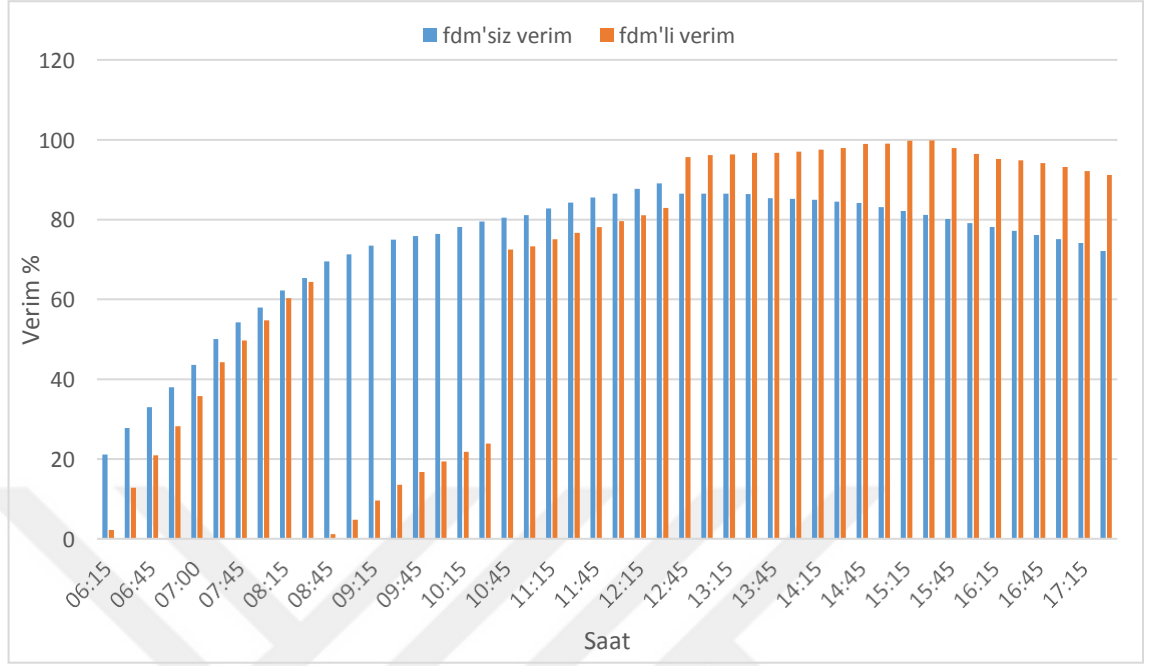
Verim şarj süresi boyunca FDM'siz kollektöre göre daha aşağıda iken öğleden sonra FDM'siz kollektöre göre daha yukarıda olduğu görülmektedir. FDM kalınlığının artırılmasında sakınca görülmediği bunun deşarj süresini 1 saat daha geç saatlere gittiği görülmektedir.

RT31-2 cm konfigürasyonunun Gaziantep ili için uygun olduğu görülmektedir.

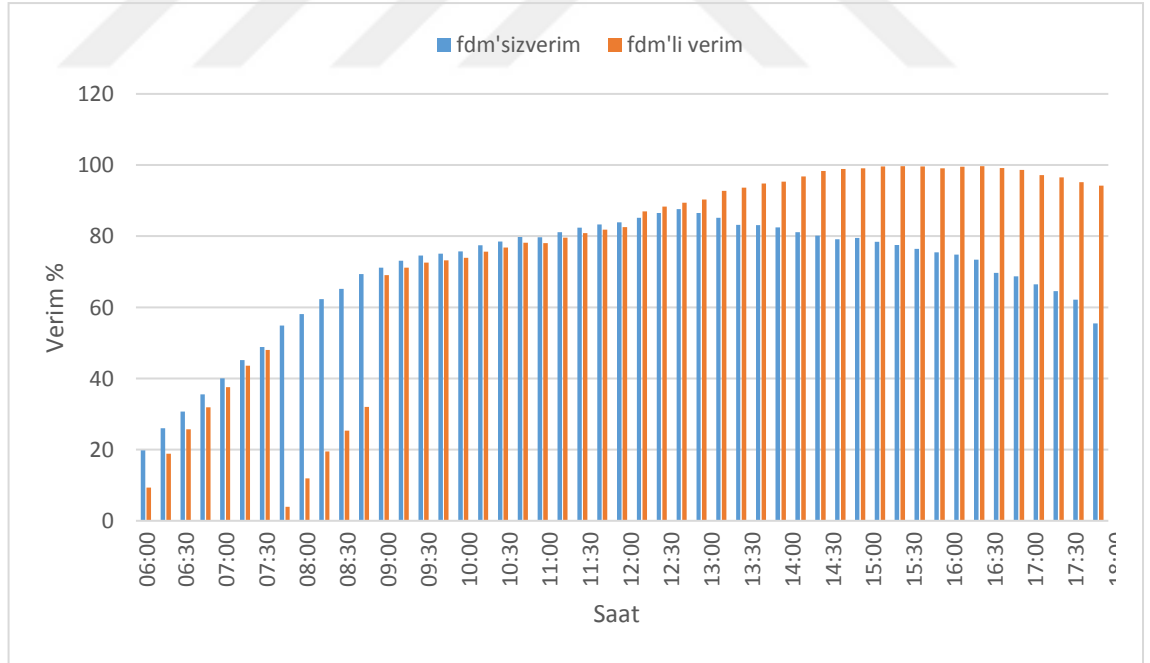
Gaziantep ili haziran ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 75'te verilmiştir. 3 cm kalınlıklı verileri ise Şekil 76'da gösterilmektedir.

RT31- 3cm konfigürasyonunda ise şarj süresinin haziran ayında daha uzun süre aldığı için kullanılmasının şarj süresince verimi çok etkileyeceğinden dolayı kullanılması pek uygun olmaya bileceği görünmüştür.

Genel olarak şarj süresi boyunca FDM'siz kollektöre göre verim düşük iken deşarj süresinde bu durum tam tersi olduğu görülmektedir.



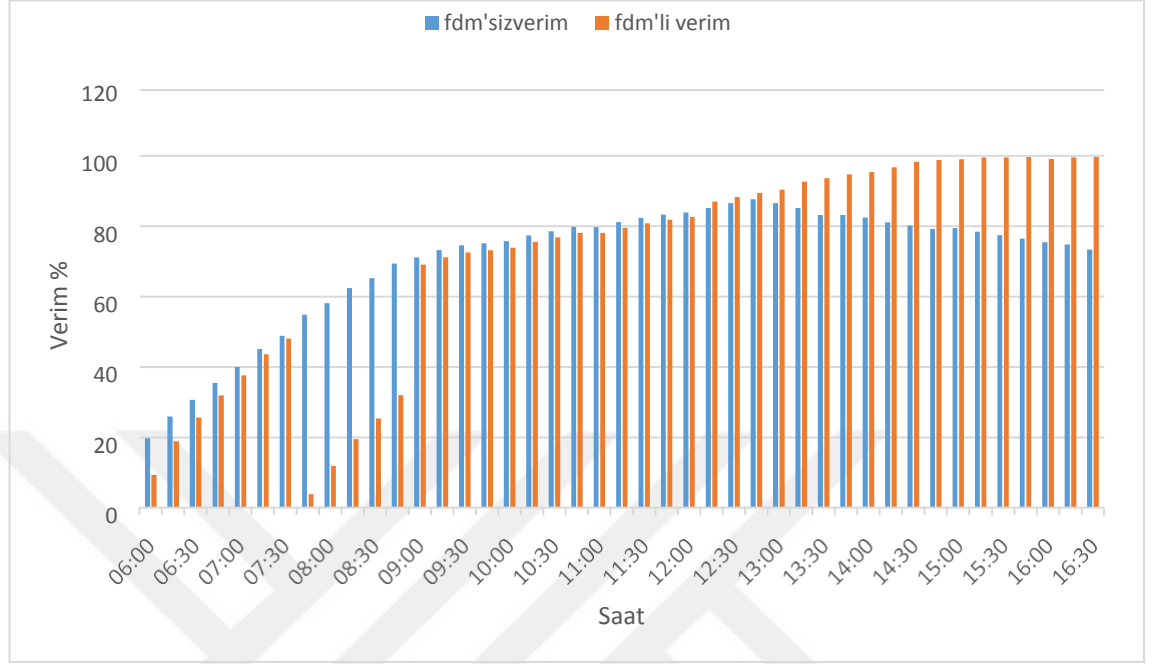
Şekil 76. Gaziantep ili haziran ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri



Şekil 77. Gaziantep ili temmuz ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

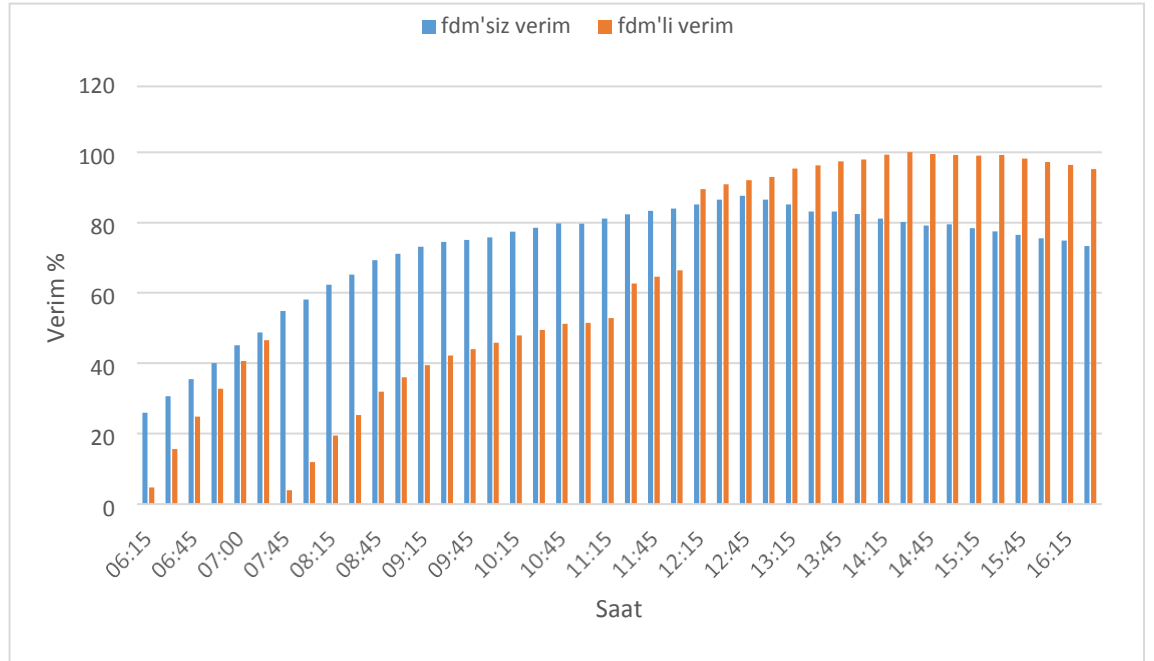
Şarj 2 süresinde ise RT31 kalınlığının 1cm, 2cm iken ön görülür süreler zarfında gerçekleştiği görülürken 3 cm kalınlığında FDM'siz verim ile olan yüzde farkının öğleden öncede uzun bir süre aşağı yönde eğilim gösterdiği incelenmiştir. Gaziantep ili

temmuz ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 77'de gösterilmektedir. Gaziantep ili temmuz ayı RT31-2cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 88'de gösterilmektedir.



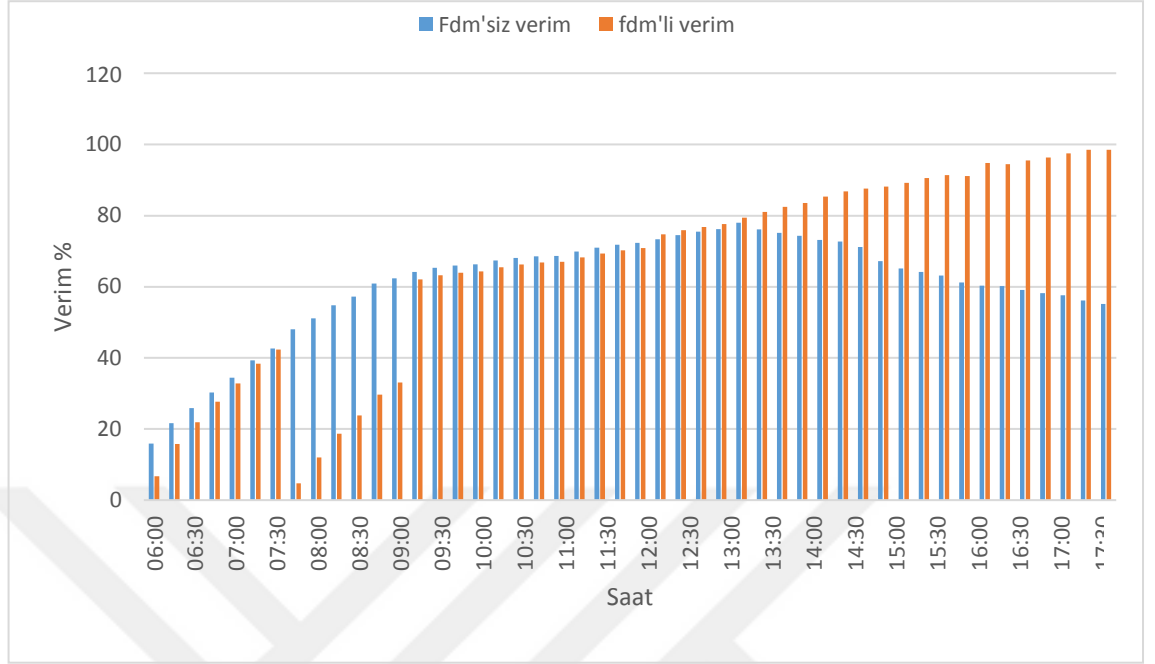
Şekil 78. Gaziantep ili temmuz ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Gaziantep ili temmuz ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 79'da gösterilmektedir.



Şekil 79. Gaziantep ili temmuz ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Gaziantep ili temmuz ayı için RT31-1cm ve RT31-2 cm konfigürasyonunun uygun görüldüğü RT31-3 cm konfigürasyonunun uygun olmadığı görülmektedir.



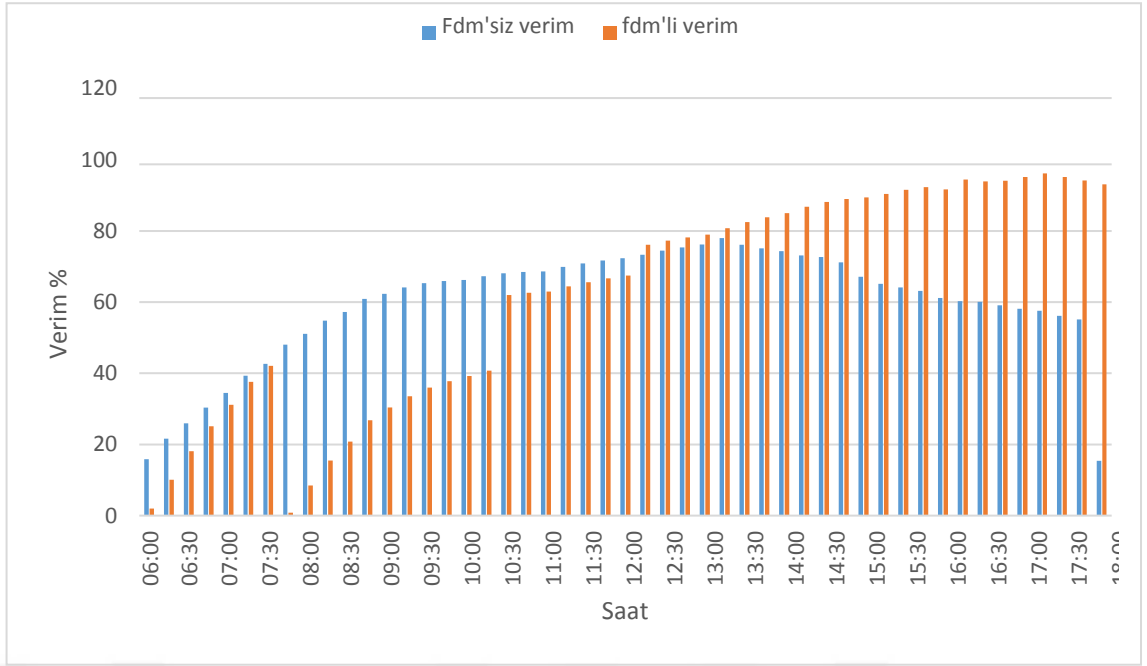
Şekil 80. Gaziantep ili ağustos ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Gaziantep ili ağustos ayı için uygulanan RT31-1 cm konfigürasyonunda şarj süresi 6 saat sürdüğü bu süre zarfında FDM'siz kollektöre göre verim daha aşağıda kaldığı görülürken deşarj süresinin 7 saat 30 dakika sürdüğü bu süre zarfında FDM'siz kollektöre göre verim daha yukarı yönde olduğu Şekil 80 'da görülmektedir.

RT31-2 cm konfigürasyonunun şarj süresi 6 saat sürerken deşarj süresinin akşam 20:30'lara kadar sürdüğü görülmektedir.

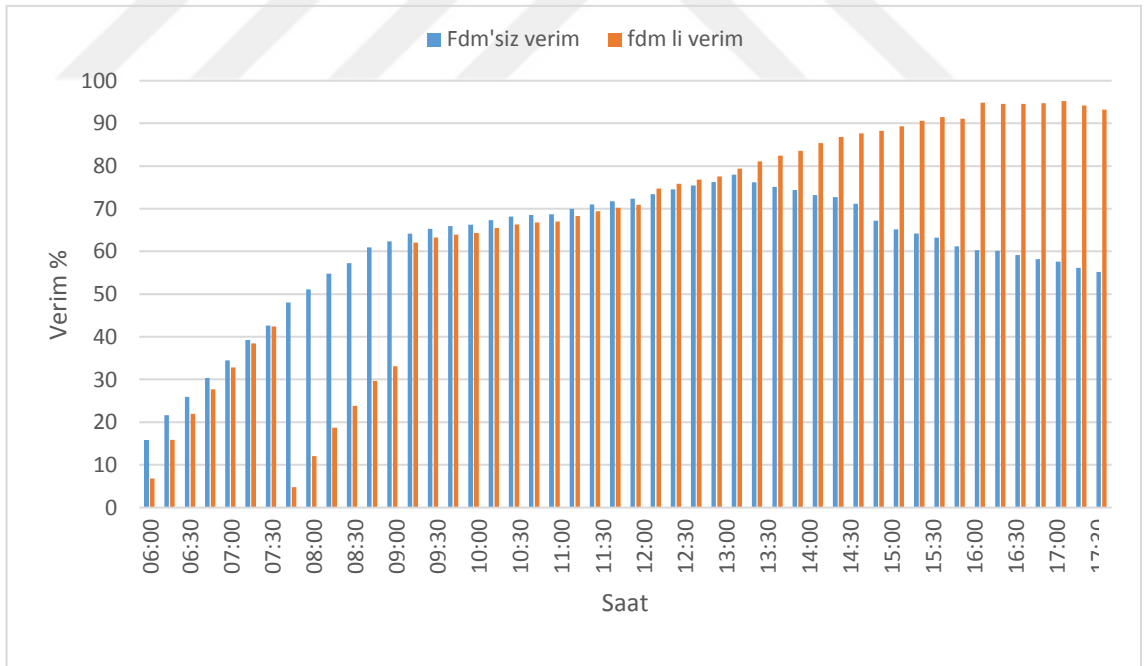
RT31-3 cm konfigürasyonunun şarj süresi 6 saat sürerken deşarj süresi akşam 22:45 saate kadar sürdüğü yani 10 saat 45 dakika sürede son bulduğu görülmektedir. Şarj süresi zarfında verime olan etkisinden dolayı 1 cm ve 2 cm kalınlıklarında görülen duruma göre daha az olduğu söylenebilir.

