

LİNEER FRESNEL GÜNEŞ KOLEKTÖRÜNÜN PROTOTİP ÜRETİMİ VE KURULUMU

1. Yer Seçimi ve Saha Hazırlığı

Lineer Fresnel kolektör prototipi kurulumu için GAPYENEV merkezine ait dış sahada 18x10 metre boyutlarında bir alan belirlenmiştir. Belirlenen bu alanın koordinatları, CORS özellikli GNSS alıcısı ile tespit edilmiştir. Arazi üzerinde alınan bu koordinatların tam olarak Kuzey-Güney doğrultusundaki koordinatını elde etmek için dönüklük hesaplaması yapılmış ve koordinatlar tekrar CORS özellikli GNSS alıcısına yüklenmiştir. Şekil 1'de GAPYENEV binasının Güney cephesinde kurulacak tesisin konumu ile arazide alınan yaklaşık koordinatlar (kırmızı kutu) ve Kuzey-Güney doğrultusuna yönlendirilmiş kesin koordinatlar (yeşil kutu) yer almaktadır.



Şekil 1. Lineer Fresnel kolektör sisteminin kurulum yeri (kuş bakışı)

Şekil 2'de sistemin kurulacağı arazide belirlenen köşe noktalarının koordinatlarının zemine aplikasyonu hazırlanan tahta kazıklar yardımıyla işaretlenerek gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Arazide köşe noktalarının koordinatlarının belirlenmesi

2. Beton zemin hazırlığı

Arazide tespit edilen alanın temizlenmesi ve tesviye edilmesi için iş makinası kullanılmıştır. Şekil 3'te sahanın iş makinası ile hazırlanması görülmektedir.



Şekil 3. Zeminin tesviye edilmesi

Tesviye edilen toprak zemin çakıl kum (mucur) serilmiştir. Şekil 4'te Çakıl kumun zemine serilmesi için yapılan saha çalışmaları görülmektedir.



Şekil 4. Toprak zemine çakıl serilmesi

Daha önce köşe koordinatları belirlenen zeminde Doğu-Batı doğrultusunda 10 m, Kuzey-Güney doğrultusunda 18 m ve kalıp yüksekliği 15 cm olacak şekilde kalıp oluşturulmuştur (Şekil 5).



Şekil 5. Zeminde kalıp hazırlama

Kalıplama yapıldıktan sonra hasır demir kullanılarak beton zeminin mukavemeti artırılmıştır. 180 m² kalıp alanının tamamını kaplayacak şekilde hasır demir kullanılmıştır. Şekil 6'da saha çalışmaları gösterilmiştir.



Şekil 6. Kalıp içine hasır demirin bağlanması

Betonlama işleminde kalıba zarar vermeden ve donatıyı oynatmayacak şekilde 15 cm kalınlığında toplam 27 m³ hacminde C25 hazır beton kullanılmıştır. Bu işlemlerle ilgili görseller Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Sahadan betonlama işlemi görüntüleri

Betonun yüzeyinin düz hale getirmesi için masterlama (Şekil 8) yapılarak tamamlanmıştır.



Şekil 8. Betonun yüzeyinin helikopter cihazıyla masterlanması

Beton dökümünün bitiminden takriben 12 saat sonra kür işlemine başlanmıştır. Bu süreler zarfında günde iki defa sabah erken saatlerde ve akşam gün batımı saatlerinde sulama yapılmıştır. Şekil 9'da Fresnel kolektörün kurulacağı beton zemin görülmektedir.

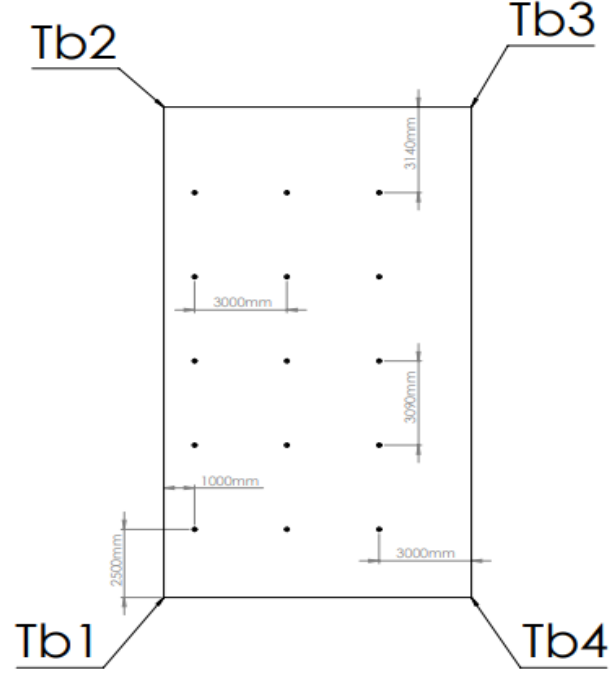


Şekil 9. Beton zeminin son görüntüsü

3. Ayak koordinatlarının belirlenmesi

Lineer Fresnel Kolektörü için oluşturulan prototipin alt yapı konstrüksiyonu 15 ayaktan oluşmaktadır. Konstrüksiyon ayaklarının noktalarının konumu Şekil 10'da verilmiştir. Prototipin

ayak noktaları, Harita Mühendisliği Bölümünden Doç. Dr. Mustafa ULUKAVAK tarafından belirlenmiştir (Şekil 11).



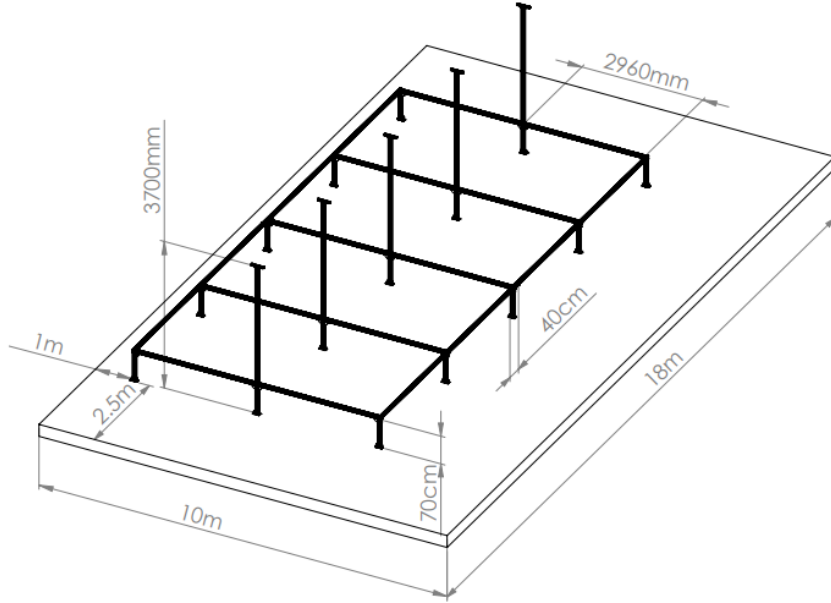
Şekil 10. Prototipin ayak konstrüksiyonlarının zemin üzerindeki konumu



Şekil 11. Ayak noktalarının beton zeminde yerlerinin belirlenmesi

4. Fresnel Kolektör Prototipin Hazırlanması

Bu çalışmada tasarımı yapılan lineer Fresnel kolektörün prototipinde alt yapı konstrüksiyonunda alüminyum sigma profil kullanılmıştır. Şekil 5.12'de tasarlanan sistemin alt yapı konstrüksiyonunun beton zemin üzerine yerleşimi görülmektedir.

