T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI ÇATI GEOMETRİLERİNİN BETON KÖŞK VE BENZERİ KÜÇÜK YAPILARIN ISIL PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

SERKAN GÜNEŞ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2019

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI ÇATI GEOMETRİLERİNİN BETON KÖŞK VE BENZERİ KÜÇÜK YAPILARIN ISIL PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

SERKAN GÜNEŞ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2019

Dr.Öğr. Üye. Zeynel A.FIRATOĞLU danışmanlığında, Serkan GÜNEŞ'inhazırladığı "**Farklı Çatı Geometrilerinin Beton Köşk ve Benzeri Küçük Yapıların Isıl Performansına Etkisinin İncelenmesi**" konulu bu çalışma 16/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Dr. Öğr. Üye. Zeynel A. FIRATOĞLU **……**

Üye : Prof. Dr. Refet KARADAĞ **…….**

Üye : Doç. Dr. Mustafa ÖZEN **…….....**

Bu Tezin Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Doç. Dr. İsmail HİLALİ
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iii
ÇİZELGELER DİZİNİ vi
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR DİZİNİ vii
1. GİRİŞ 1
Tezin önemi ve amacı 1
1.2. Tezin Kapsamı 2
1.3. Tezin katkısı ve getireceği yenilikler 3
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 4
2.1. Güneş radyasyon etkisine yönelik çalışmalr 4
2.4. Önceki çalışmaların değerlendirilmesi 8
3. MATERYALve YÖNTEM 9
3.1.1. Yapısal özellikleri 11
3.1.2. Üretim ölçüleri 11
3.1.Deneysel ölçümlerde izlenen yöntemler ve araçlar 12
3.3. Nümerik metodoloji 16
3.3.1 Radyasyon modeli 16
3.3.2. Akış alanının modellenmesi 19
3.4.1. Katı model tasarımı 22
3.5.3. Mesh yapısı 22
3.5.4. Sınır şartları 24
3.5.5. Türbülans model 26
3.5.6. Duvar fonksiyonu 27
3.6. CFD simülasyonların güvenirliliği 28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 32
4.1. Farklı zaman periyodlarında konik çatılı beton köşklerin termal performansının araştırılması 33
4.2. Farklı zaman periyodlarında düz çatılı beton köşklerin termal performansının araştırlması 48
4.3. Farklı rüzgar atak açılarında beton köşklerin termal performansının incelenmesi …… 61
4.4. Deneysel ölçümler 89
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 93
KAYNAKLAR 100
ÖZGEÇMİŞ 103

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI ÇATI GEOMETRİLERİNİN BETON KÖŞK VE BENZERİ KÜÇÜK YAPILARIN ISIL PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Serkan GÜNEŞ

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman :Yrd. Doç. Dr. Zeynel A. FIRATOĞLU
Yıl : 2019, Sayfa :103

Günümüzde enerjide yaşanan darboğaz ve konvansiyonel enerji kaynaklarının çevreye olası etkilerin bir sonucu olarak özellikle ülkemiz gibi enerjide dışa bağımlı olan ülkelerdeki genel trend enerjinin elde edilmesi ve kullanılmasına yönelik yeni araç ve yöntemlerin geliştirmesidir. Yeni araç ve yöntemler alternatif enerji kaynakları, enerji verimli yeni malzeme arayışı ve ısıtma-soğutma yükünü minimize edece pasif yenilikçi yöntemlerin geliştirilmesi şeklinde üç başlık altında toplanabilir. Söz konusu araç ve yöntemlerin geliştirmesine yönelik en büyük kaygı mevcut yöntemler ile maliyet açısından rekabet edebilme ölçüsünün düşük olmasıdır. Bunun sonucu olarak günümüzdeki diğer bir trend ise bölgelere özgü yerel malzemelerden veya yapı mimarisinden yararlanarak yeni enerji verimli yöntem ve malzemelerin geliştirilmesine yöneliktir. Sözü edilen iki trendin de başarısı ancak mevcut araç ve yöntemlerinin performans ve maliyet ilişkilerinin ölçülebilir parametreler ile tanımlanıp enerji verimliği açısından yapılacak düzenlemelerin maliyette getireceği iyileştirme veya olumsuzlukların tespiti ile mümkündür. Bu çalışmada 800kW monoblok bir trafo köşkü seçilerek düz ve konik çatı geometrilerin akış ve ısı karakteristiklerinin ilişkisi tanımlanarak havalandırma performansı tespit edilmiştir. Çalışmada deneysel ölçümler yanı sıra 18 tane farklı durum için CFD simülasyonları yürütülmüştür. İlk altı CFD simülasyonunda gün boyunca farklı üç zaman periyodunda düz ve konik çatının referans alınan binanın akış ve ısı karakteristiklerine etkisi araştırılmıştır. Sonraki CFD simülasyonlarında konik çatılı beton köşk referans olmak üzere farklı rüzgar atak açılarının bina performansına etkisi araştırılmıştır. Yürütülen ölçüm ve CFD simülasyonları sonucunda varılan bulgular: (i)Konik çatı üzerine düşen ortalama güneş ışınımı şiddeti açısından yaklaşık saat dilimine göre %10-20 aralığında daha avantajlıdır. (ii) Konik çatının havalandırma açısından öne çıkan avantajı yapısından dolayı içerisinde meydana gelen akış alanıdır. (iii)Konik çatısının yapısından veya içerisinde oluşan akış alanından dolayı dış iç ortama daha fazla akışkan girişi olmakta ve akışkan debisi direkt olarak trafonun ısı taşınım katsayısını yükselmektedir. (iv) Rüzgar atak açısının iç ortalama giren akışkan debisi üzerinde %400 gibi yüksek oranlarda etkisi söz konusudur. Bundan dolayı beton köşk veya diğer yapıların kurumunda bölgenin hâkim rüzgar yükü dikkate alınarak kurulumun yapılması, kritik bir öneme sahiptir.

ANAHTAR KELİMELER: Beton Köşk, CFD, deneysel ölçümler, akış yapısı, havalandırma performansı, termal performans

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT ROOF GEOMETRIES ON THERMAL PERFORMANCE OF CONCRETE MANSIONS AND SIMILAR SMALL STRUCTURES

Serkan GÜNEŞ

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Asist. Prof. Dr. Z. Abidin FIRATOĞLU
Year: 2019, Page :103

As a result of the possible bottleneck in energy and the possible effects of conventional energy sources on the environment, the general trend especially in countries that are dependent on foreign energy such as our country is the development of new tools and methods for obtaining and using energy. New tools and methods can be grouped under three eadings: alternative energy sources, the search for energy efficient new materials and the development of passive innovative methods to minimize the heating-cooling load. The main concern for the development of these tools and methods is the low level of competitiveness with the existing methods. As a result, another trend today is the development of new energy efficient methods and materials by utilizing local materials or building architectur especific to the region. The success of these two trends is only possible by determining the performance and cost relations of the existing tools and methods with measurable parameters and determining the cost improvements or negativities of there gulations to be made in terms of energy efficiency. In this study, a 800kW monoblock transformer kiosk was chosen, and there lationship between the flow and heat characteristics of flat and conical roof geometries was defined and ventilation performance was determined. In addition to experimental measurements, CFD simulations were performed for 18 different cases. In the first six CFD simulations, the effect of the flat and conical roof on the flow and temperature characteristics of the referenced building was in vestigated in three different time periods through out the day. In the subsequent CFD simulations, the effect of different wind attack angles on the building performance was investigated with reference to conical roofed concrete kiosk. The results of the measurements and CFD simulationsare as follows: (i) It is more advantageous in terms of the average solar radiation intensity falling on the conical roof in the range of 10-20% compared to the time zone. (ii) The main advantage of the conical roof in terms of ventilation is its flow area due to its structure. (iii) Due to the structure of the conical roof, there is a greater flow of fluid into the internal environment and the flow rate of the transformer directly increases the heat transfer coefficient of the transformer. (iv) Wind attack angle has an effect of as high as 400% on the internal average incoming fluid flow. Therefore, the installation of concrete kiosk soro ther structures considering the prevailing wind load of the region is of critical importance.

KEY WORDS: Concrete kiosk, CFD, axperimental measurements, flow structure, ventilation performance, thermal performance

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil. 3.1 Bir beton köşkün (a) genel dış görünüşü ve (b) yapısı. 10
Şekil 3.2. Beton köşk ölçüleri. 11
Şekil 3.3. Ölçümler için imalatı yapılan (a) konik ve (b) düz çatılı prototipler..... 13
Şekil 3.4. Ölçümler için kullanılan prototiplerin iç yapısı. 14
Şekil 3.5. Ölçümlerin değerlendirilmesinde izlenecek yöntemin şematik gösterimi..... 15
Şekil 3.6. Ölçümlerde kullanılan (a) termal kamera ve (b) data logger..... 16
Şekil 3.7. CFD simülasyonları için tasarlanan (a) konik (b) düz çatılı beton köşkler ve (c) iç yapılarının katı modelleri 23
Şekil 3.8. Beton köşke yakın çevresinin mesh tasarımı. 24
Şekil 3.9. Tasarımı gerçekleştirilen akış alanı ve sınırları a. bina, b. bina etrafındaki akışalanı model. 25
Şekil 3.10. Türbülanslı akışta sınır tabaka bölgeleri (Umur, 2009)..... 28
Şekil 3.11. α=00 atak açısında 12:40 zaman periyodunda konik çatı durumu için yüzey boyunca y+ değeri. 31
Şekil 4.1. Akış alanında solar radyasyon için seçilen yönler. 32
Şekil 4.2. Konik çatılı beton köşkin12:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T_∞) 34
Şekil 4.3. Konik çatılı beton köşkün 12:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞) 35
Şekil 4.4. Konik çatılı beton köşkün 12:40 zaman periyodunda ve 00 atak açısında (a)çatı yüzeyine düşen güneş ışınımı ve (b) çatı yüzeyinin boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞) 36
Şekil 4.5. Konik çatılı beton köşkün 12:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında trafonun yüzey boyunca ısı taşınım katsayısı (a) trafo ön yüzü ve (b) trafo arka yüzü perspektif bakış. 37
Şekil 4.6. Konik çatılı beton köşkün 09:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T_∞) 38
Şekil 4.7. Konik çatılı beton köşkün 09:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞) 40
Şekil 4.8. Konik çatılı beton köşkün 09:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında (a)çatı yüzeyine düşen güneş ışınımı ve (b) çatı yüzeyinin boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞) 41
Şekil 4.9. Konik çatılı beton köşkün 09:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında trafonun yüzey boyunca ısı taşınım katsayısı (a) trafo ön yüzü ve (b) trafo arka yüzü perspektif bakış. 42
Şekil 4.10. Konik çatılı beton köşkün 15:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T_∞) 43
Şekil 4.11. Konik çatılı beton köşk15:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞) 44
Şekil 4.12. Konik çatılı beton köşk15:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında (a)çatı yüzeyine düşen güneş ışınımı ve (b) çatı yüzeyinin boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞) 45
Şekil 4.13. Konik çatılı beton köşk15:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında trafonun yüzey boyunca ısı taşınım katsayısı (a) trafo ön yüzü ve (b) trafo arka yüzü perspektif bakış. 46
Şekil 4.14. Konik çatılı beton köşk15:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında y=110mm mesafede xz düzleminde akış çzgileri 48
Şekil 4.15. Düz çatılı beton köşkün 12:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T_∞) 50
Şekil 4.16. Düz çatılı beton köükün 12:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında çatı yüzeyinin boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞)..... 51

Şekil 4.17. Düz çatılı beton köşkün 12:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞)....52
Şekil 4.18. Düz çatılı beton köşkün 12:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında trafonun yüzey boyunca ısı taşınım katsayısı (a) trafo ön yüzü ve (b) trafo arka yüzü perspektif bakış....53
Şekil 4.19. Düz beton köşkün 09:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T_∞)....54
Şekil 4.20. Düz beton köşkün 09:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında çatı yüzeyinin boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞)....55
Şekil 4.21. Düz çatılı beton köşkün 09:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞)....56
Şekil 4.21. Düz çatılı evin 09:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında trafonun yüzey boyunca ısı taşınım katsayısı (a) trafo ön yüzü ve (b) trafo arka yüzü perspektif bakış. 57
Şekil 4.22. Düz çatılı evin 15:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T_∞)....59
Şekil 4.23. Düz çatılı evin 15:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında y=150mm ekseninde akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T_∞) 60
Şekil 4.24. Düz çatılı beton kökün 15:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında çatı yüzeyinin boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞)....60
Şekil 4.25. $\alpha=15^0$ rüzgar atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksende boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri 62
Şekil 4.26. $\alpha=15^0$ rüzgar atak açısında akışkan alanında y=150 mm mesafede xz düzlemindeki boyutsuz sıcaklı dağılımı ve akış çizgileri....63
Şekil 4.27. $\alpha=15^0$ rüzgar atak açısında trafo ön ve arka yüzeyinde ısı taşınım katsayısının dağılımı 64
Şekil 4.28. $\alpha=30^0$ rüzgar atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksende boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri 65
Şekil 4.29. $\alpha=30^0$ rüzgar atak açısında akışkan alanında y=150 mm mesafede xz düzlemindeki boyutsuz sıcaklı dağılımı ve akış çizgileri....66
Şekil 4.30. $\alpha=30^0$ rüzgar atak açısında trafo ön ve arka yüzeyinde ısı taşınım katsayısının dağılımı 67
Şekil 4.31. $\alpha=45^0$ rüzgar atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksende boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri 68
Şekil 4.32. $\alpha=45^0$ rüzgar atak açısında akışkan alanında y=150 mm mesafede xz düzlemindeki boyutsuz sıcaklı dağılımı ve akış çizgileri....69
Şekil 4.33. $\alpha=45^0$ rüzgar atak açısında çatı yüzeyinde boyutsuz sıcaklık dağılımı. 70
Şekil 4.34. $\alpha=45^0$ rüzgar atak açısında trafo ön ve arka yüzeyinde ısı taşınım katsayısının dağılımı.... 71
Şekil 4.35. $\alpha=60^0$ rüzgar atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksende boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri 72
Şekil 4.36. $\alpha=60^0$ rüzgar atak açısında akışkan alanında y=150 mm mesafede xz düzlemindeki boyutsuz sıcaklı dağılımı ve akış çizgileri....73
Şekil 4.37. $\alpha=60^0$ rüzgar atak açısında trafo ön ve arka yüzeyinde ısı taşınım katsayısının dağılımı.... 74
Şekil 4.38. $\alpha=75^0$ rüzgar atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksende boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri 76
Şekil 4.39. $\alpha=75^0$ rüzgar atak açısında akışkan alanında y=150 mm mesafede xz düzlemindeki boyutsuz sıcaklı dağılımı ve akış çizgileri....77
Şekil 4.40. $\alpha=75^0$ rüzgar atak açısında trafo ön ve arka yüzeyinde ısı taşınım katsayısının dağılımı 78
Şekil 4.41. $\alpha=90^0$ rüzgar atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksende boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri 79
Şekil 4.42. $\alpha=90^0$ rüzgar atak açısında akışkan alanında y=150 mm mesafede xz düzlemindeki boyutsuz sıcaklı dağılımı ve akış çizgileri....80
Şekil 4.43. $\alpha=90^0$ rüzgar atak açısında trafo ön ve arka yüzeyinde ısı taşınım katsayısının dağılımı.... 81

ekil 4.44. $\alpha=120^0$ rüzgar atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksende boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri 83
Şekil 4.45. $\alpha=120^0$ rüzgar atak açısında akışkan alanında y=150 mm mesafede xz düzlemindeki boyutsuz sıcaklı dağılımı ve akış çizgileri 84
Şekil 4.46. $\alpha=90^0$ rüzgar atak açısında trafo ön ve arka yüzeyinde ısı taşınım katsayısının dağılımı 85
Şekil 4.47. $\alpha=140^0$ rüzgar atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksende boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri 87
Şekil 4.45. $\alpha=120^0$ rüzgar atak açısında akışkan alanında y=150 mm mesafede xz düzlemindeki boyutsuz sıcaklı dağılımı ve akış çizgileri 88
Şekil 4.46. 09:40 zaman dilimi α=10 derece ve 2m/s serbest akış hızı derece termal kamera görüntüsü 90
Şekil 4.47. 15:40 zaman dilimi α=5 derece ve 1.5m/s serbest akış hızı derece termal kamera görüntüsü 91
Şekil 4.48. Alçak gerilim odasının merkez ekseninden ve orta gerili ile trafo odasının konik çatı ekseninde dikey yönde alınan sıcaklık ölçümlerinin ortalaması. 92
Şekil 5.1. Farklı rüzgar atak açısına göre beton köşke giren akış debisi ve tarafo yüzeyinin ısı taşınım katsayısı 97
Şekil 5.1. Farklı rüzgar atak açısına göre çatıya düşen güneş ışınım şiddeti ve çatı yüzeyinin ısı taşınım katsayısı 98

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Standart beton köşk ölçütleri. 12
Çizelge 3.2. Tez çalışmasında CFD simülasyonlarında sırasıyla izlenen süreçler. 21
Çizelge 3.3. Seçilen Türbülans model sabitleri. 27
Çizelge 3.3. farklı mesh sayılarında yürütülen simülasyonlarda paneli yüzeyinin ortalama basınç katsayısı 29
Çizelge 3.4. Deneme CFD simülasyonlarında mesh tasarımının minumum ve maksimum mesh skalaları. 30
Çizelge 4.1. Simülasyonların yürütüldüğü zaman dilimlerinde yatay yüzeye göre güneş ışınım vektörleri. 33
Çizelge 5.1. Beton köşke dış akış alnında giren akışkan debisi. 93
Çizelge 5.2. Çatının ortalama ısı taşınım katsayısı. 94
Çizelge 5.3. Trafonun ortalama taşınım katsayısı. 95
Çizelge 5.4. Çatıya düşen ortalama güneş radyasyon akısı. 95
Çizelge 5.5. Farklı rüzgâr atak açılarında trafo yüzeyinin ısı taşınım katsayısı ve beton köşke çevredeki akış alanından giren akışkan debisi. 96
Çizelge 5.6 Farklı rüzgar atak açılarında çatının ortalama ısı taşınım katsayısı ve yüzeye düşen güneş ışınım şiddeti. 98

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER DİZİNİ

h Isı taşınım katsayısı (W/m^2K)

H Termal yüzeye gelen ısı akısı (W/m^2K)

L Karakteristik uzunluk (W/mK)

T Sıcaklık (K)

T_y Yüzey sıcaklığı (K)

KISALTMALAR DİZİNİ

RANS Reynolds Avaregen Navier Stokes

LES Latrge Eddy Simulation

TKE Hesaplamalı akışkanlar dinamiği

AG Alçak Gerilim odası

OG Orta Gerilim odası

TR Trafo Odası

DO Ayrık ordinatlar radyasyon modeli

1. GİRİŞ

1.1.Tezin Önemi ve Amacı

Gelişmiş ülkelerde toplam enerjinin %40 kadarı konut ve ticari binalarda tükettirmektedir. Dolayısıyla binaların termal performans açısından optimal dizaynı enerji verimliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Bir yapının optimal termal performansı belirlenmesi ancak çatı, duvarlar, pencere v.b. bir çok alt bileşeninin bir arada değerlendirilmesi ile mümkündür. Günümüzdeki genel trend yapıların termal performansına yönelik pasif yöntemlerin geliştirilmesi yönündedir. Bu tez çalışmasında gün boyunca tüm atmosfer koşullarına direkt maruz kalan çatı geometrisi üzerine odaklanmıştır. Bina çatısının özellikle sıcak ve kurak bölgelerde bina termal performansı üzerine etkisi diğer iklim koşullarına göre çok daha büyüktür. Günümüzdeki geleneksel kanı Ortadoğu gibi kurak ve sıcak iklime sahip bölgelerde geleneksel ve yerel mimarilerde kubbeli ve tonoz çatılar yüzyıllardır kullanılmakta ve yapılar pasif olarak serinletilip enerji masraf ve çevre kirliliğinden kazanım sağlanmaktadır. Bu yapı tiplerine,Cami katedralve kilise gibi dini yapılarda ve sıcak bir iklime sahip olan Güneydoğu Anadolu bölgesi Harran yöresinde milattan önce 7. yüzyıla kadar uzanan geçmişe sahip Harran evlerinde örnekler verilebilir.

Kimi araştırmacılar için kubbeli veya konuk çatı dini ve kültürel sebeplere dayandırırken kimileri mühendislik bilgisinin seviyesine kimileride tamamen iklim koşularının bir sonucu olduğu kanısındadır. Ortaya konan bütün açıklamalardaki varsayım, sıcak ve kurak iklim şartlarında bu tür küresel çatılara sahip binaların düz çatılı olanlara göre iç ortam sıcaklığını daha düşük tuttuğu ve daha çok ışınımı yansıttığıdır. Şanlıurfa yerel mimarisinde sıkça rastlanan kubbeli ve konik tipi çatı tipi gerek bölgenin iklim şartlarına ve gerekse bölgede enerji kaynaklarının kısıtlı olması göz önüne alındığında bu yapıların etkin kullanımının önemi daha çok anlaşılmaktadır. Bu tez çalışmasının amacı konik bir çatının düz çatı tipine nazaran havalandırma performansını deneysel ve nümerik yöntemler ile araştırmaktır.

Tez çalışmasında bina tipi olarak özellikle orta ölçekli yerleşimlerin elektrik ihtiyaçlarını karşılamak için tasarlanan trafoların muhafazası işlevinin gören beton köşkler seçilmiştir. Çünkü özellikle küçük hacimli yapılarda çatının bina havalandırmasına etkisi büyük yapılara nazaran çok daha hissedilir derecelerdedir.

1.2. Tezin Kapsamı

Enerji tüketiminde ki dramatik artış trendinin en büyük sebebi,nüfusun artışı yanında teknolojide sağlanan gelişmeler ile teknolojinin artık günlük hayatımızın bir parçası olmasıdır. Son yılardaki istatistikler enerji tüketiminin nüfus artış oranının çok üstesinde olduğunu göstermektedir. Söz konusu enerji tüketimindeki dramatik artış ülkeleri daha verimli enerji ve varolan enerjiyi koruma ve geliştirmeye zorlamaktadır. Yenilikçi stratejileri geliştirmenin önündeki en büyük engellerden biri ise iklim şartlarıdır. Günümüzdeki genel trend ise pasif yanı enerji gerektirmeyen yöntemler ile herhangi bir sistem veya mahallin iklim şartlarından kaynaklanan kısıtlamaları minimize etmektir. Bu tez çalışmasında beton köşkler referans alınarak yapının termal ve havalandırma performansını artırıcı yeni yöntem ve araçlar geliştirilmesi yönünde veri elde etme hedeflenmektedir. Bir beton köşk tasarımında temel hedef trafo ve bileşenleri tarafından üretilen ısıyı olabildiğince hızlı bir şekilde sistemden uzaklaştırmaktır.

Bu tez süreci boyunca, hedefe yönelik yapılan araştırmalarda, karşılaşılantemel problem biri trafo çalışması boyunca akış yapısının geometrik parametreler ile ilişkisinin deneysel olarak gösterilememesidir. Bu problemlerin aşılması için kullanılan prototip imal edilerek her bir prototipin şekilsel performansının ölçülmesi ve çeşitli geometrilerle tasarlanan prototiplerin deneysel verilerle doğrulanmış CFD simülasyonlarıyla takip edilmesi iki farklı yöntem sayesinde izlenebilir. İlk yöntem, geometrikolarak belirli yüzdeler ile küçültülerek tasarlanan prototipler belirli periyotlarla ölçümler alınarak ikinci yöntem ile karşılaştırılmıştır. Bu bağlamda tez çalışması;

i. Referans alınan bir beton köşkün performansının deneysel ölçülmesi,

ii. Referans alının köşkün katı modelinin tasarımı ve performansının tespiti yönünde CFD simülasyonlarının yürütülmesi,

iii. Referans alınan köşk için yürütülen CFD simülasyon sonuçlarının deneysel ölçümler ile doğrulanması,

iv. 18 farklı rüzgar atak açısında referans alınan yapının havalandırma performansının CFD simülasyonları ile araştırılması

şeklinde dört aşamada gerçekleşmiştir.

1.3. Tezin Katkısı ve Getireceği Yenilikler

Yukarıda değinildiği üzere enerji tüketimdeki dramatik artış enerji üretim ve dağıtım sektörünü kaçınılmaz olarak büyütmüştür. Söz konusu sektörde faaliyet gösteren firmalar, enerji üreticileri ve sistem bileşenlerinin imalatçıları şeklinde, iki grupta değerlendirilebilir. Gerek üreticiler ve gerekse imalatçılar açısından en kritik bileşenlerden biri trafodur. İşletme sırasında trafolarda karşılaşılan en büyük problem ısınmadır. Isınma problemlerinden dolayı işletme sırasında trafonun yanma, patlama devre dışı kalması şeklinde olumsuzluklar ile karşılaşılmaktadır. Bu olumsuzluk sistem maliyeti yanında uzun süreli elektrik kesintilerine sebep olduğundan gerek konutlarda ve gersek endüstride önemli derecede iş kayıplarına neden olabilmektedir. Bundan dolayı yukarıda değinildiği üzere trafoların muhafaza edildiği yapılar olan beton köşklerin termal performansı kritik bir öneme sahiptir. Bu kritik durum Güneydoğu Anadolu gibi sıcak iklime sahip bölgelerde çok daha dramatik bir hal almaktadır. Tez çalışmasında endüstrinin söz konusu kritik durumu çözmeye yönelik çalışmalar yürütülmesi açsından özgündür.

Ülkemizde beton köşk üretim yapan firmalar imalat aşamalarında büyük çoğunluğu tecrübe veya amprik bağlantılara dayanarak tasarımlarını gerçekleştirmektedirler. Üretilen ürün veya ürünlerin çoğunlukla termal performans açısından optimal bir tasarı çerçevesinde olmadıklarından hem yukarıda değinilen kritik sorunu çözmeden uzak hem de uluslararası pazar rekabetindeki dereceleri

oldukça düşüktür. Bu nedenle tez çalışmasından elde edilen veriler konu ile ilgili faaliyet gösteren firmaların optimal tasarım gerçekleştirmelerinde önemli derecede katkıları olacaktır. Bunun yanında beton köşk referans alınarak, tez çalışması kapsamında yürütülen deneysel ölçümler ile doğrulanmış CFD simülasyonları aracılığıyla, geometrik parametrelerin mahal boyunca akış yapısı ve havalandırma performansı arasındaki ilişkinin tespiti şeklindeki aşamalarının bir arada yürütülmesi tez çalışmasının özgünlüğünü ortaya koymaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çatı tüm atmosferik iklim koşullarına direkt maruz kaldığından bir yapının termal performans açısından en kritik bileşenidir. Dolayısıyla çatı geometrisinin yapı termal performansına etkisini inceleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaları üç gruba ayırdığımızda, ilk gruptaki çalışmalar; kubbeli veya tonoz çatılarda güneş geometrisine ve yüzeyin açısına bağlı olarak güneşten ısı kazanımını hesaplamış, kendinden gölgelenme etkisi incelenmiş, solar performansları incelenmiştir. Bina dışı uygulamalar olarak adlandırabileceğimiz ikinci gruptaki çalışmalar ise tam ölçekli, rüzgar tüneli ölçümleri ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği kullanarak üç boyutlu modellerle rüzgâr kaynaklı doğal havalandırma imkânlarını geliştirmek amacıyla tonoz çatılı yapıların bu konudaki potansiyellerini değişik iklim ve geometrik parametreleri göz önüne alarak incelemişlerdir. Üçüncü grup çalışmalarda ise bina içi termal uygulamalarda ise bina içindeki rüzgâr kaynaklı hava hareketinde çatı şeklinin etkisini incelenmiş ideal koşullarda yaz aylarında düz çatı yapısıyla kıyaslandığında iç ortam sıcaklık farkı ve sıcak mevsimlerde bu yapıların iç hava sıcaklığını nasıl düşürmeye yardımcı olduğu incelenmiştir.

2.1. Güneş radyasyon etkisine yönelik çalışmalar

Gomez-Munoz ve ark. (2003), bir tonoz çatıya düşen güneş ışınımını etkisini araştırmış ve düz çatılarla karşılaştırmalar yapmışlardır. Araştırmaları sonucunda küre şeklindeki tonuz yapıların ekvator yakın bölgelerde düz çatıya nazaran termal açıdan daha iyi bir performans gösterdiğini saplamışlardır. Ulaştıkları diğer bir sonuç ekvatora yakın enlemlerde gün boyunca çatıya düşen güneş enerjinin daha stabil olduğudur. Runsheng ve ark. (2003), Kubbeli ve tonoz geometriye sahip çatıların düz çatıya nazaran yüzey açısına-emiciliğine açısından ısı kazanımlarını araştırmışlardır. Elseragy ve Gadi (2003), tonoz geometriye sahip çatılarda iç konfor ikilim şartlarına güneş ışınımının etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında inceledikleri diğer bir

parametre yatay veya kavisli çatılara düşen güneş ışınımını da hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda referans aldıkları enlemde düz ve kavisli çatıya düşen güneş ışınımı miktarı açısında dramatik farklar olduğunu saptamışlardır. Hadavand ve Yaghoubi (2008), Aynı iklimsel koşularda ve geometrik sınırlarda düz ve tonoz çatılara düşen güneş ışınımı sonucunda yüzeyde meydana gelen ısı transfer miktarını incelemişlerdir. Yaptıkları araştırma sonucun da tonoz çatının düz çatıya nazaran ısı taşınım katsayısının önemli derecede yüksek olduğunu ve rüzgar akış yönünden ileri doğru ışı taşınım katsayısının düştüğünü saptamışlardır. Vardıkları diğer bir sonuç tonuz çatı boyuna sıcaklık dağılımı dramatik değişimler gösterirken düz çatı yüzeyinde stabil kalmaktadır.

2.2. Bina dışı termal uygulamalar

Ayata (2009), y tek katlı evlerde özellikle kış aylarında olası rüzgara çatını etkisini araştırmıştır. Çalışmasını çatısız-tek katlı, çatılı-tek katlı, çatısız iki katlı ve çatılı iki katlı şeklinde dört durum çerçevesinde gerçekleştirmiştir. Her durum için CFD simülasyonları yürütmüş ve yapıların etrafındaki rüzgar hızı ve basınç dağılımlarını detaylı incelemiştir. Yaptığı araştırma sonucunda yapıdan gerçekleşen ısı transferinin çok büyük ölçüde rüzgar hızına bağlı olduğunu saptamıştır. Ling ve ark. (2007), CFD simülasyonları ile yapı kesit geometrisinin yapıya düşen güneş ışınım miktarı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında dikdörtgen ve dairesel kesit yapıları referans almışlardır. Çalışmaları sonucunda en/boy oranı bir olan dairesel kesite sahip yapıların en az güneş enerjisi aldıklarını saptamışlardır. Asfour ve Gadi (2008), hesaplamalı akışkanlar dinamiği kullanarak üç boyutlu modellerle rüzgâr kaynaklı doğal havalandırma imkânlarını geliştirmek amacıyla tonoz çatılı yapıların bu konudaki potansiyellerini değişik iklim ve geometrik parametreleri göz önüne alarak incelemişlerdir. Binanın yapısı, alanı, tonoz çatının geçirgenliği, rüzgâr hızı ve yönünün değişkenler olarak alındığı CFD analizi sonucunda tonozlu yapıların taban tarafındaki emme açıklıkların rüzgâr tarafındaki açıklığının yarısı olduğu durumda havalandırmanın etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Hadavand ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada kuzey-güney

konumundaki tonoz çatılı ve düz çatılı binaların üzerinden doğu-batı yönünde esen rüzgâr akışını incelemek için analiz yapmış ve çatılar üzerindeki hem konveksiyon hem de güneş ışınımı dikkate alınarak tonoz çatıların ısıl performansları incelenmiş ve ısı transfer miktarları düz çatılarla karşılaştırmışlardır. Caracoglıa ve Jones (2009), yaptıkları çalışmalarında üç tropikal fırtınanın geçişi sırasında bina etrafındaki rüzgar hızı ve türbülans karakteristiği araştırmışlardır. Blocken ve ark (2009), bina etrafındaki ısı ve akış karakteristiklerini nümerik (CFD) olarak incelemiş ve nümerik simülasyonların hesaplamada doğurabileceği hataları üzerine bir araştırma yapmışlardır. Araştırma sonucunda nümerik hesaplamaların, rüzgar tüneli ve basitleştirilmiş deneysel veya yarı deneysel denklemlerle kıyaslandığında dikkate değer üstünlükleri vardır, rüzgarla hareket eden yağmur, taşınım ısı ve kütle transferi ve kirletici dağılımı çalışmalarındaki gibi uygulamalı kullanımı önemli sınırlamalarla engel olduğu sonucuna varmışlardır. Nottrotta ve ark. (2011), rüzgar altı taşınım, duvar sınır tabakasının şehir atmosferik ortamı içinde ısı transfer mekanizmasının açıklanmasına yönelik deneysel bir araştırma yapılmışlardır. Araştırma sonucunda ortalama ve türbülanslı sıcaklık dalgalanma yoğunluğu profillerinin karşılaştırılması göstermiştir ki duvar sınır tabaka akışının baskın rejimi türbülanslı doğal taşınım olduğu sonucuna varmışlardır. Mıkhwanve Ruck (2006), piramit şeklimdeki binalar çevresindeki akış ve basınç özelliklerinin deneysel araştırmışlardır. 2D lazer Doppler anemometresi ve standart "pressuretapping" tekniğiyle yaptıkları ölçümlerde, taban açısı ve rüzgar yönünün piramit çevresindeki akışa ve basınç dağılımına tipik etkisi vardır ve akış özelliklerinde, yapı üzerindeki rüzgar yükündeki farklılığa sebep olduğunu gözlemlemişlerdir. Shao ve ark. (2009), düz çatılı bina etrafındaki ısı transfer miktarını naftalin süblimleşme tekniği kullanarak tam ölçekli deneyler ile araştırmış ve elde ettikleri ısı denge metoduyla karşılaştırmışlardır. Araştırma sonucunda naftalin süblimleşme tekniğin bina ısı taşınım katsayısı tespitinde etkili bir yöntem olduğu sonucuna varmışlardır. Clear ve ark. (2003), Düz çatılar için yüzey-hava sıcaklık farkının, rüzgar hızının, rüzgar yönünün, çatı boyutunun ve yüzey pürüzlülüğünün ısı taşınımına etkisini araştırmışlar ve yüzey-hava sıcaklık farkının, rüzgar hızının, rüzgar yönünün, çatı boyutunun ve yüzey pürüzlülüğünün bir fonksiyonu olarak dış ortam taşınım hava-

film katsayısı ifade eden bir bağıntı geliştirilmişlerdir. Liu ve Harris (2007), bina üzerinde belli şartlar aralığında taşınımla ısı transfer miktarını belirlemek amacıyla bir dizi deneysel ölçüm yapılmışlardır. Ölçümler için kısa binalar kullanılmış ve rüzgar hızı ile taşınım ısı transfer katsayısı arasında bağıntılar elde edilmişlerdir.