Gaziantep ili ağustos ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 81'de gösterilmektedir.

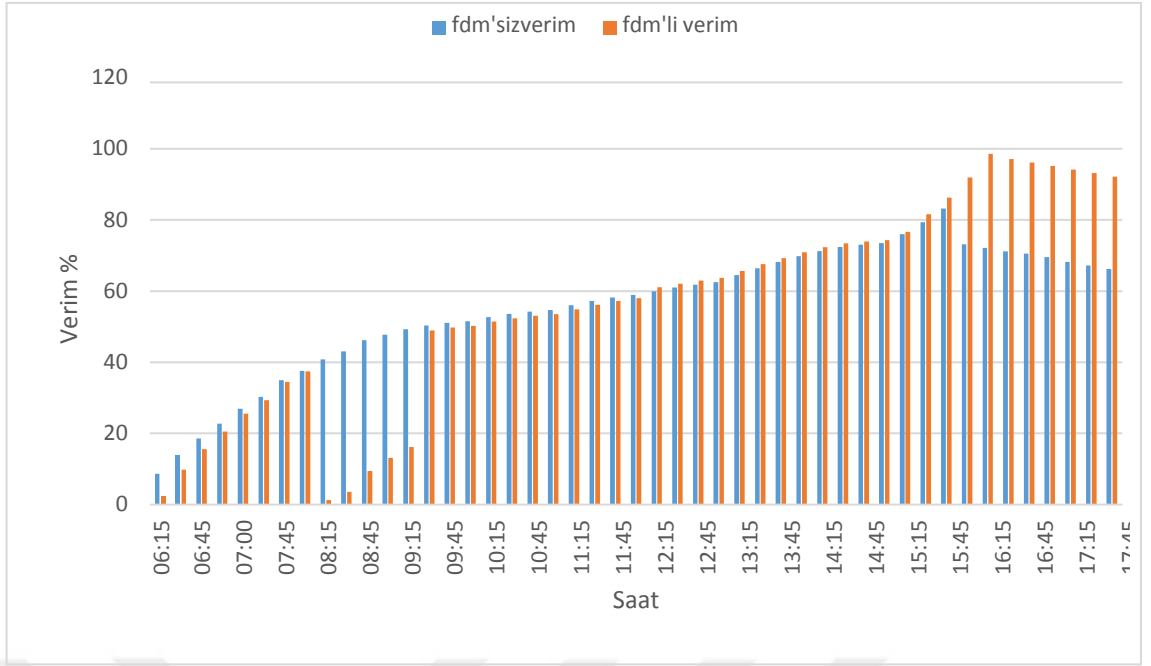


Şekil 81. Gaziantep ili ağustos ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Gaziantep ili ağustos ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 82'da gösterilmektedir.



Şekil 82. Gaziantep ili ağustos ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri



Şekil 83. Gaziantep ili eylül ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Gaziantep ili için eylül ayında FDM'siz kollektör veriminde saat 3'te %81 verime ulaştığı ve ilerleyen saatlerde düştüğü görülmektedir.

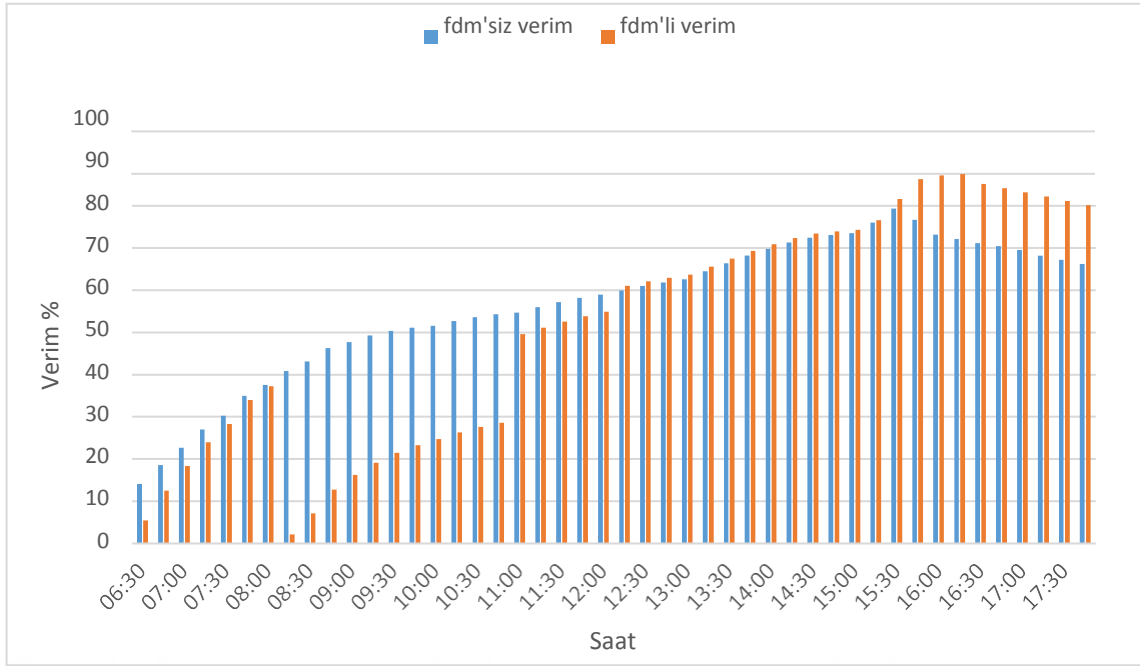
Gaziantep ili, eylül ayı; RT31-1 cm ise sabah saatlerinde kollektör verimini şarj süresi boyunca çok fark olmasa da deşarj durumunda verimi daha iyi duruma getirmiştir.

Gaziantep ili eylül ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 83'de gösterilmektedir.

RT31-1 cm şarj süresi 6 saat sürdüğü ve deşarj süresinin 8 saat sürdüğü görülmektedir. Güneşin batışı ile sisteme gizli ısı olarak saat 20:00'lere kadar enerji girmekte olduğu görülmektedir.

RT31-2 cm şarj süresi 6 saat sürdüğü ve deşarj süresinin 8 saat sürdüğü görülmektedir.

Gaziantep ili eylül ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 84'te gösterilmektedir.

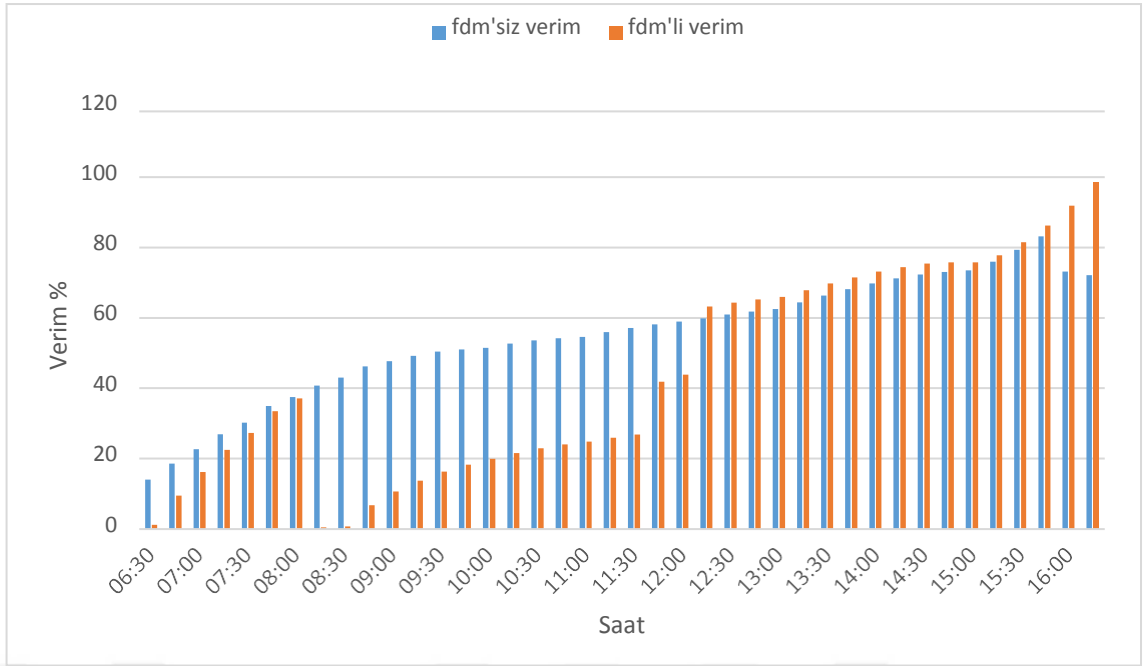


Şekil 84. Gaziantep ili eylül ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

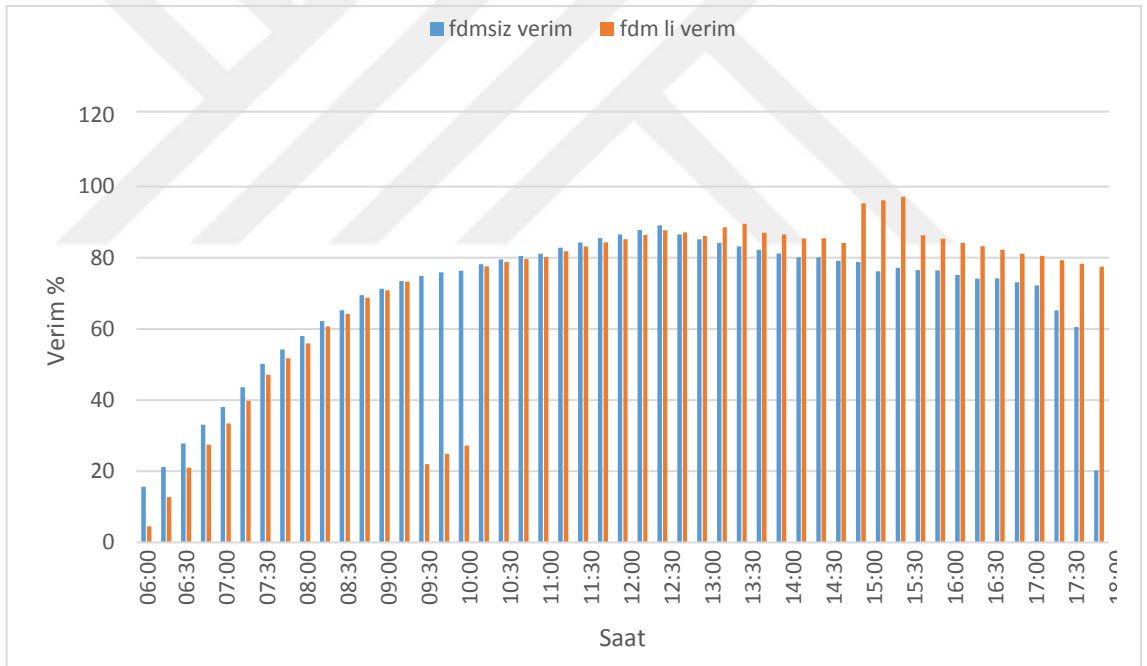
FDM'li bir kollektörün kritik sıcaklığı kullanılacak olan kollektör için önemli olmakla beraber eğer FDM'li sistemde şarj süresi FDM'siz kollektörün en verimli zamanında RT31-3 cm de ise hala sistemden enerji depo edildiği görünmektedir. Gün içerisinde bu sonuç çok sıkıntı görülse de güneş battıktan sonra da şebeke suyunun ilerideki saatlerde deşarj durumuna geçen RT31 malzemesi tarafından ısı verilecektir.

Genel olarak öğleden önce FDM'siz kollektör verimleri yüksek iken öğleden sonra FDM'li kollektör verimi yüksek çıkmıştır ve bu yüzdellik fark değeri her 15 dakika farklılık göstermektedir.

Gaziantep ili eylül ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 85'de gösterilmektedir.



Şekil 85. Gaziantep ili eylül ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri



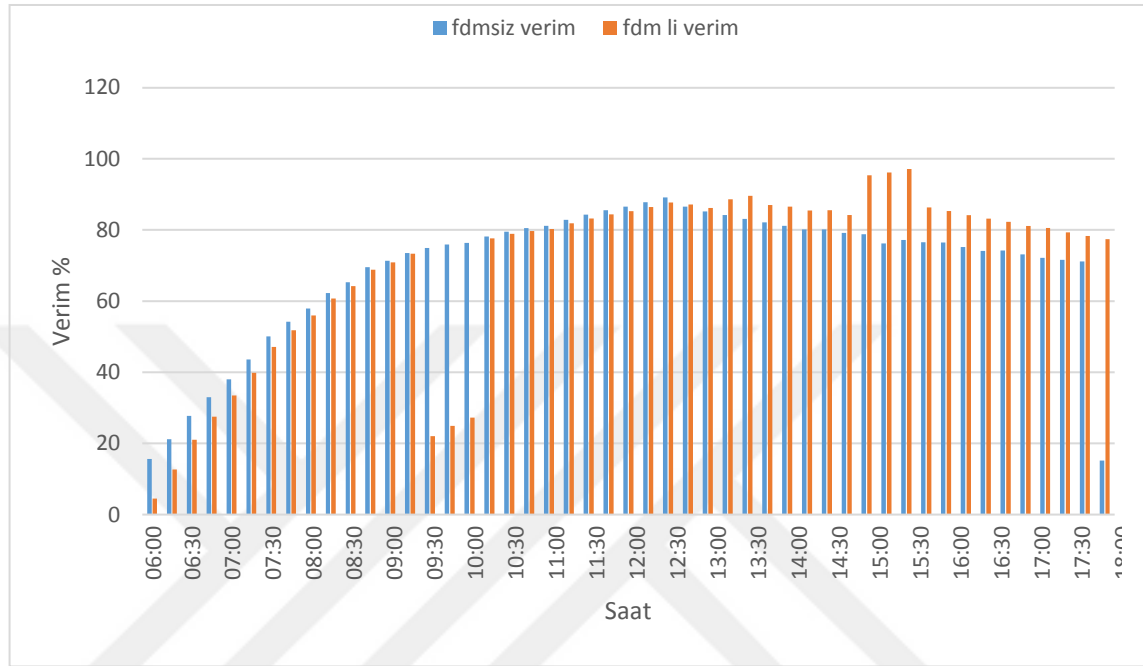
Şekil 86. Gaziantep ili haziran ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Gaziantep ili haziran ayı RT35-1 cm ve RT35-2 cm'de RT31 haziran ayına göre deşarj süresi daha belirgin şekilde görüldüğü ve şarj süresince FDM'siz kollektör veriminden daha aşağı yönde verimlilik göstermiştir. RT35-1 cm Şekil 86'da gösterilmektedir.

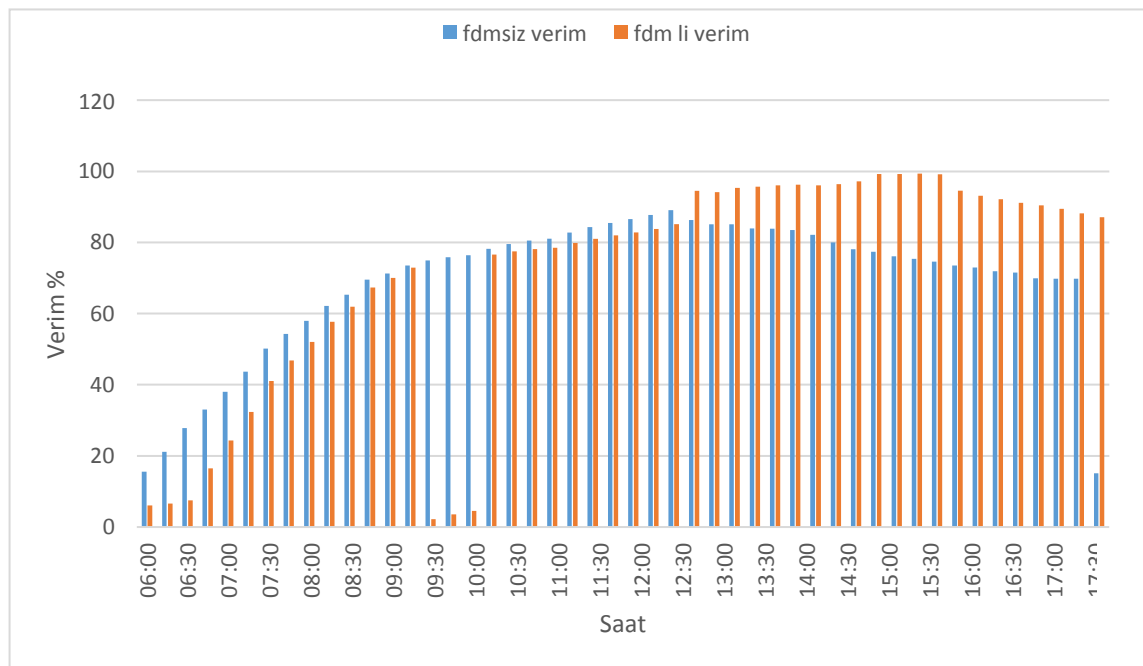
RT35-1 cm konfigürasyonunda şarj süresi 6 saat 30 dakika sürdüğü deşarj süresinin 5 saat 30 dakika sürdüğü görülmektedir.

RT35-2 cm konfigürasyonun da şarj süresi ve deşarj süreleri aynı RT35-3 cm konfigürasyonun da aynı süreler görüldüğü Gaziantep ili RT35 1 cm, 2 cm ve 3 cm kalınlıkları haziran ayı için uygun görülmektedir.

Gaziantep ili haziran ayı RT35-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 87'de gösterilmektedir.

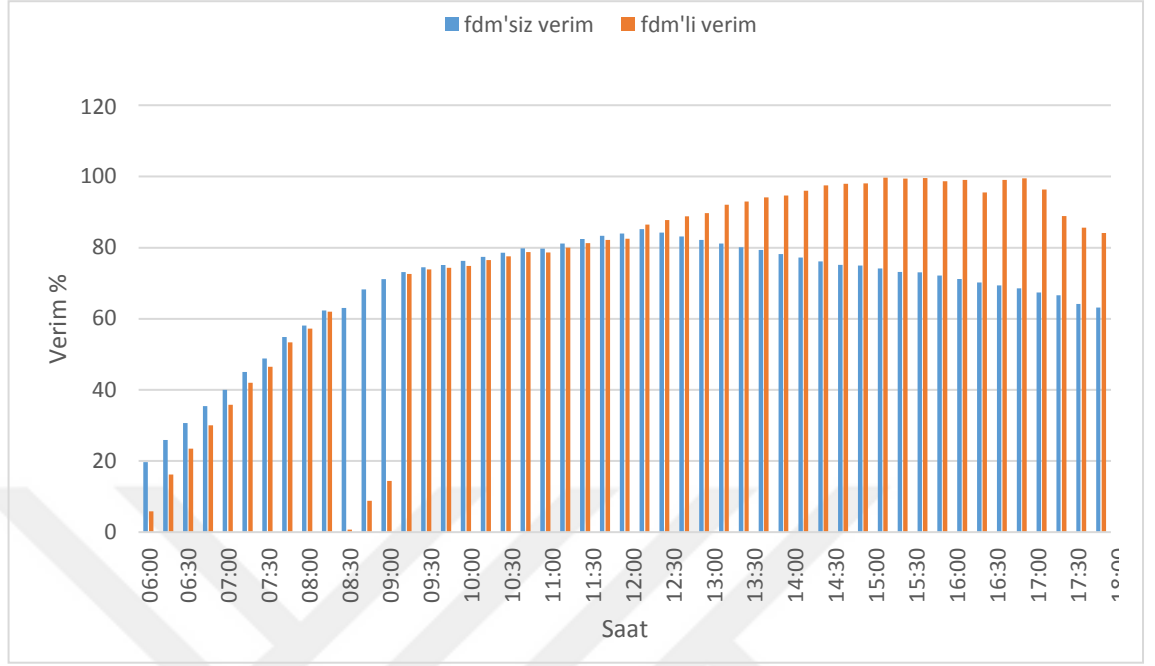


Şekil 87. Gaziantep ili haziran ayı RT35-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri



Şekil 88. Gaziantep ili haziran ayı RT35-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Gaziantep ili haziran ayı RT35-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 88'de gösterilmektedir.