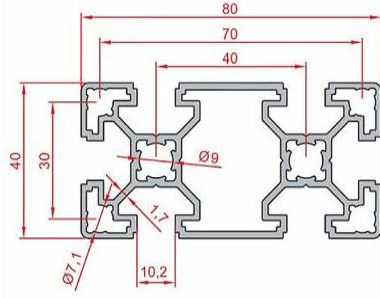


Şekil 12. Lineer Fresnel kolektör sisteminin beton zemin üzerine yerleşimi

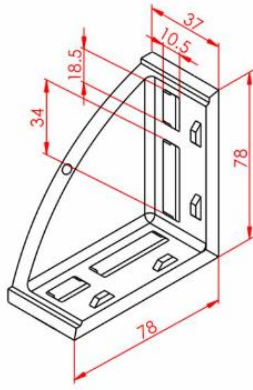
Prototipte "40X80 LIGHT SIGMA PROFİL K10 " kullanılmıştır. Bu profilin kesit ölçüleri ve resmi Şekil 13'te verilmiştir. 40X80 Sigma profilleri bağlamak için 36 adet Şekil 14'te görülen 40X80 Uzun Köşe Bağlantı K10 kullanılmıştır. Şekil 15'te prototip üzerinde köşe bağlantıları görülmektedir.

40X80 uzun köşe bağlantısını, 40X80 Light Sigma Profile bağlamak için M8X20 imbus civata kullanılmıştır (Şekil 16). Prototipte, her bir köşe bağlantısı için 4 adet M8X20 civata olmak üzere toplamda 144 adet kullanılmıştır.

M8X20 imbus civata için M8 - Kanal 10 T Kanal Somun kullanılmıştır. Bir adet 40X80 Uzun Köşe Bağlantısı için 4 adet M8 - Kanal 10 T Kanal Somun (Şekil 17), toplam olarak 144 adet kullanılmıştır. T kanal somun kullanılarak sigma profili içinden çıkması mümkün olmamaktadır.



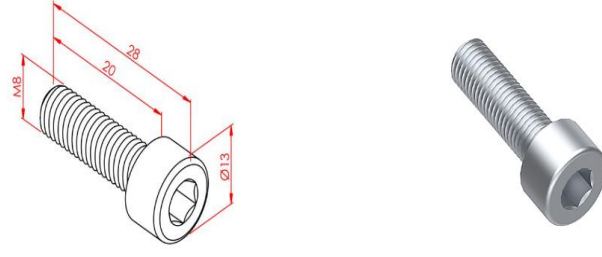
Şekil 13. 40X80 Light Sigma Profil



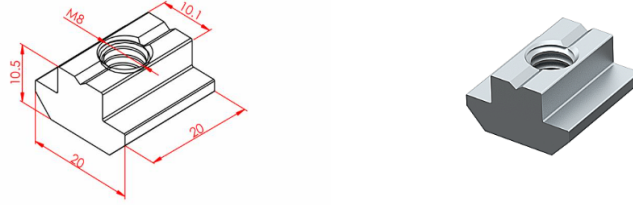
Şekil 14. 40X80 Uzun Köşe Bağlantı Ölçüleri



Şekil 15. Prototipte köşe bağlantıların kullanılması

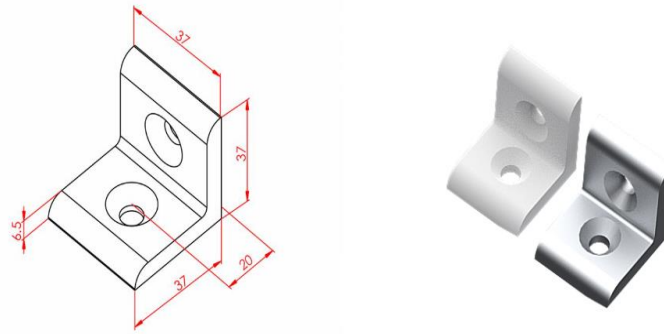


Şekil 16. İmbus Cıvata M8X20



Şekil 17. T kanal Somunları M8 – Kanal 10

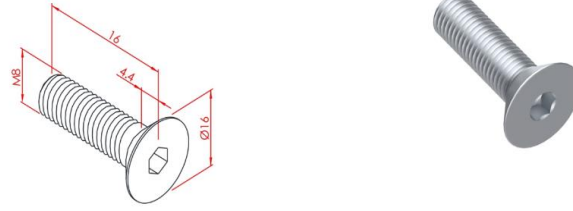
Prototip alt konstrüksiyonunda Profillerin birleşim yerlerinde oluşan köşelerde Şekil 18'de görülen 40X40 Düz Köşe Bağlantısından 26 adet kullanılmıştır (Şekil 19). Düz Köşe Bağlantıları için M8X16 havşa başlı cıvata ve somunu kullanılmıştır (Şekil 20 ve Şekil 21).