2.3. Bina içi termal uygulamalar: Pearlmutter (1993) 'in yaptığı araştırmada tonoz çatının geometrisinin ısıl davranışı üzerindeki etkisini yaz ve kış şartlarında incelemiş ve bu tür geometrilerin çöl bölgelerinde iklimsel avantajlarının olduğuna dair çeşitli iddiaların geçerliliğini sorgulamıştır. Deneysel şartlarda, tonoz geometrisinin ısıl kararlılığının daha fazla olduğu ve gündüz sıcaklıkları için daha elverişli olduğu gözlemlenebilir. Bu ısıl farklılığın miktarı hayli küçüktür. Pearlmutter, ideal koşullarda yaz aylarında iki çatı yapısı için kıyaslandığında iç ortam sıcaklık farkı sadece 1-2°C kadar ve en büyük değişiklik ise yüzey yansıtıcılığındaki değişimden dolayı 3.5-7°C'lik fark olduğunu belirtmektedir. Kindangen ve ark. (1997), CFD kullanarak bina içindeki rüzgâr kaynaklı hava hareketinde çatı şeklinin etkisini incelemişlerdir. Yatay düzleme göre göreceli şiddetini gösteren iç hava hareketinin boyutsuz parametresi olan ortalama iç hava hız katsayısı hesaplanmıştır. Çatı şeklinin hava akış modelini ve özellikle hızın büyüklüğünü etkilediği gözlemlenmiştir. Tang ve ark. (2003), çalışmalarında güneş geometrisi ve üç boyutlu süreksiz ısı transfer denklemine dayanarak iklimlendirme yapılan bina içine tonoz çatıdan olan ısı akısını ve günlük ısı akışını hesaplamaya çalışmışlar. Tipik sıcak kuru iklim şartları için yapılan sayısal hesaplamalar sonucunda, bu tip kavisli çatılardan olan ısı akısı ve günlük ısı akışı çatı yarıçapından, kalınlığından ve ısıl özelliklerinden etkilenmemektedir fakat önemli ölçüde kubbeli ve tonoz çatıların yarı çerçeve açısından ve çevre sıcaklığından etkilenmektedir. Tang ve ark. (2006), iklimlendirme yapılmamış düz çatılı ve tonoz çatılı binaların iç hava sıcaklığını dikkate alarak ısıl performanslarını karşılaştırmışlardır. Tonoz yapının çerçeve açısı azaldıkça düz çatılı yapılarla olan sıcaklık farkının azalmakta ve önemsiz değerlere ulaştığı sonucuna varmışlardır ve içeride etkili bir ısıl ortamın oluşması için tonoz yapının çerçeve açısının 50°'den

büyük olması ve kuzey güney doğrultusunda olması gerektiğini belirtmişlerdir. Faghih ve Bahadori (2009), çalışmalarında farklı yapıdaki kubbeli çatıların aldığı güneş ışınımını hesaplamış ve bu tür kubbeli yapıları kaplayan çinilerin emilen toplam ışınıma etkisini tespit etmişler ve eşit taban alanları için kubbeli çatıların düz çatılardan daha çok güneş radyasyonu aldığı sonucunu bulmuşlardır. Ayrıca kubbeli çatıların aldığı güneş radyasyonunun kaplama kullanılarak çinilerle önemli ölçüde azaltılabildiği belirtilmiştir. Faghih ve Bahadori (2011), yaptıkları çalışmanın amacı kubbeli yapıların ısıl performansını incelemek ve sıcak mevsimlerde bu yapıların iç hava sıcaklığını nasıl düşürmeye yardımcı olduğunu çevrelerindeki hava akışını, güneş ışınımını, çevre ve yerle olan ışınım ısı transferini ve binadaki açıklıklar gibi bütün parametreleri göz önüne alarak değerlendirmektir. Kubbeli yapılardaki açıklıklardan dolayı içerdeki pasif hava akışı sıcak günlerde iç konforu sağlamada yardımcı olduğu sonucuna varmışlardır.

2.4. Önceki Çalışmaların Değerlendirilmesi

Yapılan literatür araştırmasında görüldüğü gibi konu ile ilgili birçok akademik ve endüstriyel ARGE çalışmasında genel kapsam optimal tasarım parametrelerinin belirlenmesinde, nümerik simülasyonlar kullanılmasıdır. Yüksek maliyetlerle beraber deneysel ölçüm sürecindeki zorluklar ortaya çıkmaktadır. Bahsi geçen nümerik simülasyonların yürütülmesinde en büyük sorunlardan biri özellikle akış yapısını tamamlayacak olan hesaplama alanının karmaşık matematiksel ve modeller çerçevesinde istatistiksel olarak tanımlanabilmesidir. Bu tanımlama nümerik simülasyonları deneysel ölçümler ile doğrulanmasını zorunlu kılmaktadır.

Önceki paragrafta sözü edilen genel trend ve bu trendeki zorluğu açmak için literatürde izlenen yöntem; (i) mevcut bir pompa için yürütülen nümerik simülasyonların pompanın ölçülen performans değerleriyle doğrulanması ve (ii) doğrulanmış nümerik simülasyon süreçleriyle farklı geometri parametrelerin akış yapısına etkisinin araştırılması şeklinde, iki adımda özetlenebilir. Bu tez çalışması sürecinde de aynı yöntem izlenmiştir.

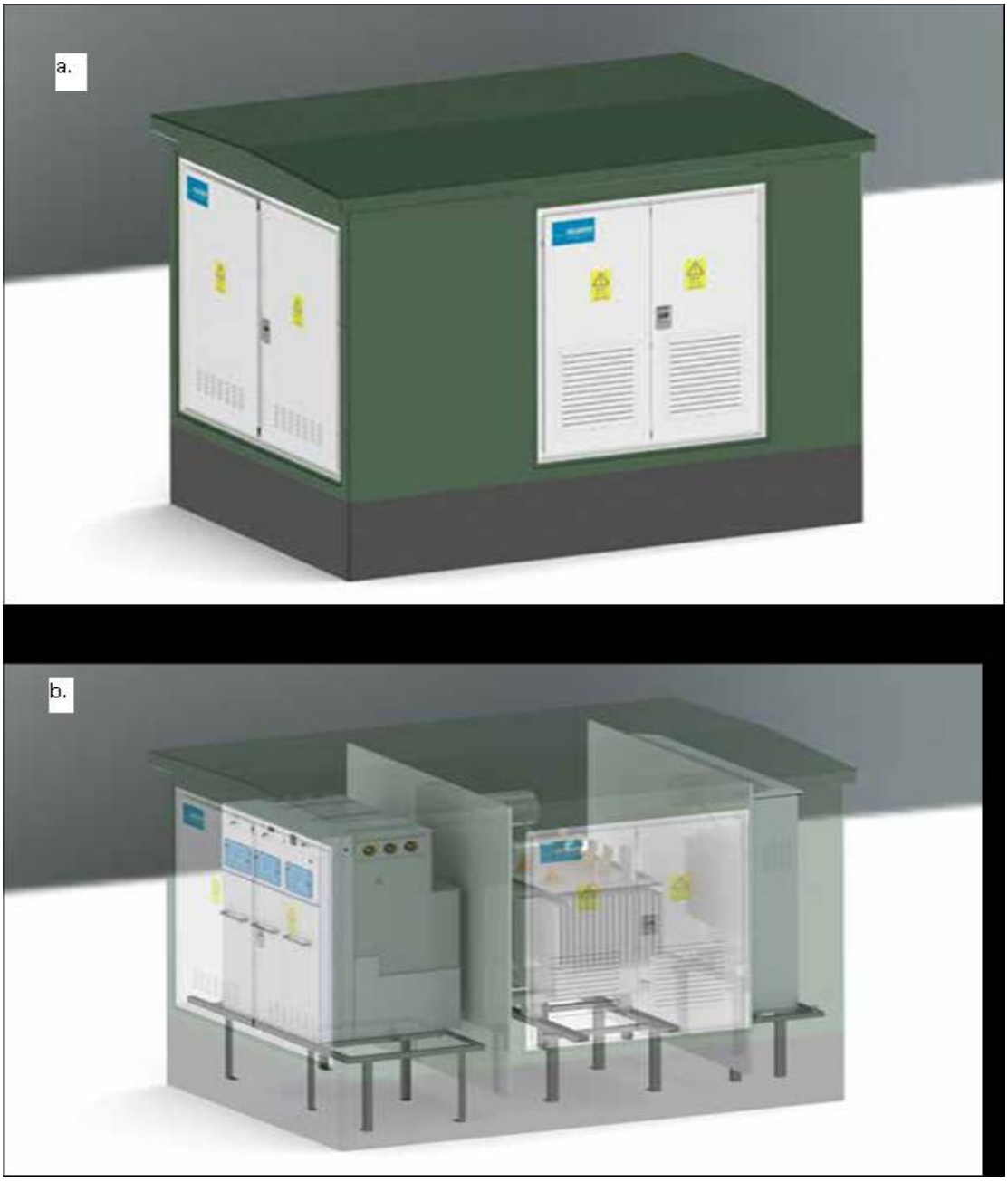
3. MATERYAL ve YÖNTEM

Trafolu ve ilgili bileşenleri muhafaza eden beton köşk orta gerilim (OG), trafo (TR) ve alçak gerilim (AG) olmak üzere üç odadan meydana gelir. Bir beton köşkün termal performansını belirleyen ana parametre trafo ve bileşenlerinin ürettiği ısıyı olabildiğince hız bir şekilde sistemden uzaklaştırabilmesidir. Isının iki nokta arasında taşınmasında mahal geometrisinin direkt etkisi söz konusudur. Çünkü mahal içerisindeki ve gerekse mahal dışındaki akış alanının yapısını belirleyen ana parametre mahal geometridir. Bir yapının iç veya dış geometrisini belirleyen ana parametre gerek mimariye gerekse termal açıdan belirleyen ana bileşen çatıdır. Bunun yanında çatı tüm atmosferik koşullara direk maruz kalan yapı bileşenidir. Bu nedenlerden dolayı tez çalışmasında referans seçilen beton köşkün mevcut yapısı ve konuk çatı durumunun termal performansı deneysel ve nümerik süreçler ile araştırılmıştır. Bu bölümde tez çalışmasının yürütülmesinde izlenen yöntemler ve kullanılan araçlar sunulacaktır. İlk etapta mevcut beton köşk yapıları ile ilgili kısa bilgi verildikten sonra deneysel ve nümerik hesaplama yöntem ve araçları sunulacaktır.

3.1. Köşk Tipi Transformatör Merkezleri

Alçak gerilim (AG) dağıtım şebeke beslemesi için kullanılan anma gücü 630-1000kVA arasında olan fabrikada montajı yapılmış veya beton yapıdan oluşan AG/OG dağıtım merkezlerine köşk tipi transformatör merkezi denir. Bir beton köşkün genel görünüşü Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Köşk metal muhafazalı güç düşürücü-yükseltici bölümden oluşan (OG) , dağıtım trafosu bölümü (TR) ve dağıtım panosu bölümü (AG) olarak adlandırılan üç bölümden oluşurlar. Her bölümün kendine ait metalden yapılmış kapılardan ve yalnızca TR bölümünde olmak üzere havalandırma menfezleri (HM) mevcuttur. Havalandırma menfezleri veya panjurlerinde ise sirkülasyonu engellemeyecek şekilde açıklıklar koruma teli ile

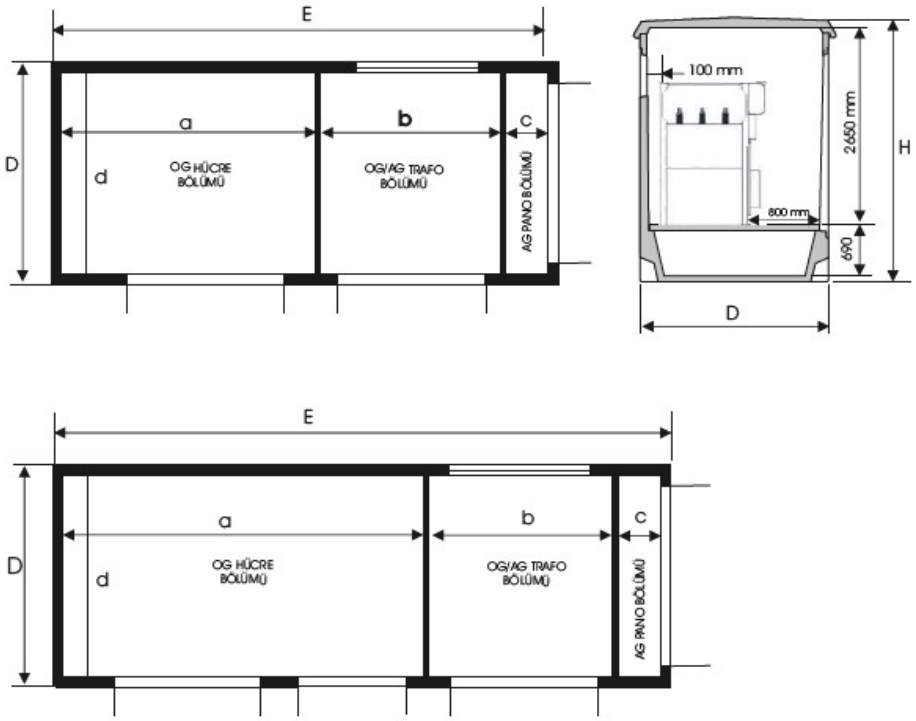
kapatılmış böylece dışardan gelen canlıların elektriksel yüklü bölüme girişi engellenmiştir. Her kapının topraklaması yapılarak olası kaçak durumunda can kayıplarının önüne geçmesi hedeflenmektedir. Var olan şartnameye uygun üretimlerle hem güvenlik hem elektriksel olarak verim alınması amaçlanmıştır.



Şekil. 3.1. Bir beton köşkün (a) genel dış görünüşü ve (b) yapısı.

3.1.1. Yapısal özellikleri

Beton köşkler en zor şartlarda olası patlama durumunda oluşacak basınca dayanım esas alınarak betonarme yapıdan oluşmaktadır. Aynı zamanda bu yapılar izole edilerek su ve elektrik iletimini engellemektedirler. Taşıma kolaylığı açısından ön ve arka kısmında ikişer adet olmak üzere kaldırma pimleriyle taşımada kolaylık ve istenildiği zaman yer değiştirme avantajıyla ön plana çıkmaktadırlar.



Şekil 3.2. Beton köşk ölçüleri.

3.1.2. Üretim ölçüleri

Beton köşklerin trafo büyüklüğüne bağlı olması gereken standart ölçütleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Bu ölçütlerin beton köşk üzerindeki büyüklükleri de Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Standart beton köşk ölçütleri.

Tip İşareti	Trafo Gücü (kVA)	E	D	H	a	b	c	d	TEDAŞ-MYD/ 2000-036.B
MBK-A 4700	1000	4700	2500	3500	2110	1700	550	2300	--
MBK-A 5350	1000	5350	2500	3500	2760	1700	550	2300	TİP-1A
MBK-A 6000	1000/1600	6000	2500	3500	3410	1700	550	2300	TİP-1B, TİP-1C
MBK-A 6450	1000/1600	6450	2500	3500	3860/3310	1700/2250	550	2300	TİP-1D
MBK-A 7030	1000/1600	7030	2500	3500	4440/3890	1700/2250	550	2300	"
MBK-A 7300	1000/1600	7300	2500	3500	4710/4160	1700/2250	550	2300	"

3.2.Deneysel Ölçümlerde izlenen yöntemler ve araçlar

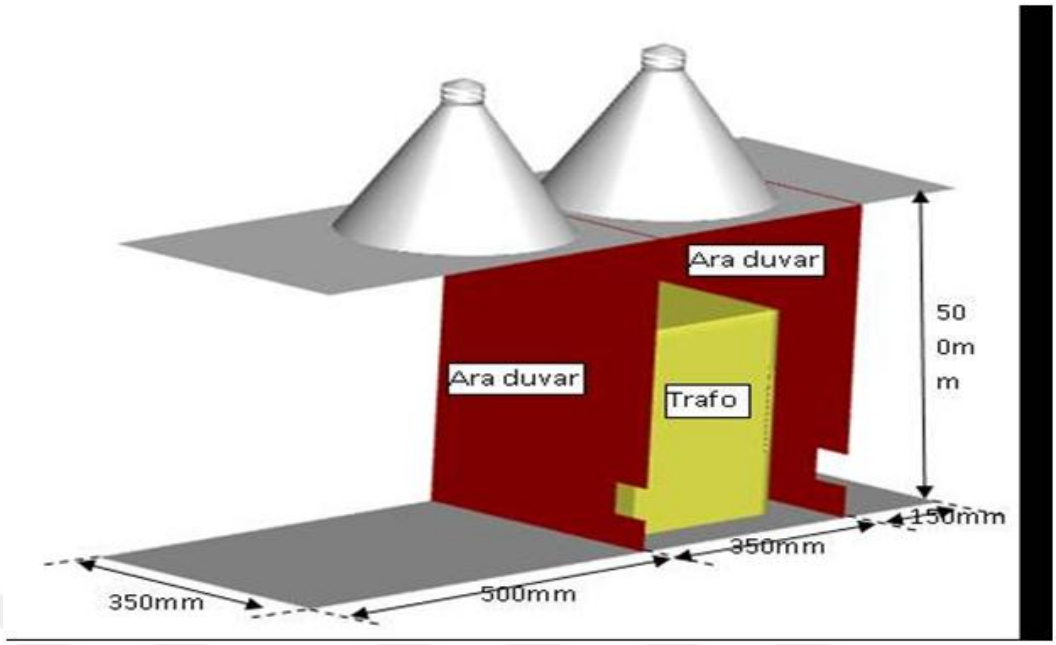
Tam ölçekli ölçümler için biri düz biri konik çatılı iki beton köşk prototipi 2mm kalınlığından saçtan imal edilmiştir. İmalatı gerçekleştirilen prototiplerin fotoğrafı Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Şekilde gösterilen beton köşk prototipleri bir endüstriyel beton köşk dikkate alınarak beşte bir oranında küçültülme işleminden sonra imalatı gerçekleştirilmiştir. Her iki prototipte gerçeğe uygun olarak üç bölümde imal edilmiştir. Bu bölümlerin boyutları Şekil 3.4'de gösterilmiştir. Şekliden görüleceği üzere bölümler birbirinden bir ara duvar ile ayrılmaktadır. Ara duvarların altında bölümler arası havalandırmayı sağlayan nispeten küçük pencereler bulunmaktadır.

Tez çalışması kapsamında imalatı yapılan prototipler üzerinde, rüzgar hızı-yönü, güneş ışınımı yüzey sıcaklık ölçümleri yapılacaktır. Sıcaklık ölçümleri yapı iç ve dış duvarlarına açıklıklar dikkate alınarak belli aralıklar ile yerleştirilmiş termal çiftler ve termal kamera ile gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık ölçümlerine eş zamanlı olarak yatay yüzeye ve yapı üzerinde seçilen referans bir yüzeye gelen ışınım şiddeti, rüzgar hızı-yönü ölçülmüştür. Ölçümler data loggerlar ile tüm gün boyunca saatlik periyotlar ile alınmıştır Ayrıca bu ölçümlerin yansıra 15 günlük periyotlar ile yapı

açıklıklarındaki rüzgar hızı ve termal kamera ile yapının sıcaklık dağılımları da ölçülmüştür.



Şekil 3.3. Ölçümler için imalatı yapılan (a) konik ve (b) düz çatılı prototipler.



Şekil 3.4. Ölçümler için kullanılan prototiplerin iç yapısı.

kullanılacaktır (Kontoleon veEumorfopoulou, 2008, Asan, 2000). Bu yöntemde belli bir zaman periyodunda yapılan sıcaklık ölçümlerinde iki parametre tanımlanır. Birinci parametre ölçüm alınan zaman periyodunda dış duvarın maksimum sıcaklığa ulaştığı zaman ile iç duvarın maksimum sıcaklığa ulaştığı zaman arasındaki fark (gecikme zamanı, ϕ):

$$\phi = \begin{cases} t_{T_{iç.,\max}} > t_{T_{d,\max}} \Rightarrow t_{T_{iç.,\max}} - t_{T_{d,\max}} \\ t_{T_{iç.,\max}} < t_{T_{d,\max}} \Rightarrow t_{T_{i.ç,\max}} - t_{T_{d,\max}} + P \\ t_{T_{iç.,\max}} = t_{T_{d,\max}} \Rightarrow p \end{cases} \quad (3.1)$$

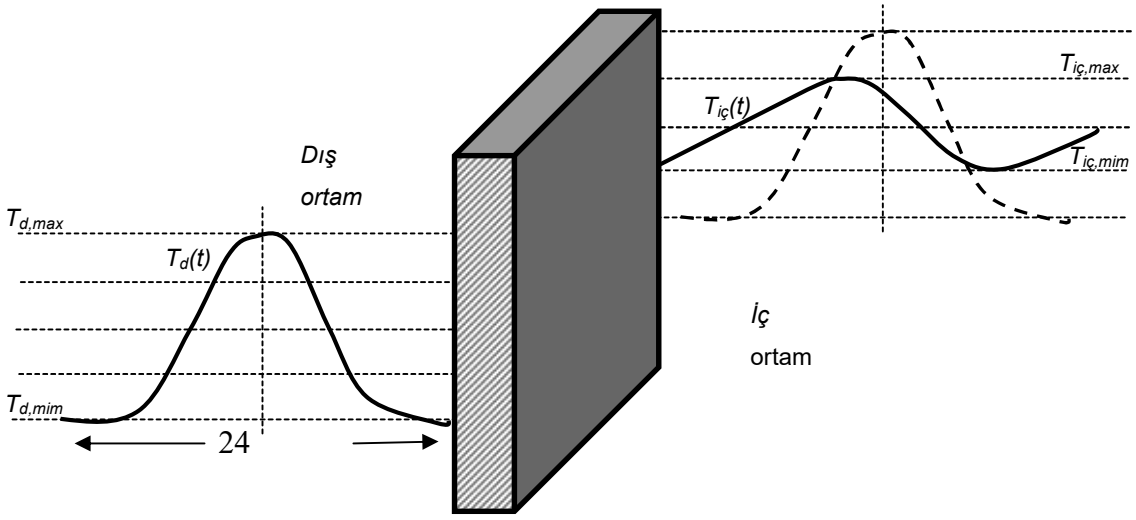
İkinci parametre ise ölçü periyodu boyunca iç duvar ve dış duvar maksimum ve minimum sıcaklık farklarının birbirine oranı (eksiltme faktörü, f):

$$f = \frac{T_{iç,\max} - T_{iç,mim}}{T_{d,\max} - T_{d,mim}} \quad (3.2)$$

Termal performans açısından iyi bir yapıda gecikme zamanı maksimum eksiltme faktörü minimum olmalıdır. Genel ısı iletim denklemi;

$$\rho C_p(\frac{\partial T}{\partial t}) = \frac{\partial}{\partial x}(k\frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(k\frac{\partial T}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(k\frac{\partial T}{\partial z}) + \dot{q} \tag{3.3}$$

dikkate alındığında bu iki parametre yapının veya yapı malzemelerinin termal özelliğini ölçülebilir değerler ile tanımlamada yetersizdir. Fakat yapılacak ölçümler sonucu hesaplanacak parametreler referans olarak seçilen yapının termal özelliği bilinen diğer yapı veya yapı malzemeleri ile termal performans açısından yapılacak mukayeselerde yeterince güvenilir olacaktır. Bu çerçeve yapılacak bu mukayeseler referans olarak seçilen yapıların modern yapılar göre termal performans açısından durumunu tanımlama olanağı sunacaktır. Deneysel ölçümler temelde sıcaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık ölçümünde fotoğrafı Şekil 3.6'da gösterilen Testo 885 termal kamara ve yine anı şekilde gösterilen üç tane 10 kanallı data logger kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Ölçümlerin değerlendirilmesinde izlenecek yöntemin şematik gösterimi.

a. b.



Şekil 3.6. Ölçümlerde kullanılan (a) termal kamera ve (b) data logger.

3.3. Nümerik metodoloji

Yapı geometrisinin iç ve dış klimatik koşulara ile ilişkisinin tanımlanması ancak yapı iç ve dış ortamındaki akış-ısı karakteristiklerinin tanımlanmasıyla mümkündür. Yapı dış ve iç ortamındaki akış-ısı karakteristiğini tanımlayan, rüzgar hızının şiddeti, doğrultusu, türbülans şiddeti, arazı şartları, bina geometrisi, yüzeye düşen ışınım şiddeti ve yüzey pürüzlülüğü gibi bir çok faktör vardır. Bundan dolayı yapılacak ölçümler akış ve ısı karakteristiklerinin yüzey sıcaklığı ile ilişkisini tanımlamada yetersiz kalacaktır. Çatı etrafındaki akış karakteristiğinin araştırılmasında tam ölçekli, rüzgâr tüneli benzeşim ve nümerik (HAD) hesaplama yöntemleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu süreçte referans yapının akış–ısı karakteristikleri nümerik hesaplama yöntemiyle araştırılmıştır. Tez kapsamında gerçekleştirilen CFD simülasyonların akış ve ısı karakteristiklerinde, enerji kaynağı olarak radyasyon modellemesi yapılmıştır.

3.3.1 Radyasyon Modeli

CFD simülasyonların yürütüldüğü ANSYS FLUENT paket programı, güneş ışınlarından hesaplama alanına giren radyasyon etkilerini hesaplamaktır. Radyasyon etkilerinin modellenmesinde kullanılabilecek iki seçenekten birincisi solar ışın

izleme ışınlaması ikincisi ise DO (discreteordinates (Ayrık ordinatlar)) model ışınlaması modelidir. Işın izleme yaklaşımı, enerji denklemlerindeki ısı kaynakları olarak güneş yüklerini uygulamada oldukça verimli ve pratik bir araçtır. Etki alanı içerisindeki radyasyon etkilerini hesaplamak için ayrı ordinatlar (DO) modelini kullanmak istediğiniz durumlarda, doğrudan DO modeline dış ışın yönü ve yoğunluk parametrelerini sağlamak için bir seçenek mevcuttur. Güneş yükü modeli, güneşin gökyüzündeki konumunu belirli bir zaman, tarih ve konum için yapılandırmak için kullanılabilecek bir güneş hesaplayıcısı yardımcı programı içerir. Güneş yükü sadece 3D çözücüde mevcuttur ve sabit ve kararsız akışları modellemek için kullanılabilir. Tez kapsamında CFD simülasyonlarında kullanılan güneş yükü modelinin ışın izleme algoritması, gelen güneş ışınımından kaynaklanan doğrudan aydınlatma enerjisi kaynağını tahmin etmek için kullanılmaktadır. Güneş pozisyonu vektörünü ve aydınlatma parametrelerini kullanarak modellenen bir ışını alır, belirtilen tüm duvar veya giriş / çıkış sınır bölgelerine uygular, iyi tanımlanmış tüm gölgeleri belirlemek için bir yüz yüze gölgeleme analizi yapar. Sınır yüzleri ve iç duvarlar ve gelen radyasyondan kaynaklanan sınır yüzlerindeki ısı akısını güneş ışını izleme modeli, ışın izleme hesaplamasında sıvı bölgelerine bitişik olan sınır bölgelerini içerir. Başka bir deyişle, katı bölgelere bağlı sınır bölgeleri göz ardı edilir. Güneş ışını izleme algoritması ile hesaplanan ortaya çıkan ısı akısı, enerji denklemindeki bir kaynak terimi aracılığıyla CFD simülasyonunun hesaplamasına bağlanır. Isı kaynakları, her bir yüzü sınırlandıran hesaplama hücrelerine doğrudan eklenir ve sıraya göre bitişik hücrelere atanır: kabuk iletim hücreleri, katı hücreler ve sıvı hücreleri. Isı kaynakları sadece bu tip komşu hücrelerden birine atanır. ANSYS FLUENT, güneş yükünü hesaplamak için iki seçenek sunar: Açık Hava Koşulları yöntemi ve Teorik Maksimum yöntem. Bu yöntemler benzer olsada, önemli bir fark vardır. Açık Hava Koşulları yöntemi, açık olmayan veyatamamen açık olmayan atmosferik koşulların temsilcisi olan güneş yükü üzerinde daha fazla zayıflama sağlar. Bu tez çalışmasında açık hava koşulları yöntemi seçilmiştir.

Açık Hava Koşulları Yöntemini uygulayan normal doğrudan ışınlama denklemi ASHRAE El Kitabından alınmıştır:

$$\mathrm{Edn} = \frac{\mathrm{A}}{e^{\frac{\mathrm{B}}{\mathrm{Sin}(\beta)}}} \tag{3.4}$$

Denklemdeki A ve B, sırasıyla hava kütlesinde m = 0 ve atmosferik sönüm katsayısı görünür güneş ışınımıdır. Bu değerler, açık bir günde dünyanın yüzeyine gelen ışınım prensibine dayanmaktadır. β yatay üzerindeki güneş yüksekliğini göstermektedir.

Teorik Maksimum Yöntem için kullanılan doğrudan normal ışınlama denklemi, NREL'in Güneş Pozisyonu ve Yoğunluk Kodu'ndan (Solpos) alınmıştır:

$$\mathrm{Edn} = \mathrm{S_{etrn}S_{unprime}} \tag{3.5}$$

Burada Setrn, atmosferin doğrudan normal güneş ışınımı ve Sunprime güneş enerjisi yükünün atmosferdeki azalmasını hesaba katmak için kullanılan düzeltme faktörüdür. Güneş modelindeki dağınık yükün hesaplanması, 2001 ASHRAE Temel El Kitabı'nda (Bölüm 20, Fenestrasyon) önerilen yaklaşıma dayanmaktadır. Dikey bir yüzey üzerinde yaygın güneş ışınımı için denklem şu şekilde verilir:

$$\mathrm{Ed} = \mathrm{CYEdn} \tag{3.6}$$

C değerleri, 2001 ASHRAE Elkitabı El Kitabının 30. Bölümünden Tablo 7'de verilen bir sabit olan Y, yatay yüzey üzerindeki bir gökyüzünün yaydığı radyasyonun yatay bir yüzeye olan oranıdır (bir fonksiyon olarak hesaplanır) olay açısı) ve Edn, dünyanın yüzeyinde açık bir günde doğrudan normal ışınlamadır. Dikey yüzeyler dışındaki yüzeyler için yaygın güneş ışınımı denklemi şu şekilde verilir:

$$\mathrm{Ed} = \mathrm{CEdn}\frac{1+\cos\epsilon}{2} \tag{3.7}$$

Burada € yatay düzlemden yüzeyin eğim açısıdır (derece cinsinden). Bir yüzey üzerindeki güneş ışınlarını yansıtan zemin denklemi şu şekilde verilir:

$$Er = Edn(C + \sin\beta)\rho_g\frac{(1-\cos\epsilon)}{2} \tag{3.8}$$

ρ_g yer yansıtıcılığıdır. Belirli bir yüzeydeki toplam dağınık ışınım, güneş hesap makinesinden yaygın güneş ışıması girişi alındığında Ed ve Er toplamı olacaktır. Aksi takdirde, Radyasyon iletişim kutusunda sabit seçenek seçilirse, toplam dağınık ışınlama iletişim kutusunda belirtilenle aynı olacaktır.