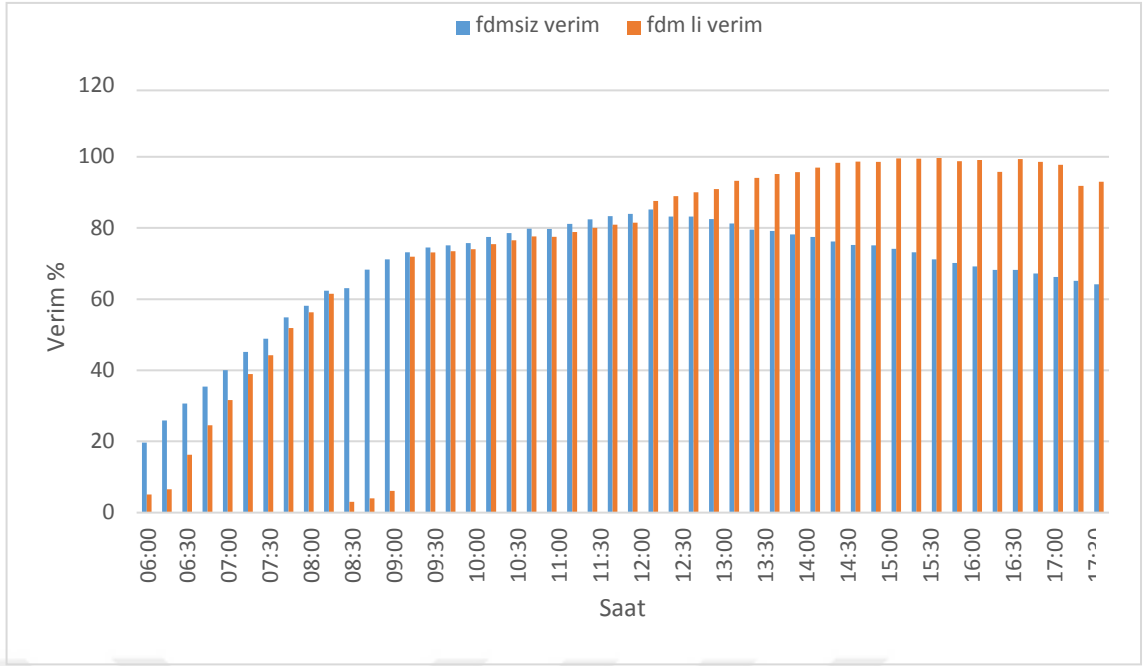
Şekil 89. Gaziantep ili temmuz ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Gaziantep ili temmuz ayı RT35-1 cm konfigürasyonunda şarj süresi saat sabah 06:00 başlayarak öğlen saatlerinde saat 12:00 'e kadar sürmüştür yani 6 saatlik şarj süresi ile kollektörden gizli ısı depolanarak sistemden enerji alınmıştır.

Deşarj süresi 8 saat sürdüğü ve güneşin batmasından bu yana 2 saat daha suya sıcaklık girdisinin olacağından dolayı bu konfigürasyonun istenilen performansa sahip olduğu görülmektedir.

Gaziantep ili temmuz ayı RT35-2 cm şarj süresi 6 saat 30 dakika sürdüğü ve deşarj süresinin 8 saat 30 dakika olduğu görülmektedir. Verim deşarj süresinde kazançlı olduğu görülmektedir. Şarj süresinde ise FDM' siz verime göre %9'luk fark ile kayıp olduğu görülmektedir. Genel olarak temmuz ayı için RT35 verim performansı açısından uygun olduğu görülmektedir.

Gaziantep ili temmuz ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 89'da gösterilmektedir.



Şekil 90. Gaziantep ili temmuz ayı RT35-2 cm FDM’li-FDM’siz anlık verim verileri

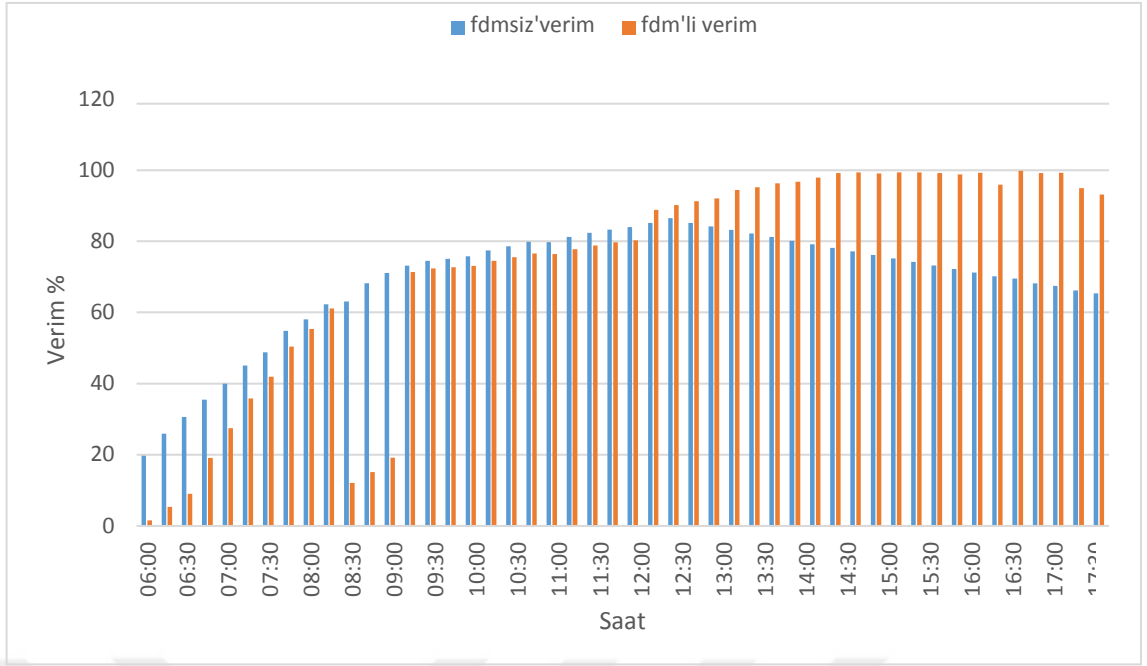
Gaziantep ili temmuz ayı RT35-2 cm FDM’li-FDM’siz anlık verim verileri Şekil 90’da gösterilmektedir.

Gaziantep ili RT35-3 cm şarj 2 süre 6 saat 45 dakika sürdüğü deşarj süresinin 9 saat sürdüğü, RT35-2 cm’e göre pek fark görünmediği verim performansı olarak temmuz ayının faz değişen malzemesi kullanılmasının uygun olduğunu göstermektedir. Deşarj süresinde %30 ‘lar da olan verim farkı görülmektedir.

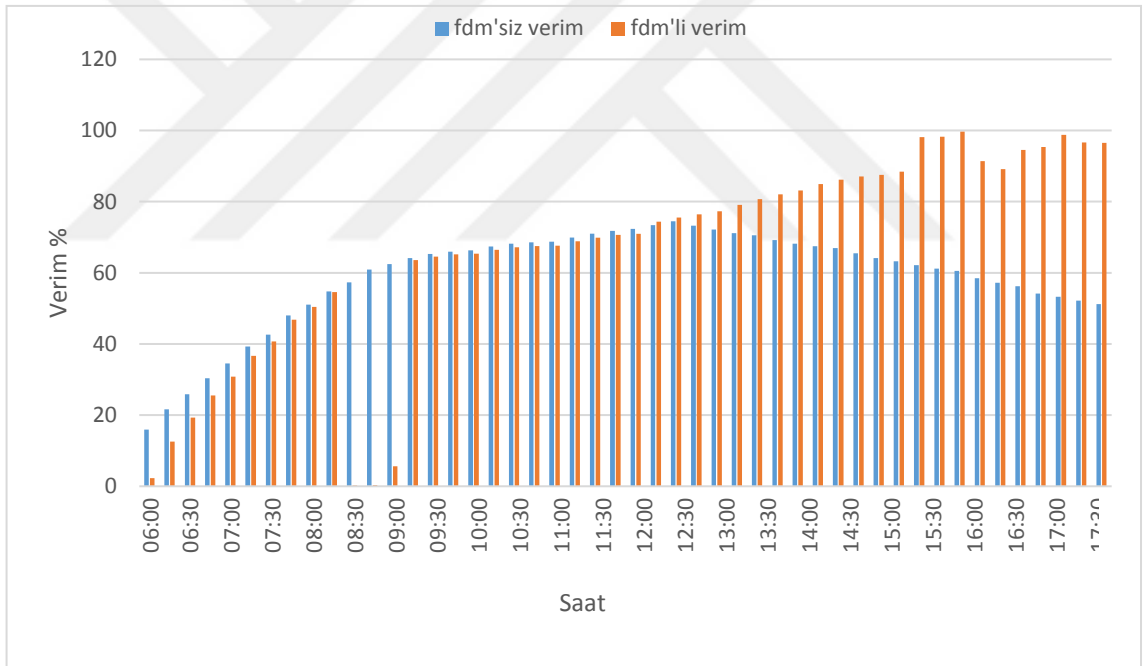
Yutucu yüzey sıcaklığının yüksek olduğu aylarda FDM malzemesinin karakteristik davranışı daha belirgin ortaya çıkmaktadır.

FDM malzemelerinin kalınları yani kütlelerinin artması sisteme daha fazla gizli ısı depolama imkânı verildiği düşüncesi olsa da sistem gereksinime göre FDM kalınlığı belirlenmesi gerektiği önemli olmaktadır.

Gaziantep ili temmuz ayı RT35-3 cm FDM’li-FDM’siz anlık verim verileri Şekil 91’de gösterilmektedir.



Şekil 91. Gaziantep ili temmuz ayı RT35-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri



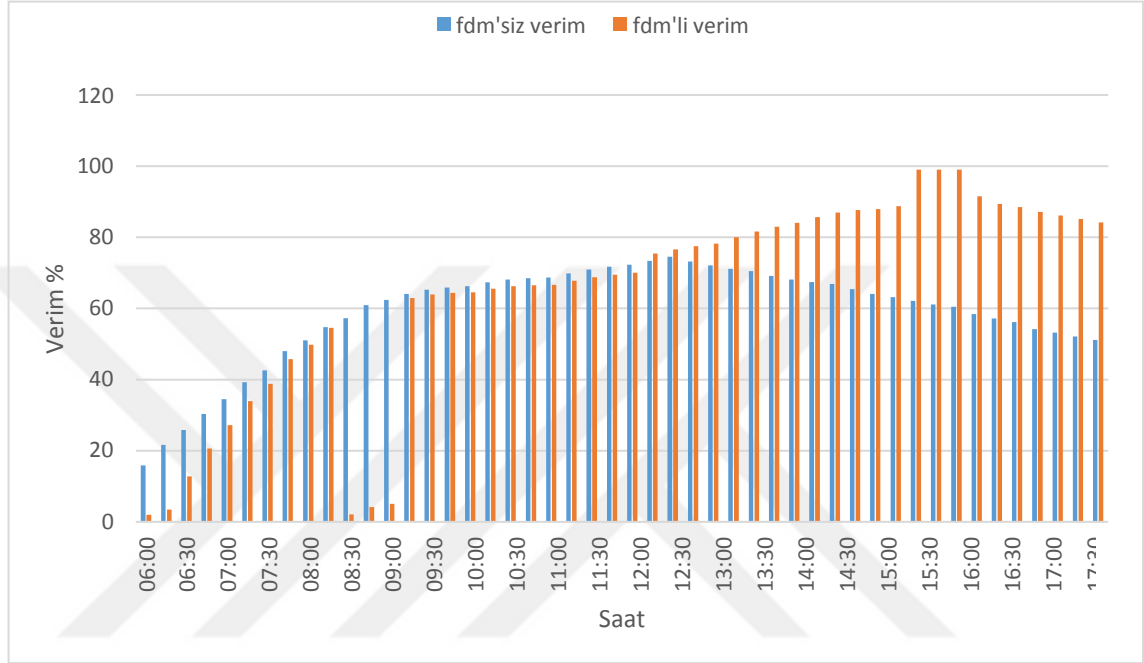
Şekil 92. Gaziantep ili ağustos ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Gaziantep ili RT35-1 cm konfigürasyonu ağustos ayında faz değişen malzemesinin şarj süresi 6 saat sürdüğünü ve bu süre zarfında büyük verim farkı % 13.81 olmaktadır. Bu değer sadece sabahın ilk saatlerinde olduğu gözükmiştir ve kayıp değer olarak görülse de şarj süresi boyunca bu değer %0.25'lere kadar düşmektedir. FDM malzemesinin şarj süresi performansı olarak uygun olduğu söylenebilmektedir.

Şarj süresince, verim farkı FDM'li kollektörde kayıp olarak,deşarj süresince ise verim farkının FDM'siz den daha yukarıda olduğu için kazanç olarak tanımlayabiliriz.

RT35-1 cm konfigürasyonu ağustos ayındadeşarj süresi %39 verim farkı olduğu gözlemlenmiştir.

Gaziantep ili ağustos ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 92'de gösterilmektedir.

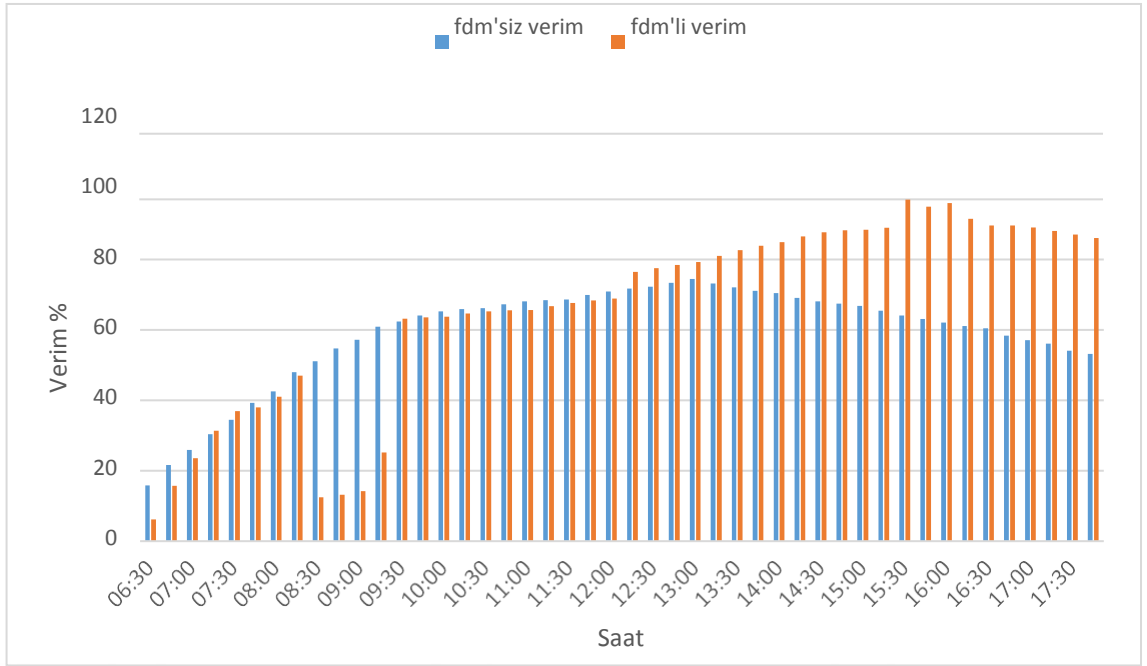


Şekil 93. Gaziantep ili ağustos ayı RT35-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

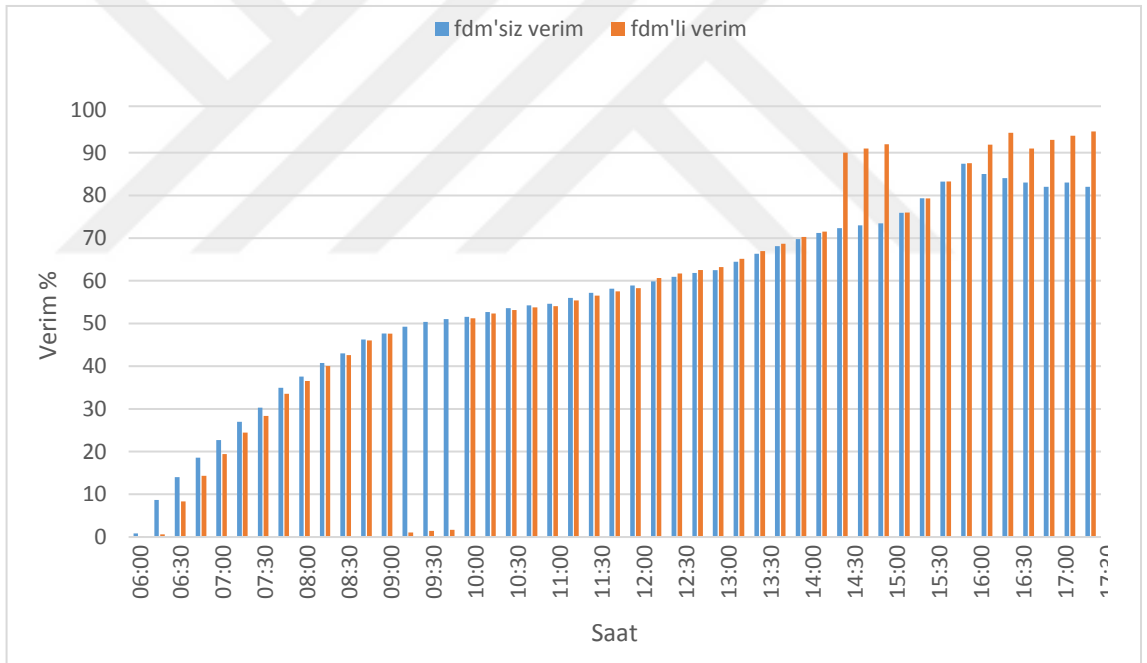
Gaziantep ili ağustos ayı RT35-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 93'de gösterilmektedir.

Gaziantep ili RT35-3 cm şarj süresinde en fazla verim farkı %9.12'ler de bu kayıp kabul edilir düzeyde olduğu için FDM'nin şarj süresince performansı uygun olmaktadır. Böylelikle RT35 konfigürasyonlarının Gaziantep ili ağustos ayı için uygun olduğu görülmektedir.

Gaziantep ili ağustos ayı RT35-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 94'te gösterilmektedir.