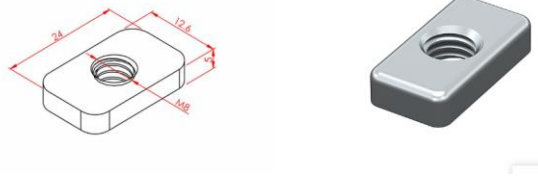
Şekil 18. 40X40 Düz Köşe Bağlantı



Şekil 19. 40X40 Düz Köşe Bağlantı Yerleri

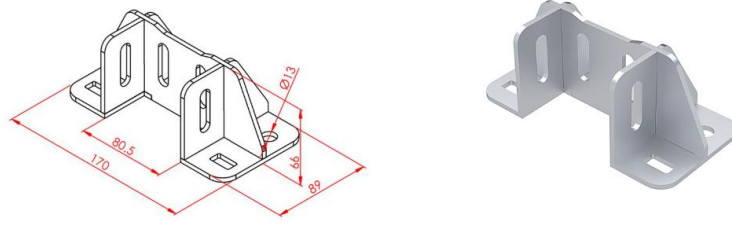


Şekil 20. Havşa başlı Cıvata M8X16



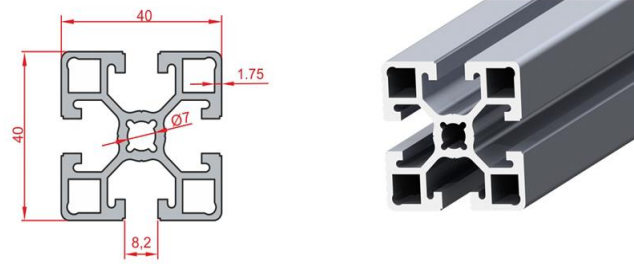
Şekil 21. Dikdörtgen somun M8 - Kanal 8

Fresnel kolektör prototipi için 15 adet 40X80 Ayak Yer Bağlantısı kullanılmıştır (Şekil 22). Bir adet 40X80 Ayak Yer Bağlantı Parçası için 4 adet M8X20 İmbus Cıvata ve 4 adet M8 - Kanal 10 T Kanal Somun kullanılmıştır. Toplamda 60 adet M8X20 İmbus Cıvata ve M8 - Kanal 10 T Kanal Somun kullanılmıştır.



Şekil 22. Ayak Yer Bağlantı Parçası

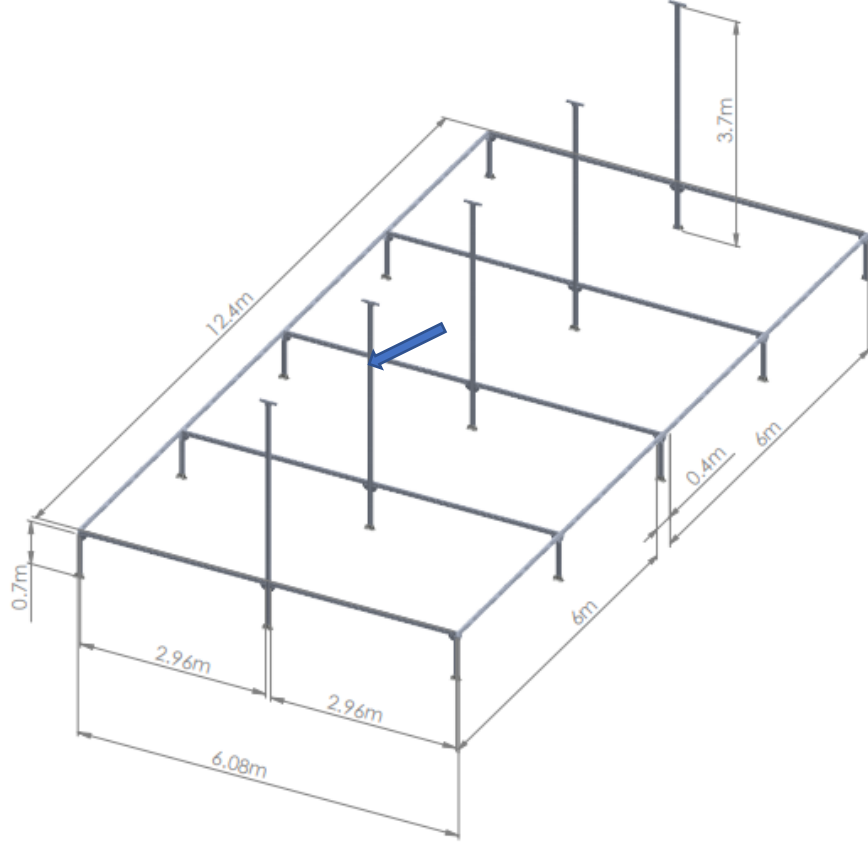
İkinci reflektörü bağlamak için 40X80 sigma profile yatay olarak 5 parça 40X40 Light Sigma Profil kullanılmıştır (Şekil 23).



Şekil 23. 40X40 Light Sigma profil ölçüleri

Şekil 24'te konstrüksiyon üzerinde yeri işaretlenmiştir. 40X80 sigma profil ile 40X40 Light Sigma Profili bağlamak için 40X40 Düz Köşe Bağlantısı 10 adet kullanılmıştır. 40X40 Düz Köşe Bağlantısı için 20 adet M8X16 Havşa başlı civata ve dikdörtgen somun M 8-Kanal 8 kullanılmıştır. Şekil 24'de görülen prototipte kullanılan profillerin ölçüleri Çizelge 1'de verilmiştir.

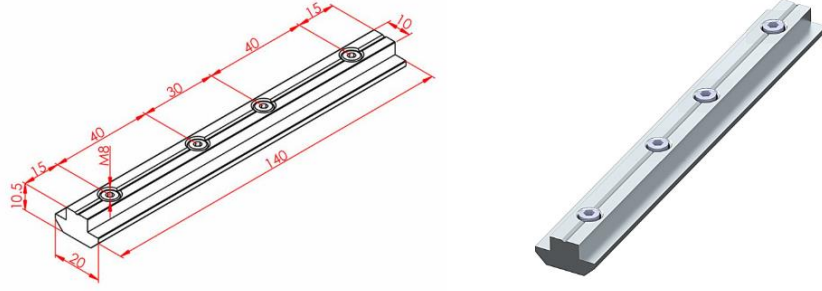
Prototipin uzun kenarının uzunluğu 12.4 m'dir. Prototipte kullanılan sigma profillerin boyu 6 m olduğundan 12.4 m'lik parça 2 boy profil ve 40'cmlik profil bağlanarak oluşturulmuştur. Sigma profillerini birleştirmede Şekil 25'te görülen Uzun T Kanal Somunu kullanılmıştır. Ek olarak bağlantıyı daha mukavemetli hale getirmek için 80X80 Üç Yönlü Bağlantı Sacı kullanılmıştır (Şekil 26). Bu bağlantı sacı için M8X20 İmbus Civata ve M8 - Kanal 10 T Kanal Somun kullanılmıştır.