3.3.2. Akış alanının modellenmesi

Herhangi bir akış alanının simülasyonundaki en önemli zorluk geometriye nazaran ihmal edilebilecek büyüklükteki bir geometrik farkın hesaplama alanı üzerindeki dramatik etkisidir. Bu nedenler herhangi bir akış alanının optimal tasarımının deneysel olarak araştırılması maliyet açısından özellikle küçük ve orta ölçekli firmalar için neredeyse imkansızdır. Günümüzdeki akış uygulamaları için optimal tasarım parametrelerinin saptanmasında izlenen genel trend belli parametreleri deneysel yöntemler ile doğrulanmış nümerik (CFD) yöntemlerini kullanmaktır. Bu tez çalışmasında da optimal tasarım için söz konusu strateji izlenmiştir. Akış alanın nümerik simüle eden Fluent, OpenFoam, CFX v.b. birçok ticari veya açık kodlu paket CFD programları bulunmaktadır. Bu programlar esasen herhangi bir akışı tanımlayan süreklilik, momentum ve enerji denklemleri nümerik yöntemler ile çözme prensibine dayanırlar. Bu tez çalışmasında akış alanının simülasyonunda Fluent paket programı kullanılmıştır. Tez çalışmasının bu bölümünde sırasıyla nümerik simülasyonları tanımlayan temel matematiksel modeller, simülasyonlarda izlenen strateji ve izlenen strateji yönelik yapılan çalışmalar sunulacaktır.

Herhangi bir akış alanı için kütlenin korunumu prensibine dayanan süreklilik denklemi (Türbülans akış);

$$\frac{\partial \bar{U}_i}{\partial x_i} = 0 \tag{3.9}$$

şeklindedir. Momentum korunumuna dayanan momentum denklemi ise (x-yönünde);

$$\rho\left(\bar{u}\frac{\partial\bar{u}}{\partial x}+\bar{\mathrm{v}}\frac{\partial\bar{u}}{\partial y}+\bar{w}\frac{\partial\bar{u}}{\partial z}\right)=X_f-\frac{\partial\bar{P}}{\partial x}+\mu\left(\frac{\partial^2\bar{u}}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\bar{u}}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\bar{u}}{\partial z^2}\right)-\rho\left(\frac{\partial u\prime u\prime}{\partial x}+\frac{\partial u\prime \mathrm{v}\prime}{\partial y}+\bar{w}\frac{\partial u\prime w\prime}{\partial z}\right) \quad (3.10)$$

şeklindedir. Denklemdeki X_f, x yönündeki birim hacme düşen kuvvetleri göstermektedir. Bu denklemlerin akış alanın tanımlayan sınırlar çerçevesinde çözümü hesaplanacak akış alanının tanımlanması mümkündür. Söz konusu nümerik çözümlerdeki karşılaşılabilecek en büyük zorluk özellikle momentum denkleminin ikinci dereceden kısmı diferansiyel denklem karakterinde olmasıdır. Denklem (3.9) verilen momentum denkleminin çalkantı hızlarını tanımlayan terimdeki reynolds gerilimleri tek boyutlu bir akış için yaygın olarak;

$$-\rho u'\mathrm{v}'=\mu_t\frac{\partial\bar{u}}{\partial y} \quad (3.11)$$

şeklinde tanımlanır (Boussinesq teoremi). Bu tanımlamanın sonucu olarak kayma gerilmesi;

$$\tau=(v+v_t)\frac{\partial\bar{u}}{\partial y} \quad (3.12)$$

şeklinde olur. Denklemlerdeki μ_t dinamik eddy viskoziteyi ve v_t kinematik eddy viskozitesini göstermektedir. Eddy viskozitesinin akışın değil akış alanının bir özelliği olması CFD simülasyonları için en temel zorluktur. Eddy viskozitesinin tanımlanmasındaki söz konusu zorluğu aşmak amacıyla literatürde geliştirilmiş birçok türbülans modeli bulunmaktadır. Herhangi bir CFD simülasyonu için en kritik süreç akış alanına en uygun türbülans modelinin seçilmesidir. Tez çalışmasında simülasyonların hesaplama süreçlerinde seçilen türbülans modelin detayları olarak aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.2. Tez çalışmasında CFD simülasyonlarında sırasıyla izlenen süreçler.

	Adımlar	CFD simülasyon aşamaları
Akış alanının tanımlanması	1	Akış alanının tanımlanması
	2	Akış alanı çerçevesinde katı model tasarımı
	3	Sınırlar ve ilk koşulların belirlenmesi
	4	Belirlenen ilk koşular kapsamında mesh yapısının tasarımı
	5	Nümerik hesaplamalar için gerekli sınır şartlarının akış alanı çerçevesinde belirlenmesi
Simülasyonların yürütülmesi	6	Simülasyon stratejisinin benzer çalışmalar çerçevesinde belirlenmesi
	7	Nümerik hesaplamaların yürütülmesi
Sonuçlarının değerlendirmesi	8	Nümerik hesaplama sonuçlarının değerlendirilmesi
	9	Nümerik sonuçların deneysel ölçümler veya benzer çalışma sonuçlarıyla karşılaştırılması
	10	CFD simülasyonunda yürütülen hesaplamaların farklı mesh yapılarında tekrarlanarak meshten bağımsız sonuçların elde edilmesi

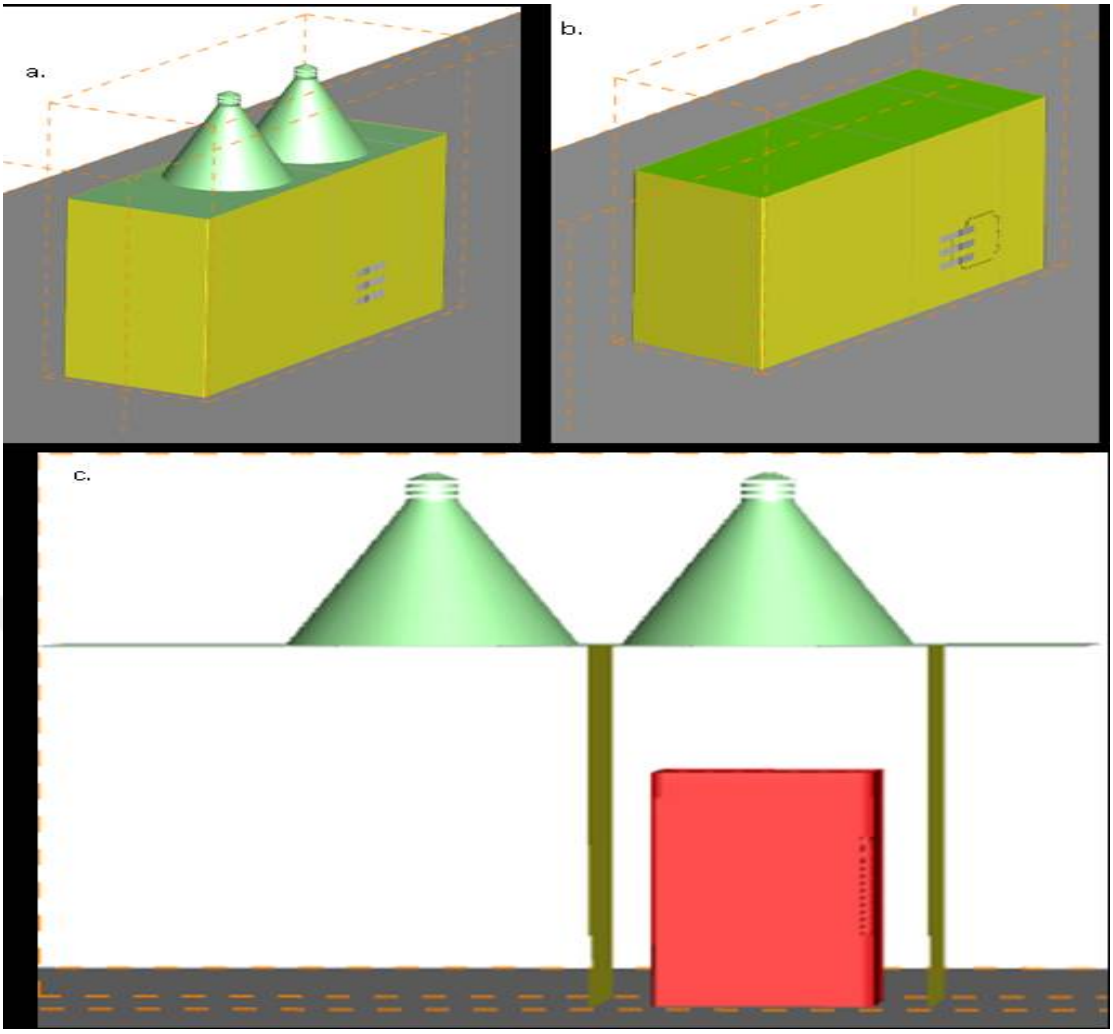
Herhangi bir CFD simülasyonu akış alanının tanımlanması, simülasyonların yürütülmesi ve simülasyon sonuçlarının değerlendirmesi şeklinde üç temel aşamadan meydana gelir. Tez çalışmasın söz konusu üç temel aşama çeşitli paket programları çerçevesinde yürütülmüştür. Kullanılan paket programları ilgili bölümde sunulacaktır. Yukarıda sözü edilen üç temel aşama referans olmak üzere simülasyonlarda izlenen süreçler şematik olarak Çizelge 3.2'de verilmiştir. Çizelgeden anlaşılacağa üzere tez çalışması kapsamında CFD simülasyonları 10 adım da gerçekleştirilmiştir.

3.4.1. Katı model tasarımı

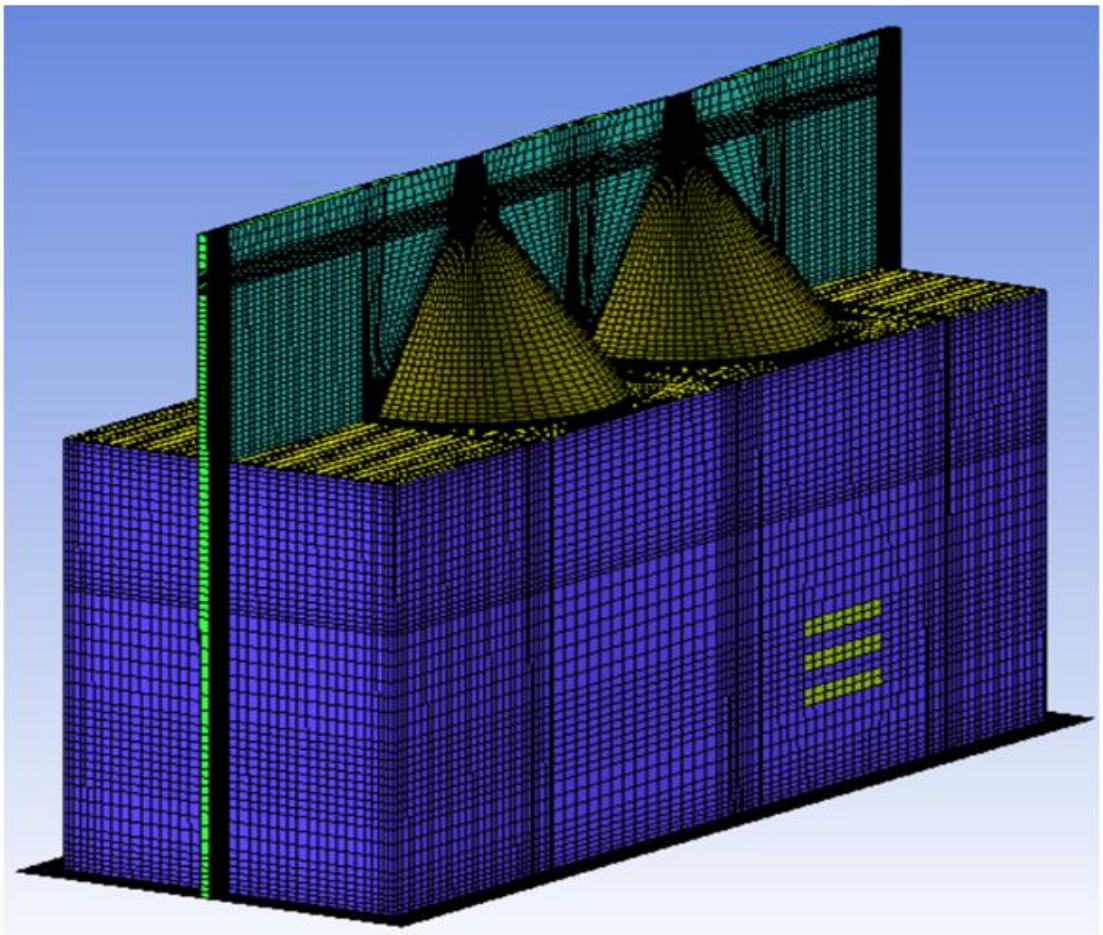
Sıfır derece atak açısında tanımlanan düz ve konik çatılı beton köşkün katı modelleri Şekil 3.7'da gösterilmiştir. Şekilde aynı zamanda beton köşklerin iç yapısı da gösterilmiştir. Katı model tasarımında konik çatılı beton köşk tasarımında ön tarafta ki havalandırma menfezlerine karşılık aynı açıklık alanında havalandırma menfezleri konik çatının üstüne açılmıştır. Düz çatıda mevcut endüstriyel uygulamalara uygun olarak öndeki havalandırma menfezlerine karşılık menfezler arka tarafta aynı açıklık alanında açılmıştır.

3.5.3. Mesh yapısı

Konik çatılı beton köşk için yapılan mesh tasarımı ile ilgili bir örnek Şekil 3.8'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere tüm akış alanı için hexa mesh geometrisi ile tasarlanmıştır. Tüm nümerik analizler seçilen türbülans modeli ve duvar fonksiyonu çerçevesinde mesh tasarımları yapıldıktan sonra mesh sayıları sırasıyla % 20 artırma ve düşülme şeklinde üç farklı mesh sayısında akış alanları tanımlanmıştır. Akış alanı farklı rüzgâr atak açılarında simülasyonlar gerçekleştirmek amacıyla bina yakın çevresi ve akış alanı şeklinde iki alt bileşen şeklinde tasarlanmıştır. Simülasyon programında bu alt bileşenler birleştirme işlemiyle integre edilmiştir. Üç farklı mesh sıklığında analizlerin yürütülmesi meshten bakımsız çözümlere olanak tanımıştır. Meshten bakımsız çözüm ile ilgili yürütülen çalışmalardan bir örneğin sonuçları ileri bölümlerde sunulacaktır.



Şekil 3.7. CFD simülasyonları için tasarlanan (a) konik (b) düz çatılı beton köşkler ve (c) iç yapılarının katı modelleri

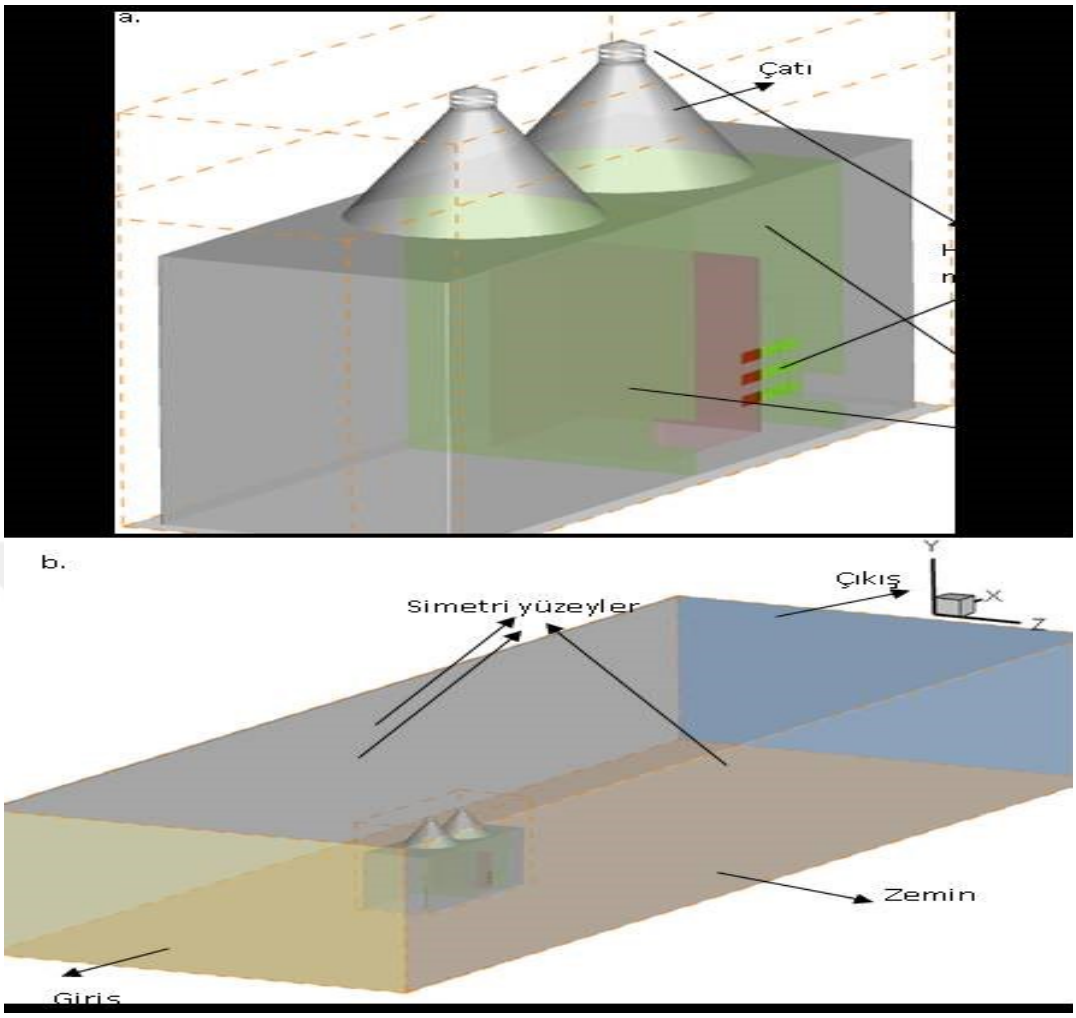


Şekil 3.8. Beton köşke yakın çevresinin mesh tasarımı.

3.5.4. Sınır şartları

Nümerik analizler için İcemCFD programında tasarlanan *2.375x1x0.6* m^3 boyutlarındaki akış alanına deneylere uygun olarak beton köşk yüzeye konumda yatay konumda yerleştirilmiştir. Tasarlanan akış alanı ve sınırları Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Giriş bina merkezinde panel üsten bakış alanının yatay mesafesinden 3kat önde iken çıkış 5 kat geridedir.

Girişte v, w hız bileşenleri sıfır, u hızı ise tüm simülasyonlar için 1m/s seçilmiştir.Çıkış sınır olarak ise sıfır gradyan ($\frac{\partial}{\partial x_i} = 0$) alınmıştır.



Şekil 3.9. Tasarımı gerçekleştirilen akış alanı ve sınırları a. bina, b. bina etrafındaki akış alanı model.

Akış alanında tüm katı yüzeyler zemin, duvarlar çatı ve trafo bileşenleri duvar (kaymama ($\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0$)) sınır şartı alındı. Trafo hariç simülasyonunda duvar sıcaklığı 300 K seçilmiştir. Trafo yüzey sıcaklığı ise 350 K seçilmiştir.

Akış alının üst ve yan yüzeyleri simetri sınır şartı alınmıştır. Simetri sınır şartında sınırda herhangi bir akış olmadığından. Bu yüzeyde yüzeye dik herhangi bir bileşenin gradyanı sıfırdır. Dolayısıyla yüzeylerin akış alanına herhangi bir etki söz konusu değildir.

3.5.5. Türbülans Model

Türbülans akışın temel karakteristiği olan akış hızında meydana gelen çalkantılardır. Bu çalkantılar momentum, enerji gibi niceliklerde çalkantılar meydana gelmesine neden olur. Söz konusu çalkantılar düşük skalada ve yüksek frekansta olduklarından direkt nümerik yöntemler ile hesaplanmaları çok büyük bilgisayar kapasitesi ve hesaplama zamanı ile ancak mümkündür. Bundan dolayı pratik uygulamalarda, büyük bir çoğunlukla direk nümerik simülasyonlar yerine korunum denklemlerinin ortalama formu veya farkı süreçler ile küçük skalaların elimine edildiği hesaplama yükü ve zamanlaması daha düşük yöntemler kullanılır. Ancak söz konusu yöntemler denklemlerin motife edilmesinden dolayı bazı ek parametrelerin ortaya çıkmasına neden olur. Denklemlerin motife edilmesi ve ortaya çıkan parametrelerin tanımlanma süreçleri türbülans modelleri olarak adlandırılmaktadır.

Tez çalışmasında simülasyonların yürütüldüğü ticari Fluentk-epsilon, SST k-ω, DetachedEddySimulation, Low Re k-epsilon, RNG k-epsilon gibi birçok türbülans model seçeneği sunmaktadır. Bu tez çalışmasında nümerik simülasyonlarda k-ε türbülans modeli seçilmiştir. Literatürde yapılan birçok çalışmada k-ε türbülans modelinin ters basınç gradyanı ve ayrılmaların olduğu akışlarda deneysel ölçümlere en iyi uyum gösterdiği saptanmıştır (Li ve ark., 2016, Zhu ve ark., 2016, Zhou ve ark., 2018, Spence ve Amaral-Teixeirab**,** 2008). İki denklemli ve Boussinesq teoremini temel alan k-ε türbülans modelinde eddy viskozitesi:

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{K^2}{\varepsilon} \tag{3.13}$$

Denklemdeki C_μ ampirik bir sabittir. Denklemdeki K ve ε momentum denkleminden türetilir. Türbülans kinetik enerjisi(TKE):

$$\rho U_i \frac{\partial K}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left[\left(\frac{\mu_t}{\sigma_K}\right)\frac{\partial K}{\partial x_i}\right] - \rho\varepsilon + \mu_t\left[\frac{\partial U_j}{\partial x_i} + \frac{\partial U_i}{\partial x_j}\right]\frac{\partial U_j}{\partial x_i} \tag{3.14}$$

Türbülans enerji dağılımı(TED):

$$\rho U_i \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} = C_{1\varepsilon}\left(\frac{\varepsilon}{K}\right)\mu_t\left[\frac{\partial U_j}{\partial x_i}+\frac{\partial U_i}{\partial x_j}\right]\frac{\partial U_j}{\partial x_i}+\frac{\partial}{\partial x_i}\left[\left(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\right)\frac{\partial K}{\partial x_i}\right]-C_{2\varepsilon}\rho\left(\frac{\varepsilon^2}{K}\right) \quad (3.15)$$

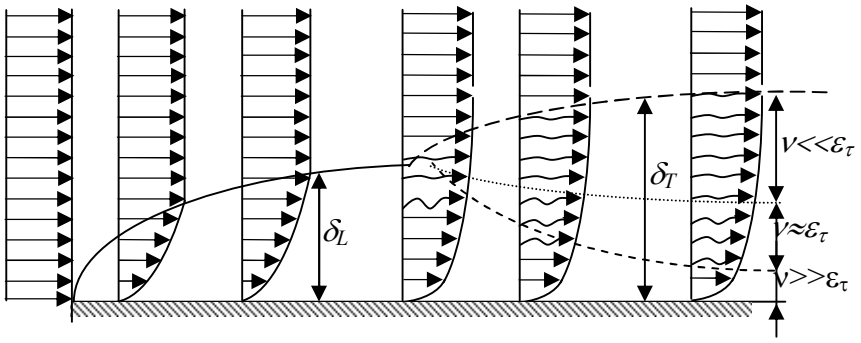
Bu denklemlerdekiεσ_K, σ_ε, $C_{1\varepsilon}$, $C_{2\varepsilon}$, model sabitleridir. Simülasyonlarda bu sabitler için seçilen değerler Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Seçilen Türbülans model sabitleri.

σ_K	σ_ε	$C_{1\varepsilon}$	$C_{2\varepsilon}$	C_μ
1	1.3	1.44	1.92	0.09

3.5.6. Duvar fonksiyonu

Türbülans akışta sınır tabaka Şekil 3.10'da gösterildiği gibi türbülans sınır tabaka laminer alt tabaka, ara ve türbülans bölgesi olmak üzere üç alt bölgeden meydana gelmektedir. Mesh tasarımında temel problem veya zorluk özellikle laminer alt tabakanın çoğu zaman mikron seviyesinde çok ince bir kalınlığa sahip olmasıdır. Günümüzde duvara yakın mesh sıklığını mikron seviyesine indirme yerine zorluk söz konusu bölgeninbir fonksiyon ile tanımlanması şeklinde yöntemler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. CFD simülasyonlarında kullanılan Fluentstandart, scable, enhancedv.b. bir çok duvar fonksiyonu seçeneği sunmaktadır. Tez çalışmasın akış alanına en uygun scable duvar fonksiyonu seçilmiştir. Bu duvar fonksiyonu y plus değerinin 11 olduğu noktaya kadar akış alanını bir fonksiyon ile tanımladığından y plus değerinin 11 altında olması önermektedir. Tez çalışmasında konu ile ilgili yürütülen çalışmalar simülasyon güvenirliliği bölümünde sunulacaktır.



δ_L*:Laminer sınır tabaka kalınlığı,*

δ_T*:Türbülanssınırtabakakalınlığı,*

$\nu>>\varepsilon_\tau$ *:Laminer alt sınırtabaka,*

$\nu\approx\varepsilon_\tau$ *:Arabölge,*

$\nu<<\varepsilon_\tau$*:Türbülanslı bölge*

Şekil 3.10. Türbülanslı akışta sınır tabaka bölgeleri (Umur, 2009)

3.6. CFD simülasyonların güvenirliliği

CFD simülasyonların güvenilirliğini sonuçların mesh sayısından bağımsız olması ve mesh yapısının seçilen türbülans modeline uygun olması şeklinde iki parametre belirler. Bu tez çalışmasında her simülasyon üç farklı mesh sayısı için yürütülmüş ve sonuçlardan bağımsızlığı sorgulanmıştır. Bu bölümde simülasyon güvenilirliğine dair 12:40 zaman periyodunda 0 atak açısında konik ve düz çatı akış alanları için yürütülen çalışma sonuçları örnek olarak sunulacaktır. Söz konusu simülasyonlarda seçilecek türbülans modeli dikkate alınarak yapılan mesh tasarımı sonucu mesh sayısı sırasıyla 2554499ve 2528660 şeklinde olmuştur. Daha sonra bu mesh sayıları %20 artırma ve azaltma yapılarak simülasyonlar tekrarlanmıştır. Yürütülen simülasyonlar sonucunda çalışma için kritik parametreler olan trafo yüzeyindeki ısı taşınım katsayısı ve beton köşke dış ortamdan giren akışkan debisi verileri Çizelge 3.3'de verilmiştir. Çizelgeden anlaşılacağı üzere farklı mesh sayılarında basınç katsayısı referans olmak üzere sapmalar %2'nin altında kalmaktadır. Bu bulgu simülasyonların meshten bağımsız olduğunu göstermektedir. Ayrıca simülasyonlarda esas alınan mesh sayılarındaki mesh büyüklüklerinin maksimum ve minimum skalaları Çizelge 3.4'de verilmiştir.

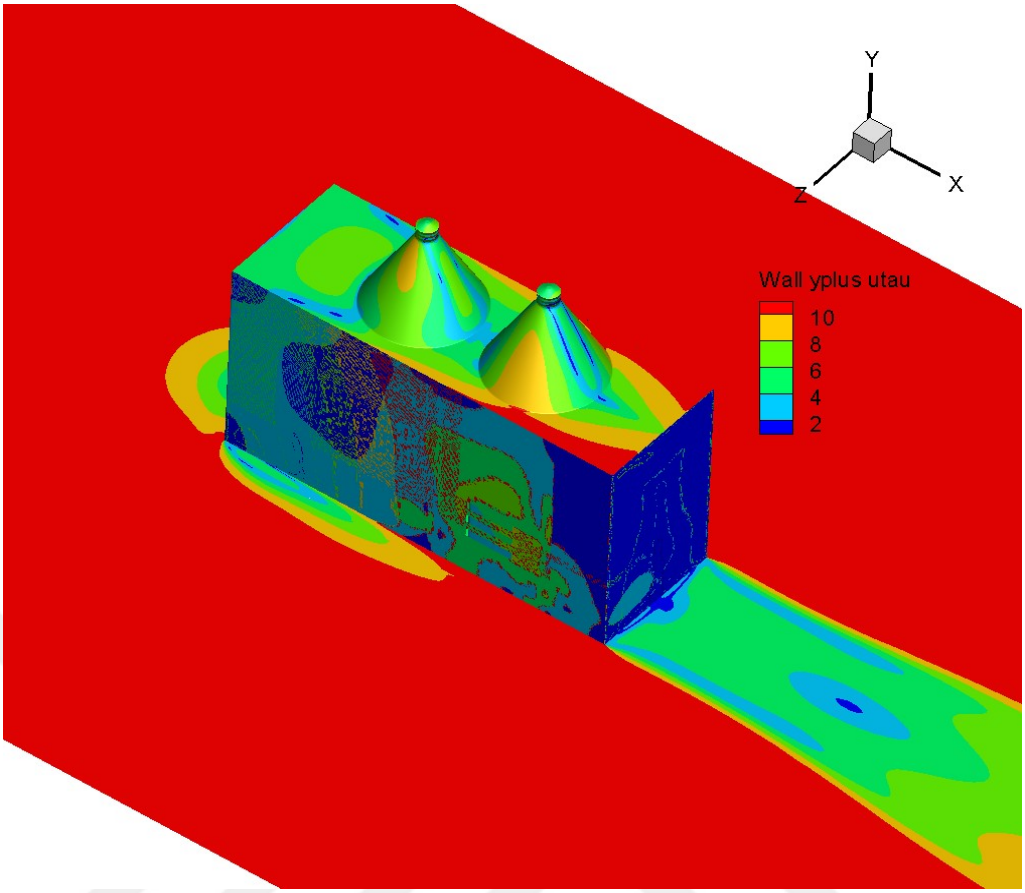
Örnek olarak gerçekleştiren CFD simülasyonlarından sıfır atak açısında konik çatılı akış alanın da yürütülen simülasyonda yüzey boyunca y plus katsayısının dağılımı Şekil 3.11'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere Tüm yüzeylerde y plus katsayısı 1 altında kalmaktadır. Bu sonuç yapılan mesh tasarımının seçilen türbülans modeli ve duvar fonksiyonuna uygun olduğunu göstermektedir

Çizelge 3.3. Farklı mesh sayılarında yürütülen simülasyonlarda paneli yüzeyinin ortalama basınç katsayısı

	Mesh Sayısı	***h(W/m^{2}K) Trafo***	***m(kg/s)***
t=12:40 α=0^0 Konik	***2554499***	***0.95626044***	***1.1701626*10^{-4}***
	3064398	***0.96773556***	***1.187715*10^{-4}***
	2128749	***0.94866735***	***1.240372*10^{-4}***
T=12:40 α=0^0 Düz	***2528660***	***0.76870751***	***0.1731996*10^{-4}***
	3034392	***0.780238123***	***0.1757975*10^{-4}***
	2107216	***0.814829961***	***0.1835915*10^{-4}***

Çizelge 3.4. Deneme CFD simülasyonlarında mesh tasarımının minumum ve maksimum mesh skalaları.