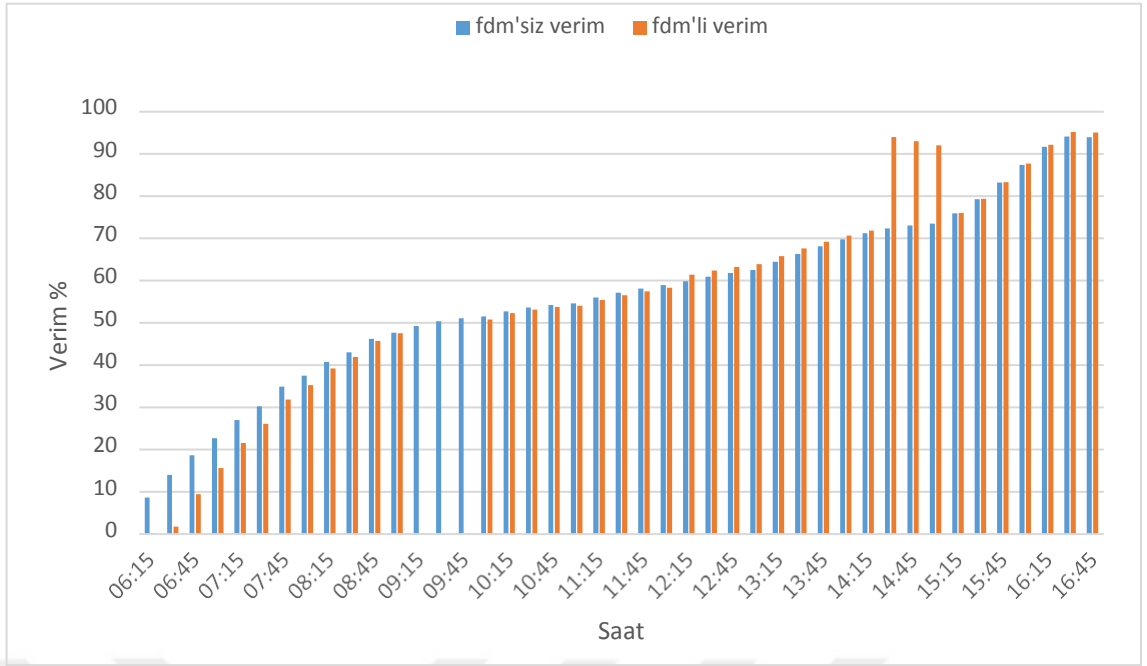


Şekil 94. Gaziantep ili ağustos ayı RT35-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri



Şekil 95. Gaziantep ili eylül ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Gaziantep ili eylül ayı RT35-1 cm konfigürasyonu için şarj süresin kayıp ve deşarj sürelerindeki kazanca bakıldığında uygun performans gösterdiği Şekil 95'de gösterilmektedir. Şarj süresi 6 saat 15 dakika olduğu deşarj süresinin 7 saat 15 dakika olduğu görülmektedir. Şarj süresince verim farkı %0.65 düşük seviyelerdeyken deşarj süresince %21.24 seviyelerde olduğu görülmektedir.



Şekil 96. Gaziantep ili eylül ayı RT35-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

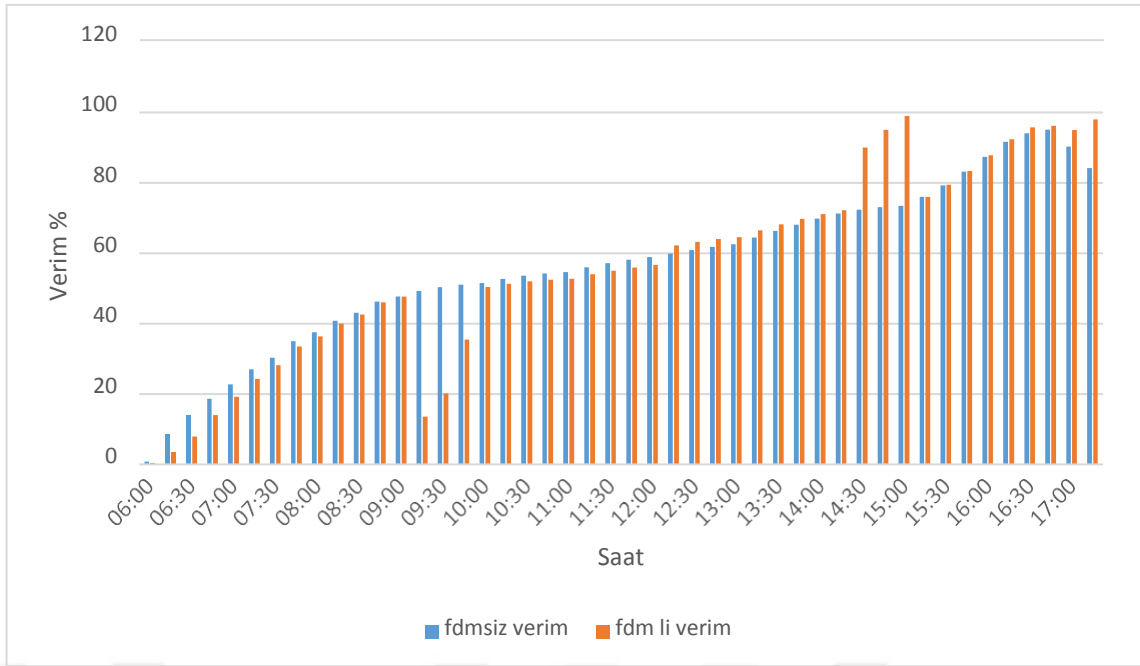
Gaziantep ili eylül ayı RT35-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 96'da gösterilmektedir.

RT35-2 cm konfigürasyonu şarj süresi RT35-1'den uzun sürede olsa da hemen hemen aynı performansı gösterdiğini RT35-3 cm konfigürasyonunda da kalınlığın yüzde farkının gün içerisinde performansa olumsuz etki etmediği görülmektedir. Yani RT35 konfigürasyonu eylül ayı için uygun performans göstermiştir.

Gaziantep ili eylül ayı RT35-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 106'de gösterilmektedir.

Genel olarak Gaziantep ili RT35 ve RT31 konfigürasyonlarından performans olarak uygun olduğu görülmektedir. Sadece eylül ayında RT31-3cm konfigürasyonun da diğerlerine göre kıyaslandığında performansının uygun olmadığı görülmektedir.

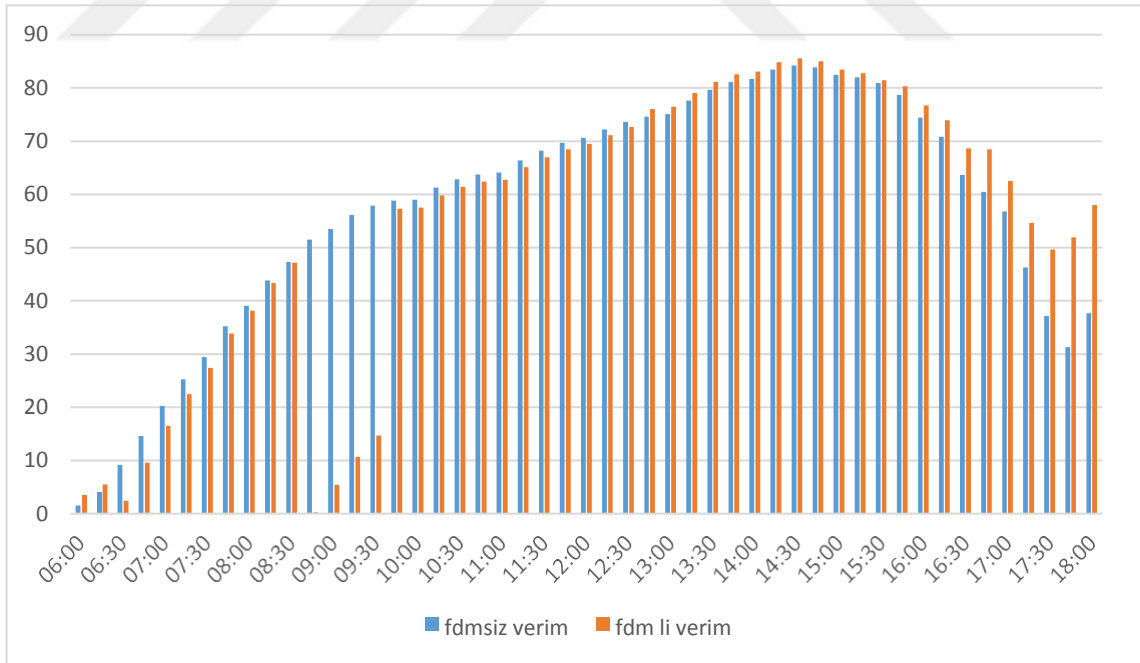
Gaziantep ili eylül ayı RT35-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 97'de gösterilmektedir.



Şekil 97. Gaziantep ili eylül ayı RT35-3 cm FDM’li-FDM’siz anlık verim verileri

5.13.2. Ankara İli Anlık Verim Verilerinin İrdelenmesi

Ankara ilinde güneş kolektörünü 38° derece eğim açısı verilmiştir. Gaziantep ili ile aynı geometriye sahiptir ve aynı konfigürasyonlar uygulanmıştır.

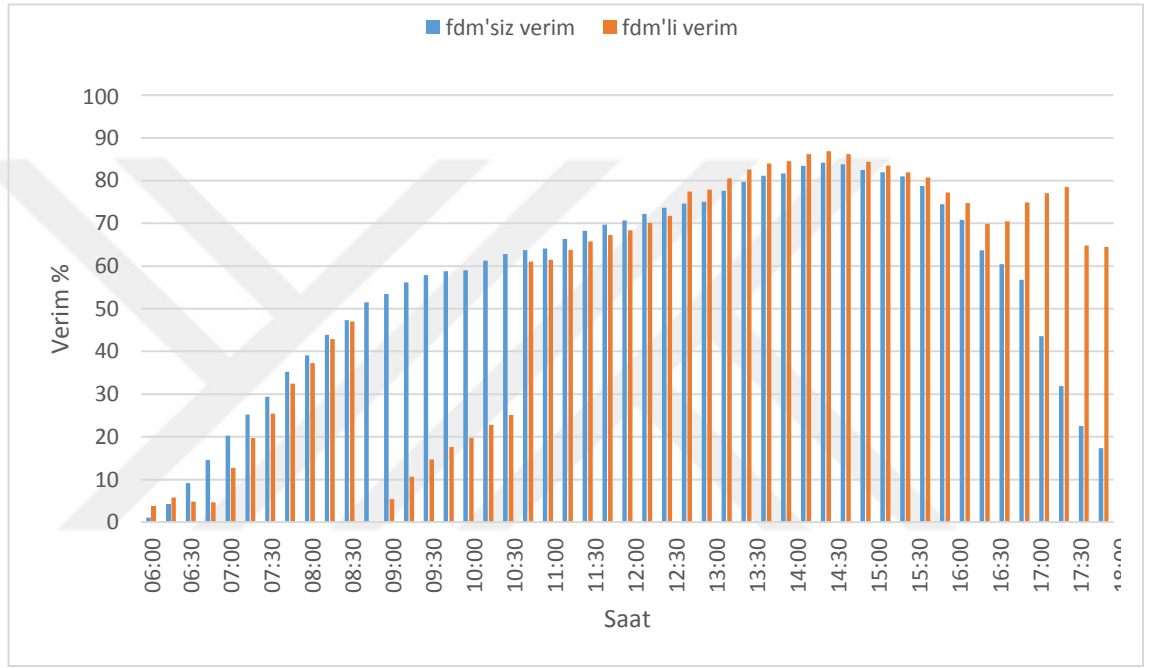


Şekil 98. Ankara ili haziran ayı RT31-1 cm FDM’li-FDM’siz anlık verim verileri

Ankara ili, RT31-1 cm konfigürasyonu şarj süresine bakıldığında 6 saat 30 dakika sürdüğü, deşarj süresinin ise 7 saat 30 dakika olduğu görülmektedir.

Şarj süresi boyunca en fazla %10.42 verim farkı olduğu ve %0.31 verim farkına kadar düştüğü görülmektedir. Şarj süresi boyunca yaşanan verim farklarının kayıp,deşarj süresi boyunca yaşanan verim farkının kazanç olduğu yani şarj süresinde kollektörden FDM'ye ısı çekilirkendeşarj süresinde FDM'den kollektöre ısı aktarılmaktadır.

Deşarj süresi boyunca ise Güneşin batışına yakın %47 verim farkı görülmektedir. Yani Ankara ili için RT31-1 cm konfigürasyonunun bu performansının uygun olduğu Şekil 98'de gösterilmektedir.

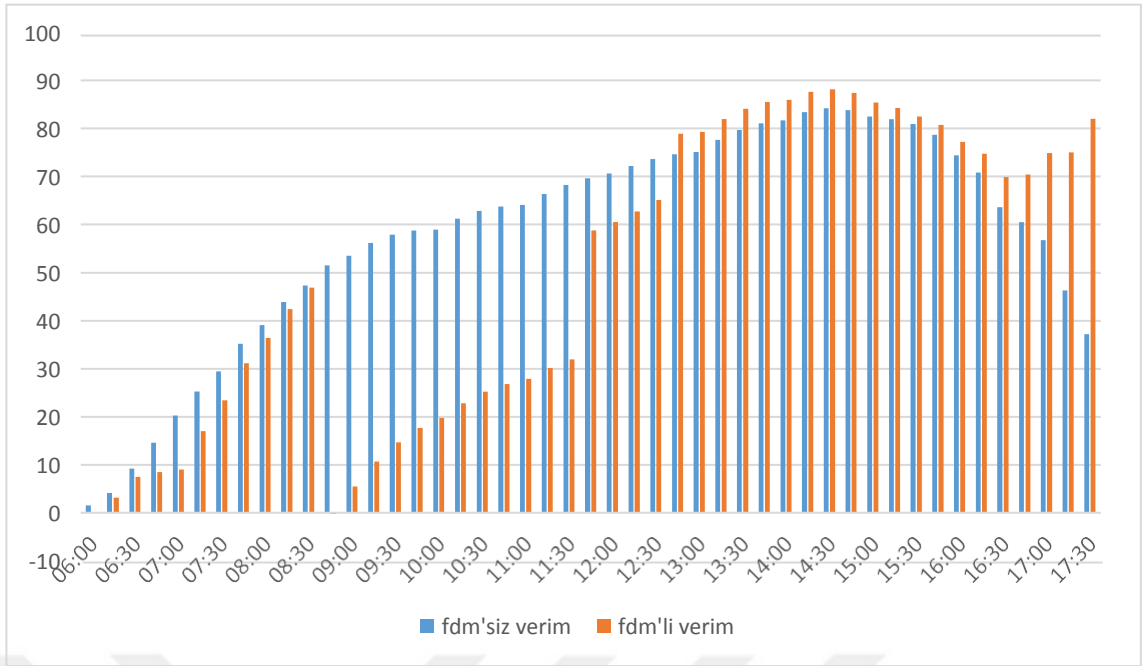


Şekil 99. Ankara ili haziran ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Haziran ayında RT31- 2 cm ise şarj süresinin RT31-1 cm'den fazla olduğu için FDM kalınlığının artırılmasının haziran ayı için uygun performans göstermediği RT31-3 cm konfigürasyonunda da şarj süresinin uzadığını yutucu yüzey üzerine en yoğun geldiği zamanlarda verim değerinin etkileri haziran ayında gösterilmektedir.

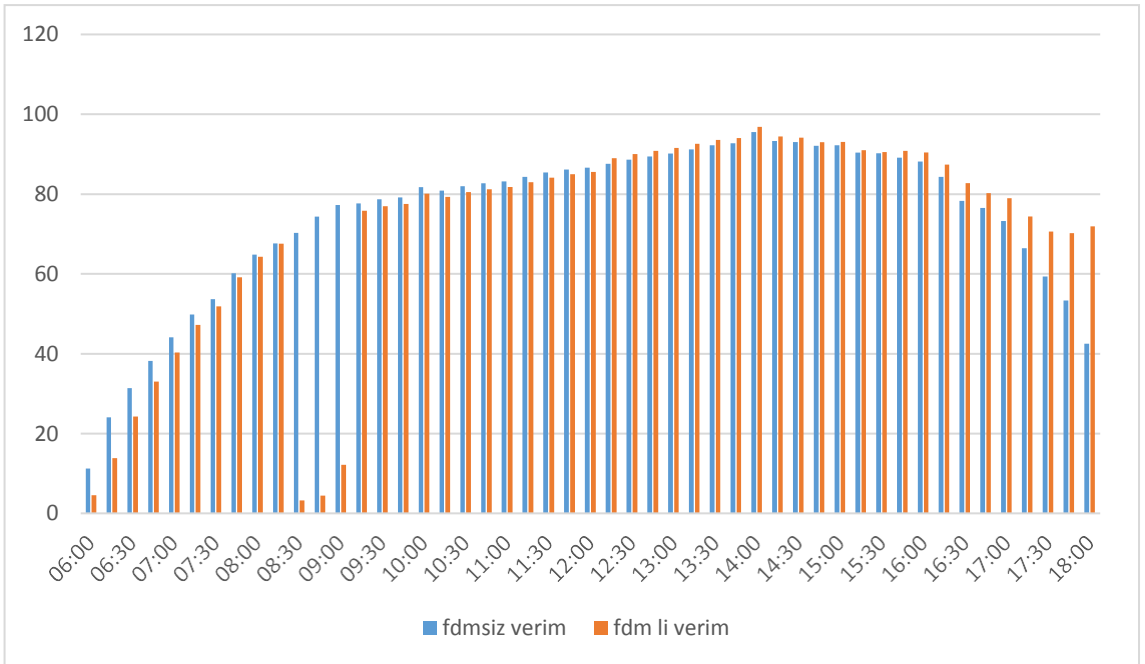
Haziran ayın da RT31-1 cm şarj süresinde verim farkının %11.27 olduğu,deşarj süresinde %52 verim farkı görüldüğü gün içerisinde performansının iyi olmadığı ama gün batımından sonra bünyesinde depoladığı enerjiyi ileriki saatlerde kazanç olarak kollektöre aktarıldığı görülmektedir.

Ankara ili haziran ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 100'de gösterilmektedir. Ankara ili haziran ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 99'da gösterilmektedir.



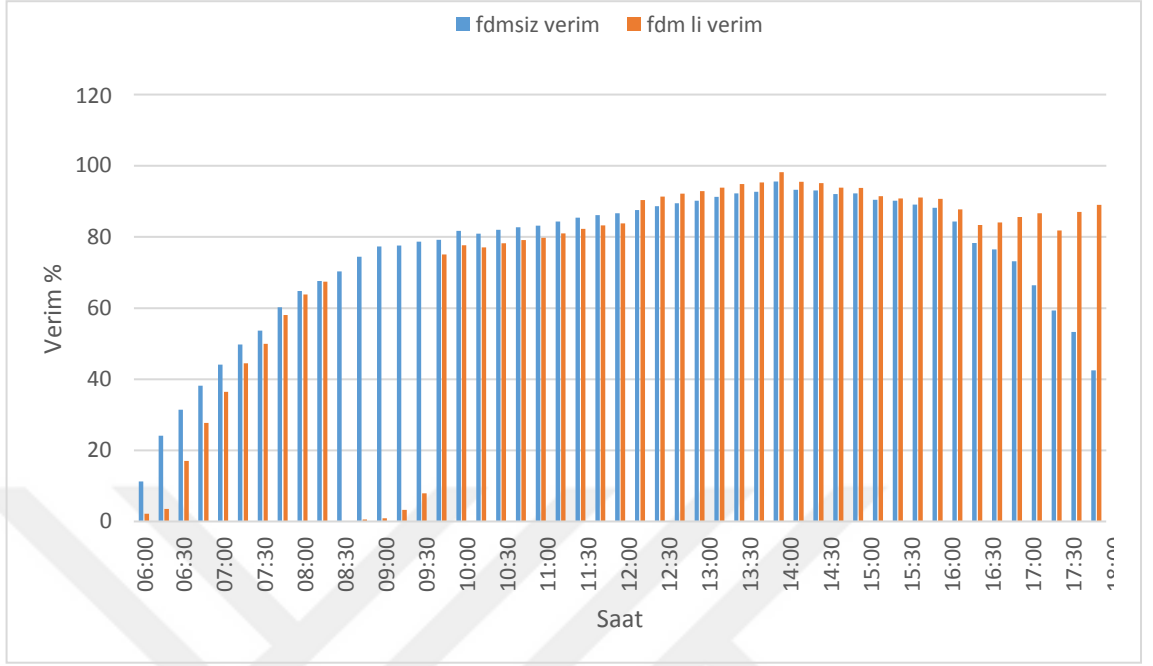
Şekil 100. Ankara ili haziran ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Ankara'da en uygun performansı RT31 konfigürasyonunda RT31-1 cm olduğu gün boyunca şarj süresi boyunca kollektörden çektiği ısı enerjisi ve deşarj süresinde kollektöre aktardığı ısı enerjisinin daha tutarlı olduğu ve bunu gün batımından 1 saat daha uzattığı görülmektedir.