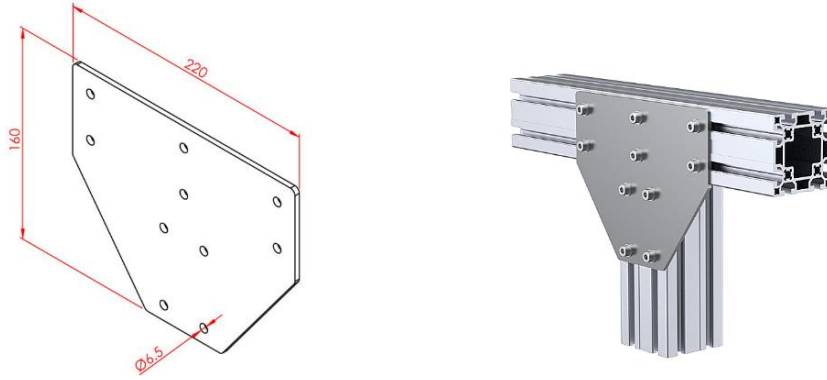
Şekil 24. 40X40 light sigma profil yerleşimi

Çizelge 1. Temel konstrüksiyon için kullanılan 40X80 sigma profil ölçüleri

Uzunluk	Birim	Adet
0.70	m	10
2.96	m	10
3.70	m	5
0.40	m	2
6.00	m	4



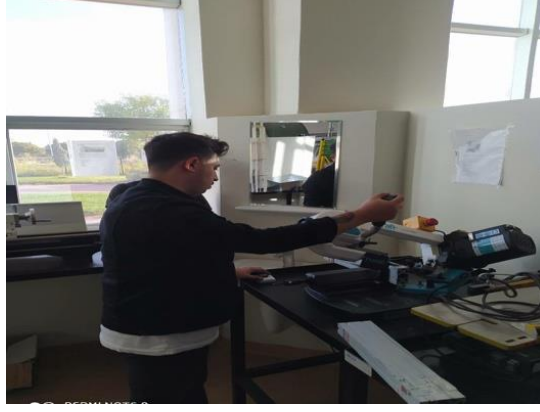
Şekil 25. Uzun T kanal somunu - kanal 10



Şekil 26. 80X80 üç yönlü bağlantı sacı

Fresnel kolektör konstrüksiyonu için sigma profillerin istenilen ölçüye getirilmesinde ve sistem kurulumunda GAPYENEV merkezinde bulunan makina teçhizat ve el aletleri kullanılmıştır (Şekil 27). Lineer Fresnel Kolektör konstrüksiyon kurulumu GAPYENEV ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir.

Şekil 28'de sahadan kurulum fotoğrafları görülmektedir. Absorber direğinin rüzgâr kuvvetine daha dirençli olması için direkler üst noktalarından alt konstrüksiyona halat ile bağlanılmıştır. Şekil 29'de Fresnel kolektörün alt konstrüksiyon kurulumu görülmektedir.



Şekil 27. Prototip kurulumu için sigma profil kesimi



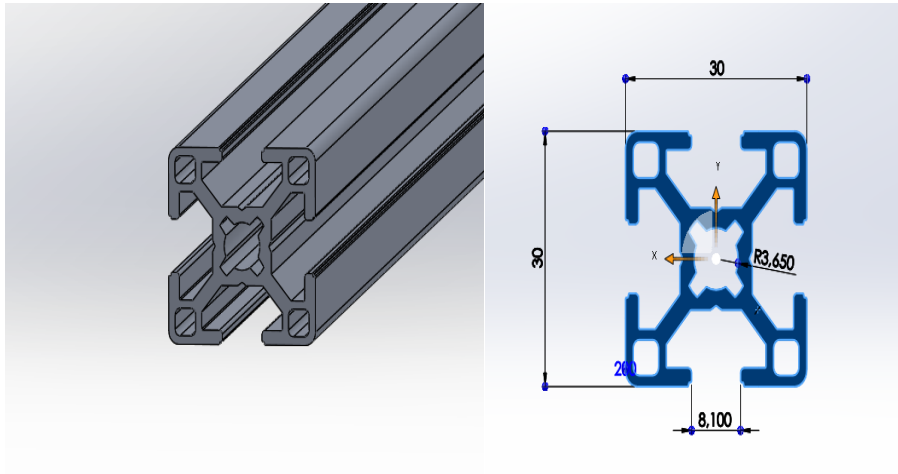
Şekil 28. Lineer Fresnel kolektör konstrüksiyonun kurulumu



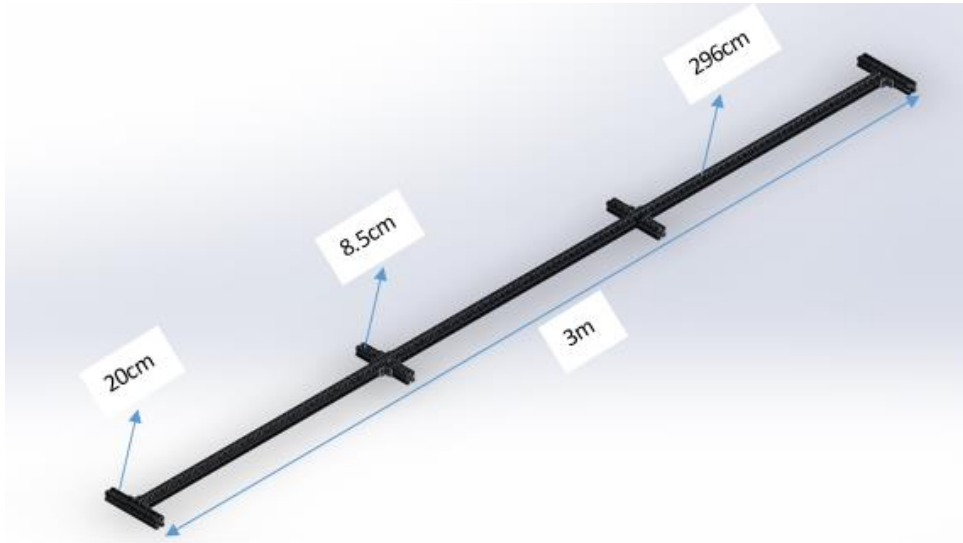
Şekil 29. Fresnel kolektörün alt konstrüksiyon kurulumu