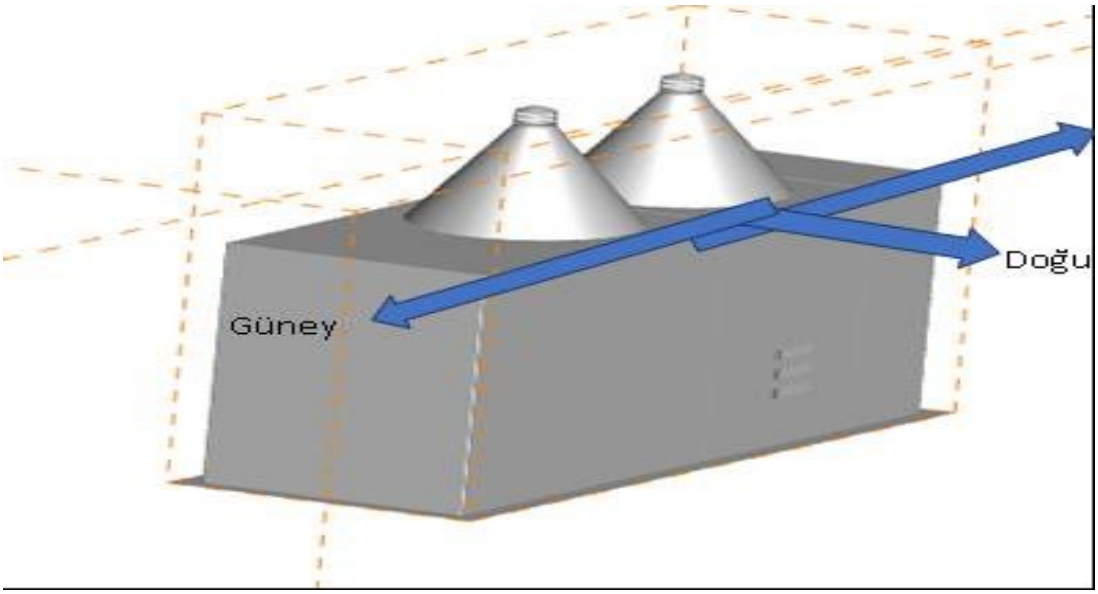
	Deneme CFD simülasyonlarında mesh tasarımının minimum ve maksimum skaları
T=12:40 **$\alpha=0^0$** **Konik**	**Domain Extents:** **x-coordinate: min (m) = -4.060000e-01, max (m) = 1.006000e+00** **y-coordinate: min (m) = -1.136868e-17, max (m) = 2.540000e-01** **z-coordinate: min (m) = -2.760000e-01, max (m) = 2.060000e-01** **Volume statistics:** **minimumvolume (m3): 1.810131e-12** **maximumvolume (m3): 2.112791e-06** **totalvolume (m3): 1.727537e-01** **Faceareastatistics:** **minimumfacearea (m2): 3.594418e-09** **maximumfacearea (m2): 4.050519e-04** **Checking mesh.....**
T=12:40 **$\alpha=0^0$** **Düz**	**Domain Extents:** **x-coordinate: min (m) = -4.060000e-01, max (m) = 1.006000e+00** **y-coordinate: min (m) = -1.136868e-17, max (m) = 2.540000e-01** **z-coordinate: min (m) = -2.760000e-01, max (m) = 2.060000e-01** **Volume statistics:** **minimumvolume (m3): 1.810131e-12** **maximumvolume (m3): 2.112791e-06** **totalvolume (m3): 1.727537e-01** **Faceareastatistics:** **minimumfacearea (m2): 3.594418e-09** **maximumfacearea (m2): 4.050519e-04**



Şekil 3.11. α=00 atak açısında 12:40 zaman periyodunda konik çatı durumu için yüzey boyunca y+ değeri.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Tez çalışmasının hedefi beton köşk benzeri endüstriyel küçük yapılar için doğal havalandırma açısından optimal yapı geometrisinin saptanmasıdır. Bu amaç kapsamında yapı bileşenleri arasında tüm atmosferik koşullara direkt maruz kalan çatı geometrisi referans seçilmiştir. Çatı geometrisi olarak geleneksel Harran evlerine benzer şekilde konik çatı seçilmiştir. Çalışma temelde düz ve konik çatının karşılaştırılması ve rüzgâr atak açısının yapı havalandırılması üzerinde etkisi şeklinde iki ana başlık altında toplanabilir. İlk aşama için hem konik hem de düz çatı için gün boyunca üç farklı zaman periyodu için toplamda altı CFD simülasyonu yürütülmüştür. Söz konusu simülasyonlarda yönler Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Şekilde gösterilen yönlerin seçilmesiyle simülasyonların yürütüldüğü üç zaman periyodunda güneş ışınımının yatay yüzeye geliş vektörleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Çizelgeden anlaşılacağı üzere saat 12:40 zaman diliminde güneş tam olarak beton köşkün karşına geçmektedir. Bu zaman dilimi aynı zamanda güneş saatı ile 12:00'dır.



Şekil 4.1. Akış alanında solar radyasyon için seçilen yönler.

Çizelge 4.1. Simülasyonların yürütüldüğü zaman dilimlerinde yatay yüzeye göre güneş ışınım vektörleri.

Zaman dilimi	Güneş ışınım vektörleri	
12:40	X: -0.234408, Y: 0.972138, Z: -0.000929851	
09:40	X:-0.0731964, Y: 0.758287, Z: 0.647798	
15:40	X: -0.0723644, Y: 0.757179, Z: -0.649186	

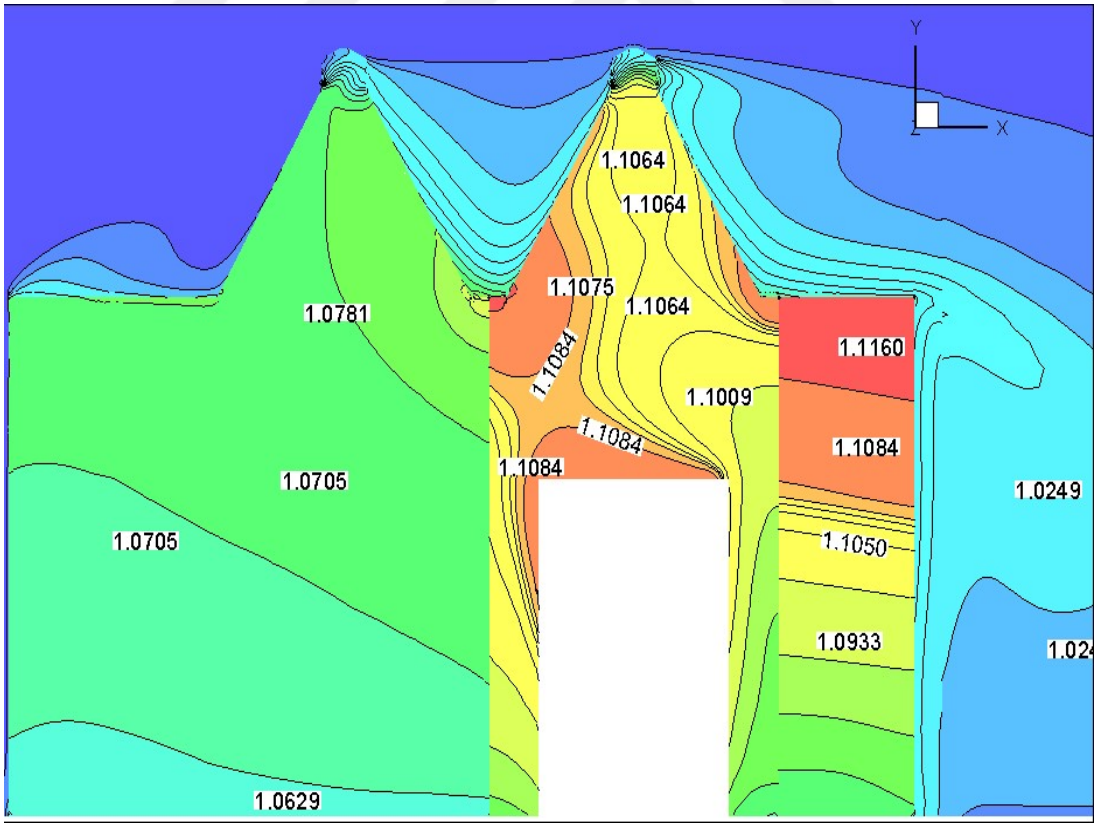
Yukarıda değinildiği tez kapsamında yürütülen çalışmalar iki ana başlık altında toplanabilir. İkinci başlık altında yanı rüzgâr atak açısının havalandırma performansına ve akış-ısı karakteristiklerine etkisi araştırmaya yönelik CFD simülasyonları yürütülmüştür. Bu bölümde rüzgâr atak ataşı 0^0 dereceden başlayarak 180^0 dereceye kadar her 15 derecelik artılımlar ile toplamda 12 tane CFD simülasyonu yürütülmüştür. Söz konusu simülasyonlarda zaman dilimi olarak saat 12:40 seçilmiştir. Bu çerçeve tez sürecince yürütülen çalışmaların sonuçlarından CFD simülasyon sonuçları yukarıda değinilen iki ana başlık altında sunulacaktır. Sonraki aşamada yürütülen deneysel sonuçlar sunulacaktır.

4.1. Farklı zaman periyotlarında konik çatılı beton köşklerin termal performansının araştırılması

Bu başlık altında 12:40, 09:40 ve 15:40 zaman periyotlarında üçü konik çatı içim olmak üzere toplamda üç tane CFD simülasyonu yürütülmüştür. Tüm simülasyonlarda serbest akış hızı 1m/s ve rüzgâr atak açısı sıfır derece seçilmiştir. Önceki bölümlerde değinildiği gibi simülasyonlarda radyasyon, enerji ve momentum denklemleri bir arada çözülmüştür. Dolayısıyla simülasyonlarda enerji kaynağı olarak çatı ve duvarlara düşen güneş ışınım şiddetidir. Bu bölümde yukarıda değinilen zaman periyotları için konik çatı için yürütülen CFD simülasyon sonuçları sunulacaktır.

12:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında konik çatılı beton köşkün Z/G=0 ekseninde yanı merkez eksininde xy düzleminde boyutsuz sıcaklık dağılımı Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere orta gerilim odasında yüzey üzerinde boyutsuz sıcaklık katsayı hemen yüzey üzerinde 1.0629'dur. Sonra üste doğru

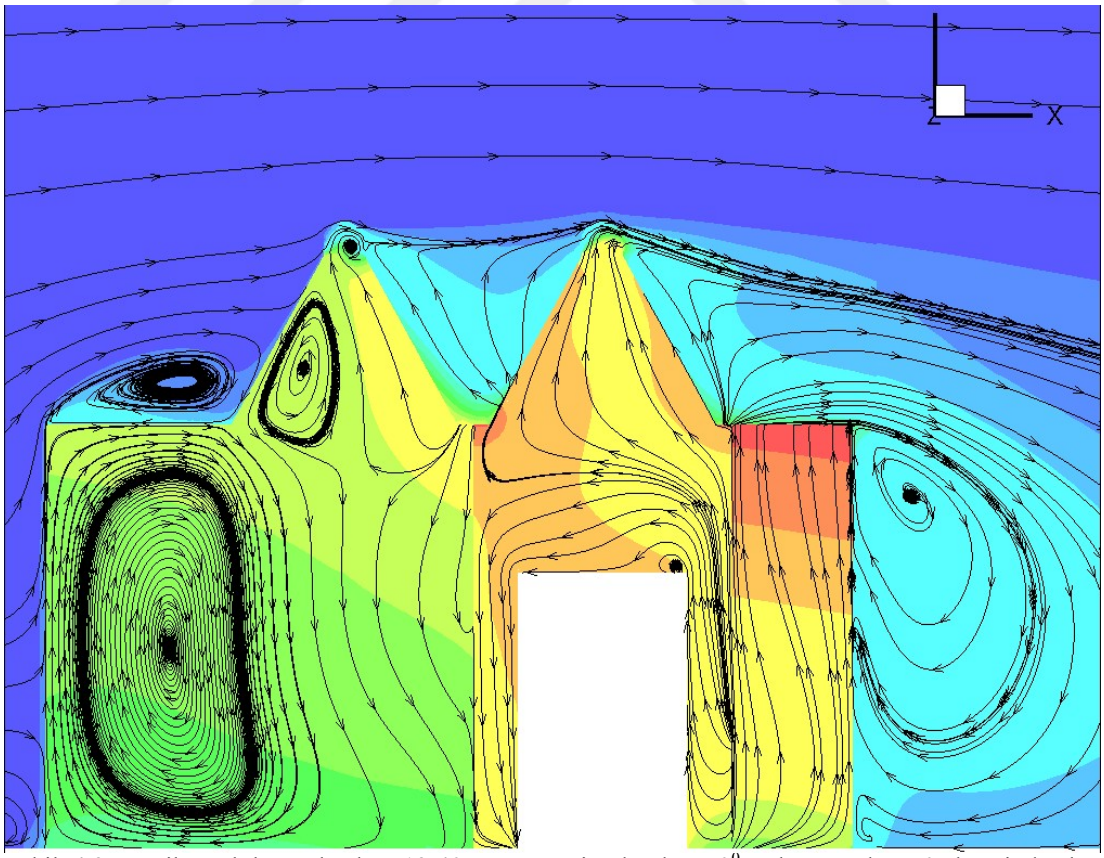
şekilden görüleceği üzere sıcaklık düşük oranda kademeli artarak boyutsuz sıcaklık katsayısı 1.0781'e kadar çıkmaktadır. Alçak gerilim odasında ise altta 1.07 iken çatı doğru artarak üst bölgede 1.1160 kadar ulaşmaktadır. Şeklide görüleceği üzere orta gerilim odasına göre alçak gerilim adasında daha büyük skalalarda sıcaklık gradyanı söz konusudur. Bu bulgu alçak gerilim odasını akış yöne göre en geride olmasından kaynaklanmaktadır. Trafo odasında trafo yüzeyi 350 K sabit sıcaklık sınır şartında simülasyon yürütülmesine rağmen şekilden görüleceği üzere trafo etrafında değişen skalalarda sıcaklık gradyanı söz konusudur. Bu sonuç trafo etrafında havalandırma menfezinden kaynaklı bir akış alanının varlığına işarettir. Yine şekilden görüleceği üzere trafonun alçak basın odası tarafındaki sıcaklık gradyanları diğer tarafa nazaran daha büyüktür. Trafo çevresinde sıcaklığın en yüksek olduğu bölge trafonun orta gerilim tarafındaki köşesine yakın meydana gelmektedir. Bu bulgu havalandırmadan giren akışkanın alçak basınç bölgesine daha büyük oranda yöneldiğinin göstergesidir. Şekilden görüleceği üzere konik çatıların olduğu haznelerde yukarı doğru akıştan



Şekil 4.2. Konik çatılı beton köşkin12:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T_∞)

dolayı sıcaklık gradyanı önemli ölçüde azalmaktadır. Buna karşın örneğin düz çatıların olduğu bölgelerde ise sıcaklık gradyanı yukarı doğru artmaktadır.

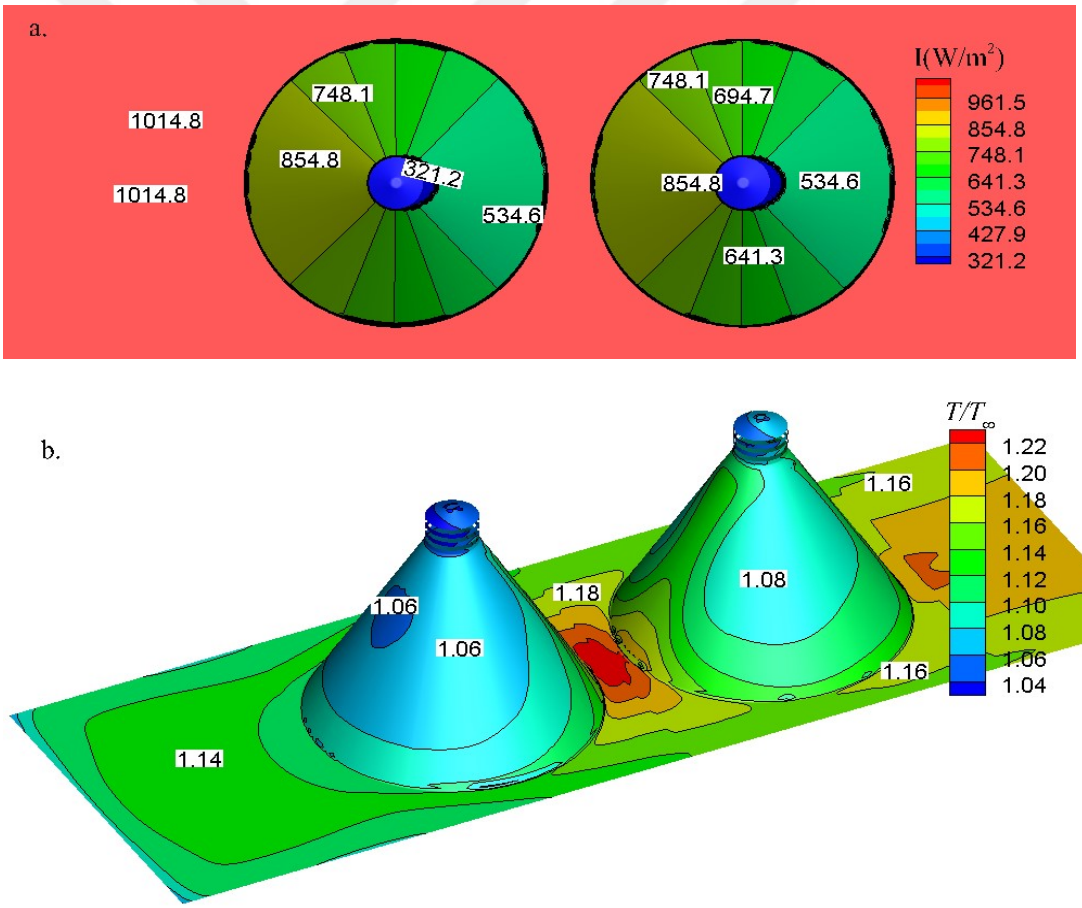
12:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında konik çatılı beton köşkün Z/G=0 ekseninde yanı merkez eksininde xy düzleminde akış çizgileri Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere tam trafonun ön yüzünün merkez ekseninin altına denk gelen hava menfezinden dolayı akış hareketi büyük oranda trafo odasında meydana gelmektedir. Yukarıda değinildiği akışkan çoğunlukla alçak gerilim odası tarafında olduğundan akış söz konusu bölgede yukarıya doğru hareket etmektedir. Şekilden görüleceği üzere tam trafo çıkışında artan basınç gradyanında dolayı tam köşede küçük bir vorteks sistemi meydana gelmektedir. Bu vorteks siteminden sonra akış yana kayarak yukarı doğru hareket etmektedir. Alçak gerilim odasında zemin ile çatı arasında sıcaklık gradyanı yüksek olduğundan oda içerisinde herhangi bir vorteks sitemi meydana gelmemekte ve akış yukarı doğru hareket etmektedir. Şekilden görüleceği üzere orta gerilim



Şekil 4.3. Konik çatılı beton köşkün 12:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞)

odasında iki tane vorteks sistemi meydana gelmektedir. Söz konusu odanın düz çatı olan bölümünde çatının altında tüm akış alanını kapsayan büyük ölçekl vorteks sistemi havalandırma bölgede akış hareketinin sadece sıcaklık farkından kaynaklandığını göstermektedir. Aynı durum orta gerilim odasının düz çatı ile konik çatının birleşme noktasında meydana gelen vorteks sistemi içinde söz konusudur.

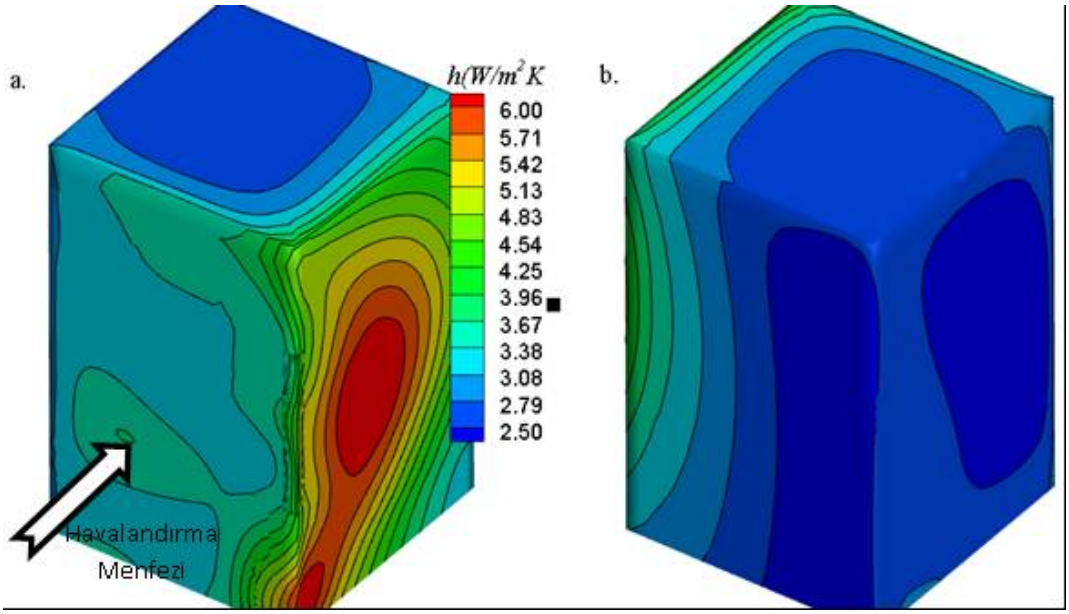
12:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında konik çatılı beton köşkün çatıya düşen ışınım şiddeti ve çatının boyutsuz sıcaklık dağılımı Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere saat 12:40 zaman periyodu güneş saatine göre saat 12:00 zaman periyoduna denk geldiğinden güneş ışınımları yatay yüzeye yaklaşık olarak dik gelmektedir. Bundan dolayı çatının düz kısmında yüzeye düşen ışınım şiddeti



Şekil 4.4. Konik çatılı beton köşkün 12:40 zaman periyodunda ve 00 atak açısında (a)çatı yüzeyine düşen güneş ışınımı ve (b) çatı yüzeyinin boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞)

yaklaşık 1014.8 W/m^2 olmaktadır. Konik çatı yüzeyine düşen ışınım şiddeti ise 321-855 W/m^2 aralığında değişmektedir. Konik çatıların güneye bakan kısımlarında ışınım şiddeti yaklaşık olarak 854 W/m^2 olurken kuzeye bakan yüzeylerde ışınım şiddeti %34 düşerek yaklaşık 534 W/m^2 olmaktadır. Konık çatının yan yüzeylerinde ise ışınım şiddeti ortalama 700 W/m^2'dir. Işınım şiddeti ve akış dolayısıyla konik çatı üzerinde meydana gelen sıcaklık dağılımı da Şekil 4.4 (b)'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere özellikle çatıların doğuya ve batıya bakan yüzeylerinde boyutsuz sıcaklık katsayısı minimumdur. Çatı üzerinde boyutsuz sıcaklık katsayısının maksimum olduğu bölgeler iki konik çatı arası ve akışa göre ikinci sıradaki çatının arkasındaki düz yüzey üzerinde meydana gelmektedir. Bu bulgu ısı taşımımın en az söz konusu bölgelerde gerçekleştiğini göstermektedir.

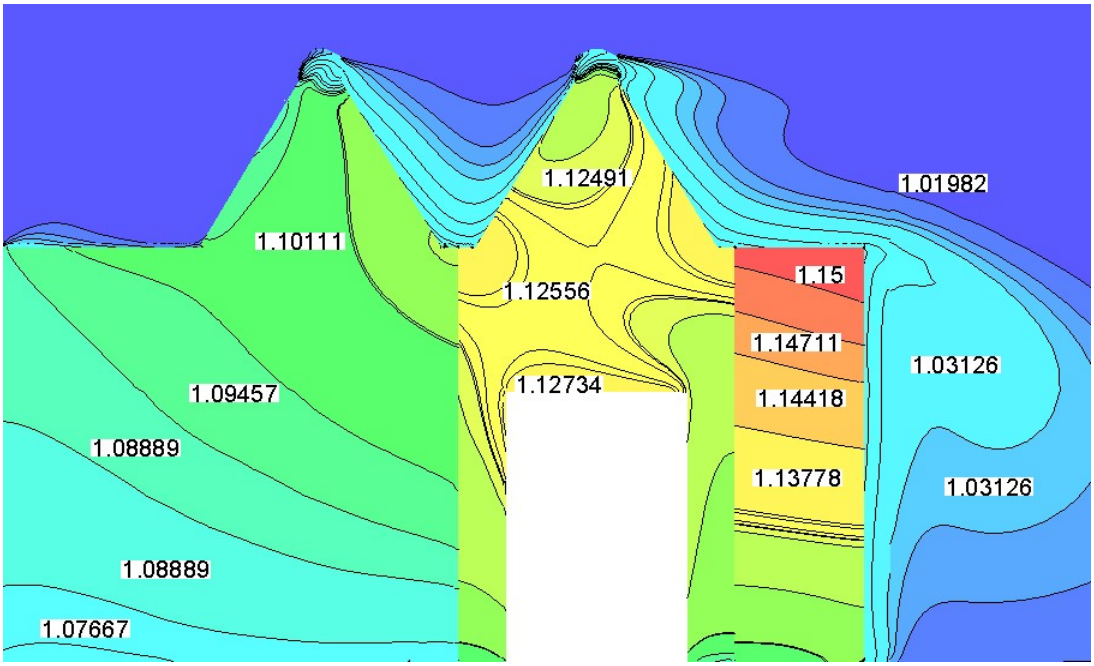
12:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında konik çatılı beton köşk de bulunan trafonun yüzeyi üzerindeki ısı taşınım katsayısının dağılımı Şekil4.5'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere trafo üzerinde ısı taşınım katsayısı 6-2.5 W/m^{2}K aralığında değişmektedir. Isı taşınım katsayısında en büyük gradyanlar trafonun alacak gerilim



Şekil 4.5. Konik çatılı beton köşkün 12:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında trafonun yüzey boyunca ısı taşınım katsayısı (a) trafo ön yüzü ve (b) trafo arka yüzü perspektif bakış.

odasına bakan yüzeyinde meydana gelmektedir. Bu yüzeyde ısı taşınım katsayısının 6 W/m^2K olduğu bölge trafonun hava menfezine bakan alt uzundan başlayarak ortasına doğru uzanmaktadır. Bu bölgeden diğer kenar uçlarına doğru ise ısı taşınım katsayısı kademeli olarak düşmektedir. Tüm bu bulgular söz konusu bölgede meydana gelen akış alanında yüzey üzerindeki hız gradyanlarının diğer bölgelere nazaran daha büyük olduğunu göstermektedir. Hava menfezlerine göre arka tarafta kalan trafo yüzeylerinde ısı taşınım katsayısı yüzey boyunca yaklaşık olarak 2.5W/m^2K şeklinde diğer yüzeylere nazaran düşük bir skalada kalmaktadır.

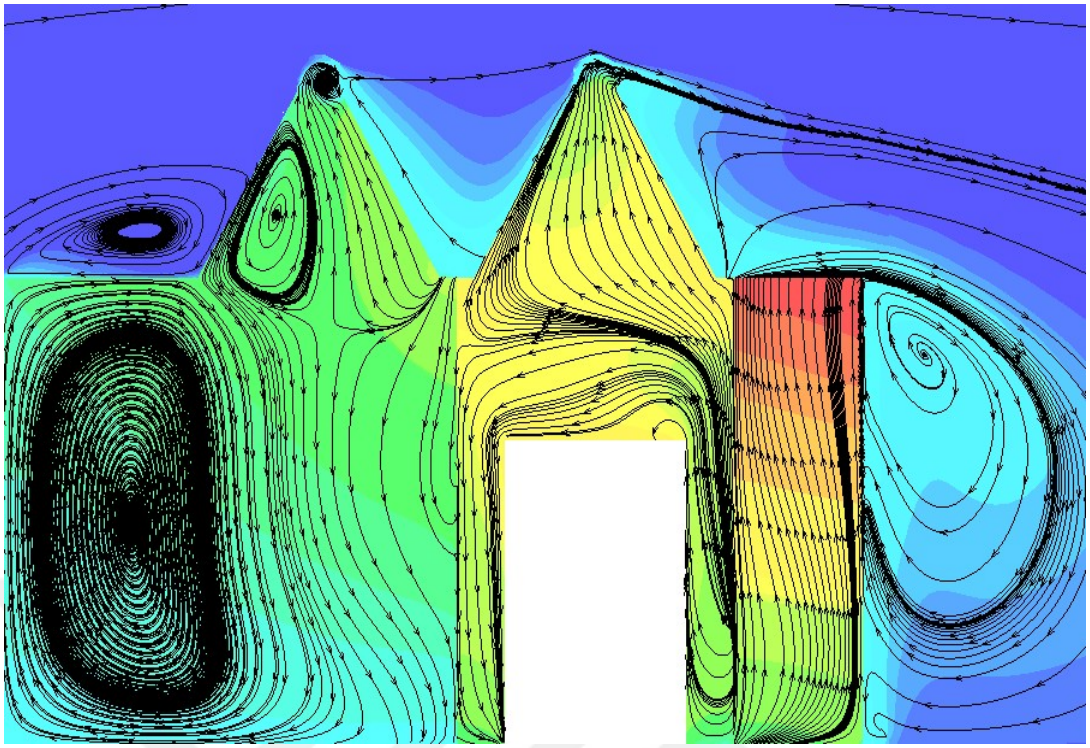
09:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında konik çatılı beton köşkün Z/G=0 ekseninde yanı merkez eksininde xy düzleminde boyutsuz sıcaklık dağılımı Şekil 4.6'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere orta gerilim odasında yüzey üzerinde boyutsuz sıcaklık katsayı hemen yüzey üzerinde 1.077'dir. Sonra üste doğru şekilden görüleceği üzere sıcaklık düşük oranda kademeli artarak boyutsuz sıcaklık katsayısı 1.1'e kadar çıkmaktadır. Alçak gerilim odasında ise altta 1.09 iken çatı doğru artarak üst bölgede 1.15 kadar ulaşmaktadır. Şeklide görüleceği üzere orta gerilim odasına göre alçak gerilim adasında daha büyük skalalarda sıcaklık gradyanı söz konusudur.



Şekil 4.6. Konik çatılı beton köşkün 09:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T_∞)

Bu bulgu alçak gerilim odasını akış yöne göre en geride olduğundan çatı kısmının çatı boyunca en yüksek sıcaklı bölgesi olmasından kaynaklanmaktadır. Trafo odasında trafo yüzeyi 350 K sabit sıcaklık sınır şartında simülasyon yürütülmesine rağmen şekilden görüleceği üzere trafo etrafında değişen skalalarda sıcaklık gradyanı söz konusudur. Bu sonuç trafo etrafında havalandırma menfezinden kaynaklı bir akış alanının varlığına işarettir. Yine şekilden görüleceği üzere trafonun alçak gerilim ve orta gerim odası tarafındaki sıcaklık gradyanları alt taraf da benzer iken üstte doğru dramatik olarak birbirinden farklılıklar göstermekteler. Yine şekilden görüleceği üzere trafo çevresinde sıcaklığın en yüksek olduğu bölge trafonun orta gerilim tarafındaki köşesine yakın meydana gelmektedir. Bu bulgu havalandırmadan giren akışkanın alçak basınç bölgesine daha büyük oranda yöneldiğinin göstergesidir. Şekilden görüleceği üzere konik çatıların olduğu haznelerde yukarı doğru akıştan dolayı sıcaklık gradyanı önemli ölçüde azalmaktadır. Buna karşın örneğin düz çatıların olduğu bölgelerde ise sıcaklık gradyanı yukarı doğru artmaktadır.