Şekil 101. Ankara ili temmuz ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Ankara ili temmuz ayı RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 101'de gösterilmektedir.

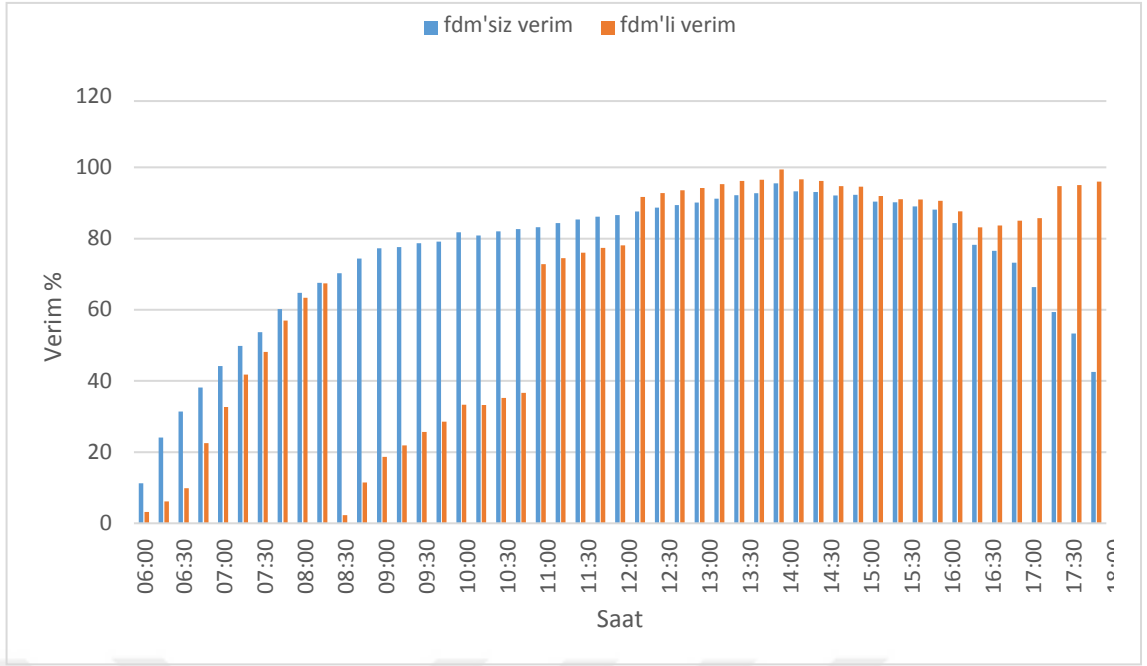


Şekil 102. Ankara ili temmuz ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

RT31-2 cm konfigürasyonun da şarj süresinin artması yani kalınlığın artmasının verim farkının etkisinin RT31-3 cm 'e göre çok olmasa da kabul edilir performans göstermiştir. RT31-3 'de ise şarj süresi uzadığını ve performansının diğer iki konfigürasyona göre iyi olmadığını görülmektedir.

Ankara ili temmuz ayı RT31-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 102'da gösterilmektedir.

Ankara ili temmuz ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 103'de gösterilmektedir.

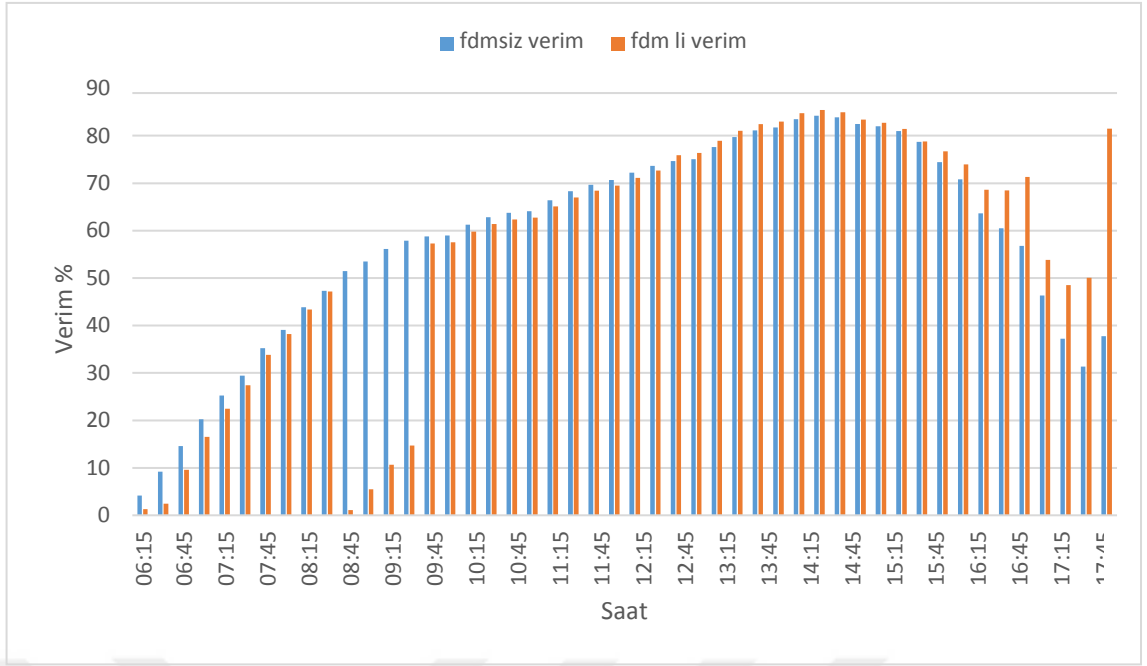


Şekil 103. Ankara ili temmuz ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Ankara ili ağustos ayı RT31-1 konfigürasyonunda şarj süresi 6 saat 30 dakika sürdüğü görülmektedir. Verim farkının (kaybının) %7'ler de olduğunun ve şarj süresi içerisinde kaybın çok olmadığı bu performansından dolayı RT31-1 cm kullanılmasının sakıncasının olmadığı görülmektedir. Deşarj süresinde güneşin batımına doğru verime olan kazancı ile de RT31-1 cm konfigürasyonunun uygulanmasının uygun olduğu görülmektedir.

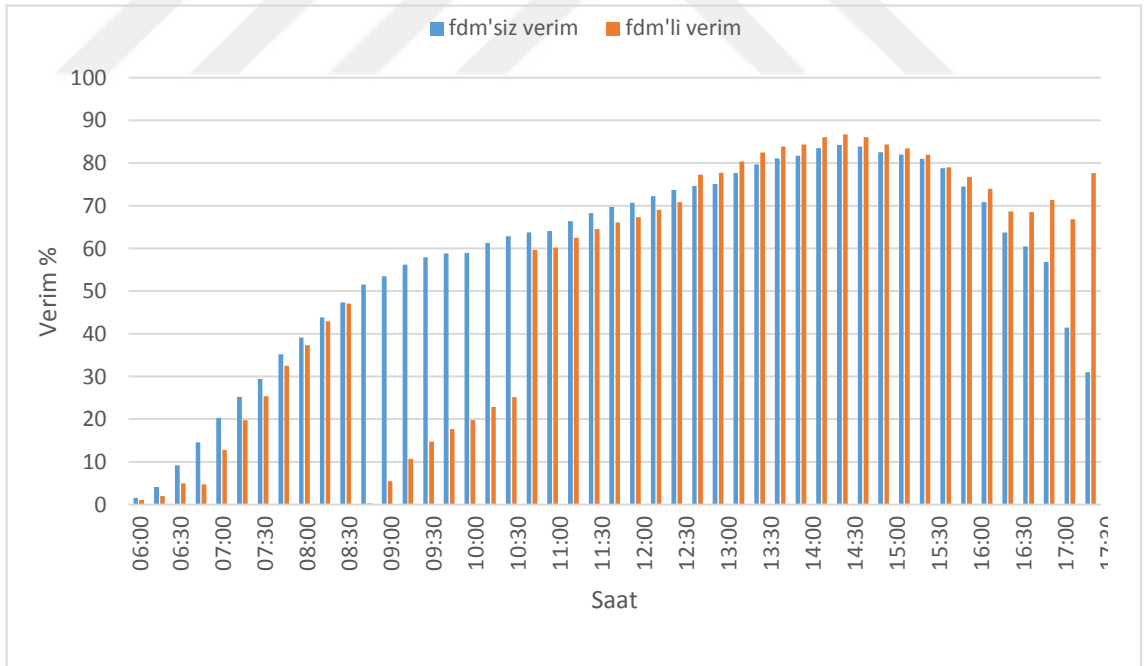
Ankara ili ağustos ayı RT31-2 cm konfigürasyonunda şarj süresi 12:30 saatlerine kadar sürdüğü görülmektedir. Verim farkının şarj süresi içinde %7.22 seviyelerinde görüldüğü ve bu konfigürasyonun etkilenmediği verim kaybının RT31-1 cm olduğu gibi düşük seyirde olduğu görülmektedir. Deşarj süresinde verim farkının yani verim kazancının %52 seviyelerine kadar çıktığı görülmektedir. Deşarj sürelerindeki verim farkının yani verim kazancının yüksek olmasının sebebi faz değişen malzemesi kullanılan kollektörlerde sadece ısı kaynağının güneş olmadığı faz değişen malzemeden de açığa çıkan ısı enerjisi olduğu için FDM'nin kullanılmasındaki kazanç net olarak önem kazanmaktadır.

Ankara ili ağustos ayı RT31-3 cm konfigürasyonunda şarj süresinin uzun durması ve verim farkının yüksek olması bu süreç için uygun performans göstermediği görülmektedir.



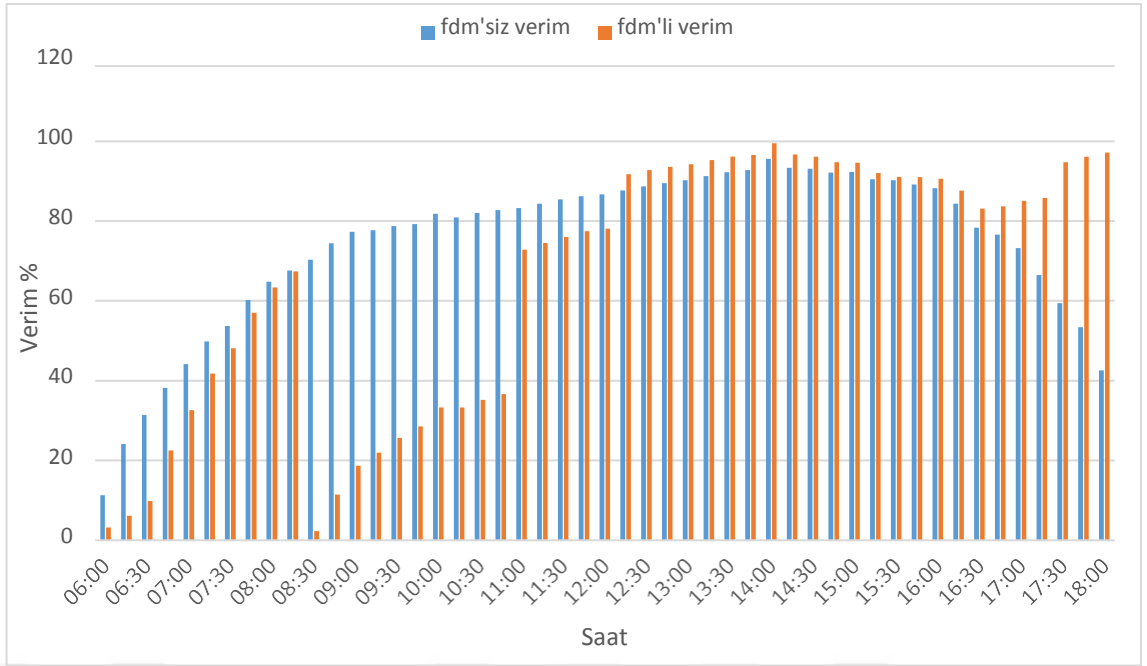
Şekil 104. Ankara ili ağustos ayı RT31-1 cm FDM’li-FDM’siz anlık verim verileri

Ankara ili ağustos ayı RT31-1 cm FDM’li-FDM’siz anlık verim verileri Şekil 104’te gösterilmektedir.



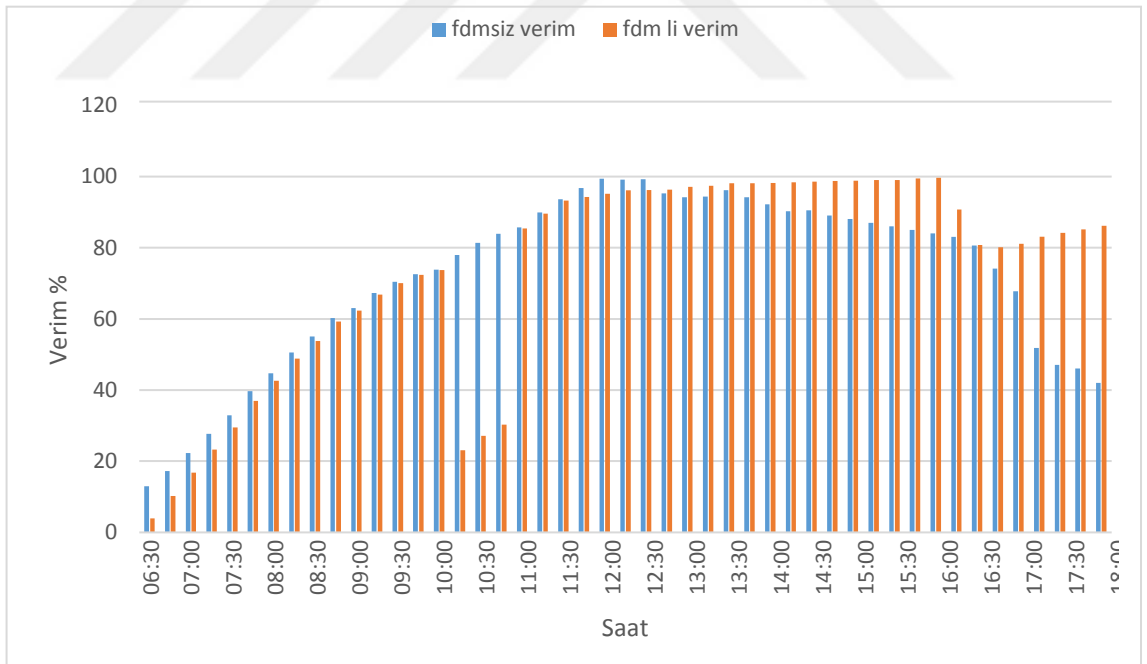
Şekil 105. Ankara ili ağustos ayı RT31-2 cm FDM’li-FDM’siz anlık verim verileri

Ankara ili ağustos ayı RT31-2 cm FDM’li-FDM’siz anlık verim verileri Şekil 105’de gösterilmektedir.



Şekil 106. Ankara ili ağustos ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Ankara ili ağustos ayı RT31-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 106'da gösterilmektedir.



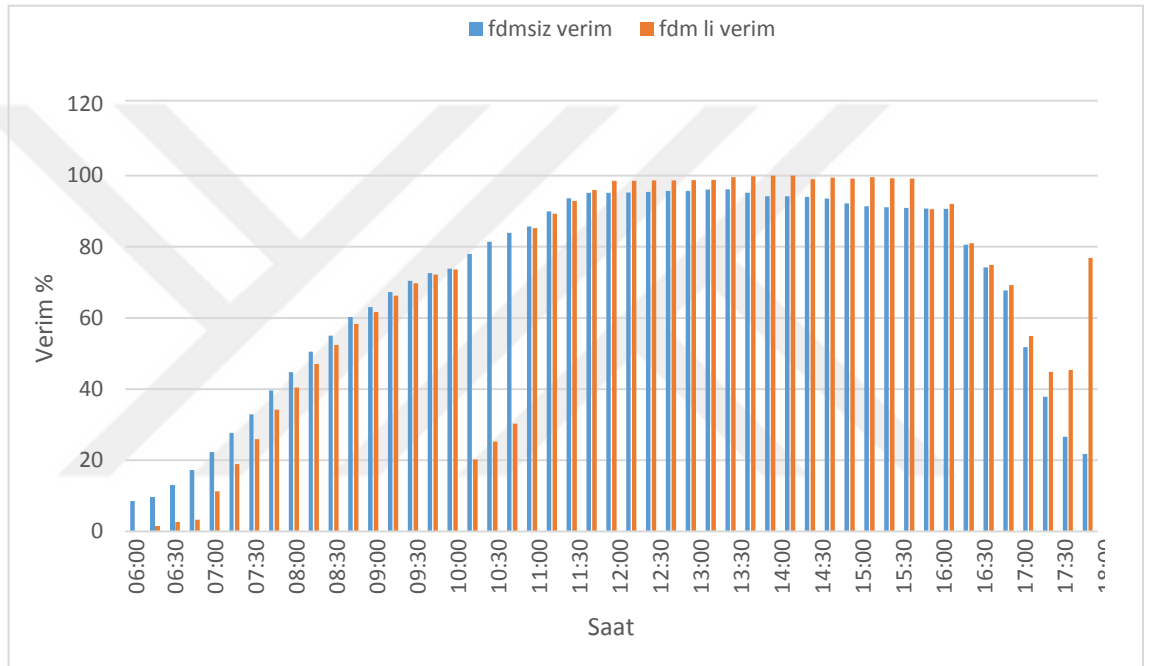
Şekil 107. Ankara ili haziran ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Ankara ili haziran ayı RT35-1 cm şarj süresinin 6 saat 30 olduğu ve verim kaybının %6.27'lerde, RT35-2 cm şarj süresinin 7 saat olduğu ve verim farkının %8.46 olduğu görülürken RT35-3 cm 8 saat 45 gibi en fazla şarj süresi görülmektedir. RT35-1

cm ile RT35-2 cm konfigürasyonun da şarj süresi performansı yeterli olurken verim kayıplarını yeterli olduğu görülmektedir. RT35-3 cm’de bu durum tam tersi görülüp FDM’siz kollektör verimine göre çok daha aşağıda olduğu görülmektedir.

Haziran ayı için RT35 konfigürasyonlarının 1 cm ve 2 cm kalınları kollektörün enerji ihtiyacını karşılarken, 3 cm kalınlığında ki FDM’li kollektörde enerji ihtiyacı olumsuz etkilendiği görülmüş kullanılması verim performansı adına uygun görülmektedir.