5. Ayna Konstrüksiyonun Hazırlanması

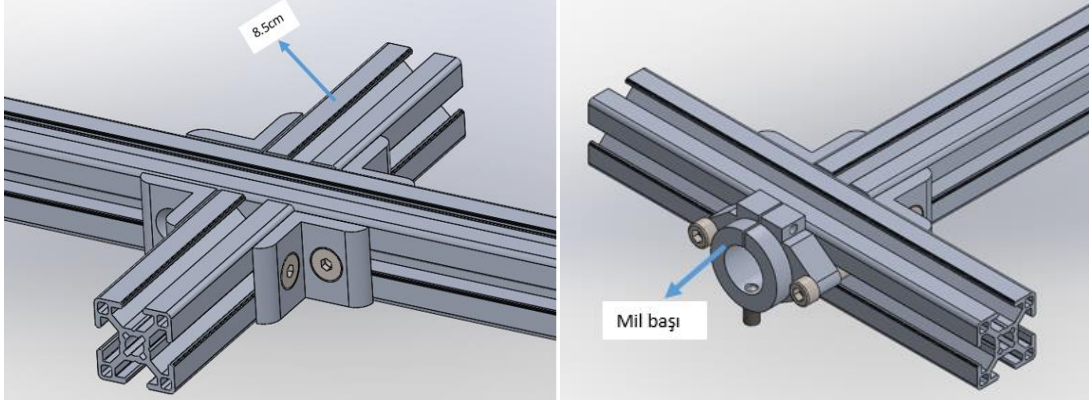
LFK sisteminin güneş ışınımını absorbere yansıtan elemanı olan aynalar, bu rapor döneminde tasarımı yapılarak mekanik analiz çalışması ile boyutlandırılması yapılmıştır. LFK prototipinde 12 m boyunda 20 adet ayna serisi kullanılmıştır. Aynalar Şekil 30'da görülen 30x30 sigma profil kullanılarak üretilmiştir. Tasarımı gerçekleştirilen ayna konstrüksiyonu şematik olarak Şekil 31'de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi 2 adet 20 cm, 4 adet 8.5 cm ve 1 adet 296 cm uzunluğunda sigma profilden oluşmaktadır. Her bir ayna serisi 3 m boyunda 4 adet ayna konstrüksiyonundan oluşmaktadır. Konstrüksiyonun detayları Şekil 32'te verilmiştir.



Şekil 30. 30x30 sigma profil görünüşleri

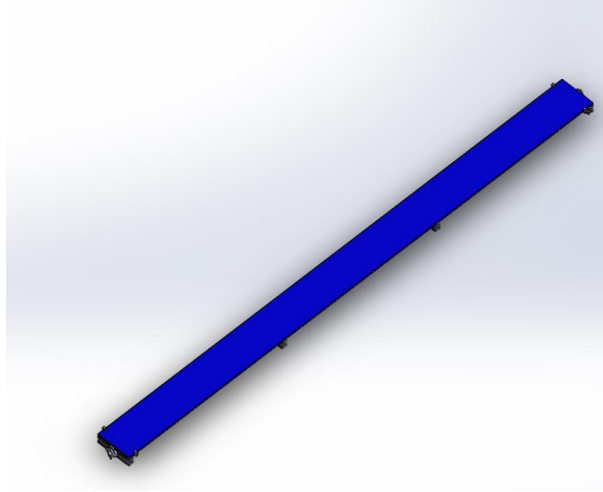


Şekil 31. Ayna konstrüksiyonu genel görüntüsü

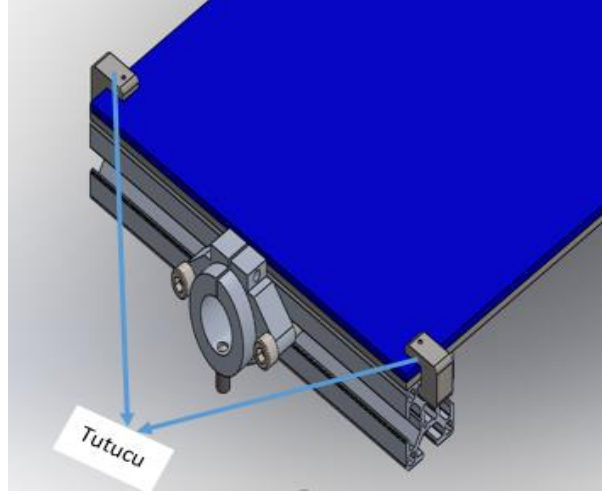


Şekil 32. Ayna konstrüksiyonu detay görüntüleri

Ayna konstrüksiyonuna aynayı bağlamak için özel ayna yapıştırıcısı (Şekil 33) ve tutucular (Şekil 34) kullanılmıştır.

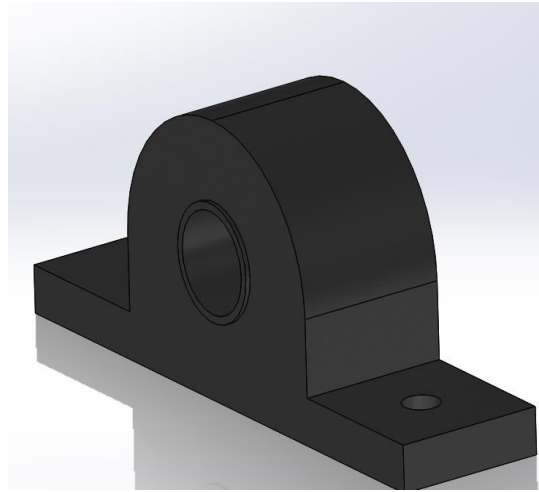


Şekil 33. Ayna konstrüksiyonuna aynanın yapıştırılması

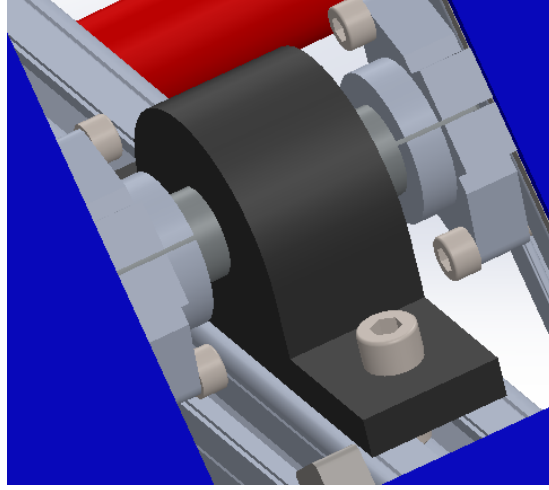


Şekil 34. Ayna konstrüksiyonunda tutucunun kullanılması

İki ayna konstrüksiyonunu seri olarak bağlamak için Şekil 35'te görülen yataklı rulmanlar kullanılmıştır. Güneş takip sisteminden gelen hareketin aynalara iletiminde bağlantı şekli Şekil 36'da gösterilmiştir.