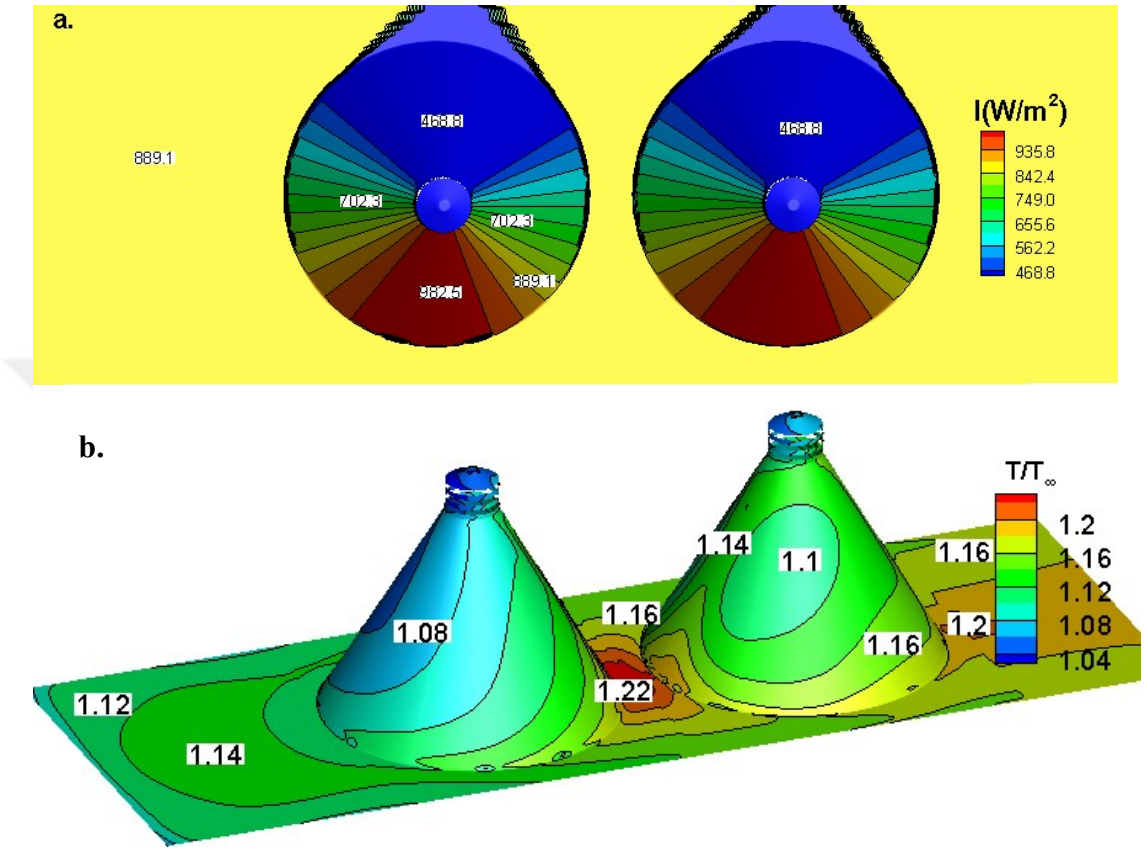
09:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında konik çatılı beton köşkün Z/G=0 ekseninde yanı merkez eksininde xy düzleminde akış çizgileri Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere tam trafonun ön yüzünün merkez eksenini altına denk gelen hava menfezinden dolayı akış hareketi büyük oranda trafo odasında meydana gelmektedir. Yukarıda değinildiği akışkan çoğunlukla alçak gerilim odası tarafında olduğundan akış söz konusu bölgede yukarıya doğru hareket etmektedir. Şekilden görüleceği üzere tam trafo çıkışında artan basınç gradyanında dolayı tam köşede küçük bir vorteks sistemi meydana gelmektedir. Bu vorteks siteminden sonra akış yana kayarak yukarı doğru hareket etmektedir. Alçak gerilim odasında zemin ile çatı arasında sıcaklık gradyanı yüksek olduğundan oda içerisinde herhangi bir vorteks sitemi meydana gelmemekte ve akış yukarı doğru hareket etmektedir. Şekilden görüleceği üzere orta gerilim odasında iki tane vorteks sistemi meydana gelmektedir. Söz konusu odanın düz çatı olan bölümünde çatının altında tüm akış alanını kapsayan büyük ölçekli vorteks sistemi havalandırma bölgede akış hareketinin sadece sıcaklık farkından kaynaklandığını göstermektedir. Aynı durum orta gerilim odasının düz çatı ile konik çatının birleşme noktasında meydana gelen vorteks sistemi içinde söz konusudur.



Şekil 4.7. Konik çatılı beton köşkün 09:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞)

09:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında konik çatılı beton köşkün çatıya düşen ışınım şiddeti ve çatının boyutsuz sıcaklık dağılımı Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere saat 09:40 zaman periyodunda güneş ışınım güney doğu yönünde açılı geldiğinden en büyük ışınım şiddeti değeri düz çatı üzerinde değil konik çatının güneşe bakan tarafında meydana gelmektedir. Bundan dolayı çatının düz kısmında yüzeye düşen ışınım şiddeti yaklaşık 869.1 W/m^2ikin konik çatı kısmında güneşe bakan tarafında 982 W/m^2olmaktadır. Bunun yanında konik çatı yüzeyine düşen ışınım şiddeti ise 400-982 W/m^2 aralığında değişmektedir. Konik çatıların güneş bakan tarafta önceden de değinildiği üzere ışınım şiddeti yaklaşık olarak 982 W/m^2 olurken diğer tarafta ışınım şiddeti yaklaşık %50 düşerek yaklaşık 440 W/m^2 olmaktadır. Konik çatının yan yüzeylerinde ise ışınım şiddeti ortalama 702.3 W/m^2'dir. Işınım şiddeti ve akış dolayısıyla konik çatı üzerinde meydana gelen sıcaklık dağılımı da Şekil 4.8 (b)'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere çatının sıcaklı dağılımda güneş ışınımdan daha fazla açıtı etrafındaki akış alanı etkilidir. Yine şekilden görüleceği üzere özellikle çatıların doğuya ve batıya bakan yüzeylerinde boyutsuz sıcaklık katsayısı minimumdur. Çatı üzerinde boyutsuz

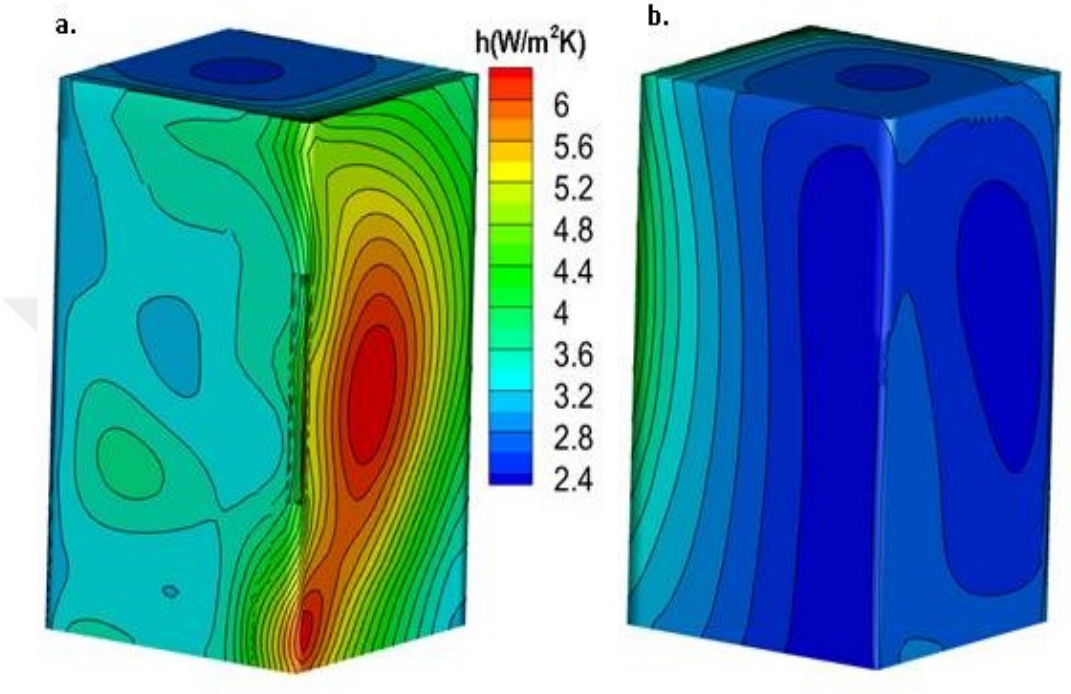
sıcaklık katsayısının maksimum olduğu bölgeler iki konik çatı arası ve akışa göre ikinci sıradaki çatının arkasındaki düz yüzey üzerinde meydana gelmektedir. Bu bulgu ısı taşımımın en az söz konusu bölgelerde gerçekleştiğini göstermektedir.



Şekil 4.8. Konik çatılı beton köşkün 09:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında (a)çatı yüzeyine düşen güneş ışınımı ve (b) çatı yüzeyinin boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞)

0.9:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında konik çatılı beton köşk de bulunan trafonun yüzeyi üzerindeki ısı taşınım katsayısının dağılımı Şekil 4.9'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere trafo üzerinde ısı taşınım katsayısı 6-2.5 W/m^2K aralığında değişmektedir. Isı taşınım katsayısında en büyük gradyanlar trafonun alacak gerilim odasına bakan yüzeyinde meydana gelmektedir. Bu yüzeyde ısı taşınım katsayısının 6 W/m^2K olduğu bölge trafonun hava menfezine bakan alt uzundan başlayarak ortasına doğru uzanmaktadır. Bu bölgeden diğer kenar uçlarına doğru ise ısı taşınım katsayısı kademeli olarak düşmektedir. Tüm bu bulgular söz konusu bölgede meydana gelen akış alanında yüzey üzerindeki hız gradyanlarının

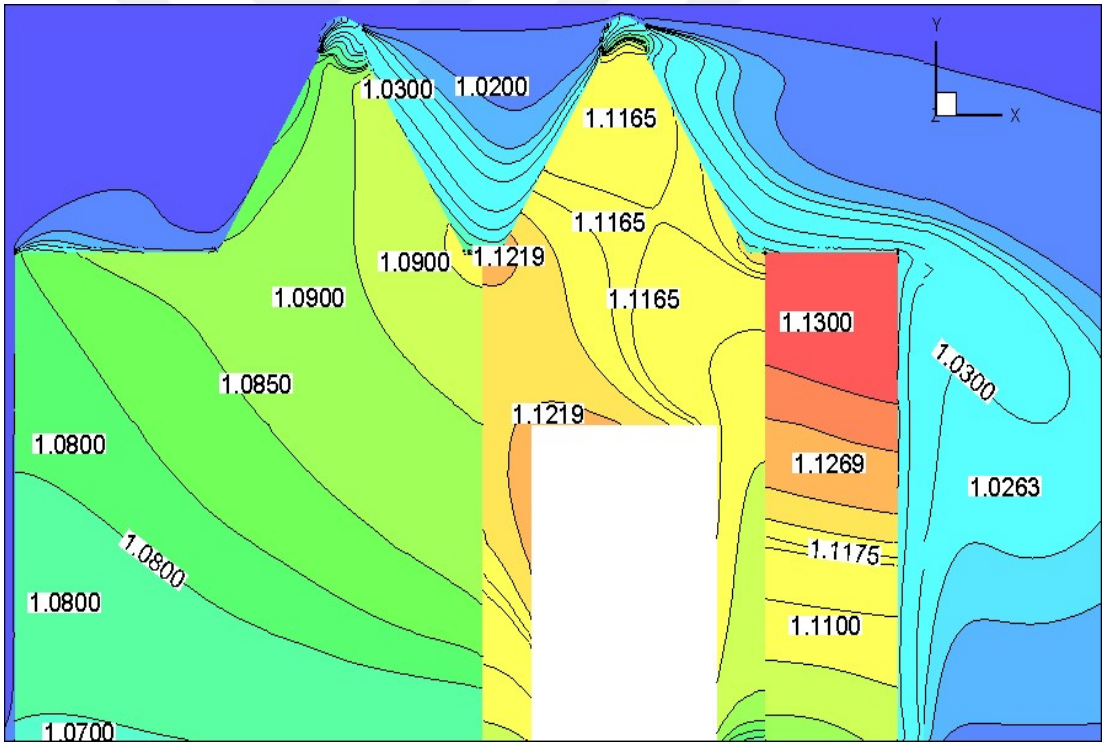
diğer bölgelere nazaran daha büyük olduğunu göstermektedir. Hava menfezlerine göre arka tarafta kalan trafo yüzeylerinde ısı taşınım katsayısı yüzey boyunca yaklaşık olarak 2.4W/m^{2}K şeklinde diğer yüzeylere nazaran düşük bir skalada kalmaktadır.



Şekil 4.9. Konik çatılı beton köşkün 09:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında trafonun yüzey boyunca ısı taşınım katsayısı (a) trafo ön yüzü ve (b) trafo arka yüzü perspektif bakış.

15:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında konik çatılı beton köşkün Z/G=0 ekseninde yanı merkez eksininde xy düzleminde boyutsuz sıcaklık dağılımı Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere orta gerilim odasında yüzey üzerinde boyutsuz sıcaklık katsayı hemen yüzey üzerinde 1.077'dir. Sonra üste doğru şekilden görüleceği üzere sıcaklık düşük oranda kademeli artarak boyutsuz sıcaklık katsayısı 1.08'e kadar çıkmaktadır. Ayrıca bu bölge konik çatıya doğru azalan bir sıcaklık gradyanı söz konusudur. Alçak gerilim odasında ise altta 1.09 iken çatı doğru artarak üst bölgede 1.13 kadar ulaşmaktadır. Şeklide görüleceği üzere orta gerilim odasına göre alçak gerilim adasında daha büyük skalalarda sıcaklık gradyanı söz konusudur. Bu bulgu alçak gerilim odasını akış yöne göre en geride olduğundan çatı kısmının çatı boyunca en yüksek sıcaklı bölgesi olmasından kaynaklanmaktadır. Trafo odasında trafo yüzeyi 350 K sabit sıcaklık sınır şartında simülasyon

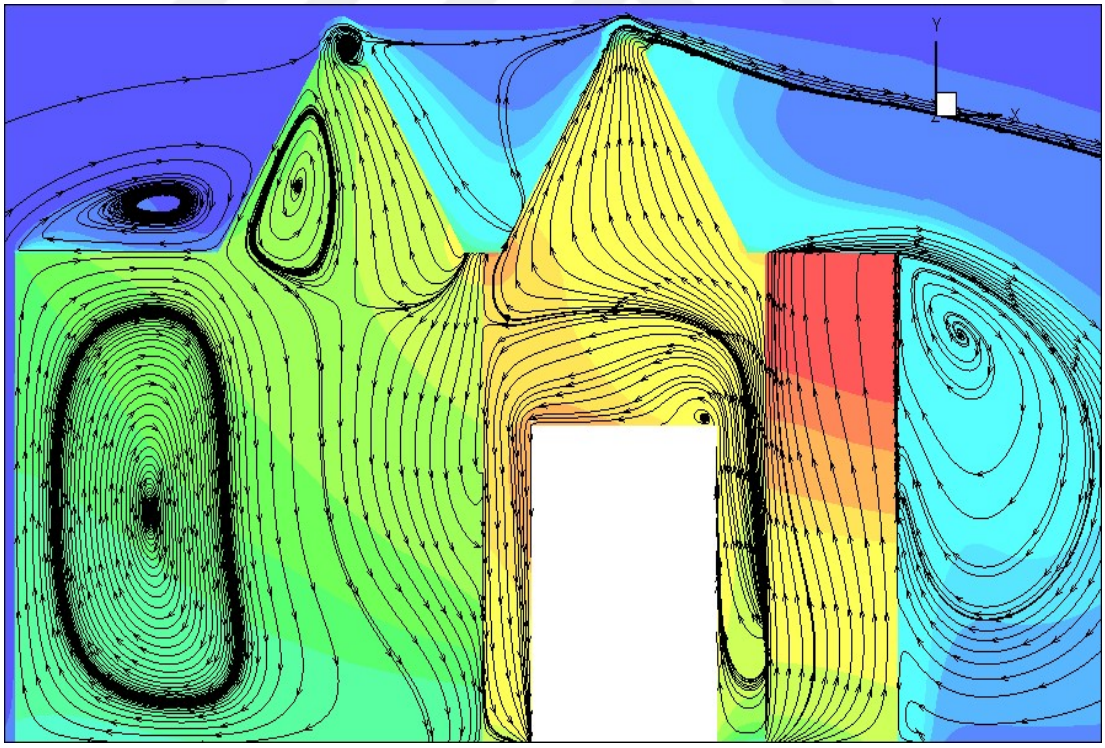
yürütülmesine rağmen şekilden görüleceği üzere trafo etrafında değişen skalalarda sıcaklık gradyanı söz konusudur. Bu sonuç trafo etrafında havalandırma menfezinden kaynaklı bir akış alanının varlığına işarettir. Yine şekilden görüleceği üzere trafonun alçak gerilim ve orta gerim odası tarafındaki sıcaklık gradyanları alt taraf da benzer iken üstte doğru dramatik olarak birbirinden farklılıklar göstermekteler. Yine şekilden görüleceği üzere trafo çevresinde sıcaklığın en yüksek olduğu bölge trafonun orta gerilim tarafındaki köşesine 1.219 değerinde meydana gelmektedir. Bu bulgu havalandırmadan giren akışkanın alçak basınç bölgesine daha büyük oranda yöneldiğinin göstergesidir. Şekilden görüleceği üzere konik çatıların olduğu haznelerde yukarı doğru akıştan dolayı sıcaklık gradyanı önemli ölçüde azalmaktadır. Buna karşın örneğin düz çatıların olduğu bölgelerde ise sıcaklık gradyanı yukarı doğru artmaktadır.



Şekil 4.10. Konik çatılı beton köşkün 15:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T_∞)

15:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında konik çatılı beton köşkün Z/G=0 ekseninde yanı merkez eksininde xy düzleminde akış çizgileri Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere tam trafonun ön yüzünün merkez eksenini altına denk gelen hava menfezinden dolayı akış hareketi büyük oranda trafo odasında

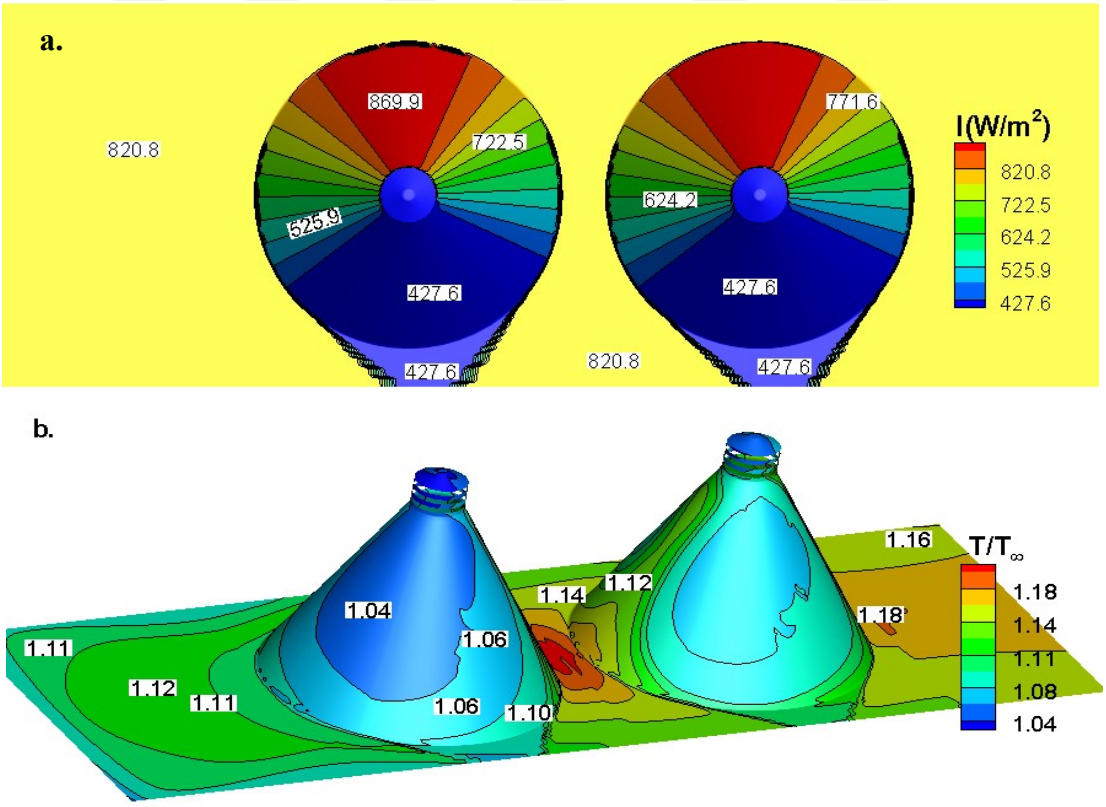
meydana gelmektedir. Yukarıda değinildiği akışkan çoğunlukla alçak gerilim odası tarafında olduğundan akış söz konusu bölgede yukarıya doğru hareket etmektedir. Şekilden görüleceği üzere tam trafo çıkışında artan basınç gradyanında dolayı tam köşede küçük bir vorteks sistemi meydana gelmektedir. Bu vorteks siteminden sonra akış yana kayarak yukarı doğru hareket etmektedir. Alçak gerilim odasında zemin ile çatı arasında sıcaklık gradyanı yüksek olduğundan oda içerisinde herhangi bir vorteks sitemi meydana gelmemekte ve akış yukarı doğru hareket etmektedir. Şekilden görüleceği üzere orta gerilim odasında iki tane vorteks sistemi meydana gelmektedir. Söz konusu odanın düz çatı olan bölümünde çatının altında tüm akış alanını kapsayan büyük ölçekli vorteks sistemi havalandırma bölgede akış hareketinin sadece sıcaklık farkından kaynaklandığını göstermektedir. Aynı durum orta gerilim odasının düz çatı ile konik çatının birleşme noktasında meydana gelen vorteks sistemi içinde söz konusudur. Beton köşkün dışındaki akış alanı incelendiğinde çatıyı doğrudan etkiyen en önemli veri köşkün akışa ilk maruz kaldığı köşede ayrılmadan kaynaklı meydana



Şekil 4.11. Konik çatılı beton köşk15:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞)

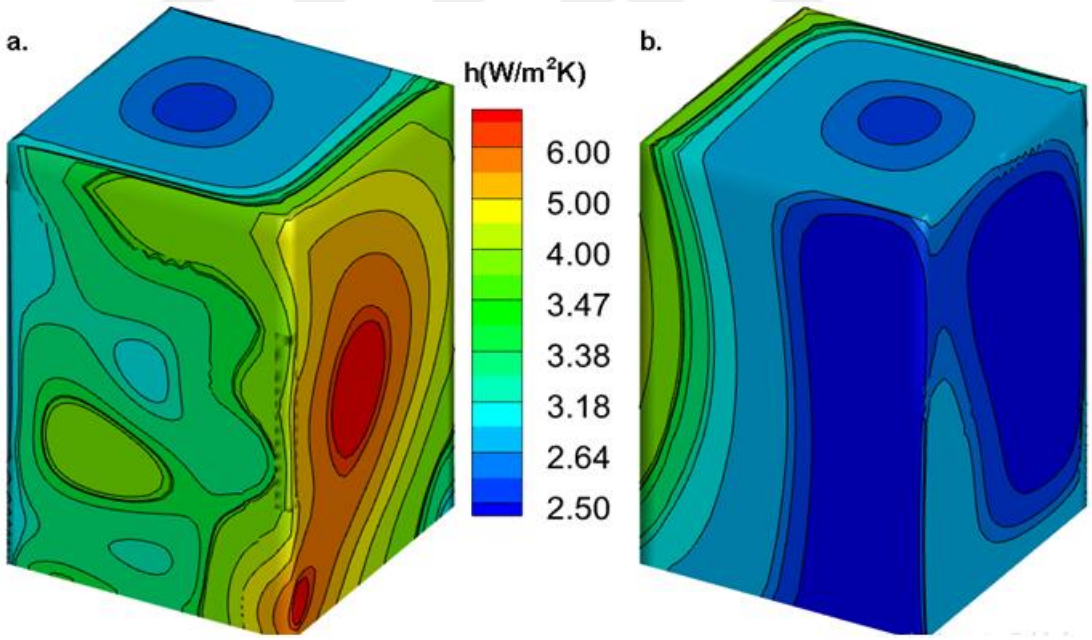
gelen vorteks sistemidir. Söz konusu vorteks sistemi önemli derecede ısı transferine sebep olduğundan köşk iç mahallinde söz konusu çatı kısmının altında daha düşük gradayanlarda sıcaklık değişimleri gözlenmektedir. Bu durumun tam tersi bir durum iki konik yapının ortası ve akışa göre ikinci konik çatını arkasındaki düz çatı kımı için söz konusudur.

15:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında konik çatılı beton köşkün çatıya düşen ışınım şiddeti ve çatının boyutsuz sıcaklık dağılımı Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere saat 15:40 zaman periyodunda güneş ışınım güney batı yönünde açılı geldiğinden en büyük ışınım şiddeti değeri düz çatı üzerinde değil konik çatının güneşe bakan tarafında meydana gelmektedir. Bundan dolayı çatının düz kısmında yüzeye düşen ışınım şiddeti yaklaşık 820 W/m^2 ikin konik çatı kısmında güneşe bakan tarafında 899 W/m^{2}olmaktadır. Bunun yanında konik çatı yüzeyine düşen ışınım şiddeti ise 420-869 W/m^2 aralığında değişmektedir. Bu skalanın yüksekli



Şekil 4.12. Konik çatılı beton köşk15:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında (a) çatı yüzeyine düşen güneş ışınımı ve (b) çatı yüzeyinin boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞)

güneş geliş açısından dolayı konik çatılarda kaynaklı göllenme faktöründedir. Konik çatıların güneş bakan tarafta önceden de değinildiği üzere ışınım şiddeti yaklaşık olarak 869 W/m^2 olurken diğer tarafta ışınım şiddeti yaklaşık %55 düşerek yaklaşık 420 W/m^2 olmaktadır. Konik çatının yan yüzeylerinde ise ışınım şiddeti ortalama 700W/m^2'dir. Işınım şiddeti ve akış dolayısıyla konik çatı üzerinde meydana gelen sıcaklık dağılımı da Şekil 4.12 (b)'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere çatının sıcaklı dağılımda güneş ışınımdan daha fazla açıtı etrafındaki akış alanı etkilidir. Yine şekilden görüleceği üzere özellikle çatıların doğuya ve batıya bakan yüzeylerinde boyutsuz sıcaklık katsayısı minimumdur. Çatı üzerinde boyutsuz sıcaklık katsayısının maksimum olduğu bölgeler iki konik çatı arası ve akışa göre ikinci sıradaki çatının arkasındaki düz yüzey üzerinde meydana gelmektedir. Bu bulgu ısı taşımımın en az söz konusu bölgelerde gerçekleştiğini göstermektedir. Çatı üzerinde boyutsuz sıcaklık skala farkı 1.11-1-16 arasında değişmektedir Bu skala 15 derecelik bir fark anlamına gelmektedir.

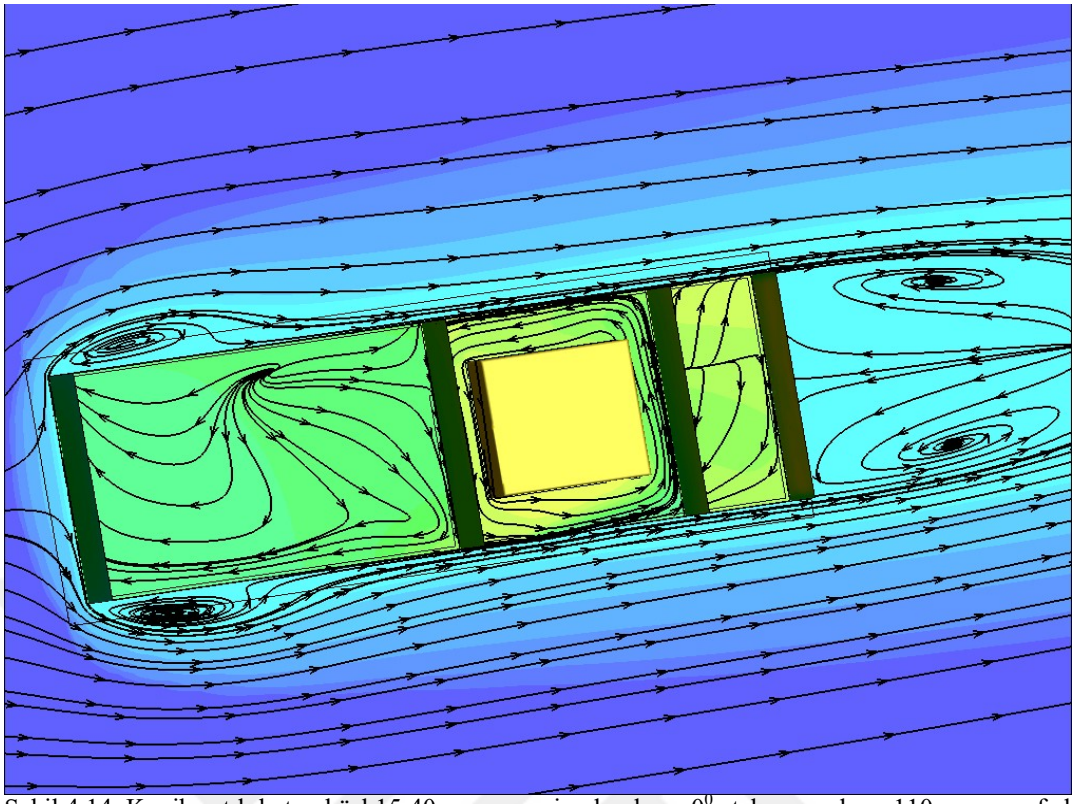


Şekil 4.13. Konik çatılı beton köşk15:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında trafonun yüzey boyunca ısı taşınım katsayısı (a) trafo ön yüzü ve (b) trafo arka yüzü perspektif bakış.

15:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında konik çatılı beton köşk de bulunan trafonun yüzeyi üzerindeki ısı taşınım katsayısının dağılımı Şekil 4.13'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere trafo üzerinde ısı taşınım katsayısı 6-2.4

W/m^2K aralığında değişmektedir. Isı taşınım katsayısında en büyük gradyanlar trafonun alçak gerilim odasına bakan yüzeyinde meydana gelmektedir. Bu yüzeyde ısı taşınım katsayısının 6 W/m^2K olduğu bölge trafonun hava menfezine bakan alt uzundan başlayarak ortasına doğru uzanmaktadır. Bu bölgeden diğer kenar uçlarına doğru ise ısı taşınım katsayısı kademeli olarak düşmektedir. Tüm bu bulgular söz konusu bölgede meydana gelen akış alanında yüzey üzerindeki hız gradyanlarının diğer bölgelere nazaran daha büyük olduğunu göstermektedir. Hava menfezlerine göre arka tarafta kalan trafo yüzeylerinde ısı taşınım katsayısı yüzey boyunca yaklaşık olarak 2.4 W/m^2K şeklinde diğer yüzeylere nazaran düşük bir skalada kalmaktadır. Bu bulgu akış alanından kaynaklı ısı transferinin söz konusu bölgede olduğunu minimum göstermektedir.

15:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında konik çatılı beton köşk akış alanında y=110 mm'de xz düzlemindeki akış çizgileri Şekil 4.14'de gösterilmiştir. y=110 mm beton köşk üzerinde ilk hava menfezinin tam ortasına denk gelmektedir. Şekilde görüleceği üzere hava menfezinde köşk içerisine bir akışkan girişi söz konusudur ve



Şekil 4.14. Konik çatılı beton köşk15:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında y=110mm mesafede xz düzleminde akış çizgileri

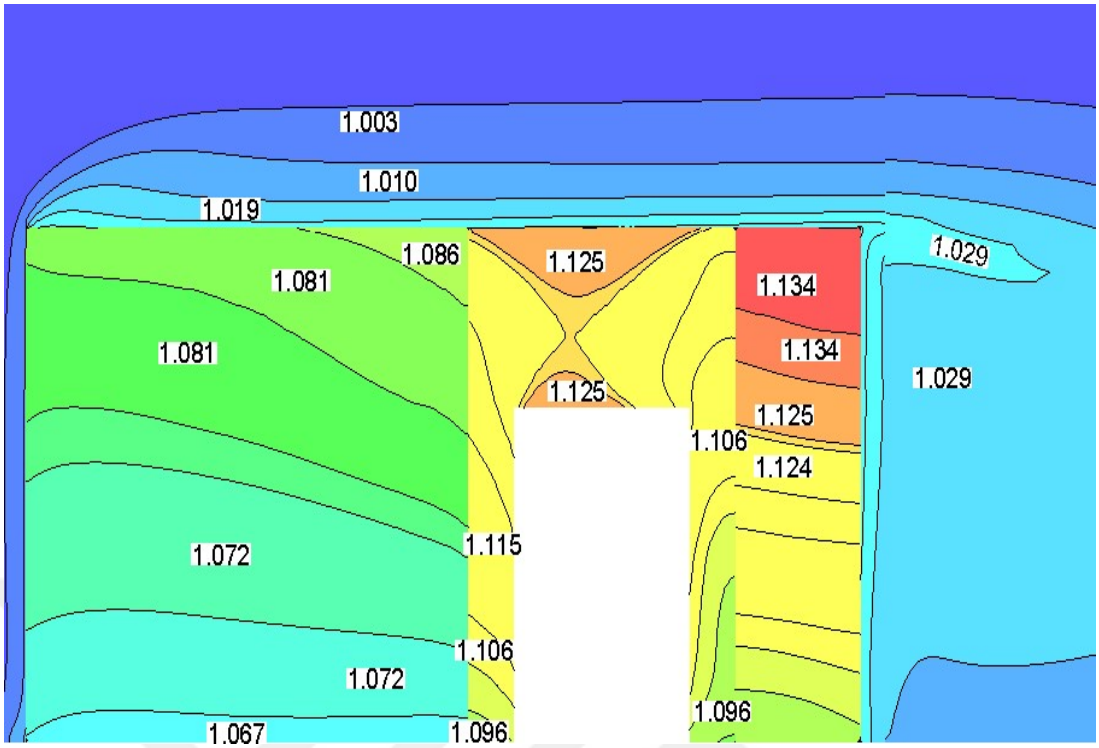
buakışkan girişi trafo etrafında dolanan bir akış meydan getirmektedir. Dolayısıyla köşke giren akışkan debisi ile trafonun termal performansı arasında doğrudan bir ilişki söz konusudur. Beton köşkün dış çevresindeki akış alanına bakıldığında köşkün akışkana maruz kaldığı ön köşelerinde ayrılmadan kaynaklı iki simetrik vorteks sistemi meydana gelmektedir. Akış alanı boyunca köşelerden ayrılan akışkan yüzey üzerinde tekrar birleşmekte ikinci bir sınır tabaka ayrılması ise akışkanın köşkü terk ettiği arka köşelerinde söz konusu olmakta ve bu ayrılmadan kaynaklı olarak köşkün arkasında yeniden simetrik iki vorteks sitemi meydana gelmektedir.