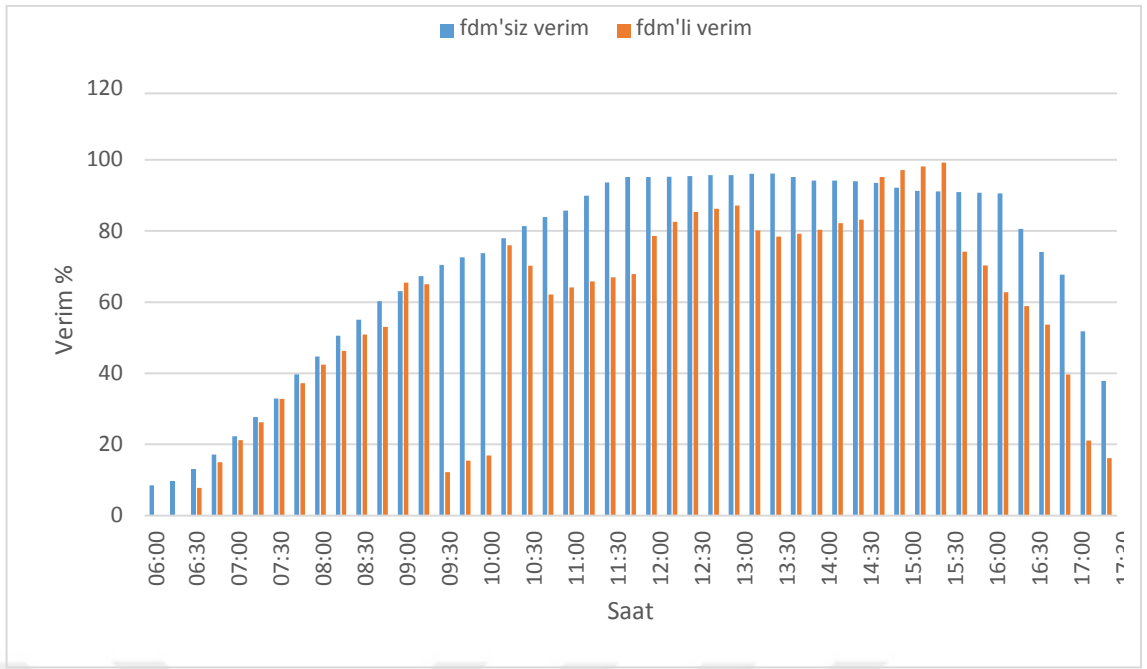
Ankara ili haziran ayı RT35-1 cm FDM’li-FDM’siz anlık verim verileri Şekil 107’de gösterilmektedir.



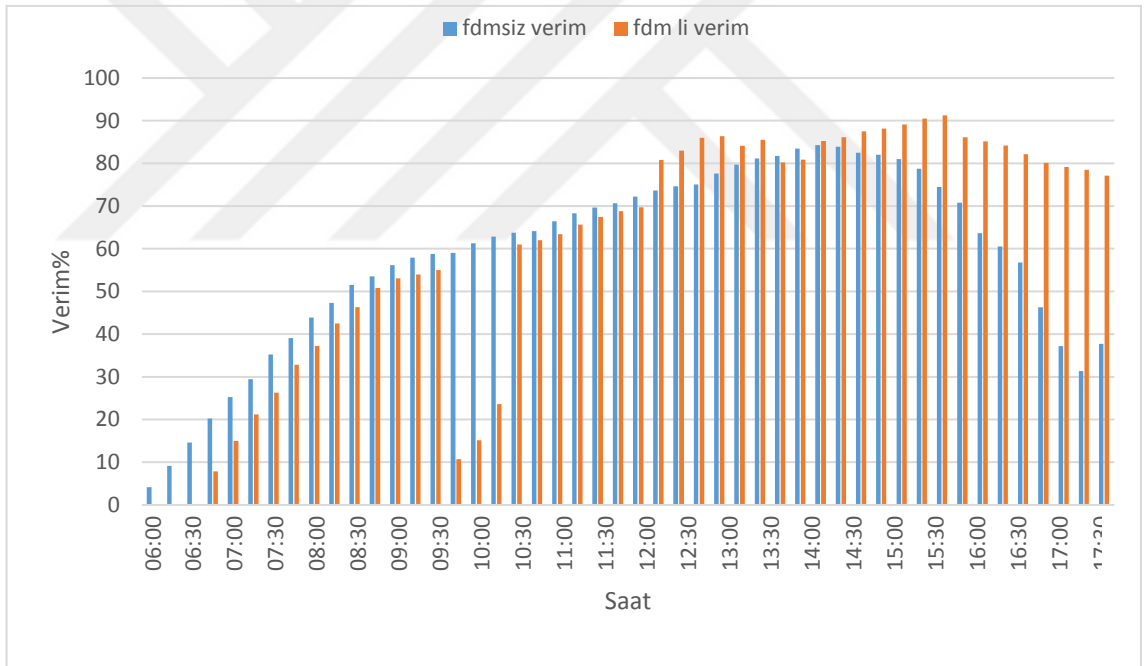
Şekil 108. Ankara ili haziran ayı RT35-2 cm FDM’li-FDM’siz anlık verim verileri

Ankara ili haziran ayı RT35-2 cm FDM’li-FDM’siz anlık verim verileri Şekil 108’de gösterilmektedir.

Ankara ili haziran ayı RT35-3 cm FDM’li-FDM’siz anlık verim verileri Şekil 109’da gösterilmektedir.



Şekil 109. Ankara ili haziran ayı RT35-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

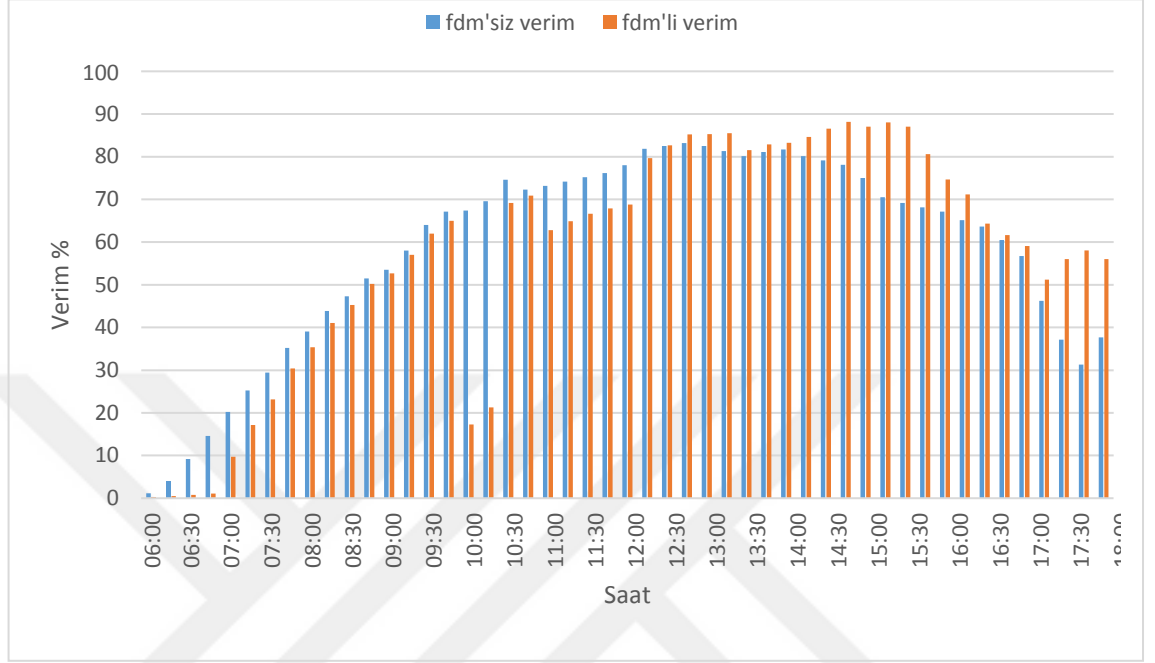


Şekil 110. Ankara ili ağustos ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Ankara ili ağustos ayı RT35 konfigürasyonlarından RT35-1 cm şarj süresinin 6 saat sürdüğü görülmektedir. FDM'siz kollektör verimi FDM'li kollektöre göre daha fazla görüldüğü ve bunu diğer ayların 1 cm FDM uygulamalarında görülmediğini RT35- 1 konfigürasyonunun verim performansının diğerlerine göre daha düşük olduğu görülmektedir. Şarj süresinde en fazla verim kaybının %14.32'lerde olduğu görülmektedir genel olarak diğer aylarda bu verim kaybı performansı bu yüksek

olmadığı görünmektedir. Ama deşarj süresince verim kazancının %45.32'lerde olduğu görülmektedir.

Ankara ili ağustos ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 110'de gösterilmektedir.

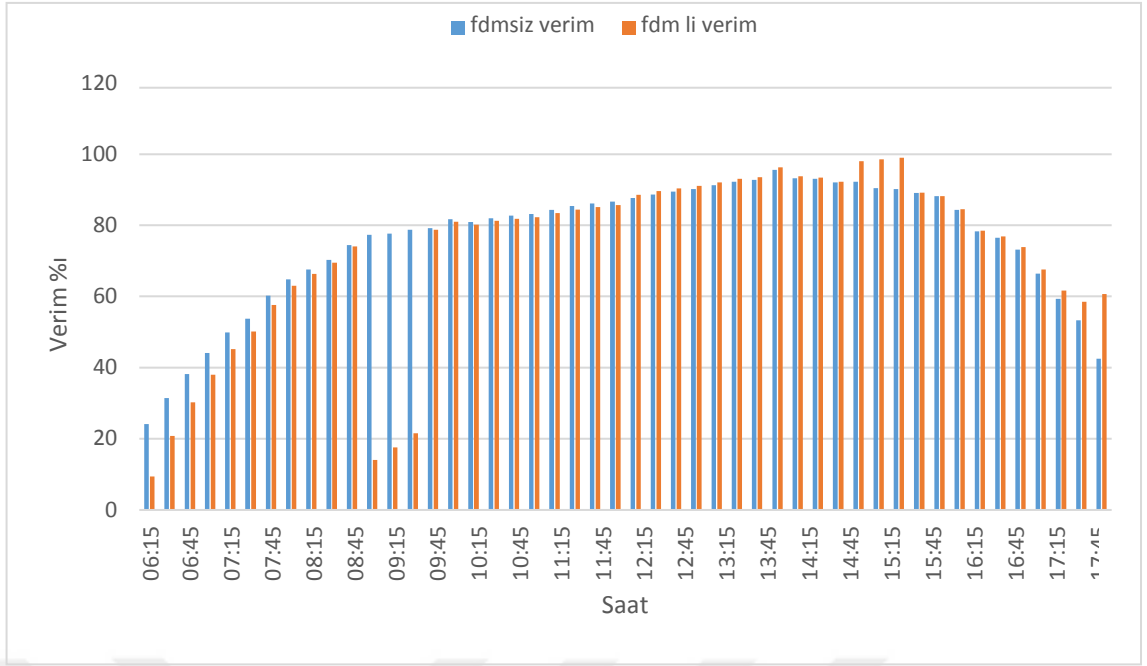


Şekil 111. Ankara ili ağustos ayı RT35-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Ankara ili RT35-2 cm'de şarj süresi 6 saat 30 dakika sürdüğü ve şarj süresi boyunca verim kaybının RT35-1 cm göre daha uzun süre sürdüştüğünü ve RT35'in 3 cm kalınlığının bu ayda kullanılmasının verimsiz olduğunun göstergesi olduğu görülmektedir.

Ankara ilinde RT35 konfigürasyonlarının 1 cm ve 2 cm kullanılabilceğini 3 cm kalınlığının kullanılması pek doğru olmayacağı görülmektedir.

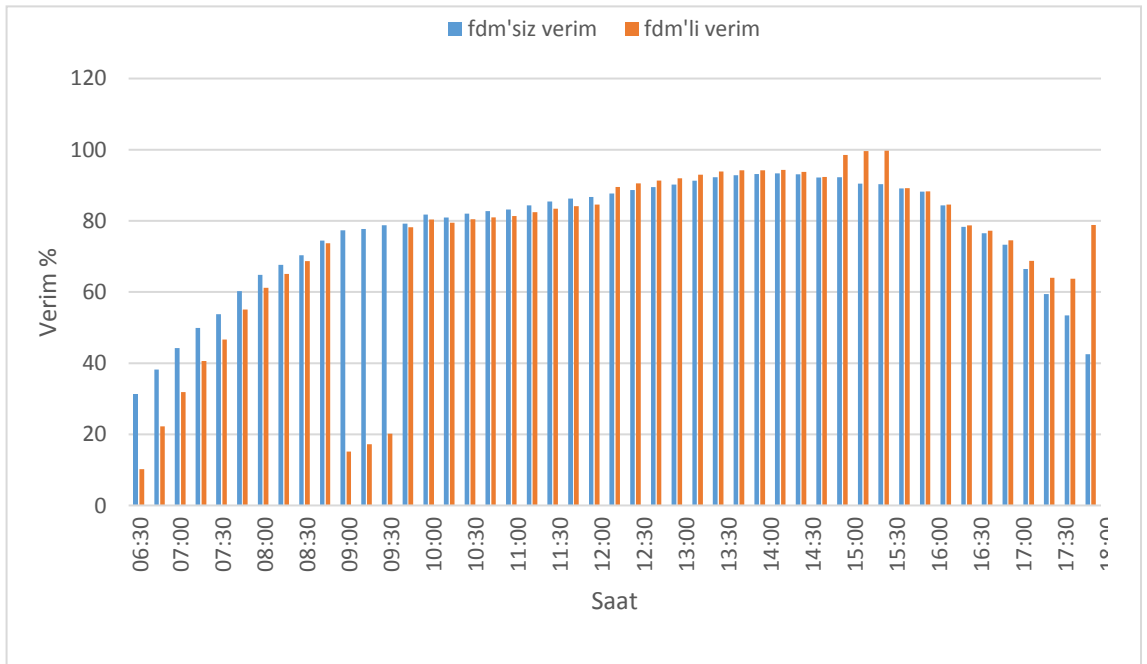
Ankara ili ağustos ayı RT35-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 111'de gösterilmektedir.



Şekil 112. Ankara ili temmuz ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Ankara ili temmuz ayı RT35-1 cm konfigürasyonu şarj süresinin 5 saat 45 dakika sürdüğünü şarj süresinin diğer aylara göre daha kısa sürdüğünün bunun sebebinin yutucu yüzey sıcaklığının etkisi olduğu görülmektedir. Deşarj süresince 7 saat sürdüğü ve görülerek temmuz ayında kullanımının uygun olduğu söylenebilmektedir.

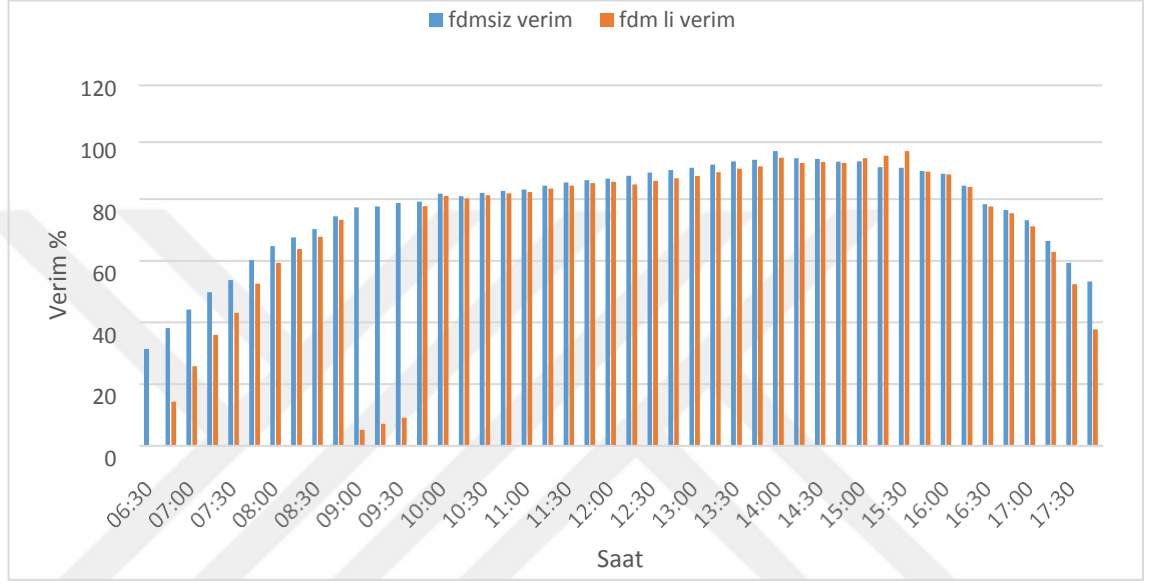
Ankara ili temmuz ayı RT35-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 112'de gösterilmektedir.



Şekil 113. Ankara ili temmuz ayı RT35-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Verim farkının bu aylarda kalınlık arttıkça şarj süresindeki verim kaybının arttığı net bir şekilde görülmektedir. RT35-1 cm %11.23, RT35- 2cm %21.20 ve RT35-3 cm de ise %31 olduğu görülmektedir. Bu etkinin hemen hemen 10:30'lara kadar sürdürse de bu konfigürasyon grubunun yani RT35' her kalınlığı verim performansı bakımından elverişli bir sonuç ortaya koyduğunu göstermektedir.

Ankara ili temmuz ayı RT35-2 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 113'de gösterilmektedir.

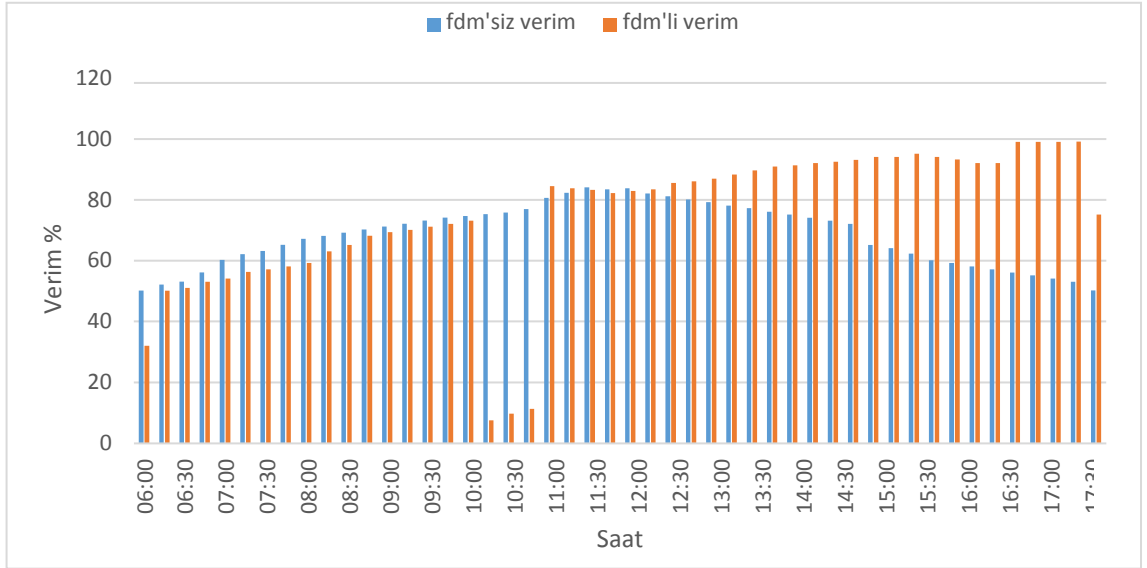


Şekil 114. Ankara ili temmuz ayı RT35-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Ankara ili temmuz ayı RT35-3 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 114'te gösterilmektedir.