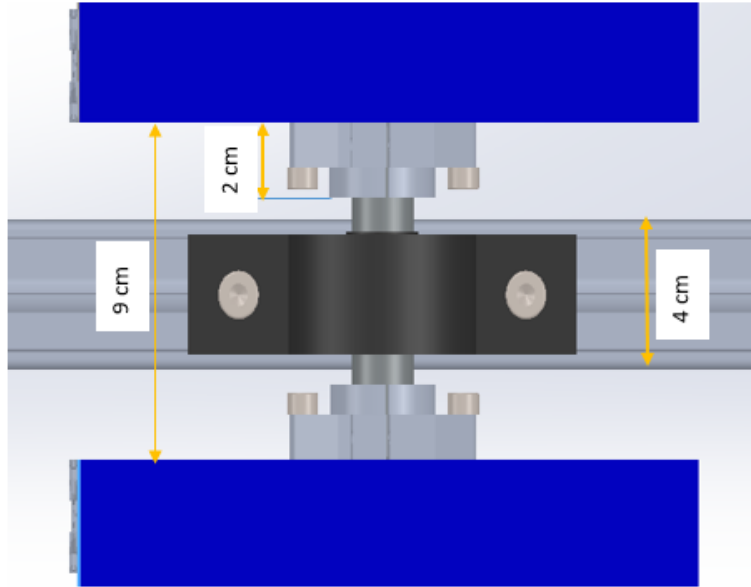


Şekil 35. Yataklı rulman

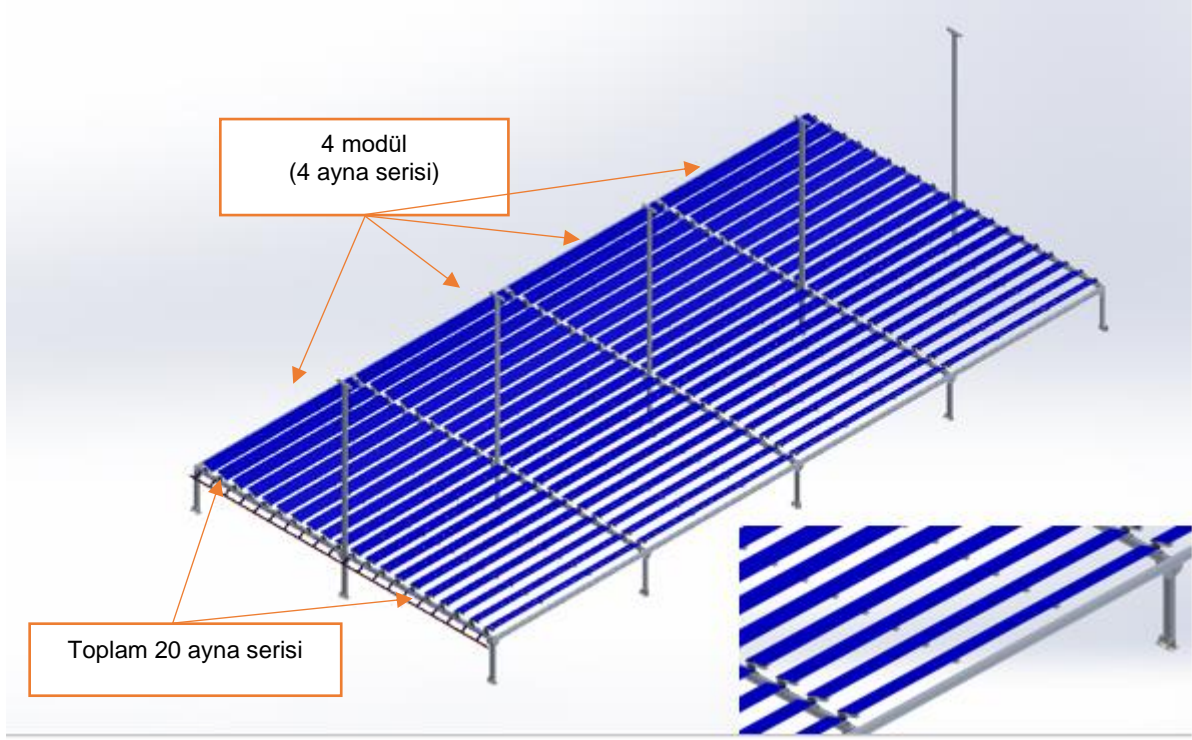


Şekil 36. Güneş takip sisteminden gelen hareketin aynalara iletimi

Aynaları seri olarak bağlamak için 20 mm çapında 9 cm uzunluğunda mil kullanılmıştır. Şekil 37’de iki aynanın seri olarak bağlanması detaylı olarak gösterilmiştir. Ayna serilerinin temel konstrüksiyona yerleştirilmesi Şekil 38’de verilmiştir. 5 kW gücünde 4 adet modül ve her modülde 20 adet ayna serisi bulunmaktadır. Şekil 38’de GAPYENEV merkezinde gerçekleştirilen ayna konstrüksiyonları imalatından görüntüler sunulmuştur.



Şekil 37. Aynaların seri bağlanması



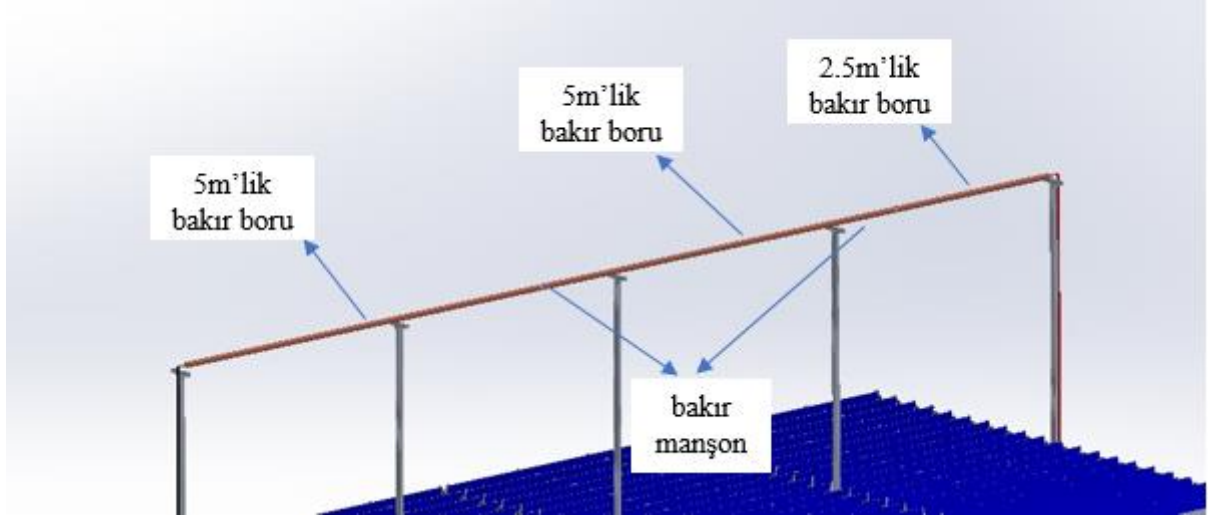
Şekil 38. Temel Konstrüksiyonuna aynaların bağlanması