4.2 Farklı zaman periyodlarında düz çatılı beton köşklerin termal performansının araştırılması

Mevcut referans olarak seçtiğimiz endüstriyel beton köşklerde hava menfezleri trafo odasının karşılıklı duvarlarına açılmaktadır. Hava giriş menfezleri trafonun merkez eksenine yakın açılırken hava çıkış menfezleri karşı duvara trafonun üst kısmıyla çayı üzerine açılmaktadır. Bu tez çalışmasında hava menfezlerinin yeri

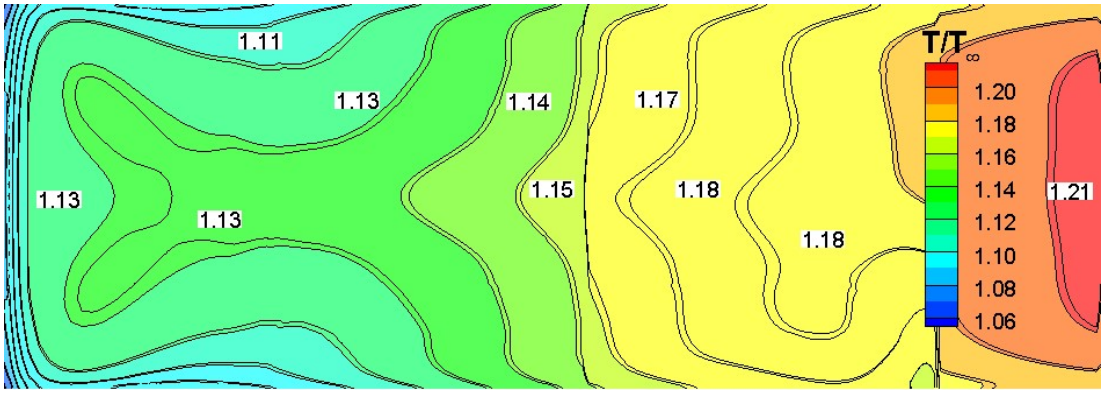
benzer seçilmiştir. Bu bölüme düz çatılı beton köşk için üç zaman periyodunda yürütülen CFD simülasyonlarının sonuçları sunulacaktır.

12:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında düz çatılı beton köşkün Z/G=0 ekseninde yanı merkez eksininde xy düzleminde boyutsuz sıcaklık dağılımı Şekil 4.15'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere orta gerilim odasında yüzey üzerinde boyutsuz sıcaklık katsayı hemen yüzey üzerinde 1.067'dir. Sonra üste doğru şekilden görüleceği üzere sıcaklık düşük oranda kademeli artarak boyutsuz sıcaklık katsayısı 1.081'e kadar çıkmaktadır. Şekilden görüleceği üzere sıcaklık dağılımında beton köşke göre çok daha düşük gradyanlar söz konusudur. Bunun iki nedeni yukarı doğru geometriden kaynaklı bir akışın olmaması ve söz konu bölgeye denk gelen çatının kısmının akışa ilk maruz kalan bölge olmasından kaynaklı zeminin ile çatı arasında sıcaklık farkının düşük olmasındandır. Alçak gerilim odasında ise altta 1.09 iken çatı doğru artarak üst bölgede 1.134 kadar ulaşmaktadır. Şeklide görüleceği üzere orta gerilim odasına göre alçak gerilim adasında konik çatıda olduğu gibi daha büyük skalalarda sıcaklık gradyanı söz konusudur. Bu bulgu alçak gerilim odasını akış yöne göre en geride olduğundan çatı kısmının çatı boyunca en yüksek sıcaklı bölgesi olmasından kaynaklanmaktadır. Trafo odasında trafo yüzeyi 350 K sabit sıcaklık sınır şartında simülasyon yürütülmesine rağmen şekilden görüleceği üzere trafo etrafında değişen skalalarda sıcaklık gradyanı söz konusudur. Bu sonuç trafo etrafında havalandırma menfezinden kaynaklı bir akış alanının varlığına işarettir. Yine şekilden görüleceği üzere trafonun alçak gerilim ve orta gerim odası tarafındaki sıcaklık gradyanları alt taraf da benzer iken üstte doğru dramatik olarak birbirinden farklılıklar göstermekteler. Yine şekilden görüleceği üzere trafo çevresinde sıcaklığın en yüksek olduğu bölge trafonun üstünde ve trafo odasının çatı kısmına yakın bölgede 1.125 değerinde meydana gelmektedir. Bu bulgu havalandırmadan giren akışkanın alçak basınç bölgesine daha büyük oranda yöneldiğinin göstergesidir. Şekilden görüleceği üzere trafo odasında, trafo ve havalandırma menfezlerinden dolayı sıcaklık gradyanları orta gerilim odasına nazaran %80 oranında daha büyüktür



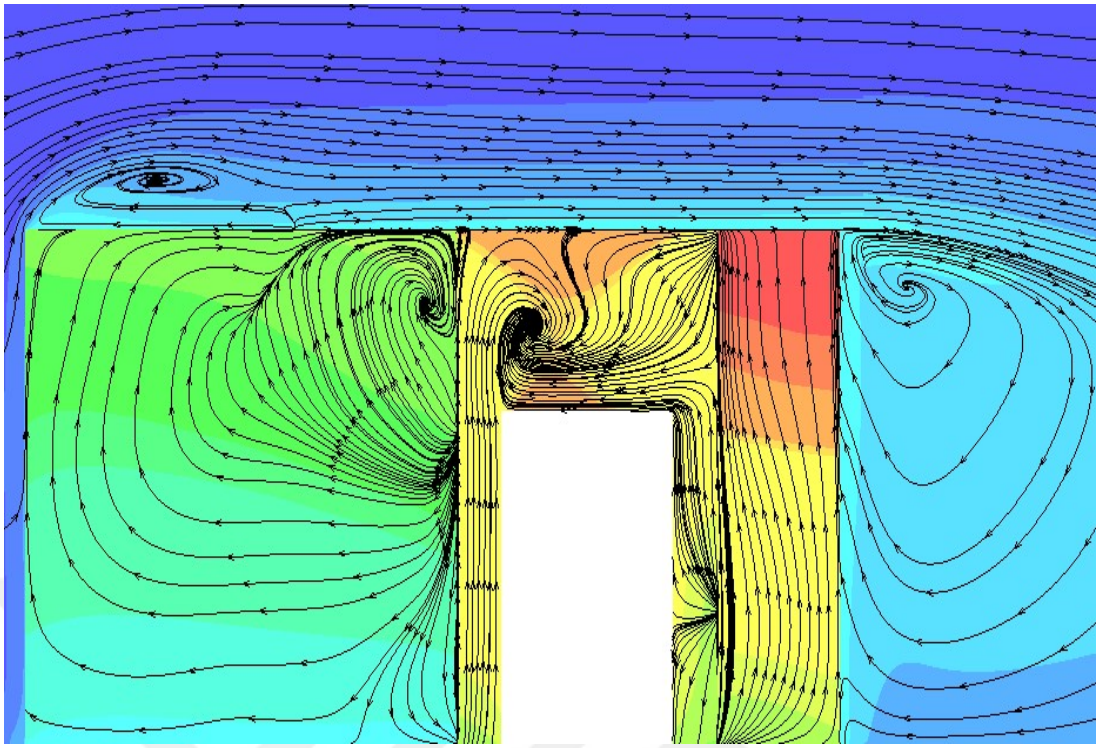
Şekil 4.15. Düz çatılı betonköşkün12:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T_∞)

12:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında düz çatılı beton köşkün çatı yüzeyinin boyutsuz sıcaklı dağılımı Şekil 4.16'da gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere düz çatı üzerinde akışa maruz uçta boyutsuz sıcaklık katsayısı 1.11 iken akışın çatıyı terk ettiği uçta bu değer 1.21 olarak maksimum değere ulaşmaktadır. Bu sıcaklık gradyanı çatı yüzeyinde 30 dereceye varan sıcaklı farklarının meydana geldiğini göstermektedir. Maksimum sıcaklı bölgesi alçak gerilim odasının çatısına denk gelirken minimum sıcaklık bölgesi orta gerilim odasının odasının çatı kısmına denk gelmektedir. Özellikle ilgi çekici bir bulgu trafo odasının çatı kısmında sıcaklık farklarını 3 derecenin altında olmasıdır.



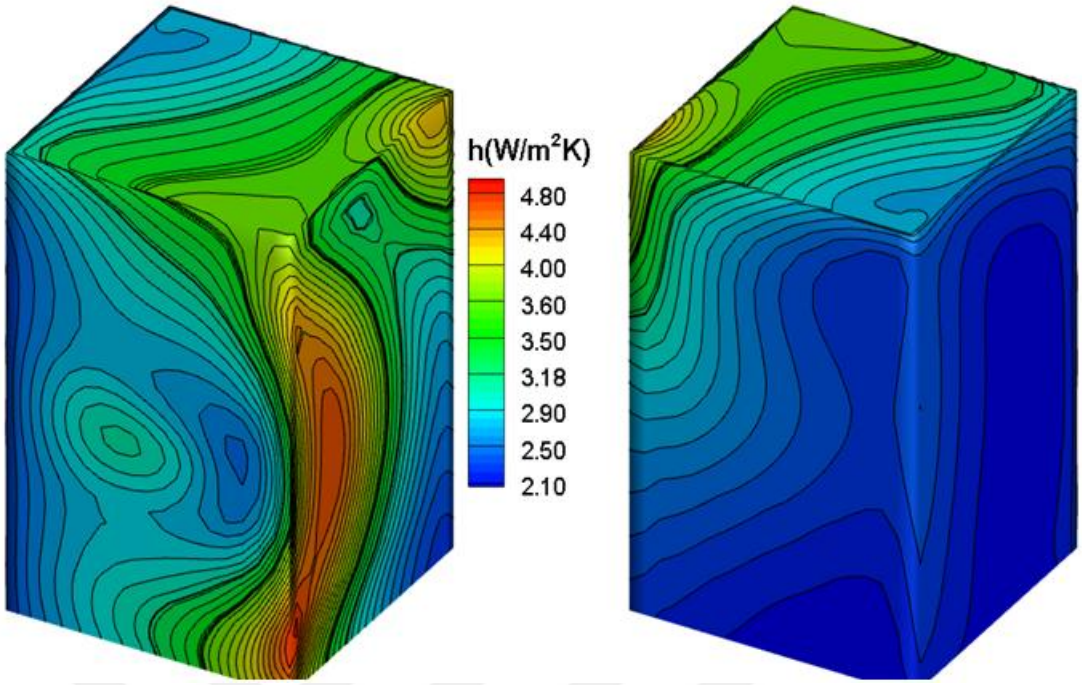
Şekil 4.16. Düz çatılı beton köşkün12:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında çatı yüzeyinin boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞)

12:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında düz çatılı beton köşkün Z/G=0 ekseninde yanı merkez eksininde xy düzleminde akış çizgileri Şekil 4.17'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere beton köşkün çevresindeki akış alanında köşkün akışa maruz ön köşesinde ayrılmadan kaynaklı çatı üzerinde bir vorteks istemi meydana gelmektedir. Vorteks sistemi orta gelim odasın çatı kısmında ön tarafında meydana gelmekte ve şekilden görüleceği vorteks sisteminden sonra orta gerilim odasının çatı kısmının merkezinin biraz ilerisinde yüzeyle tekrar birleşmektedir. Bu bulgular ışığında anlaşılacağı üzere Şekil 4.16'da gösterilmiş olan çatı yüzeyinde sıcaklık dağılımın belirleyen ana parametrelerden biri söz konusu vorteks sitemidir. Bir diğer vorteks sistemi de akışkanın köşkü terk etki uçtaki ayrılmadan kaynaklan ve beton kökün akış yönüne göre arka tarafında, duvar boyunca meydana gelen vorteks sistemidir. Anlaşılacağı üzere alçak gerim odasında yüksek sıcaklıkların nedeni yapının arak ucundan kaynaklı ayrılmadır. Şekil 4.17'den görüleceği üzere trafo odasının çatı kısmı üzerinde herhangi bir sınır tabak ayrılması veya vorteks sitemi söz konusu değildir. Bu bulgu önceki paragrafta değinilen söz konusu çatı kısmında sıcaklık gradyanlarının düşük skalada olmasını açıklamaktadır.



Şekil 4.17. Düz çatılı beton köşkün12:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞)

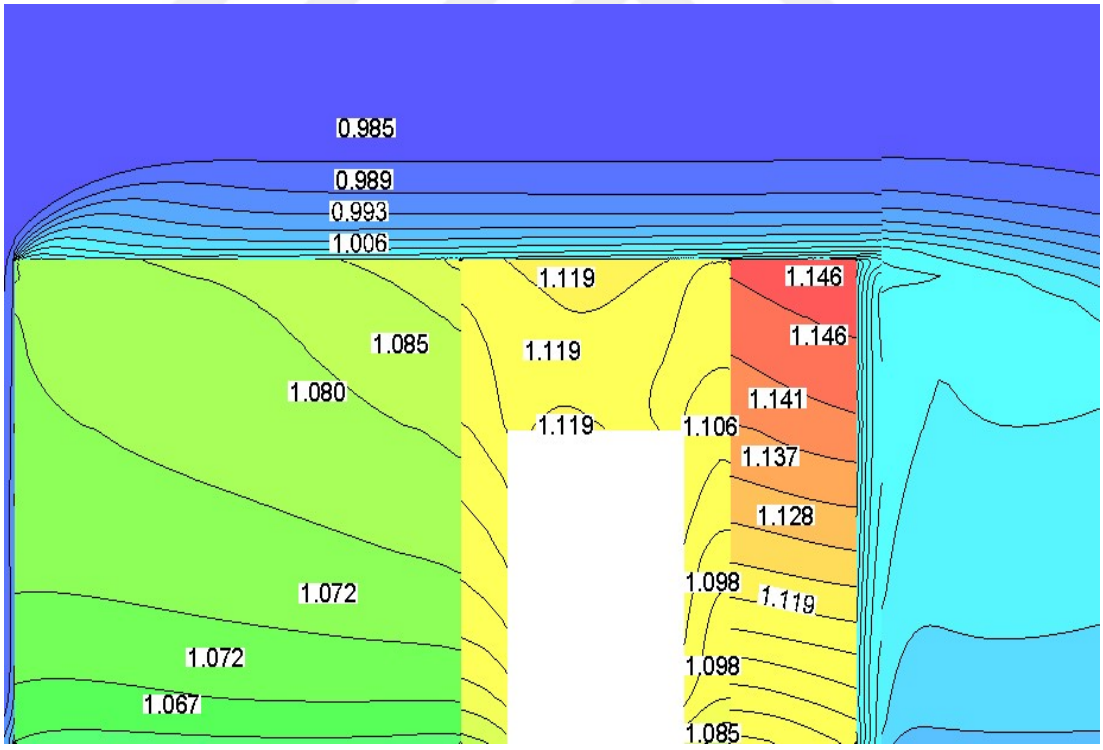
12:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında düz çatılı beton köşk de bulunan trafonun yüzeyi üzerindeki ısı taşınım katsayısının dağılımı Şekil 4.18'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere trafo üzerinde ısı taşınım katsayısı 4.8-2.1 W/m^2K aralığında değişmektedir. Isı taşınım katsayısında en büyük gradyanlar trafonun alçak gerilim odasına bakan yüzeyinde meydana gelmektedir. Bu yüzeyde ısı taşınım katsayısının 4.8 W/m^2K olduğu bölge trafonun hava menfezine bakan alt uzundan başlayarak ortasına doğru uzanmaktadır. Bu bölgeden diğer kenar uçlarına doğru ise ısı taşınım katsayısı kademeli olarak düşmektedir. Tüm bu bulgular söz konusu bölgede meydana gelen akış alanında yüzey üzerindeki hız gradyanlarının diğer bölgelere nazaran daha büyük olduğunu göstermektedir. Hava menfezlerine göre arka tarafta kalan trafo yüzeylerinde ısı taşınım katsayısı yüzey boyunca yaklaşık olarak 2.1 W/m^2K şeklinde diğer yüzeylere nazaran düşük bir skalada kalmaktadır. Bu bulgu akış alanından kaynaklı ısı transferinin söz konusu bölgede minimum olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.18. Düz çatılı beton köşkün12:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında trafonun yüzey boyunca ısı taşınım katsayısı (a) trafo ön yüzü ve (b) trafo arka yüzü perspektif bakış.

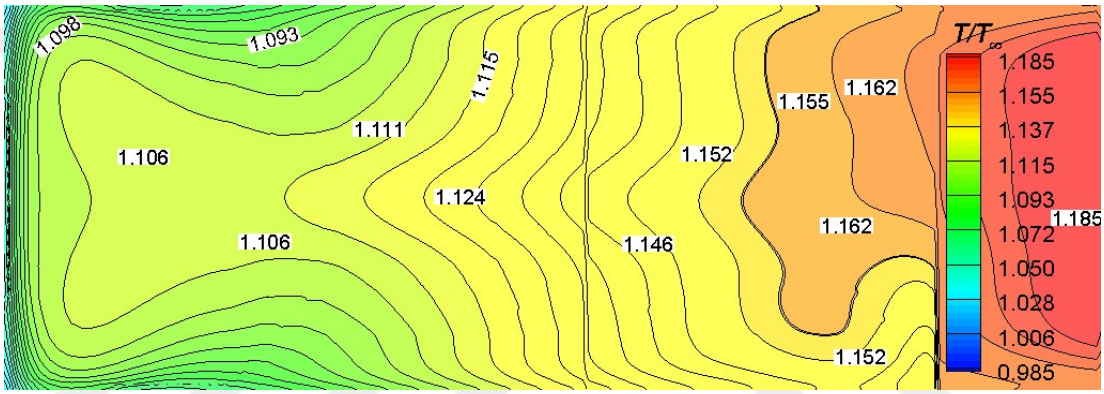
09:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında düz çatılı beton köşkün Z/G=0 ekseninde yanı merkez eksininde xy düzleminde boyutsuz sıcaklık dağılımı Şekil 4.19'da gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere orta gerilim odasında yüzey üzerinde boyutsuz sıcaklık katsayı hemen yüzey üzerinde 1.067'dir. Sonra üste doğru şekilden görüleceği üzere sıcaklık düşük oranda kademeli artarak boyutsuz sıcaklık katsayısı 1.085'e kadar çıkmaktadır. Şekilden görüleceği üzere sıcaklık dağılımında beton köşke göre çok daha düşük gradyanlar söz konusudur. Bunun iki nedeni yukarı doğru geometriden kaynaklı bir akışın olmaması ve söz konu bölgeye denk gelen çatının kısmının akışa ilk maruz kalan bölge olmasından kaynaklı zeminin ile çatı arasında sıcaklık farkının düşük olmasındandır. Diğer bir bulguda çatı yüzeyinde yüzey boyunca özellikle orta gerilim odasının çatı kısmında artana bir sıcaklı gradyanı olduğundan söz konusu odanın üst kısmında artan sıcaklık gradyanları ileri doru kaymaktadır. Alçak gerilim odasında ise altta 1.085iken çatı doğru artarak üst bölgede 1.146 kadar ulaşmaktadır. Şeklide görüleceği üzere orta gerilim odasına göre alçak gerilim adasında konik çatıda olduğu gibi daha büyük skalalarda sıcaklık gradyanı söz konusudur. Bu bulgu alçak gerilim odasını akış yöne göre en geride olduğundan çatı kısmının çatı boyunca en yüksek sıcaklı bölgesi olmasından

kaynaklanmaktadır. Trafo odasında trafo yüzeyi 350 K sabit sıcaklık sınır şartında simülasyon yürütülmesine rağmen şekilden görüleceği üzere trafo etrafında değişen skalalarda sıcaklık gradyanı söz konusudur. Bu sonuç trafo etrafında havalandırma menfezinden kaynaklı bir akış alanının varlığına işarettir. Yine şekilden görüleceği üzere trafonun alçak gerilim ve orta gerim odası tarafındaki sıcaklık gradyanları alt taraf da benzer iken üstte doğru dramatik olarak birbirinden gösterdiği farklılıklar yok denecek kadar küçük skalalardadır. Yine şekilden görüleceği üzere trafo çevresinde sıcaklığın en yüksek olduğu bölge trafonun üstünde ve trafo odasının çatı kısmına yakın bölgede 1.119 değerinde meydana gelmektedir. Bu bulgu havalandırmadan giren akışkanın alçak basınç bölgesine daha büyük oranda yöneldiğinin göstergesidir. Şekilden görüleceği üzere trafo odasında, trafo ve havalandırma menfezlerinden dolayı sıcaklık gradyanları orta gerilim odasına nazaran %75 oranında daha büyüktür



Şekil 4.19. Düz beton köşkün 09:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T_∞)

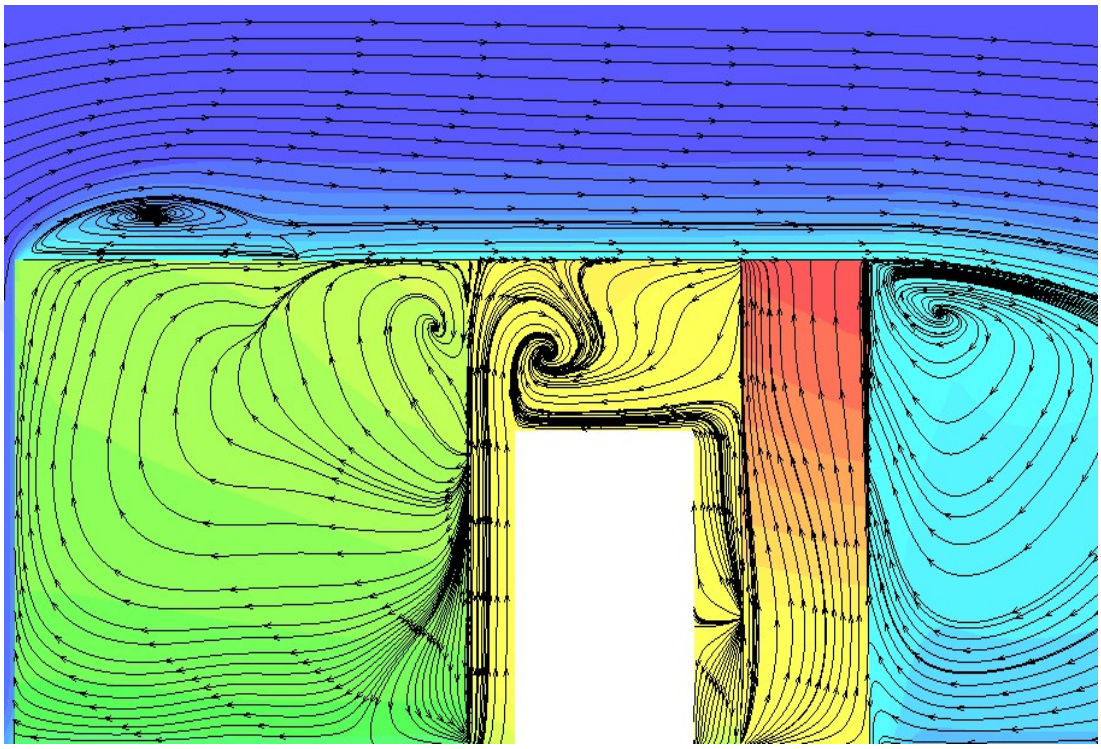
09:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında düz çatılı beton köşkün çatı yüzeyinin boyutsuz sıcaklı dağılımı Şekil 4.20'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere düz çatı üzerinde akışa maruz uçta boyutsuz sıcaklık katsayısı 1.098 iken akışın çatıyı terk ettiği uçta bu değer 1.185 olarak maksimum değere ulaşmaktadır. Bu sıcaklık gradyanı çatı yüzeyinde 2.61 dereceye gibi çok düşük sıcaklı farklarının meydana geldiğini göstermektedir. Maksimum sıcaklı bölgesi alçak gerilim odasının çatısına denk gelirken minimum sıcaklık bölgesi orta gerilim odasının çatı kısmına denk gelmektedir. Özellikle ilgi çekici bir bulgu trafo odasının çatı kısmında sıcaklık farklarını çok daha düşük derecelerde olmasıdır.



Şekil 4.20. Düzbeton köşkün 09:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında çatı yüzeyinin boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞)

09:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında düz çatılı beton köşkün Z/G=0 ekseninde yanı merkez eksininde xy düzleminde akış çizgileri Şekil 4.21'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere beton köşkün çevresindeki akış alanında köşkün akışa maruz ön köşesinde ayrılmadan kaynaklı çatı üzerinde bir vorteks istemi meydana gelmektedir. Vorteks sistemi orta gelim odasın çatı kısmında ön tarafında meydana gelmekte ve şekilden görüleceği vorteks sisteminden sonra orta gerilim odasının çatı kısmının merkezinin biraz ilerisinde yüzeyle tekrar birleşmektedir. Bu bulgular ışığında anlaşılacağı üzere Şekil 4.120'da gösterilmiş olan çatı yüzeyinde sıcaklık dağılımın belirleyen ana parametrelerden biri söz konusu vorteks sitemidir. Bir diğer vorteks sistemi de akışkanın köşkü terk etki uçtaki ayrılmadan kaynaklan ve beton kökün akış yönüne göre arka tarafında, duvar boyunca meydana gelen vorteks sistemidir. Anlaşılacağı üzere alçak gerim odasında yüksek sıcaklıkların nedeni yapının arak ucundan kaynaklı ayrılmadır. Şekil

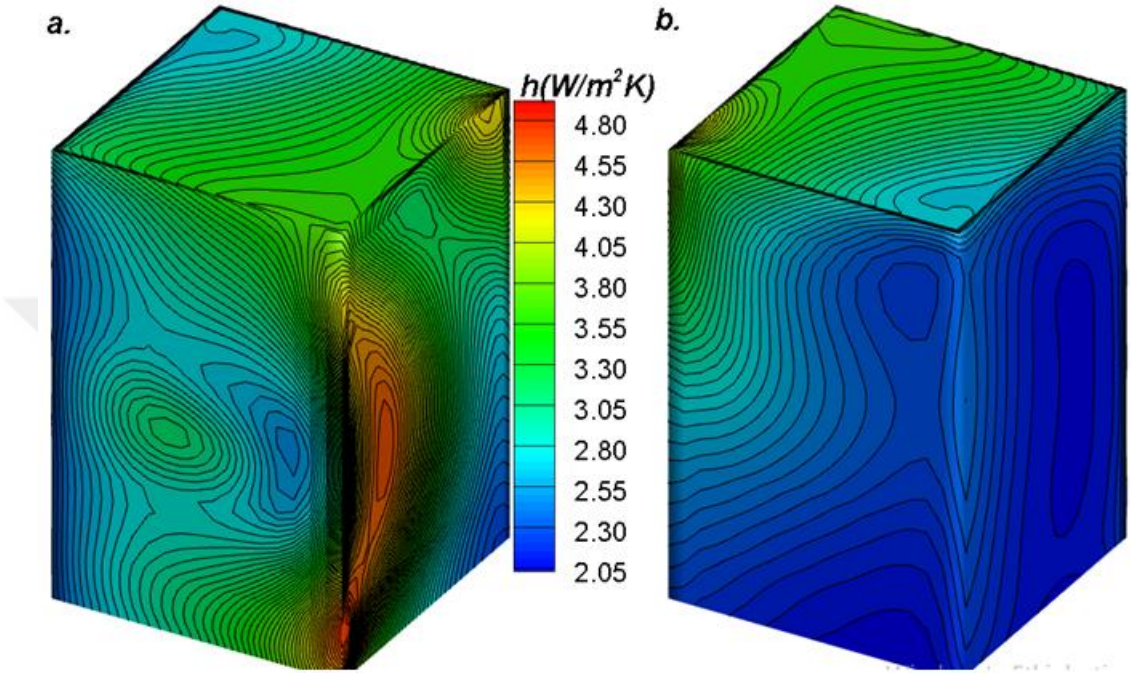
4.21'den görüleceği üzere trafo odasının çatı kısmı üzerinde herhangi bir sınır tabak ayrılması veya vorteks sitemi söz konusu değildir. Bu bulgu önceki paragrafta değinilen söz konusu çatı kısmında sıcaklık gradyanlarının düşük skalada olmasını açıklamaktadır.



Şekil 4.21. Düz çatılı beton köşkün09:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T∞)

09:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında düz çatılı beton köşk de bulunan trafonun yüzeyi üzerindeki ısı taşınım katsayısının dağılımı Şekil 4.22'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere trafo üzerinde ısı taşınım katsayısı 4.8-2.05 W/m^2K aralığında değişmektedir. Isı taşınım katsayısında en büyük gradyanlar trafonun alçak gerilim odasına bakan yüzeyinde meydana gelmektedir. Bu yüzeyde ısı taşınım katsayısının 4.8 W/m^2K olduğu bölge trafonun hava menfezine bakan alt uzundan başlayarak ortasına doğru uzanmaktadır. Bu bölgeden diğer kenar uçlarına doğru ise ısı taşınım katsayısı kademeli olarak düşmektedir. Tüm bu bulgular söz konusu bölgede meydana gelen akış alanında yüzey üzerindeki hız gradyanlarının diğer bölgelere nazaran daha büyük olduğunu göstermektedir. Hava menfezlerine göre arka tarafta kalan trafo yüzeylerinde ısı taşınım katsayısı yüzey boyunca

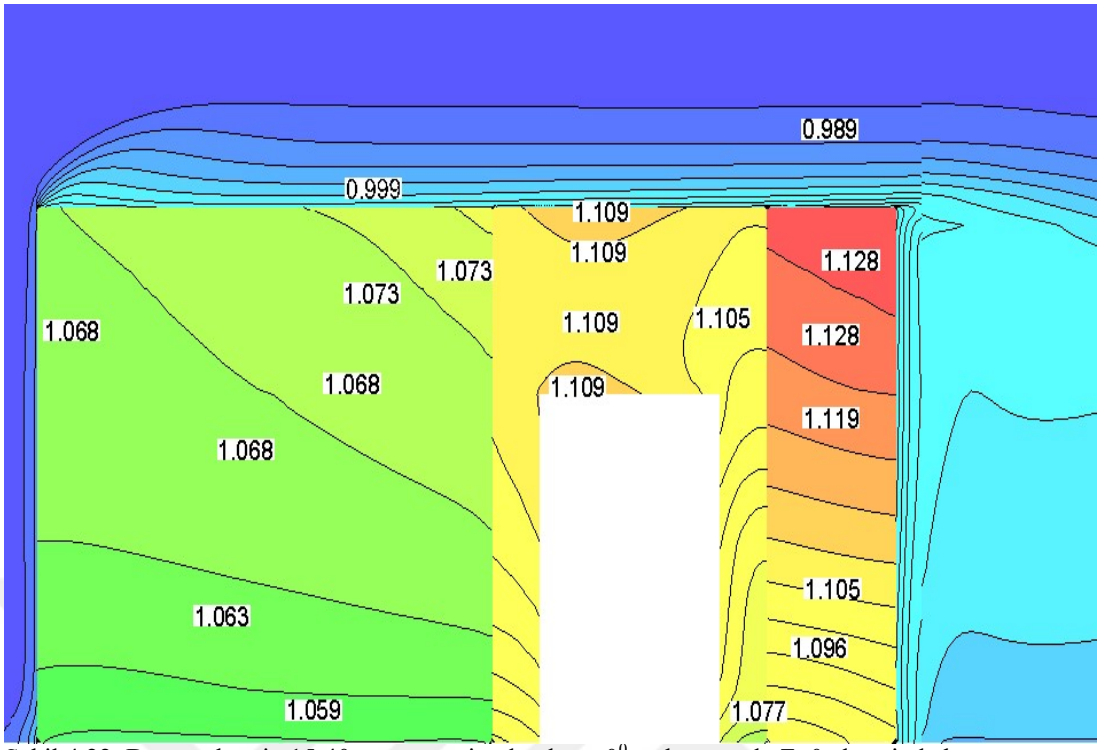
yaklaşık olarak 2.05 W/m^{2}K şeklinde diğer yüzeylere nazaran düşük bir skalada kalmaktadır. Bu bulgu akış alanından kaynaklı ısı transferinin söz konusu bölgede minimum olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.21. Düz çatılı evin 09:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında trafonun yüzey boyunca ısı taşınım katsayısı (a) trafo ön yüzü ve (b) trafo arka yüzü perspektif bakış.