5.13.3. Trabzon İli Anlık Verim Verilerinin İrdelenmesi

Trabzon ilinde FDM'siz kollektör veriminin sabah saatlerinde %50 ler de olduğunun diğer illere göre bu durumun görünmediği Trabzon ilinin güneşlenme hareketlerinin sonucu olarak çıkmakta olduğu görülmektedir. FDM'siz kollektör verimi haziran ayında %84.11'lere kadar çıktığı sabah saatlerinde %50.13, güneşin batışına yakın %50.21 seviyelerine geldiği görülmektedir. Kollektör eğimi 39° derece ile konulmuştur. FDM'siz kollektör verimi %60-70 arasında olduğu görülmektedir.



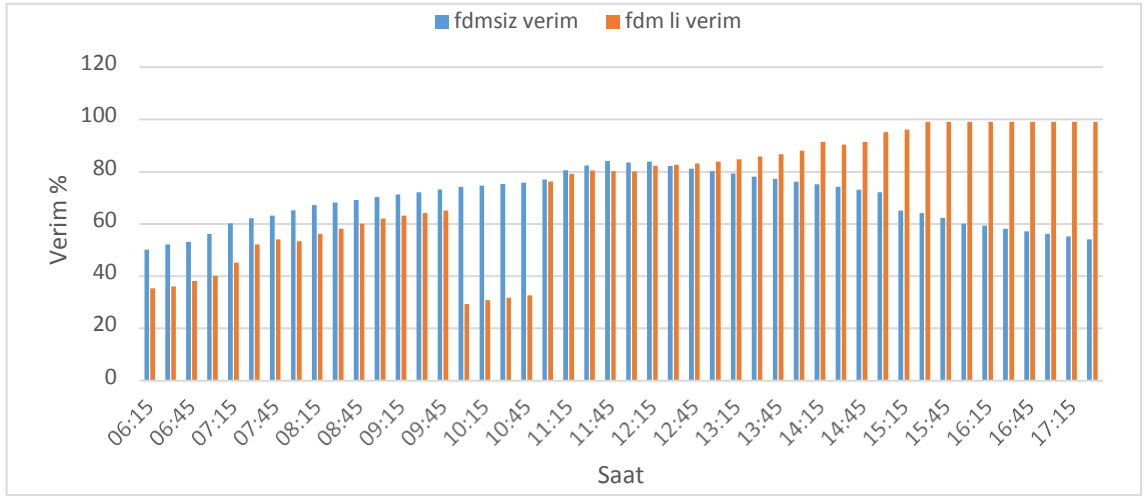
Şekil 115. Trabzon ili haziran RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri

Diğer illere göre Trabzon ili RT35 faz değişim malzemesinin kullanımının kritik sıcaklığının 35° derece olması ve yutucu yüzey sıcaklığının 35° dereceyi geçmemesinden dolayı RT35 FDM'li kollektör kullanıldığında sonucun verimsiz olunacağı tespit edilmiştir.

Trabzon ili haziran ayı RT31-1 cm konfigürasyonunda şarj süresinin 6 saat sürdüğünün ve deşarj süresinin de 6 saat sürdüğü görülmektedir. Şarj süresince verim kaybının %18.13 olduğu görülürken, deşarj süresince verim kazancının %46.13 olduğu görülmektedir. Böylelikle sonuç olarak Trabzon ili için RT31-1 cm konfigürasyonu uygun görülmektedir.

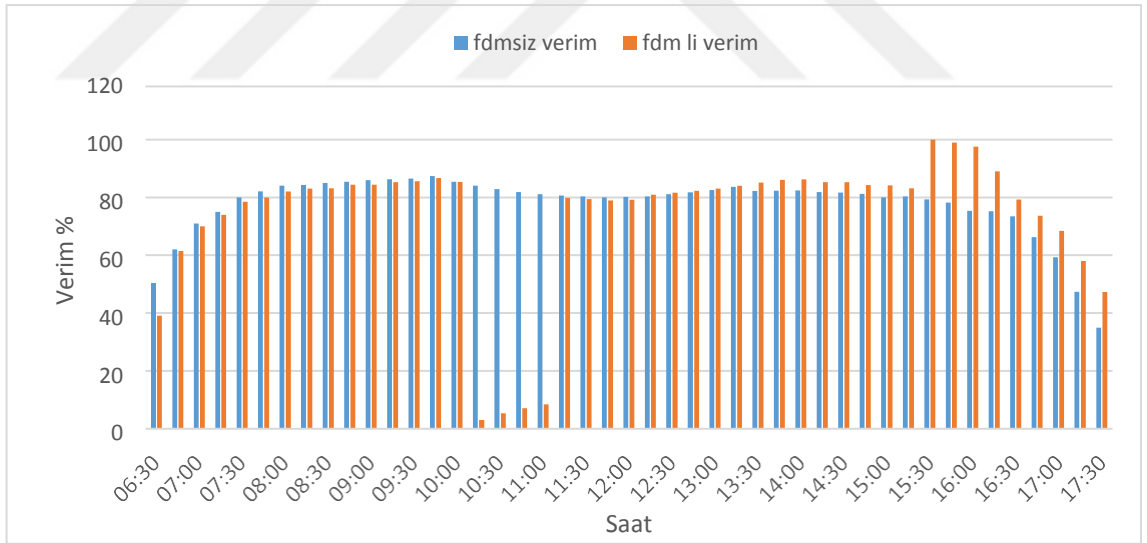
Trabzon ili haziran RT31-1 cm FDM'li-FDM'siz anlık verim verileri Şekil 115'de gösterilmektedir.

Trabzon ilinde, RT31 konfigürasyonlarından RT31-2 cm, RT31-3 cm malzemelerinin şarj sürelerinin uzun olacağından FDM'siz kollektörün veriminin altında olacağı için verimsiz sonuç alındığı görülmektedir.



Şekil 116. Trabzon ili temmuz ayı RT31-1 cm FDM’li-FDM’siz anlık verim verileri

Trabzon ili temmuz ayı RT31-1 cm konfigürasyonunda şarj süresinin 6 saat sürdüğünün ve deşarj süresinin de 6 saat sürdüğü görülmektedir. Şarj süresince verim kaybının %15.31 olduğu görülürken, deşarj süresince verim kazancının %45.3 olduğu görülmektedir. Böylelikle sonuç olarak Trabzon ili için RT31-1 cm konfigürasyonu uygun görülmektedir.



Şekil 117. Trabzon ili ağustos ayı RT31-1 cm FDM’li-FDM’siz anlık verim verileri

Trabzon ili temmuz ayı içinde 2 cm ve 3 cm’lik konfigürasyonlar verimsiz sonuç çıkardığı için görülmektedir.

Trabzon ili temmuz ayı RT31-1 cm FDM’li-FDM’siz anlık verim verileri Şekil 116’da gösterilmektedir.

Trabzon ili ağustos ayı RT31-1 cm FDM’li-FDM’siz anlık verim verileri Şekil 117’de gösterilmektedir.

Tablo 24. Gaziantep ili ortalama verim

Gaziantep							
	RT31			RT35			FDM'siz
	1 cm	2 cm	3 cm	1 cm	2 cm	3cm	
Haziran	72.9347	70.3683	65.8456	69.7428	69.9121	70.0468	69.1213
Temmuz	73.5198	70.2777	63.0255	70.0465	73.3348	72,3348	68.5216
Ağustos	65.06771	64.7614	69.7428	65.7010	64.1538	65.6979	58.9303
Eylül	55.8141	51.3726	43.6253	55.0411	53.2826	56.1310	55.7324

Tablo 25. Ankara ili ortalama verim

Ankara							
	RT31			RT35			FDM'siz
	1 cm	2 cm	3 cm	1 cm	2 cm	3cm	
Haziran	54.7365	53.2926	49.3853	73.3801	67.2554	56.8330	56.4328
Temmuz	68.5154	68.5154	65.1919	71.8791	72.7997	69.2386	74.4134
Ağustos	56.272	59.5164	62.2151	61.4260	57.5789	-	57.9327

Tablo 26. Trabzon ili ortalama verim

Ankara		
	RT31	FDM'siz
	1 cm	
Haziran	74.4915	70.4171
Temmuz	73.0972	68.9061
Ağustos	73.5027	77.5825

Gaziantep ilinin ortalama verimlerini Tablo 24'te gösterilmektedir. Ortalama FDM'siz kollektörün en verimli olduğu ay haziran ayında olduğu ve FDM'li RT31-3 cm konfigürasyonun ağustos ayında olduğu görülmektedir.

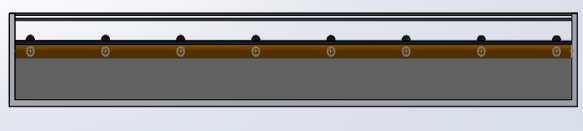
Ankara ilinin ortalama verimlerini Tablo 25’de gösterilmektedir. Ortalama FDM’siz kollektörün en verimli olduğu ay temmuz ayında olduğu ve FDM’li RT35-2 cm konfigürasyonun temmuz ayında olduğu görülmektedir.

Trabzon ili sadece RT31-1 cm konfigürasyonu hesaplanmıştır. En verimli FDM’siz kollektör ağustos ayında olduğu görülürken FDM’li kolektörün ise haziran ayında olduğu Tablo 26’da görülmektedir.

Simülasyonu yapılmak üzere kollektör projesini çift camlı, kasa için kullanılan saç kalınlığı 10mm düşünülmüştür. Taşıyıcı boru malzemesi bakır malzemedendir. Yalıtım malzemesi olarak XPS malzeme kullanılmıştır. Yutucu yüzey olarak bakır malzemesi kullanılmıştır. Kollektör 1000x1800x120 mm ebatlarına sahiptir. Simülasyon kolaylığı sağlamak için kollektör panel camını tek cam olarak kabul edilmiştir. Kollektör çizimi üç boyutlu (3D) ve katı modelleme ve tasarım yazılımı ile parçalar katı modellenmiştir ve katı modellenen parçalar aynı program ile montaj edilmiştir. Nümerik hesaplamalardan sonra katı model analiz için basitleştirilmiştir ve daha sonra simülasyon yazılımı SolidWorks Similaiton ile Transient thermal analizi yapılmıştır

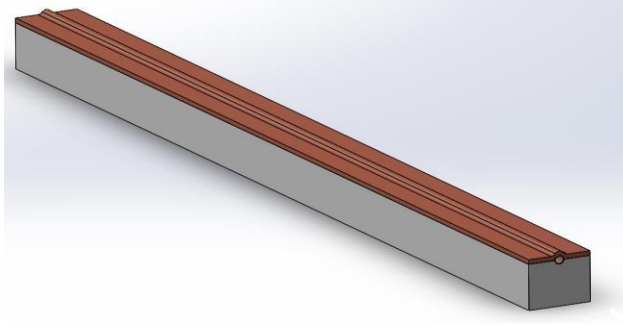
Bu çalışmadaki güneş kollektörü için yutucu levha kalınlığı (δ)=0.0015 metre dir. k iletim katsayısı olarak 386 W/m²-K olmaktadır. w(iki boru arasındaki mesafe)=0.06 mm olmaktadır. Boru çapı (d)=0.015 m olmaktadır. Boru ile cidar arasında ısı taşınım katsayısı (h_i)= 220 olmaktadır. Borunun iç çapı (d_i)=0.015 m olmaktadır. Boru uzunluğu 1.8 metre olmaktadır. Suyun debisi (\dot{m})= 0.01 kg/s olmaktadır.

Mesh hatası veya her hangi bir hata verilmemesi için işlem kolaylığından dolayı analizi Şekil 12’deki gibi yapmaktan kaçınılmıştır. Analizi yapılması düşünülen kollektörde FDM’siz kollektör bulunmaktadır.

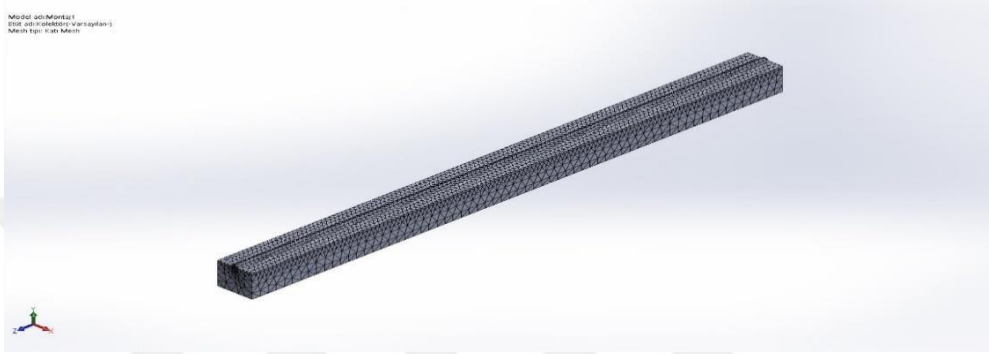


Şekil 118. Tasarımı yapılan kollektör ön görünüşü

Tasarımı yapılan kollektör ön görünüşü Şekil 118’de gösterilmektedir. Şekil 119’da görüldüğü sistemi tek boru geçişi ile yutucu yüzey, akışkan borusu, XPS malzeme ve boyu 1.8 m olarak verilmiştir.

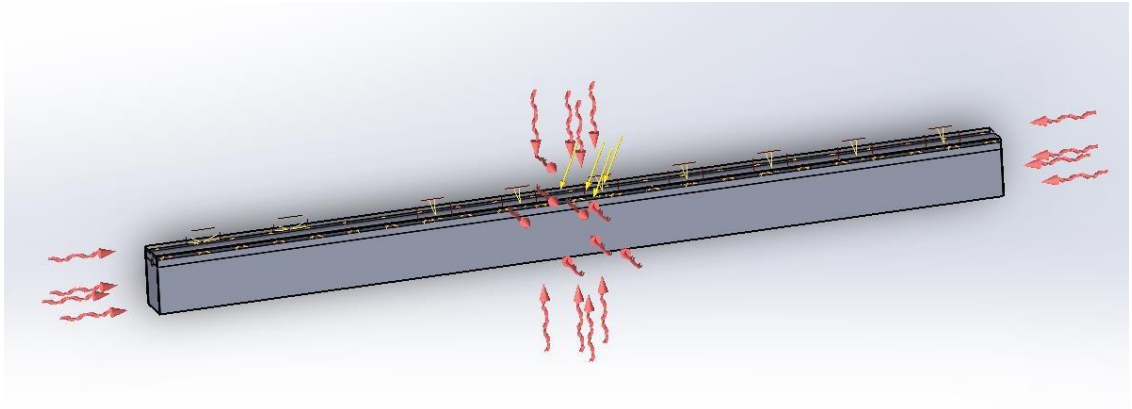


Şekil 119. Analizi yapılan basit sistem



Şekil 120. Analizi yapılan basit sistem mesh ataması

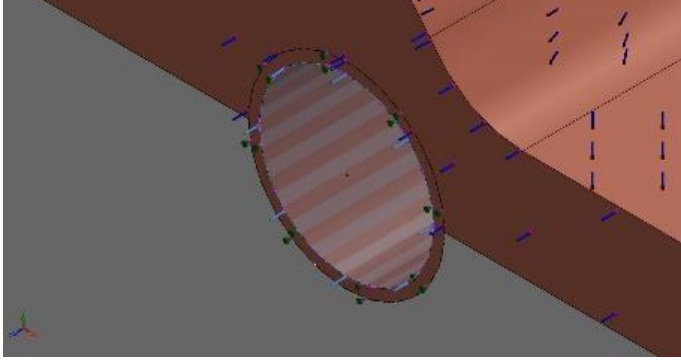
Kollektör mesh oranı 3 kullanılmıştır. Global mesh ataması yapılmıştır. Kare mesh yapısı kullanılmıştır. Analizi yapılan basit sistem mesh ataması Şekil 120’de gösterilmektedir.



Şekil 121. Analizi yapılan basit sistem termal yük gösterimi ortalama

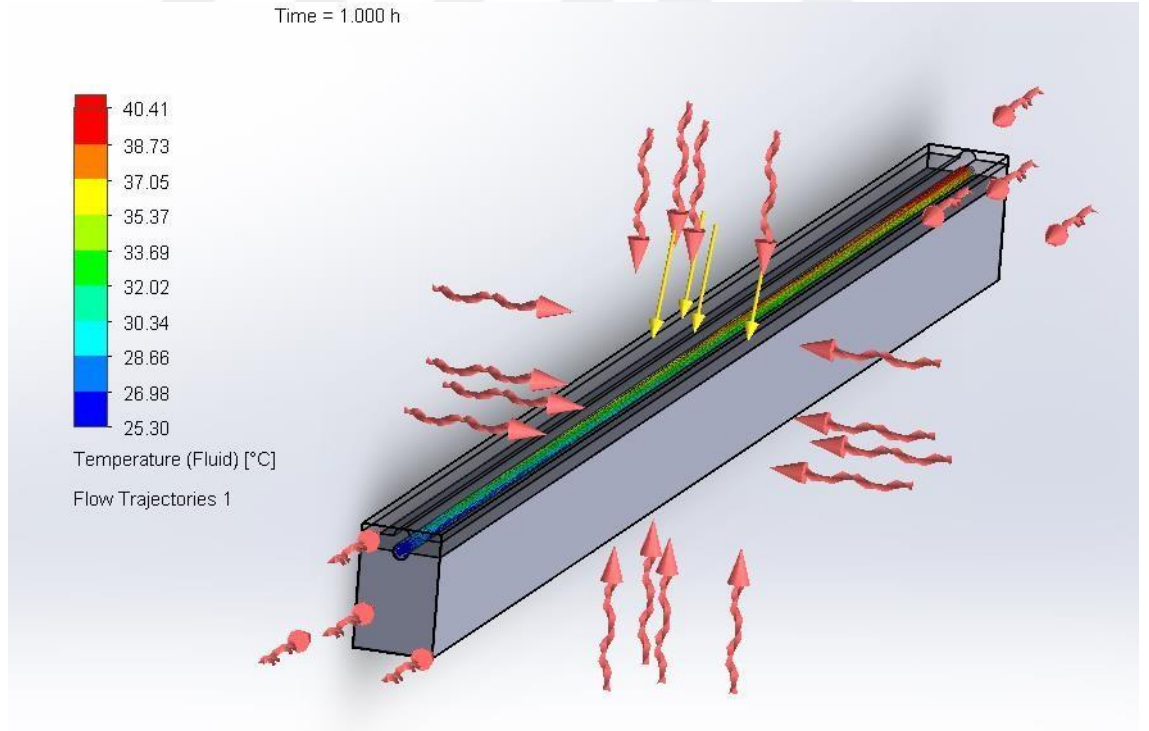
Gaziantep ili, ağustos ayı saat 12.00’deki verilerini alarak yutucu yüzey sıcaklığının 43.54 °C olarak Şekil 35’den alınmıştır. Analizi yapılan basit sistem termal yük gösterimi Şekil 121’de gösterilmektedir. Analiz programından solar enerji yani güneş ışınım şiddeti otomatik olarak uygulanmıştır. Gaziantep ilinin lokasyon verisi

olarak kuzey enlemi 37°28' tanımlanmış ve girilmiştir. Bununla birlikte saat başlangıç girdisi olarak 12:00:00 olarak seçilmiş ve girdi oluşturulmuştur. Çevre sıcaklığı 35.11 °C' olarak PVGIS verilerinden alınmıştır.



Şekil 122. Analizi yapılan basit sistem şebeke suyu girişi

Analizi yapılan basit sistem şebeke suyu girişi Şekil 122'de görüldüğü gibi boru içindeki su gösterilmektedir. 25.3 °C ile şebeke suyu sıcaklığı ağustos ayında kollektöre girmektedir.



Şekil 123. Kollektöre giren suyun çıkış sıcaklığı sonucu

Analiz 1 saatlik zamana bağlı olarak analiz edilmiştir. Toplam iterasyon sayısının 37.720 olduğu görülmektedir. Görüldüğü üzere Şekil 123'de 1.8 m uzunluğundaki akış

yolu boyunca şebeke suyunun ilk giriş sıcaklığının 25.3 °C olduğu ve çıkış sıcaklığında 40.41°C olarak çıkmıştır.