Şekil 39. Ayna konstrüksiyonu imalat görüntüleri

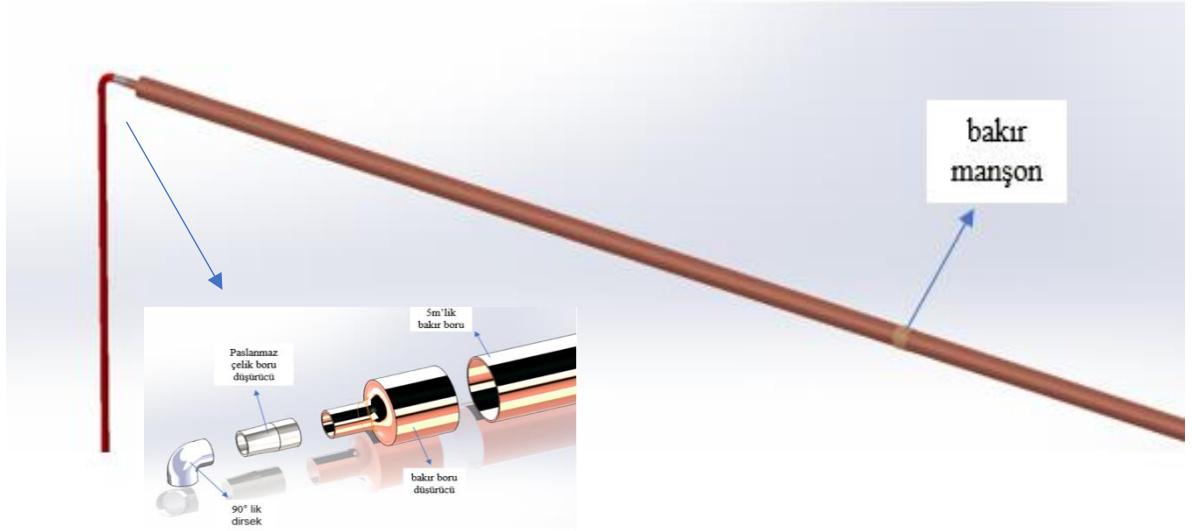
6. Absorberin Hazırlanması

Güneş enerjisinin yoğunlaştırıldığı bölge olan absorber boru 66 mm dış çapında ve 12.5 m boyunca 2 mm et kalınlığında bakır malzemeden üretilmiştir. Absorber tesisatı şematik olarak Şekil 40'da gösterilmiştir.



Şekil 40. Absorber borusu tesisatı

Şekil 41'de detaylı olarak tesisatı görülen absorber boru, 3 adet 5 m uzunluğunda 66 mm çapında 2 mm et kalınlığında bakır boru, 2 adet 66 mm'den 35 mm'ye bakır düşürücü (redüksiyon), 2 adet 35 mm'den 30 mm'ye paslanmaz çelik boru düşürücü (redüksiyon) ve 2 adet 90 derece dirsek paslanmaz çelikten oluşturulmuştur.



Şekil 41. Bakır boru bağlantıları

7. Absorber Yüzeyine Kaplama İşlemi

Bu projede çizgisel odaklı soğurucular için gelen ışığı geniş spektrumda önemli ölçüde soğuracak seçici katmanların oluşturulması amaçlanmıştır. Bunun için gerekli çözeltiler hazırlanarak kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Seçici soğurucu katmanın hazırlanması üç farklı katman kullanılmıştır. Bakır borular kaplanmadan önce yüzeyleri seyreltilmiş nitrik asit ile temizlenmiştir. Temizleme işleminden sonra bakır boruların yüzeyi olası asit kalıntıları için saf su ile durulanmıştır. Daha sonra 1. kaplama işlemine geçilmiştir. 1. Kaplama işleminde temizlenmiş olan bakır boru üzerine hava tabancalı sprej püskürtme yöntemiyle çinko oksit (ZnO) tabakası kaplanmıştır. Tüm yüzeye püskürtme işleminden sonra sıcak hava tabancası ile (~ 300 °C) organiklerin filmden uzaklaşması için kurutma işlemi uygulanmıştır. Şekil 48 ve Şekil 49'da kaplama işlemi ve kaplama işleminden sonra sıcak hava tabancası ile yapılan kurutma işleminin resmi verilmiştir.



Şekil 48. Bakır boruların kaplama işlemi



Şekil 49. Kaplama işleminden sonra kurutma işlemi

Tüm yüzeyin kurutma işleminden sonra daha önceden sıcaklığı 450 °C' ye ayarlanmış olan yatay fırında ısıl işlem uygulanmıştır. Şekil 50'de kaplama ve kurutma işleminden sonra filmlere uygulanan ısıl işlem gösterilmiştir.



Şekil 50. Kaplama ve kurutma işleminden sonra filmlere uygulanan ısıl işlem

Bakır borunun tüm yüzeyinin ısıl işleme maruz kalması için yatay fırınımız hidrolik bir palet üzerinde hareket ettirilmiştir. Bu işlem bittikten sonra 2. Kaplama adımına geçilmiştir. 2. Kaplama adımında CuCoMnOx soğurucu katmanı 1. adımdaki gibi aynı kaplama işlemiyle gerçekleştirilmiştir. Şekil 51’de CuCoMnOx soğurucu katmanın kaplanmasından sonra yatay fırında ısıl işlem uygulama görüntüsü verilmiştir.

Soğurucu katman kaplandıktan sonra SiO_x antireflektif kaplama adımına geçilmiştir. Bu adımda da 1. ve 2. adımlardaki kaplama ve ısıl işlemleri uygulanmıştır. Şekil 52’te seçici soğurucu katman kaplı bakır boruların 3. adımdan sonraki son halinin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 51. CuCoMnOx soğurucu katmanın kaplanmasından sonra yatay fırında ısıl işlem



Şekil 52. Seçici soğurucu katman kaplı bakır borular

Şekil 53'te deneme aşamasında hazırlanan bakır boru örneklerin kaplama öncesi ve sonrası görüntüleri verilmiştir.