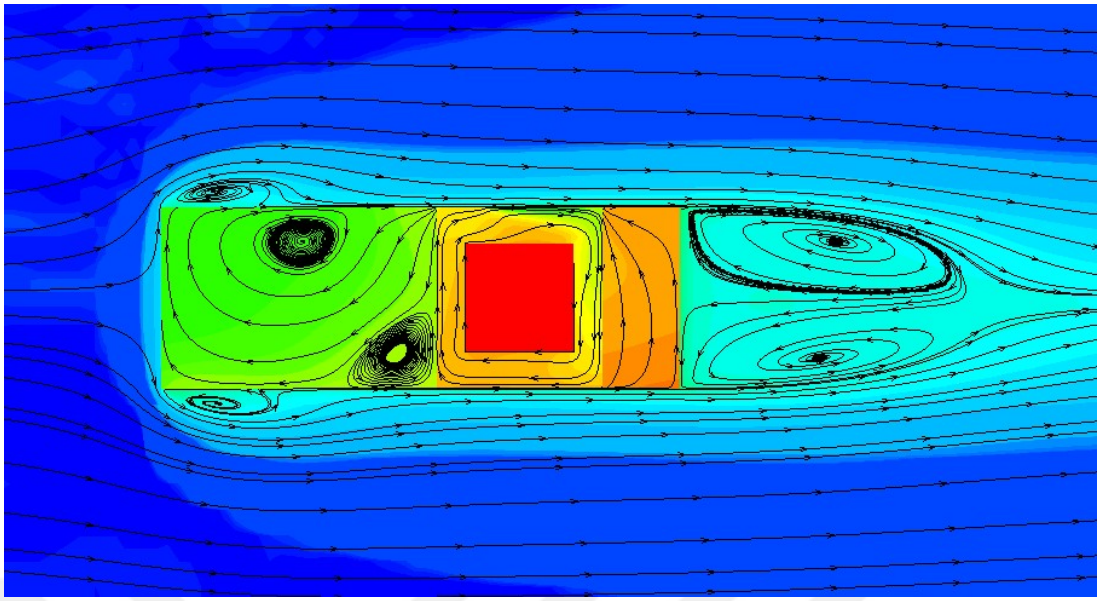
15:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında düz çatılı beton köşkün Z/G=0 ekseninde yanı merkez eksininde xy düzleminde boyutsuz sıcaklık dağılımı Şekil 4.22'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere orta gerilim odasında yüzey üzerinde boyutsuz sıcaklık katsayı hemen yüzey üzerinde 1.059'dir. Sonra üste doğru şekilden görüleceği üzere sıcaklık düşük oranda kademeli artarak boyutsuz sıcaklık katsayısı 1.073'e kadar çıkmaktadır. Şekilden görüleceği üzere sıcaklık dağılımında beton köşke göre çok daha düşük gradyanlar söz konusudur. Bunun iki nedeni yukarı doğru geometriden kaynaklı bir akışın olmaması ve söz konu bölgeye denk gelen çatının kısmının akışa ilk maruz kalan bölge olmasından kaynaklı zeminin ile çatı arasında sıcaklık farkının düşük olmasındandır. Diğer bir bulguda çatı yüzeyinde yüzey boyunca özellikle orta gerilim odasının çatı kısmında artana bir sıcaklı gradyanı olduğundan söz konusu odanın üst kısmında artan sıcaklık gradyanları ileri

doğru kaymaktadır. Alçak gerilim odasında ise altta 1.077 iken çatı doğru artarak üst bölgede 1.128 kadar ulaşmaktadır. Şeklide görüleceği üzere orta gerilim odasına göre alçak gerilim adasında konik çatıda olduğu gibi daha büyük skalalarda sıcaklık gradyanı söz konusudur. Bu bulgu alçak gerilim odasını akış yöne göre en geride olduğundan çatı kısmının çatı boyunca en yüksek sıcaklı bölgesi olmasından kaynaklanmaktadır. Trafo odasında trafo yüzeyi 350 K sabit sıcaklık sınır şartında simülasyon yürütülmesine rağmen şekilden görüleceği üzere trafo etrafında değişen skalalarda sıcaklık gradyanı söz konusudur. Bu sonuç trafo etrafında havalandırma menfezinden kaynaklı bir akış alanının varlığına işarettir. Yine şekilden görüleceği üzere trafonun alçak gerilim ve orta gerim odası tarafındaki sıcaklık gradyanları alt taraf da benzer iken üstte doğru dramatik olarak birbirinden gösterdiği farklılıklar yok denecek kadar küçük skalalardadır. Yine şekilden görüleceği üzere trafo çevresinde sıcaklığın en yüksek olduğu bölge trafonun üstünde ve trafo odasının çatı kısmına yakın bölgede 1.109 değerinde meydana gelmektedir. Bu bulgu havalandırmadan giren akışkanın alçak basınç bölgesine daha büyük oranda yöneldiğinin göstergesidir. Şekilden görüleceği üzere trafo odasında, trafo ve havalandırma menfezlerinden dolayı sıcaklık gradyanları orta gerilim odasına nazaran %85 oranında daha büyüktür.



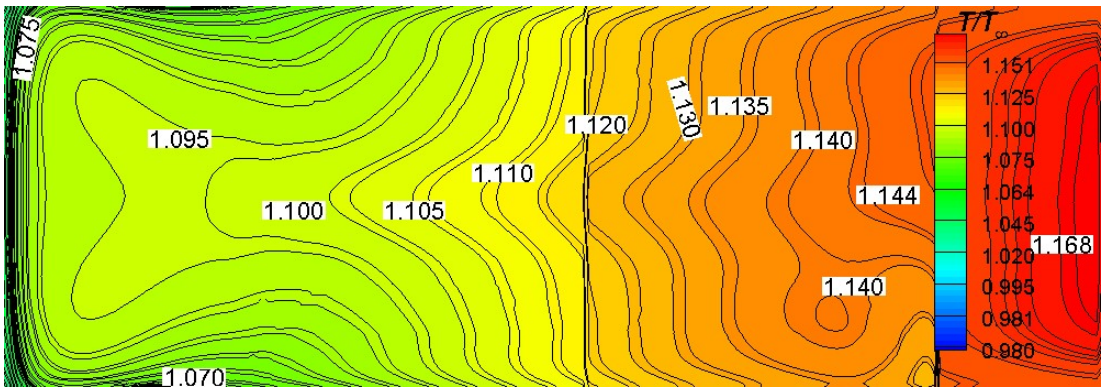
Şekil 4.22. Düz çatılı evin 15:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında Z=0 ekseninde boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T_∞)

15:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında düz çatılı beton köşk akış alanında y=110 mm'de xz düzlemindeki akış çizgileri Şekil 4.23'de gösterilmiştir. y=150 mm beton köşk üzerinde ikinci hava menfezinin tam ortasına denk gelmektedir. Şekilde görüleceği üzere hava menfezinde köşk içerisine bir akışkan girişi söz konusudur ve bu akışkan girişi trafo etrafında dolanan bir akış meydan getirmektedir. Dolayısıyla köşke giren akışkan debisi ile trafonun termal performansı arasında doğrudan bir ilişki söz konusudur. Beton köşkün dış çevresindeki akış alanına bakıldığında köşkün akışkana maruz kaldığı ön köşelerinde ayrılmadan kaynaklı iki simetrik vorteks sistemi meydana gelmektedir. Akış alanı boyunca köşelerden ayrılan akışkan yüzey üzerinde tekrar birleşmekte ikinci bir sınır tabaka ayrılması ise akışkanın köşkü terk ettiği arka köşelerinde söz konusu olmakta ve bu ayrılmadan kaynaklı olarak köşkün arkasında yeniden simetrik iki vorteks sitemi meydana gelmektedir.



Şekil 4.23. Düz çatılı evin 15:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında y=150mm ekseninde akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı (T/T_∞)

15:40 zaman periyodunda sıfır atak açısında düz çatılı beton köşkün çatı yüzeyinin boyutsuz sıcaklı dağılımı Şekil 4.24'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere düz çatı üzerinde akışa maruz uçta boyutsuz sıcaklık katsayısı 1.075 iken akışın çatıyı terk ettiği uçta bu değer 1.168 olarak maksimum değere ulaşmaktadır. Bu sıcaklık gradyanı çatı yüzeyinde 2.6 dereceye gibi çok düşük sıcaklı farklarının meydana geldiğini göstermektedir. Maksimum sıcaklı bölgesi alçak gerilim odasının çatısına denk gelirken minimum sıcaklık bölgesi orta gerilim odasının çatı kısmına denk gelmektedir. Özellikle ilgi çekici bir bulgu trafo odasının çatı kısmında sıcaklık farklarını çok daha düşük derecelerde olmasıdır.

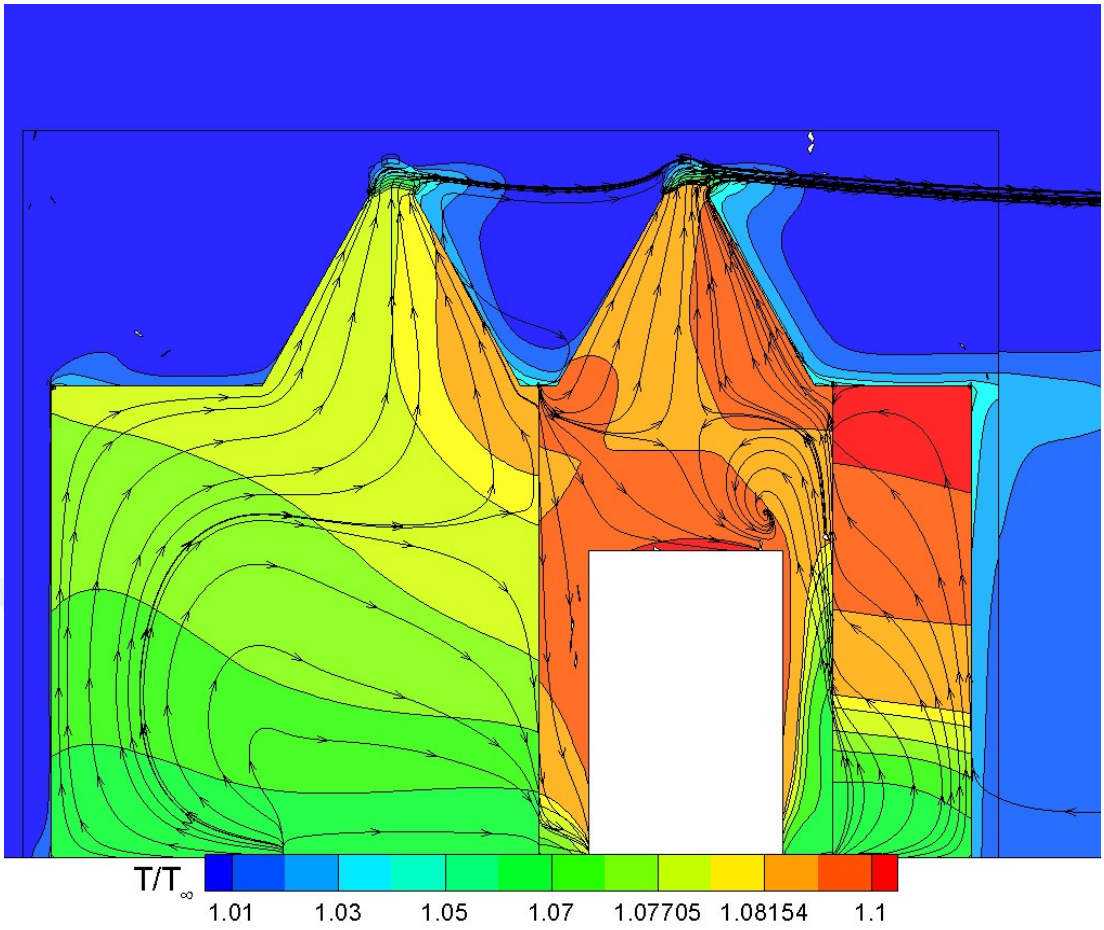


Şekil 4.24. Düz çatılı beton kökün 15:40 zaman periyodunda ve 0^0 atak açısında çatı yüzeyinin boyutsuz sıcaklık dağılımı ($T/T\infty$)

4.2. Farklı rüzgar atak açılarında beton köşklerin termal performansının incelenmesi

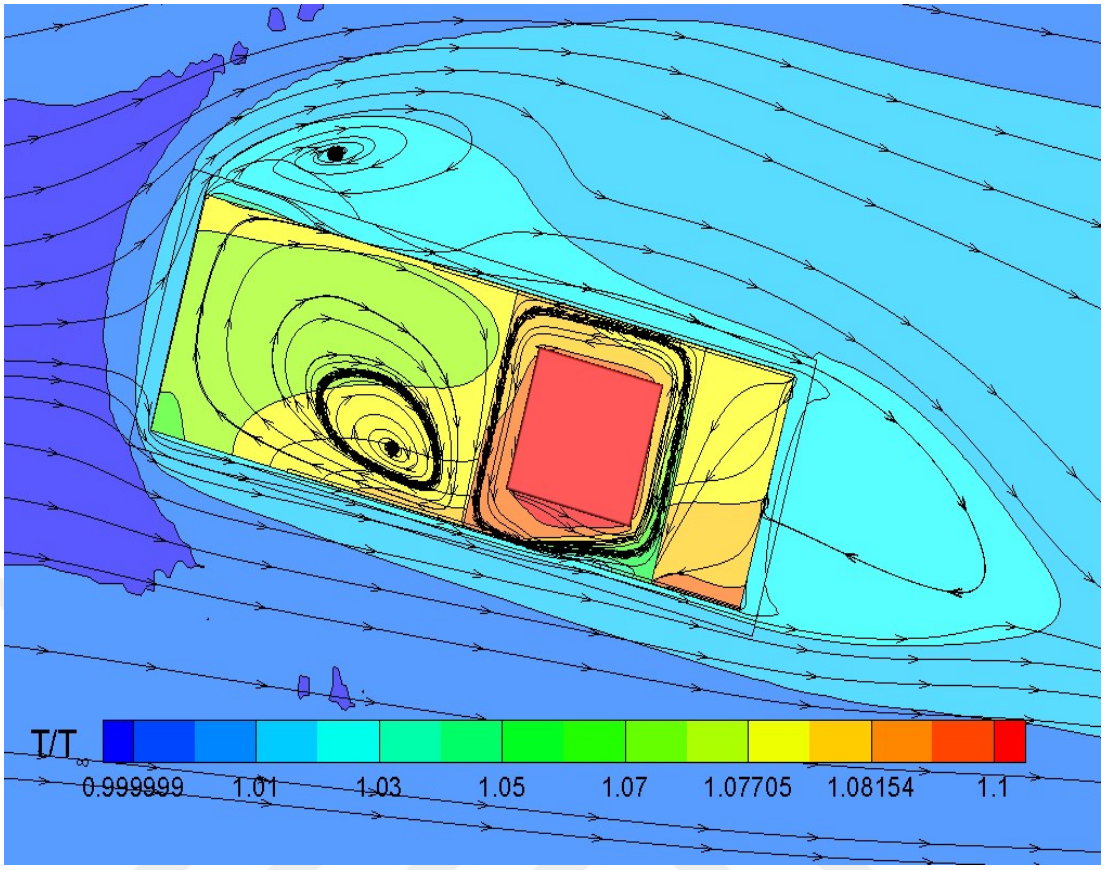
Farklı rüzgar atak açılarının referans seçilen beton köşkün termal ve havalandırma performansı her 15 derece olmak üzere toplam 12 tane CFD simülasyonuyla incelenmiştir. Bu bölümde bazı atak açıları ile ilgili sonuçlar grafiksel olarak sunulacaktır. Tüm simülasyonların sayısal veri sonuçları tezin 5 bölümünde sunulmuştur.

15 derece atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksendeki boyutsuz sıcaklık dağılım ve akış çizgileri Şekil 4.25'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere köşkün içerisinde boyutsuz sıcaklık katsayısı düzlem boyunca 1.05-1.1 aralığında değişmektedir. Bu aralık düzlem boyunca sıcaklığın 15 derece gibi bir skalada değiştiğini göstermektedir. En düşük sıcaklık gradyanı orta gerilim odasında meydana gelirken en yüksek sıcaklık gradyanı alçak gerilim odasında meydana gelmektedir. Alçak gerilim odasındaki sıcaklık gradyanları sıfır atak açısıyla benzerlik göstermesine rağmen trafo ve orta gerilim odası tamamen farklıdır. Trafo odasında alçak basınç tarafındaki sıcaklık gradyanı sıfır atak açısından farklı olarak orta gerilim bölgesindeki sıcaklık gradyanından daha düşüktür. Trafo odasında en yüksek sıcaklık bölgesi trafo üzerinde, trafonun merkez eksenin çevresinde meydana gelmektedir. Şekilde 4.25'degörüleceği üzere orta gerilim odasında çok düşük seviyede sıcaklık gradyanları olduğundan, sıfır atak açısından farklı olarak, herhangi bir vorteks sitemi meydana gelmemektedir. Akış çizgileri izlendiğinde akış alanında tek vorteks sistemi trafonun alacak basınç odası tarafındaki köşenin üstünde meydana gelmektedir. Şekilden görüleceği üzere bu vorteks sistemi söz konu bölgede sıcaklık farkının meydana gelmesine neden olmaktadır. Yine şekilden görüleceği üzere akışın konik çatının tepe noktasındaki hava çıkış menfezlerine doğru hareketi, sıfır atak açısına göre daha belirgindir.



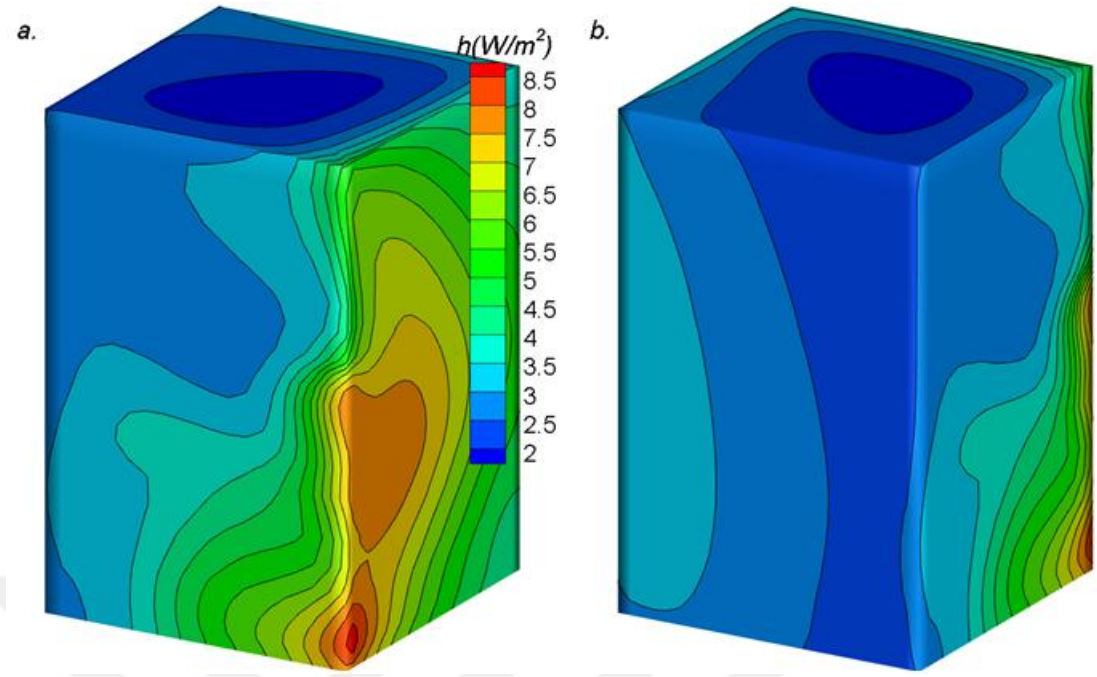
Şekil 4.25. α=15^{0}rüzgar atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksende boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri

15 derece atak açısında akış alnının zeminden y=150mm mesafede xz düzlemindeki akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı Şekil 4.26'da gösterilmiştir. Bu mesafenin seçilmesi havalandırma menfezlerine denk gelmesidir. Şekilden görüleceği üzere akış çizgileri izlendiğinde akışın hava menfezlerinden girişi belirgin bir şekilde gözlenebilmektedir. Beton köşke giren akış serbest akışın yönünden dolayı trafo odasının alçak basınç tarafındaki bölgeye doğru hareket edip trafonun çevresine dönmektedir. Bu bulgu Şekil 4.25'deki gösterilen akış çizgiler ile birlikte ele alınırsa trafo çevresinde dönen akışkanın yukarı doğru helisel bir hareketi söz konusudur. Akışkanın trafonun etrafındaki dönüş hareketinden dolayı Şekil 4.26'dan görüleceği üzere trafo odasının alçak gerilim odası tarafındaki bölgedeki sıcaklık diğer tarafa nazaran daha düşüktür.



Şekil 4.26. α=15^{0}rüzgar atak açısında akışkan alanında y=150 mm mesafede xz düzlemindeki boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri

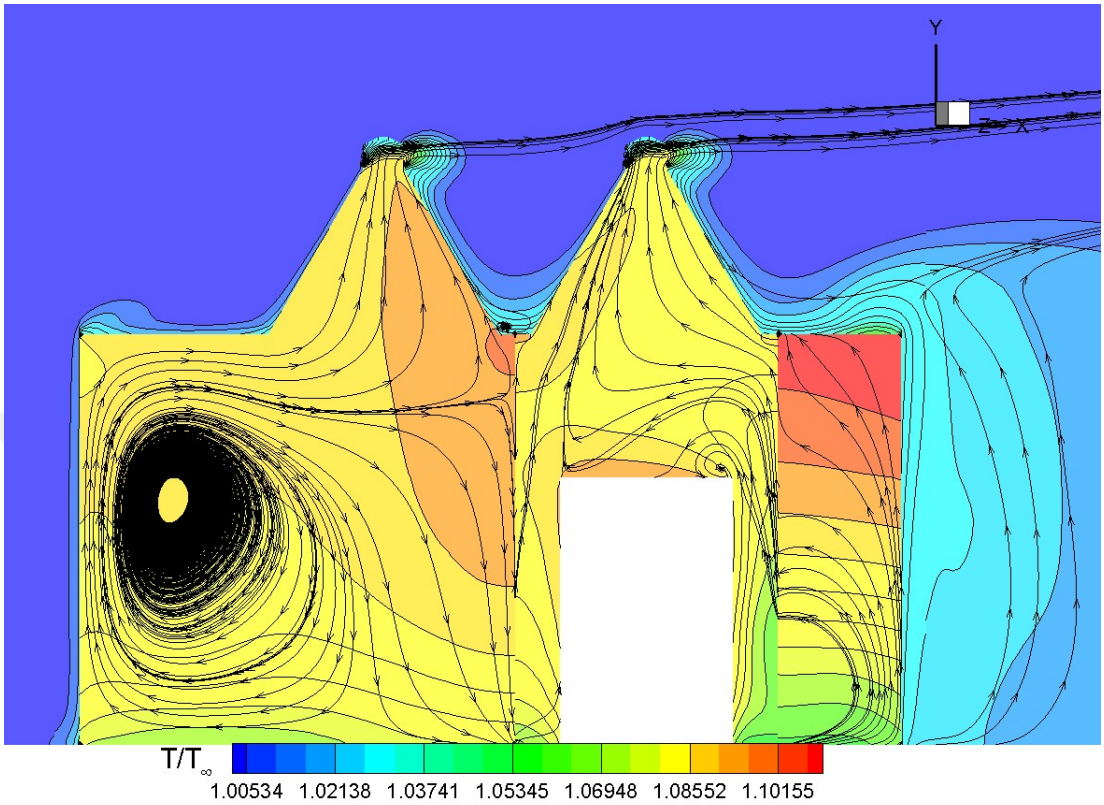
15 derece rüzgar atak açısında trafonun yüzeyi üzerindeki ısı taşınım katsayısının dağılımı Şekil 4.27'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere trafo üzerinde ısı taşınım katsayısı 8.5-2. W/m^{2}K aralığında değişmektedir. Isı taşınım katsayısında en büyük gradyanlar trafonun alçak gerilim odasına bakan yüzeyin ön köşesinin altında meydan gelmektedir. Bu yüzeyde ısı taşınım katsayısının 8 W/m^{2}K olduğu bölge trafonun hava menfezine bakan alt uzundan başlayarak ortasına doğru uzanmaktadır. Bu bölgeden diğer kenar uçlarına doğru ise ısı taşınım katsayısı kademeli olarak düşmektedir. Tüm bu bulgular söz konusu bölgede meydana gelen akış alanında yüzey üzerindeki hız gradyanlarının diğer bölgelere nazaran daha büyük olduğunu göstermektedir. Hava menfezlerine göre arka tarafta kalan trafo yüzeylerinde ısı taşınım katsayısı yüzey boyunca yaklaşık olarak 2 W/m^{2}K şeklinde diğer yüzeylere nazaran düşük bir skalada kalmaktadır. Bu bulgu akış alanından kaynaklı ısı transferinin söz konusu bölgede minimum olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.27. $\alpha=15^0$ rüzgar atak açısında trafo ön ve arka yüzeyinde ısı taşınım katsayısının dağılımı

30 derece atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksendeki boyutsuz sıcaklık dağılım ve akış çizgileri Şekil 4.28'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere köşkün içerisinde boyutsuz sıcaklık katsayısı düzlem boyunca 1.005-1.1 aralığında değişmektedir. Bu aralık düzlem boyunca sıcaklığın 15 derece gibi bir skalada değiştiğini göstermektedir. En düşük sıcaklık gradyanı orta gerilim odasında meydana gelirken en yüksek sıcaklık gradyanı alçak gerilim odasında meydana gelmektedir. Alçak gerilim odasındaki sıcaklık gradyanları sıfır atak açısıyla benzerlik göstermesine rağmen trafo ve orta gerilim odası tamamen farklıdır. Trafo odasında alçak basınç tarafındaki sıcaklık gradyanı sıfır atak açısından farklı olarak orta gerilim bölgesindeki sıcaklık gradyanından daha düşüktür. Trafo odasında en yüksek sıcaklık bölgesi trafo üzerinde, trafonun merkez eksenin orta gerilim tarafında meydana gelmektedir. Şekilde 4.28'de görüleceği üzere orta gerilin odasında çok düşük seviyede sıcaklık gradyanları olduğundan, sıfır atak açısından farklı olarak, tek bir vorteks sitemi meydana gelmemektedir. Akış çizgileri izlendiğinde akış alanında tek vorteks sistemi trafonun alacak basınç odası tarafındaki köşenin üstünde meydana gelmektedir. Şekilden görüleceği üzere bu vorteks sistemi söz konu bölgede sıcaklık farkının meydana gelmesine neden

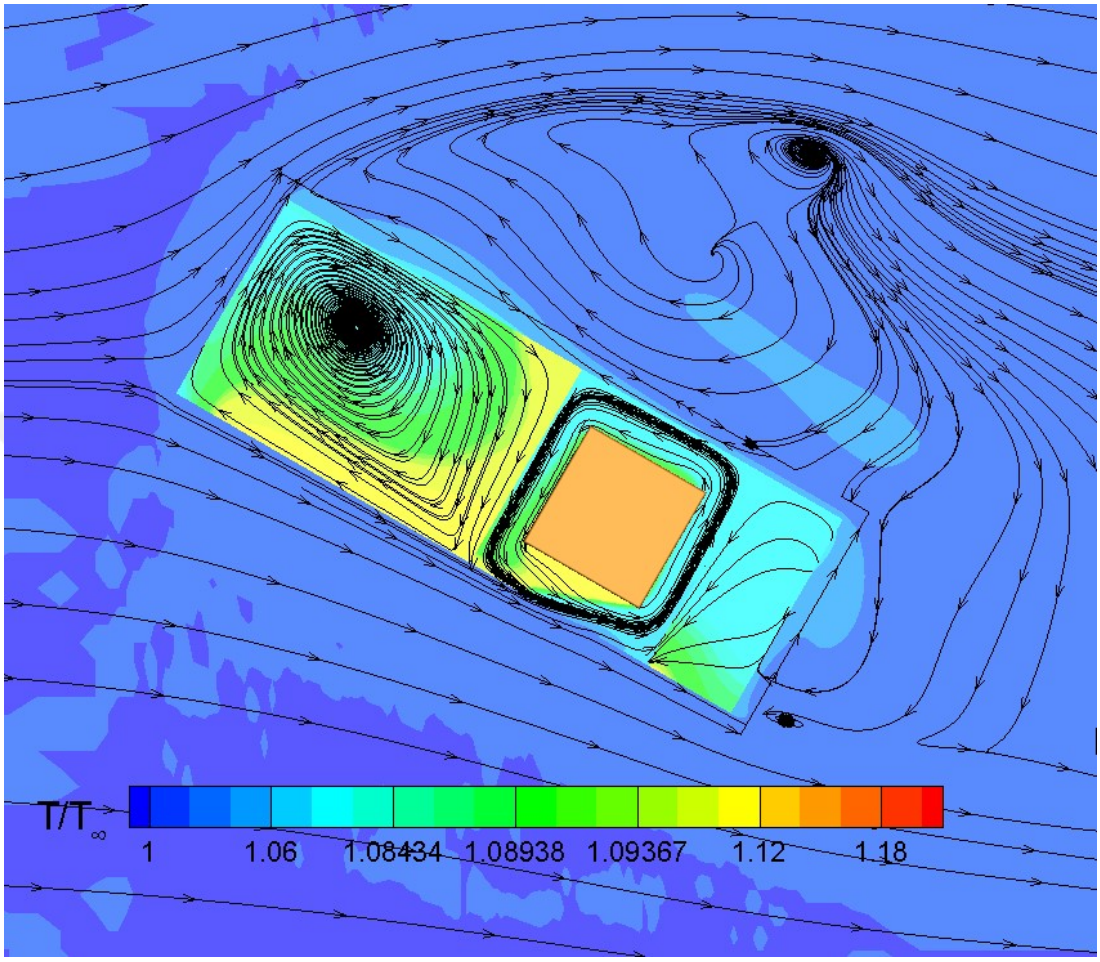
olmaktadır. Yine şekilden görüleceği üzere akışın konik çatının tepe noktasındaki hava çıkış menfezlerine doğru hareketi, sıfır atak açısına göre çok daha belirgindir.



Şekil 4.28. $\alpha=30^0$ rüzgar atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksende boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri

30 derece atak açısında akış alnının zeminden y=150mm mesafede xz düzlemindeki akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı Şekil 4.29'da gösterilirmiştir. Bu mesafenin seçilmesi havalandırma menfezlerine denk gelmesidir. Şekilden görüleceği üzere akış çizgileri izlendiğinde akışın hava menfezlerinden girişi belirgin bir şekilde gözlenebilmektedir. Beton köşke giren akış serbest akışın yönünden dolayı trafo odasının alçak basınç tarafındaki bölgeye doğru hareket edip trafonun çevresine dönmektedir. Bu bulgu Şekil 4.28'deki gösterilen akış çizgiler ile birlikte ele alınırsa trafo çevresinde dönen akışkanın yukarı doğru helisel bir hareketi söz konusudur. Akışkanın trafonun etrafındaki dönüş hareketinden dolayı Şekil 4.26'dan görüleceği üzere trafo odasının alçak gerilim odası tarafındaki bölgedeki sıcaklık diğer tarafa nazaran daha düşüktür. Şekilden

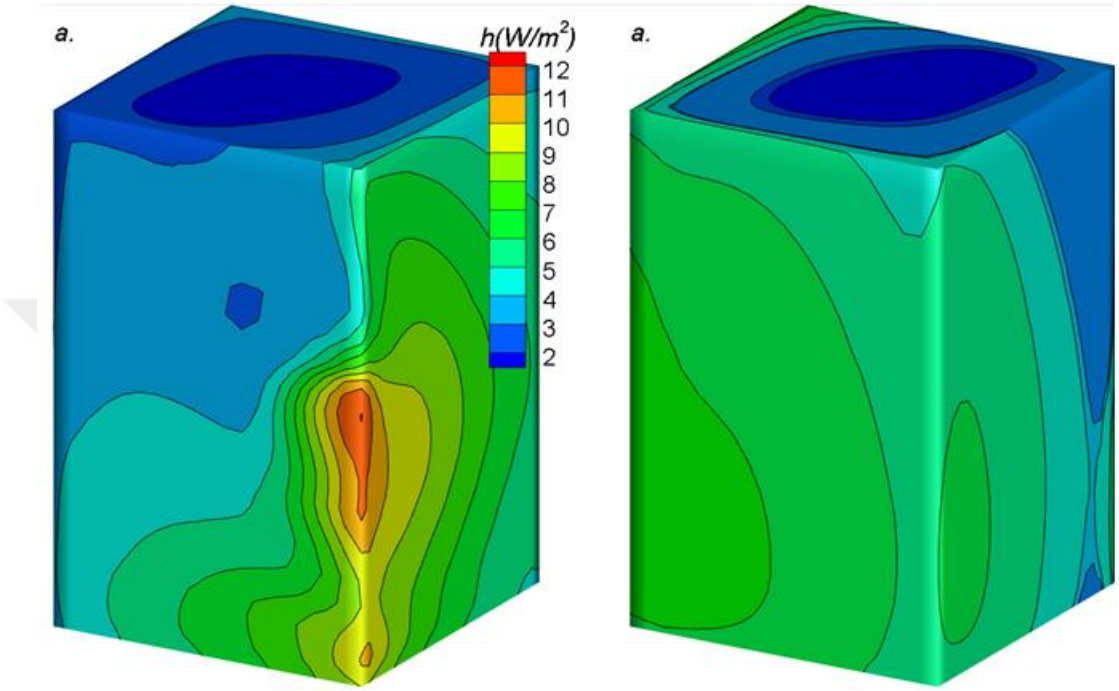
diğer ilgi çekici gözlem orta gerilim odasında odayı kaplayan bir vorteks sistemin meydana gelmesidir.