Kollektöre giren suyun çıkış sıcaklığı sonucu Şekil 123’de gösterilmektedir.



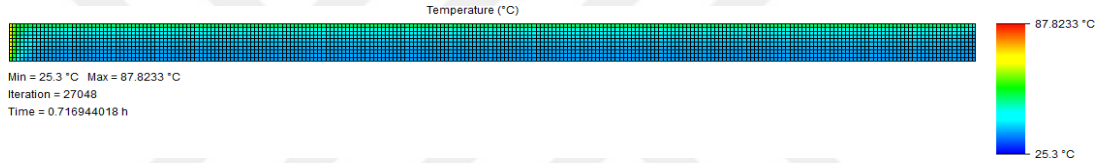
Şekil 124. 0.008077 h kollektör yan görünüş



Şekil 125. 0.3175 h kollektör yan görünüş

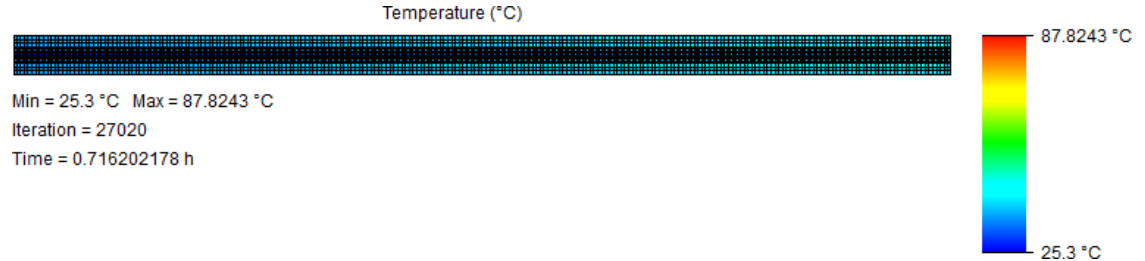


Şekil 126. 0.6845 h kollektör yan görünüş



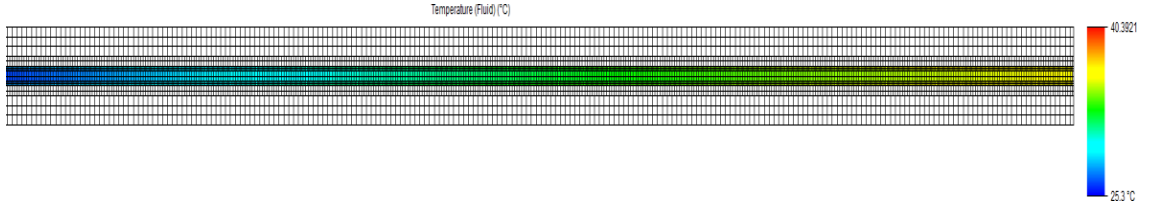
Şekil 127. Kollektör modelinin yan görünüş-termal sıcaklık aralığı

Kollektör modelinin yan görünüş-termal sıcaklık verileri Şekil 124, Şekil 125 ve Şekil 126’da saatlik dilimlere göre sıcaklık dağılımı gösterilmiştir. Şekil 127’de ise 0.7169 h zamandaki sistemdeki sıcaklık verileri gösterilmiştir. Sistemde maksimum sıcaklık verisi 0.7 h olarak yani 45 dakika sonunda maksimum sıcaklık verisi 87.82 °C olarak görünmektedir.



Şekil 128. Kollektör modelinin yutucu yüzey görünüş-termal sıcaklık aralığı

Kollektör modelinin yutucu yüzey görüntüsü minimum sıcaklık verisi şebeke suyu giriş sıcaklık verisi olduğu görülmektedir. Kollektör modelinin yutucu yüzey görüntüsü Şekil 128’de gösterilmiştir.



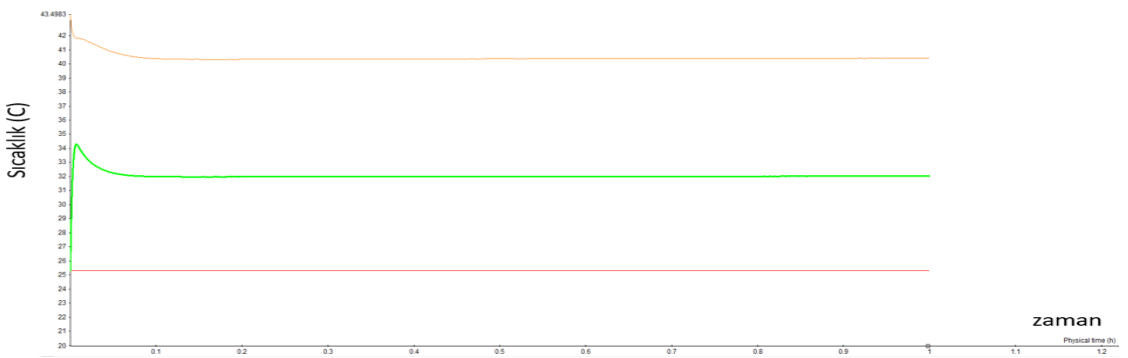
Şekil 129. Kollektör modelinin yutucu yüzey görünüş- akışkan sıcaklık aralığı

Kollektöre ilk giriş sıcaklığı ağustos ayında 25.3°C olduğu görülürken çıkış sıcaklığının 40.39°C derece olduğu görülmektedir. Daha önce hesaplanan ağustos ayı şebeke suyunun kollektörden çıkış sıcaklığı Şekil 72’de görüldüğü gibi 41.92°C olduğu ve aradaki sıcaklık farkının 1.53°C olduğu görülmektedir.



Şekil 130. Şebeke suyunun iterasyona göre sıcaklık grafiği

Şebeke suyunun iterasyona göre sıcaklık grafiği Şekil 130’da gösterilmiştir.



Şekil 131. Şebeke suyunun zamana(1 saatlik) göre sıcaklık grafiği

Şebeke suyunun zamana(1 saatlik) göre sıcaklık grafiği Şekil 131’de gösterilmiştir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Global dünya da enerji talebinin her geçen gün artışının ve ülkelerin enerji sektörüne harcamış olduğu yatırımların, yenilenebilir enerjinin mühim olduğunu ve ondan daha faydalanabilmek için araştırma ve geliştirme ölçeğinin önemli konusu haline gelmektedir. Enerjinin büyük çoğunluğunun mahal ısıtmalarda ve sıcak su ihtiyacı için kullanıldığı görülmektedir. Bu enerjinin güneş kolektörleri tarafından sağlandığının ve iklimsel şartlardan dolayı aynı geometriye ve yapıya sahip olan kolektör verimlerinin farklı olduğu görülmektedir. Kaynağı güneş olan kolektörlerin güneşin doğuşundan güneşin batışına kadar sıcak suyu ısıtmak için enerji kaynağı olurken, duyulur ısı depolama teknikleriyle kısıtlı olarak faydalandığı ve bu olanaklardan daha fazlasının yani güneşin batışından sonra da sisteme dışarıdan enerji aktarımının FDM'ler ile sağlanacağı amaçlanmıştır. Bu tez çalışmasında güneş kolektörlerindeki termal enerjiyi daha verimli halde kullanmak için güneş kolektörlerinde faz değişen malzemelerin kullanımı üzerine yapılan çalışmaların literatür taraması yapılmıştır. Faz değişen malzemeler (FDM), gizli ısıyı depolayabilen ve termal enerjiyi güneş kolektörlerinde elde edilen talep süresini, faz değiştiren malzeme kullanmayan (FDM) bir güneş kolektörü ile kıyasladığımız zaman ortaya çıkan sürenin, daha fazla olduğunu belli olurken. Güneşin batışı ile sonlanan termal enerji ihtiyacının güneş battıktan sonrada devam edilerek talep edilen ısıyı daha fazla sürede kullanabildiği çalışmalarda görülmektedir. Bu sebeple, gizli ısı depolama kabiliyeti olan FDM'lerin kolektörün akışkanı taşıyan borular ile kolektörün alt tarafında bulunan yalıtım malzemesi olan XPS yalıtım malzemesinin arasına 6 farklı konfigürasyon uygulanmıştır. Bu konfigürasyonlar Türkiye'nin, güneyinde bulunan Gaziantep ili, orta kuşağında bulunan Ankara ilinin ve kuzeyinde bulunan Trabzon ili için araştırmalar yapılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda kolektörlerin eğim açısının her enlem için farklı olması gerektiği FDM malzemelerinin cinsinin, erime sıcaklığının, FDM'lerin paketlenme şeklinin sonucu etkileyeceğine varılmıştır. FDM'nin erime sıcaklığının sıcaklığı ile sonuca direk etki edeceği görülürken sadece bununla kalmayarak kolektörün kullanıldığı ilin de ışınım ve uygun güneşlenme süresinin de önemli olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Işınım şiddetinin kolektör üzerine gelen ışınımı etkilediğini, kolektörlerde kullanılan camın, efektif yutma-geçirme çarpımı değerini değiştirdiği ve bunların öneminin FDM'siz kolektör kadar FDM'li kolektör içinde önemli olduğunun çünkü yutucu yüzey sıcaklığının FDM'li bir

kollektör hesabını yapabilmek için aşılması gerektiğine varılmaktadır. Buna istinaden en önemli unsurun yutucu yüzey sıcaklığı olduğudur. Elde edilen sonuçlarda FDM'lerin şarj süresi boyunca sitemden verim kaybı yaşandığının, deşarj süresince ise verim kazancının görüldüğü söylenebilmektedir. RT31-1 cm konfigürasyonlarının her üç il içinde uygun performans da olduğu depolanan gizli ısının gün batımından sonra da verdiği görülmektedir. RT35 konfigürasyonlarının en iyi Gaziantep ilinde reaksiyon gösterdiğine varılmıştır. FDM kütlesinin ya da kalınlığının artmasının her ay da uygun olmadığına ulaşılmıştır en iyi RT35-3cm konfigürasyonunun Gaziantep'te temmuz ayında olduğu görülmektedir.

FDM'li ve FDM'siz kollektörlerin ortalama değerlerine bakıldığında ise Gaziantep ilinin ortalama verimlerini FDM'siz kollektörün en verimli olduğu ay haziran ayında olduğu ve FDM'li RT31-3 cm konfigürasyonun ağustos ayında olduğu görülmektedir. Ankara ilinin ortalama verim olarak FDM'siz kollektörün en verimli olduğu ay temmuz ayında olduğu ve FDM'li RT35-2 cm konfigürasyonun temmuz ayında olduğuna ulaşılmaktadır. Trabzon ili ortalama verim değerleri sadece RT31-1 cm konfigürasyonu hesaplanmıştır. En verimli FDM'siz kollektör ağustos ayında olduğu ortaya çıkarken, FDM'li kolektöre bakıldığında RT31-1 cm konfigürasyonu ile haziran ayında en verimli olduğu görülmektedir.

Simülasyon ile desteklenen çalışma 1 saatlik zamana bağlı olarak kolektöre giren 25.3°C'lik şebeke suyunun hemen hemen 40°C'lik sıcaklık ile çıktığı ve hesaplanan değerler ile uyduğu sonucunu varılmaktadır. Bunun ile birlikte kollektörün katı sıcaklığının 87°C sıcaklık değerleri görülmektedir.

Trabzon ili için önerilmesi gereken FDM'nin RT28 olması daha verimli sonuçların ortaya konulabileceği önerisi diğer araştırmacılar tarafından araştırılabilir olmaktadır.

KAYNAKÇA

- Alimohammadi, Z., Akhijahani, H. S., ve Salami, P. (2020). Thermal analysis of a solar dryer equipped with PTSC and PCM using experimental and numerical methods. *Solar Energy*, 201, 157-177.
- Allouhi, A., Msaad, A. A., Amine, M. B., Saidur, R., Mahdaoui, M., Kousksou, T., ve Benbassou, A. (2018). Optimization of melting and solidification processes of PCM: Application to integrated collector storage solar water heaters (ICSSWH). *Solar Energy*, 171, 562-570.
- Altuntop, N. ve Turgut, B. (2019). Güneş Enerjisinin Depolanması ve Sera Isıtmalarında Kullanımı. 8. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, 8-09 Kasım 2019, Ankara, s. 1-9.
- Al-Waeli, A. H., Sopian, K., Kazem, H. A., Yousif, J. H., Chaichan, M. T., Ibrahim, A., ve Ruslan, M. H. (2018). Comparison of prediction methods of PV/T nanofluid and nano-PCM system using a measured dataset and artificial neural network. *Solar Energy*, 162, 378-396.
- Aramesh, M., ve Shabani, B. (2020). On the integration of phase change materials with evacuated tube solar thermal collectors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 132, 110135.
- Badie, Z., Eslami, M., ve Jafarpur, K. (2020). Performance improvements in solar flat plate collectors by integrating with phase change materials and fins: A CFD modeling. *Energy*, 192, 116719.
- Benli, H. (2006). *Isı depolamalı cam seralarda sıcaklık değişiminin incelenmesi. Doktora tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, (185946).*
- Elbahjaoui, R., ve El Qarnia, H. (2019). Thermal performance of a solar latent heat storage unit using rectangular slabs of phase change material for domestic water heating purposes. *Energy and Buildings*, 182, 111-130.
- Elsheikh, A. H., Katekar, V. P., Muskens, O. L., Deshmukh, S. S., Abd Elaziz, M., ve Dabour, S. M. (2021). Utilization of LSTM neural network for water production forecasting of a stepped solar still with a corrugated absorber plate. *Process Safety and Environmental Protection*, 148, 273-282.
- Evangelisti, L., Vollaro, R. D. L., ve Asdrubali, F. (2019). Latest advances on solar thermal collectors: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114, 109318.

- Hamed, M., Fallah, A., ve Brahim, A. B. (2017). Numerical analysis of charging and discharging performance of an integrated collector storage solar water heater. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(13), 8777-8789.
- Isamotu, O., ve Musa, N. (2020). Mathematical modeling of a flat plate solar collector with phase change material. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 18(2), 33-42.
- Kaya, K., ve Koç, E. (2015). Enerji kaynakları–yenilenebilir enerji durumu. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi*, 668(56), 36-47.
- Kozak, M., ve Kozak, Ş. (2012). Enerji depolama yöntemleri. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 4(2), 17-29.
- Kurri, M. (2019). *Transient Operation And Simulation Of A Flat Plate Solar Collector With Tank And Thermal Storage*. Yayınlanmamış doktora tezi, Purdue University Graduate School.
- Mundra, S. S., ve Pardeshi, S. S. (2021, March). Latent heat energy storage system using phase change materials and techniques for their performance improvement: A Review. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1126, No. 1, s. 012068). IOP Publishing.
- Omara, A. A., Mohammed, H. A., Al Rikabi, I. J., Abuelnuor, M. A., ve Abuelnuor, A. A. (2021). Performance improvement of solar chimneys using phase change materials: A review. *Solar Energy*, 228, 68-88.
- Özyurt, E. (2019). *Faz değıştiren malzemelerin dış duvarda kullanımında güneş ışınımı katkısının bina enerji etkinliği açısından değerlendirilmesi: İzmir ili örneği*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Sharma, A., Tyagi, V. V., Chen, C. R., ve Buddhi, D. (2009). Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and Sustainable energy reviews*, 13(2), 318-345.
- Syahrudin, A. S., Jalaluddin, J., ve Hayat, A. (2020). Performance Analysis Of Solar Water Heating System With Plate Collector Integrated Pcm Storage. *EPI International Journal of Engineering*, 3(2), 143-149.
- Tariq, R., Xamán, J., Bassam, A., Ricalde, L. J., ve Soberanis, M. E. (2020). Multidimensional assessment of a photovoltaic air collector integrated phase changing material considering Mexican climatic conditions. *Energy*, 209, 118304.
- Taşkıran, A. (2013). *Nano boyutlu parçacık katkılı yeni nesil faz değıştiren maddelerin deneysel olarak incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, (334621).

- Tezcan, M. (2002). *Düzlemsel güneş kolektörleri ve verim hesaplamaları. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, (112283).*
- Thantong, P., Khedari, J., ve Chantawong, P. (2018). Study of Solar-PCM Walls for domestic hot water production under the tropical climate of Thailand. *Materials Today: Proceedings*, 5(7), 14880-14885.
- Thantong, P., ve Chantawong, P. (2017). Experimental study of a solar wall collector with PCM towards the natural ventilation of model house. *Energy Procedia*, 138, 32-37.
- Tiji, M. E., Eisapour, M., Yousefzadeh, R., Azadian, M., ve Talebizadehsardari, P. (2020). A numerical study of a PCM-based passive solar chimney with a finned absorber. *Journal of Building Engineering*, 32, 101516.
- Torres-Rodríguez, A., Morillón-Gálvez, D., Aldama-Ávalos, D., Hernández-Gómez, V. H., ve Kerdan, I. G. (2020). Thermal performance evaluation of a passive building wall with CO₂-filled transparent thermal insulation and paraffin-based PCM. *Solar Energy*, 205, 1-11.
- Tütüncü, E. (2020). *Nanopartikül katkılı faz değiştiren malzemelerin erime ve katılaşmasının sayısal olarak incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, (494754).*
- Vengadesan, E., ve Senthil, R. (2020). A review on recent developments in thermal performance enhancement methods of flat plate solar air collector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 134, 110315.
- Verma, S. K., Gupta, N. K., ve Rakshit, D. (2020). A comprehensive analysis on advances in application of solar collectors considering design, process and working fluid parameters for solar to thermal conversion. *Solar Energy*, 208, 1114-1150.
- Wang, J., Cao, X., Yuan, Y., Leng, Z., ve Sun, Y. (2021). Feasibility study on temperature control with phase change material in intensive heat-releasing space during emergency power failure: A case analysis of information system room. *Energy and Buildings*, 230, 110482.
- Wu, J., Xian, T., ve Liu, X. (2019). All-weather characteristic studies of a direct expansion solar integrated air source heat pump system based on PCMs. *Solar Energy*, 191, 34-45.
- Yang, X., Sun, L., Yuan, Y., Zhao, X., ve Cao, X. (2018). Experimental investigation on performance comparison of PV/T-PCM system and PV/T system. *Renewable energy*, 119, 152-159.

- Yatağanbaba, A. (2013). *Tuz hidrat ve parafinlerin gözenekli ortamlarda ısı depolama davranışlarının incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Hitit niversitesi, orum, (342527).*
- Yılmaz, D., Mancuhan, E., ve Yılmaz, B. (2020). Experimental investigation of PCM location in a commercial display cabinet cooled by a transcritical CO₂ system. *International Journal of Refrigeration*, 120, 396-405.
- Yksel, C. (2016). *A numerical study on passive cooling system of a photovoltaic panel. Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmır, (438822).*
- Zayed, M. E., Zhao, J., Elsheikh, A. H., Du, Y., Hammad, F. A., Ma, L., ... ve Sadek, S. (2019). Performance augmentation of flat plate solar water collector using phase change materials and nanocomposite phase change materials: a review. *Process Safety and Environmental Protection*, 128, 135-157.
- Zohra, M. B., Amine, R. İ. A. D., Alhamany, A., Sennoune, M., ve Mansouri, M. (2020). Improvement of thermal energy storage by integrating PCM into solar system. *Journal of Thermal Engineering*, 6(5), 816-828.

ÖZGEÇMİŞ

İlk Orta ve Lise Öğrenimini Gaziantep’te tamamladı. 2015 yılında Amasya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünde öğrenim hayatına devam ederek, 2019 yılında Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2019 yılında Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek Lisans Programına başladı. Özel sektörde Makine Mühendisi olarak çalışmaktadır.