Şekil 53. Bakır boru örneklerin seçici soğurucu katmanlar kaplanmadan önce sonraki görüntüleri

Bu çalışmada seçici soğurucu katmanlar bakır boru üzerine başarılı bir şekilde üretilmiştir. Kaplaması yapılan bakır borular (5m'lik 2 adet ve 2.4m'lik borular) oksijen kaynağıyla sahada birleştirilmiştir. Sahadan çalışmaları gösteren fotoğraflar şekil 54'te verilmiştir. Birleştirme sonrasında absorber boruya hava kompresörüyle 5 bar basınçta hava basılarak sızdırmazlık testi yapılmıştır. Şekil 55'te bu işlemin resimleri görülmektedir. Bu işlemlerden sonra hazır hale

gelen Absorber boru, Şekil 56'da gösterildiği gibi lineer Fresnel güneş kolektörüne montajı yapılmıştır.



Şekil 54. Absorber boru imalatı çalışmaları



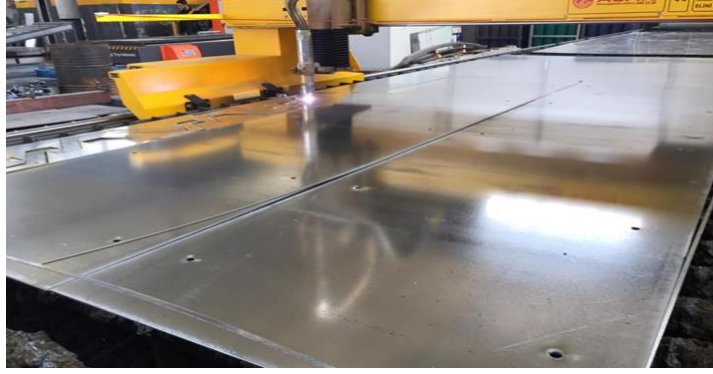
Şekil 55. Absorber boruya sızdırmazlık testi yapılması



Şekil 56. Seçici soğurucu kaplı bakır boruların güneş kolektörüne montajı

8. İkinci Reflektörün Hazırlanması

İkinci reflektör imalatında St 37 kalite sac kullanılmıştır. Başlangıçta şekil 57’de gösterildiği gibi lazer kesim makinası kullanılarak kesim işlemi yapılmıştır.



Şekil 57. İkinci reflektör lazer kesim görünümü

Lazer kesim işlemi bittikten sonra büküm işlemi için saclar abkant makinasına aktarıldı. Şekil 58’te gösterildiği gibi verilen açılara ve uzunluklara göre büküm işlemi yapıldı. Böylelikle ikinci reflektör Şekil 59’de gösterilen son hali elde edilmiştir.

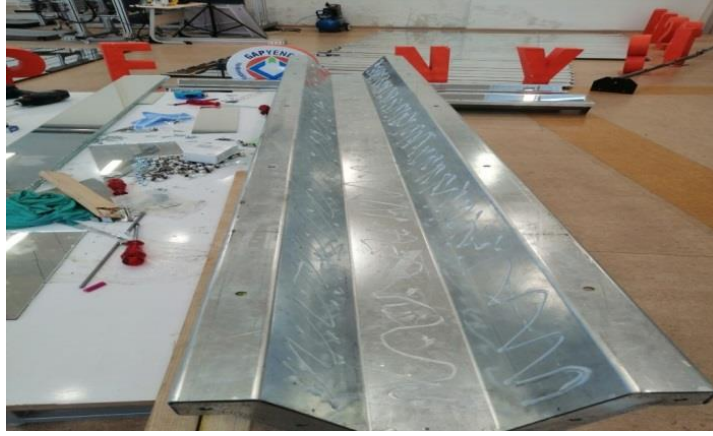
İkinci reflektörün iç yüzeylerine ölçülerine uygun olarak ayna yerleştirilmiştir (Şekil 60). Aynalar yüzeye silikon ile yapıştırılmıştır (Şekil 61). Şekil 62’de sahada montaj çalışmaları görülmektedir.



Şekil 58. İkinci reflektör abkant makinesine bağlanması



Şekil 59. İkinci reflektörün üretiminin son hali



Şekil 60. İkinci reflektörün yüzeylerine ayna yapıştırmak için kullanılan silikonun sürülmesi işlemi



Şekil 61. İkinci reflektörü aynalar takılmış hali



Şekil 62. İkinci reflektörün sahadaki montaj çalışması

İkinci reflektör dış yüzeyleri 4 cm kalınlığında taşıyıcı ısı yalıtım levhası yerleştirilerek dış taraftan 2 mm galvanizli saç ile kaplanarak ısı yalıtımı yapılmış ve dış etkilerden korunmuştur (Şekil 63). İkinci reflektörün alt tarafı (ayna serilerine bakan taraf) 4mm cam ile kapatılarak ısı kaybı engellenmiştir. Şekil 64'te ikinci reflektörün imalat sonrasında elde edilen son hali görülmektedir.



Şekil 63. İkinci reflektöre ısı yalıtımı yapılması



Şekil 64. İkinci reflektörün tüm imatlardan sonra elde edilen görüntüsü

9. Prototip Kurulumu

GAPYENEV merkezinde yürütülen başka bir projede oluşturulan prefabrik bina, lineer Fresnel kolektörün kurulum alanında yapılmıştır. Böylece LFK sisteminde kullanılan cihaz ve ekipmanların yerleştirileceği bir alan oluşturulmuştur. LFK sisteminin kuzey tarafına yerleştirilen prefabrik bina 2 adet büro ve bir adet makina odasından oluşmaktadır ve toplam 60 m²'dir. Şekil 65'de prefabrik binanın yapım aşamalarından fotoğraflar görülmektedir.

Prefabrik binada oluşturulan 2 adet büroda, projenin deneysel çalışmalarının yürütüleceği alanlar olacağı gibi projenin yaygınlaştırılması için yapılacak saha ziyaretlerinde kullanılacaktır. Bu amaçla bürolarda ve makine odasında klima cihazları yerleştirilmiştir.



Şekil 65. Prefabrik binanın kurulumundan görüntüler

Kurulumu gerçekleştirilen lineer Fresnel kolektörün dış saha genel görüntüsü Şekil 66'de verilmiştir. Şekil 67'de LFK sisteminin farklı noktalardan görüntüleri gösterilmiştir. Kolektör boyutu dıştan dışa 6mX12m (72 m²) ve ayna açıklık alanı 48 m²'dir. Prefabrik bina içerisinde bulunan makine odasına akümülayon tankı, eşanjör, pompa, yağ deposu, valfler ve diğer yardımcı ekipman yerleştirilerek sistem oluşturulmuştur.



Şekil 66. LFK prototipi dış saha genel görüntüsü



Şekil 67. LFK prototipinin dış saha görüntüleri