Şekil 4.29. $\alpha=30^0$ rüzgar atak açısında akışkan alanında y=150 mm mesafede xz düzlemindeki boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri

30 derece rüzgar atak açısında trafonun yüzeyi üzerindeki ısı taşınım katsayısının dağılımı Şekil 4.30'da gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere trafo üzerinde ısı taşınım katsayısı 12-2. W/m^2K aralığında yüksek bir skalada değişmektedir. Isı taşınım katsayısında en büyük gradyanlar trafonun alçak gerilim odasına bakan yüzeyin ön köşesinin altında meydan gelmektedir. Bu yüzeyde ısı taşınım katsayısının 12 W/m^2K olduğu bölge trafonun hava menfezine bakan alt uzundan başlayarak ortasına doğru uzanmaktadır. Bu bölgeden diğer kenar uçlarına doğru ise ısı taşınım katsayısı kademeli olarak düşmektedir. Tüm bu bulgular söz konusu bölgede meydana gelen akış alanında yüzey üzerindeki hız gradyanlarının diğer bölgelere nazaran daha büyük olduğunu göstermektedir. Hava menfezlerine

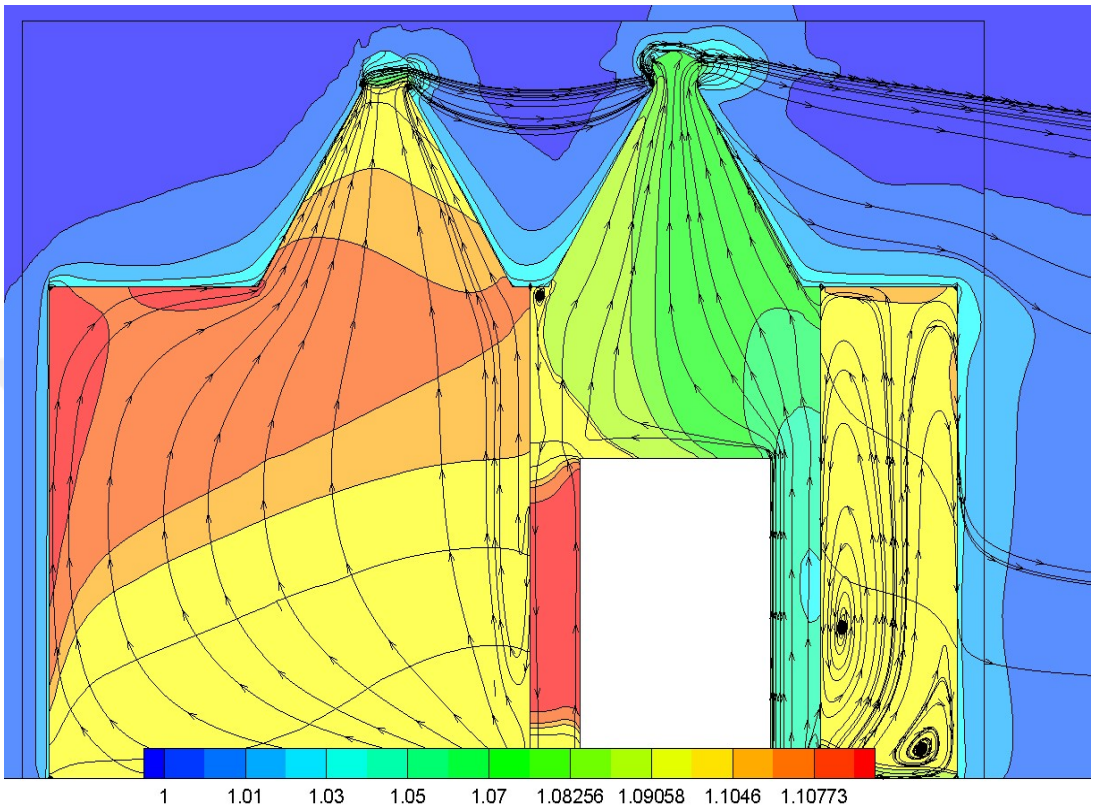
göre arka tarafta kalan trafo yüzeylerinde ısı taşınım katsayısı yüzey boyunca yaklaşık olarak 2 W/m^2K şeklinde diğer yüzeylere nazaran düşük bir skalada kalmaktadır. Bu bulgu akış alanından kaynaklı ısı transferinin söz konusu bölgede minimum olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.30. $\alpha=30^0$rüzgar atak açısında trafo ön ve arka yüzeyinde ısı taşınım katsayısının dağılımı

45 derece atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksendeki boyutsuz sıcaklık dağılım ve akış çizgileri Şekil 4.31'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere köşkün içerisinde boyutsuz sıcaklık katsayısı düzlem boyunca 1-1.1 aralığında değişmektedir. Bu aralık düzlem boyunca sıcaklığın 15 derece gibi bir skalada değiştiğini göstermektedir. Sıfır ve daha küçük rüzgar atak açılarında farklı olarak en düşük sıcaklık gradyanı alçak gerilim odasında meydana gelirken en yüksek sıcaklık gradyanı orta gerilim odasında meydana gelmektedir. Tüm mahallemdeki sıcaklık gradyanları tamamen sıfır atak açısından farklı meydana gelmektedir. En belirgin fark orta gerilim odasında meydana gelmektedir. Söz konusu odada tabandan başlayarak artan bir sıcaklık gradyanı söz konusu iken belli bir mesafeden sonra çatıya doğru azalan bir basınç gradyanı meydana gelmektedir. Ayrıca odanın ön üst köşesine ve düz çatı kısmının konik çatıya bağlanma noktasına yakın yüksek sıcaklık bölgeleri meydana gelmektedir. Şekil 31'den açıkça görüleceği üzere orta gerilim

odasına trafo odasından ara duvardaki açıklıktan giren akışın çatıdaki havalandırma menfezine doğru hareketi diğer atak açıları için sunulan grafiklere nazaran çok daha belirgindir.

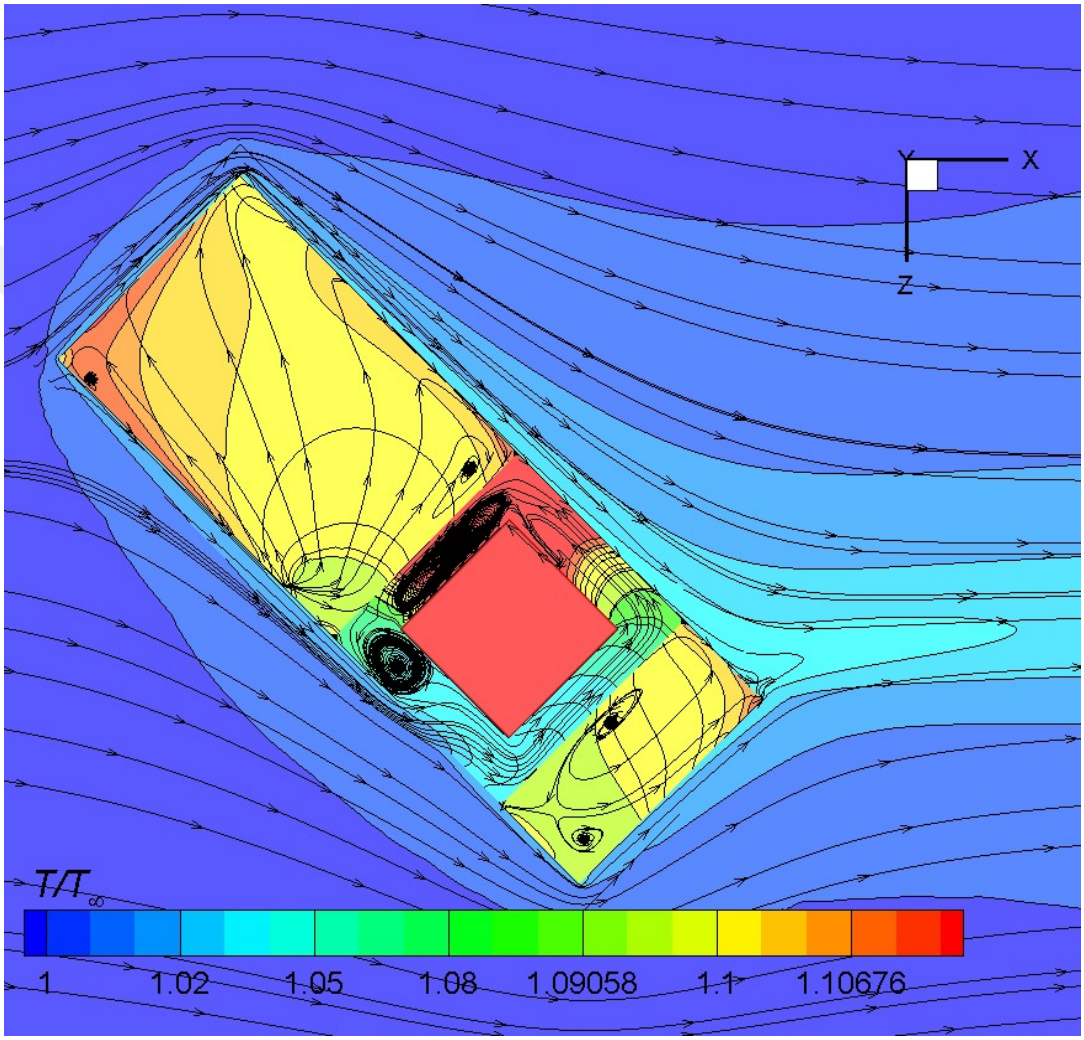


Şekil 4.31. $\alpha=45^0$rüzgar atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksende boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri

Şekilden görüleceği üzere trafo odasında en yüksek sıcaklık trafo odasının orta geriml odası trafında trafo boyuncaki bölgede meydana gelmektedir. Trafo odasının diğer kaln bölgelerinde çok füşük skalda sıcaklık gradyanları söz konusudur. Alçak gerilim odasında yukarıda değinildiği üzere çok düşük skalada sıcaklık gradyanları söz konusu olduğundan iki tane vorteks sistemi meydana gelmektedir.

30 derece atak açısında akış alnının zeminden y=150mm mesafede xz düzlemindeki akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı Şekil 4.32'de gösterilmiştir. Bu mesafenin seçilmesi havalandırma menfezlerine denk gelmesidir. Şekilden görüleceği üzere akış çizgileri izlendiğinde akışın hava menfezlerinden girişi belirgin bir şekilde gözlenebilmektedir. Beton köşke giren akış serbest akışın yönünden

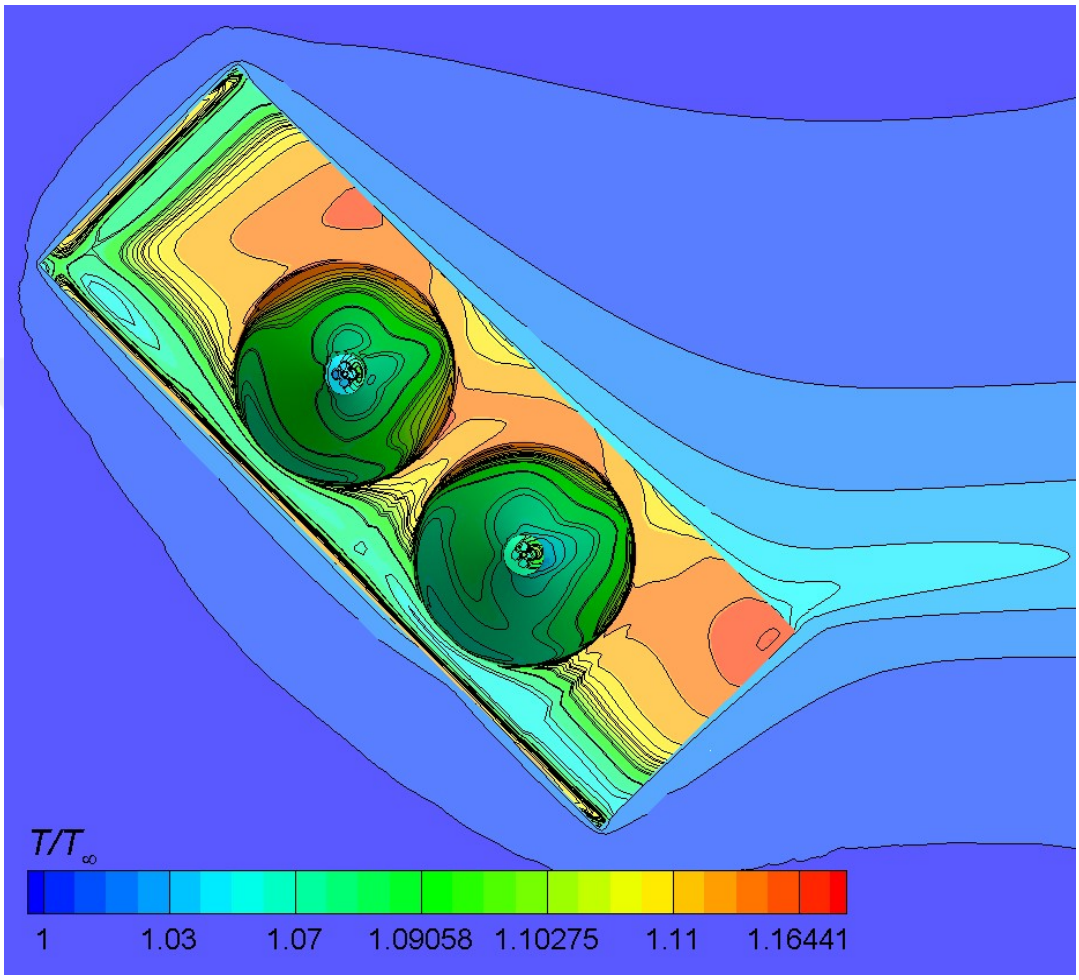
dolayı trafo odasının alçak basınç tarafındaki bölgeye doğru hareket edip trafonun çevresine dönmektedir. Şekilde görüleceği üzere trafo odasında akışın söz konusu hareketinden dolayı trafo odasının orta gerilim taraşında trafo boyunca bir vorteks sitemi meydan gelmektedir. Bu vorteks sisteminin devamında diğer bir vorteks sistemi trafo köşesinde meydana gelmektedir. Söz konu ilk vorteks sistem dolayısıyla



Şekil 4.32. $\alpha=45^0$ rüzgar atak açısında akışkan alanında y=150 mm mesafede xz düzlemindeki boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri

şekilden görüleceği üzere bir yüksek sıcaklık bölgesi meydan gelmektedir. Şekil 4.32'den çıkarılacak en çarpıcı bulgu 45 derecelik atak açısı sonucu beton köşkün etrafında meydana gelen akış alanı belirgin bir şekilde köşk iç ortamına giren akışkan miktarını artırmaktadır.

30 derece atak açısında akış alnının konik çatı yüzeyinde boyutsuz sıcaklık dağılım Şekil 4.32'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere sıfır atak açısına nazaran yüzey üzerinde meydana gelen sıcaklık gradyanı skalası düşüktür. Şekilden

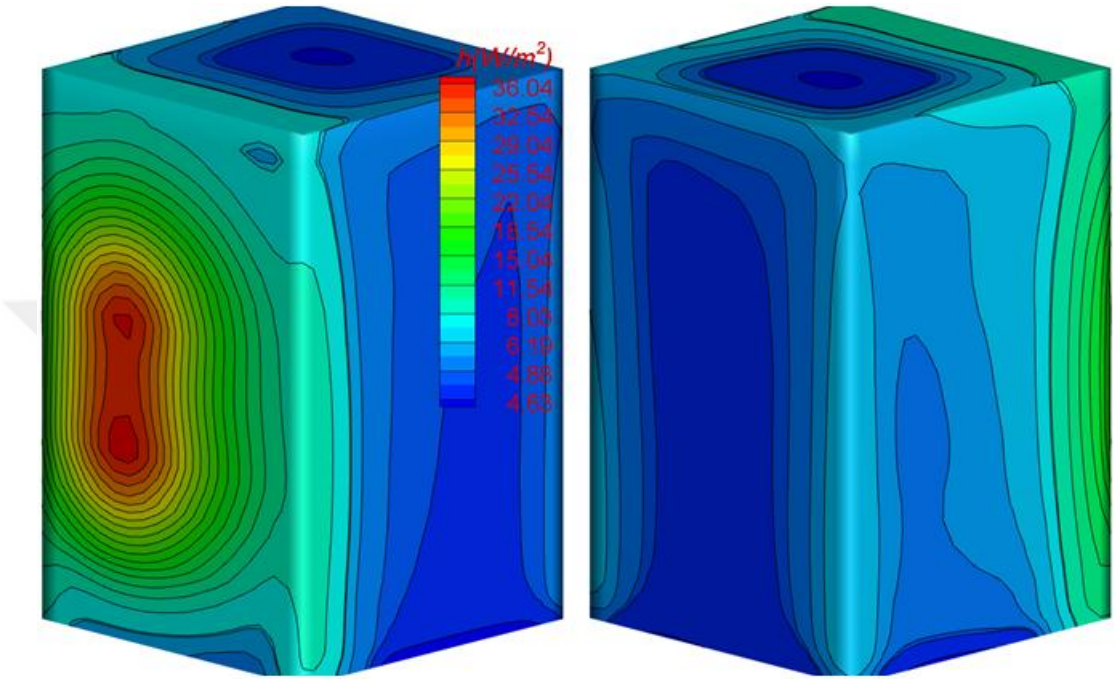


Şekil 4.33. $\alpha=45^0$ rüzgar atak açısında çatı yüzeyinde boyutsuz sıcaklık dağılımı.

görüleceği üzere özellikle çatının ön uç kısımlarında boyutsuz sıcaklık katsayısı 1.03 gibi çok düşük seviyededir. Konik çatı yüzeylerinde boyutsuz sıcaklık katsayısı 1.05-1.1 aralığında değişmektedir. Maksimum sıcaklık bölgeleri akış yönüne göre çatını arka uçlarına yakın bölgelerde meydana gelmektedir. Çatının trafo, alçak ve orta gerilim kısımlarına denk gelen kısımlarında sıcaklık gradyanı açısından belirgin farklar meydana gelmemektedir.

45 derece rüzgar atak açısında trafonun yüzeyi üzerindeki ısı taşınım katsayısının dağılımı Şekil 4.34'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere trafo

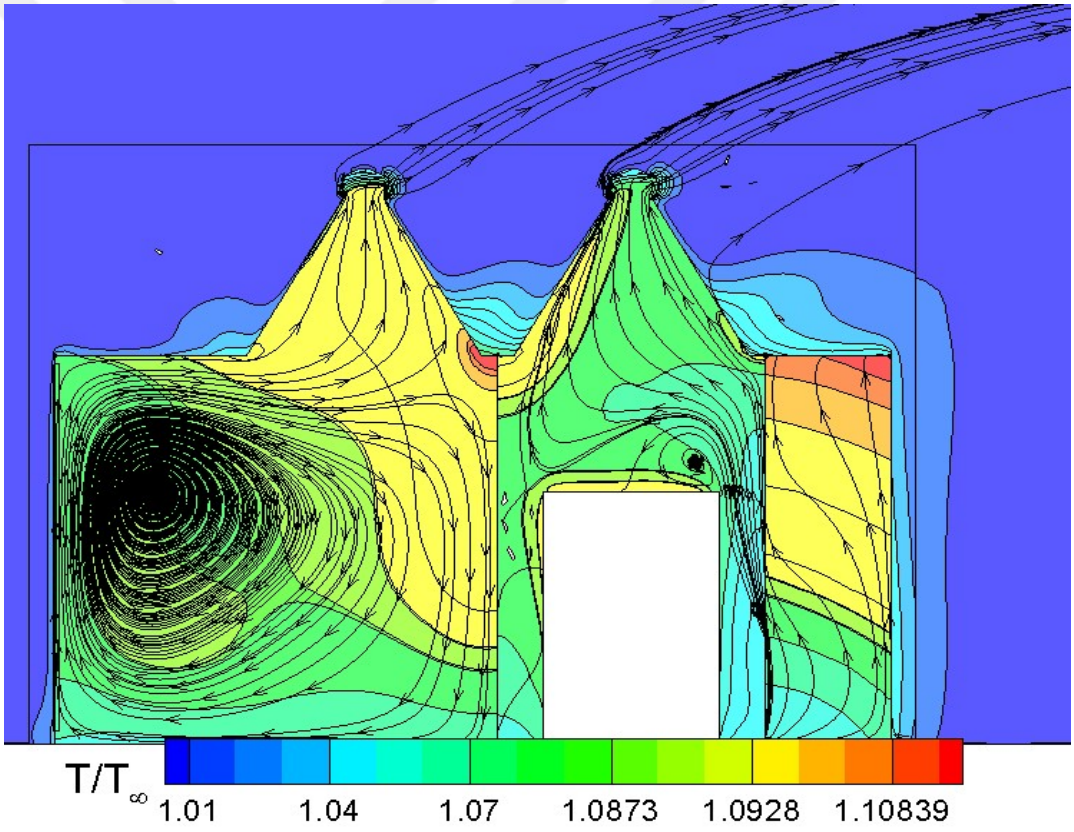
üzerinde ısı taşınım katsayısı 36-4 W/m^{2}K aralığında çok yüksek bir skalada değişmektedir. Bu skala daha düşük rüzgar atak açılarına göre çok dramatik olarak



Şekil 4.34. α=45^0 rüzgar atak açısında trafo ön ve arka yüzeyinde ısı taşınım katsayısının dağılımı

yüksektir. Isı taşınım katsayısında en büyük gradyanlar diğer atak açılarından farklı olarak trafonun hava menfezlerine bakan yüzeyinde meydana gelmektedir. Bu yüzeyde ısı taşınım katsayısının 36 W/m^{2}K olduğu bölge trafonun hava menfezine bakan yüzeyinin merkez eksenine yakın bölgede meydana gelmekte daha sonra tüm yüzey boyunca dramatik olarak düşmektedir. Tüm bu bulgular söz konusu bölgede meydana gelen akış alanında yüzey üzerindeki hız gradyanlarının diğer bölgelere nazaran çok daha büyük olduğunu göstermektedir. Hava menfezlerine göre arka tarafta kalan trafo yüzeylerinde ısı taşınım katsayısı yüzey boyunca yaklaşık olarak 4 W/m^{2}K şeklinde diğer yüzeylere nazaran çok düşük bir skalada kalmaktadır. Bu bulgu akış alanından kaynaklı ısı transferinin söz konusu bölgede minimum olduğunu göstermektedir. Diğer rüzgar atak açılarına nazaran 45 drece atak açısında trafo yüzeyinde meydana gelen bu yüksek skaladaki ısı taşınım katsayılarının nedeni önceki paragrafta değinilen trafo odasında meydana gelen vorteks sistemleridir.

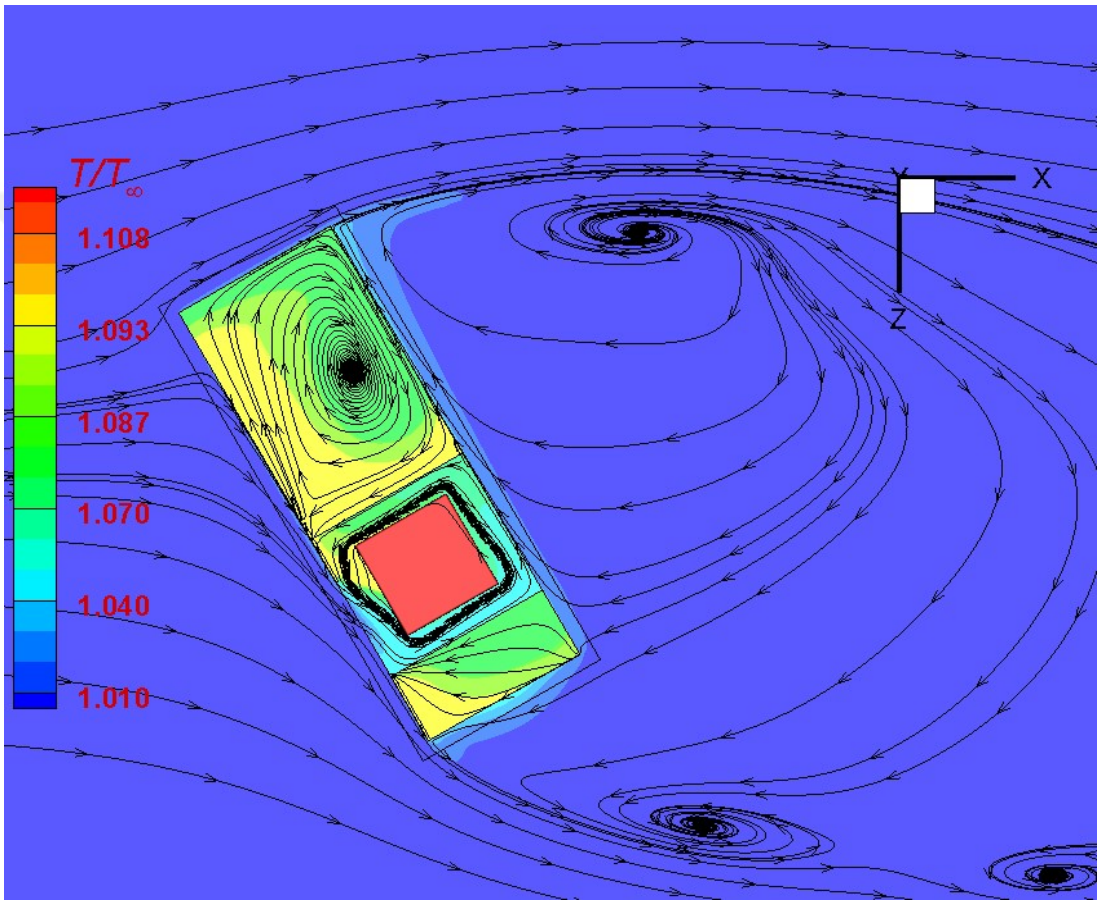
60 derece atak açısında beton köşkün merkezinde, boyuna eksendeki boyutsuz sıcaklık dağılım ve akış çizgileri Şekil 4.35'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere köşkün içerisinde boyutsuz sıcaklık katsayısı düzlem boyunca 1.01-1 aralığında değişmektedir. Bu aralık düzlem boyunca sıcaklığın 27 derece gibi bir skalada değiştiğini göstermektedir. En düşük sıcaklık gradyanı orta gerilim odasında meydana gelirken en yüksek sıcaklık gradyanı alçak gerilim odasında meydana gelmektedir. Alçak gerilim odasındaki sıcaklık gradyanları sıfır atak açısıyla benzerlik göstermesine rağmen trafo ve orta gerilim odası tamamen farklıdır. Trafo odasında alçak basınç tarafındaki sıcaklık gradyanı sıfır atak açısından farklı olarak orta gerilim



Şekil 4.35. $\alpha=60^0$rüzgar atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksende boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri

bölgesindeki sıcaklık gradyanından daha düşüktür. Trafo odasında en yüksek sıcaklık bölgesi trafo üzerinde, trafonun merkez eksenin orta gerilim tarafında meydana gelmektedir. Şekilde 4.28'de görüleceği üzere orta gerilin odasında çok düşük seviyede sıcaklık gradyanları olduğundan, sıfır atak açısından farklı olarak, tek bir

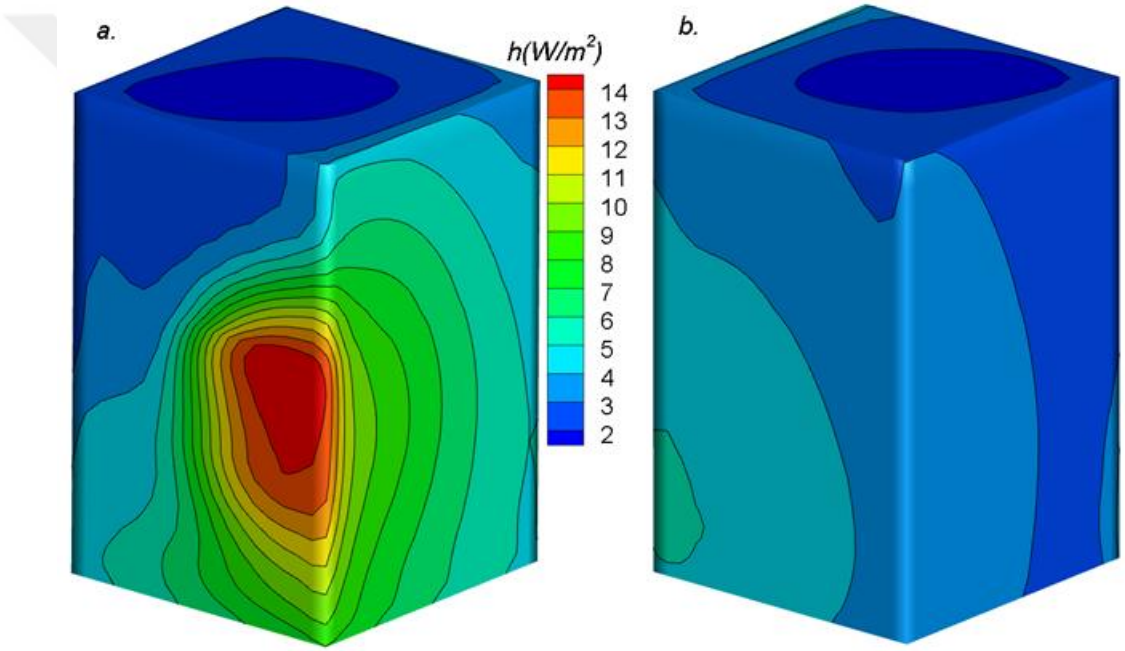
vorteks sitemi meydana gelmemektedir. Akış çizgileri izlendiğinde akış alanında tek vorteks sistemi trafonun alçak basınç odası tarafındaki köşenin üstünde meydana gelmektedir. Şekilden görüleceği üzere bu vorteks sistemi söz konu bölgede sıcaklık farkının meydana gelmesine neden olmaktadır. Yine şekilden görüleceği üzere akışın konik çatının tepe noktasındaki hava çıkış menfezlerine doğru hareketi, sıfır atak açısına göre çok daha belirgindir.



Şekil 4.36. α=60^{0}rüzgar atak açısında akışkan alanında y=150 mm mesafede xz düzlemindeki boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri

60 derece atak açısında akış alnının zeminden y=150mm mesafede xz düzlemindeki akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı Şekil 4.36'da gösterilmiştir. Bu mesafenin seçilmesi havalandırma menfezlerine denk gelmesidir. Şekilden görüleceği üzere akış çizgileri izlendiğinde akışın hava menfezlerinden girişi belirgin bir şekilde gözlenebilmektedir. Beton köşke giren akış serbest akışın yönünden dolayı trafo odasının alçak basınç tarafındaki bölgeye doğru hareket edip trafonun çevresine dönmektedir. Bu bulgu Şekil 4.35'deki gösterilen akış çizgiler ile birlikte

ele alınırsa trafo çevresinde dönen akışkanın yukarı doğru helisel bir hareketi söz konusudur. Akışın trafo etrafında dönmesi esnasında trafonun hava menfezlerine bakan yüzeyinin orta gerilim odası tarafındaki yüzey üzerinde bir vorteks sistemi meydana gelmektedir. Akışkanın trafonun etrafındaki dönüş hareketinden dolayı Şekil 4.36'dan görüleceği üzere trafo odasının alçak gerilim odası tarafındaki bölgedeki sıcaklık diğer tarafa nazaran daha düşüktür. Şekilden diğer ilgi çekici gözlem orta gerilim odasında odayı kaplayan bir vorteks sistemin meydana gelmesidir.

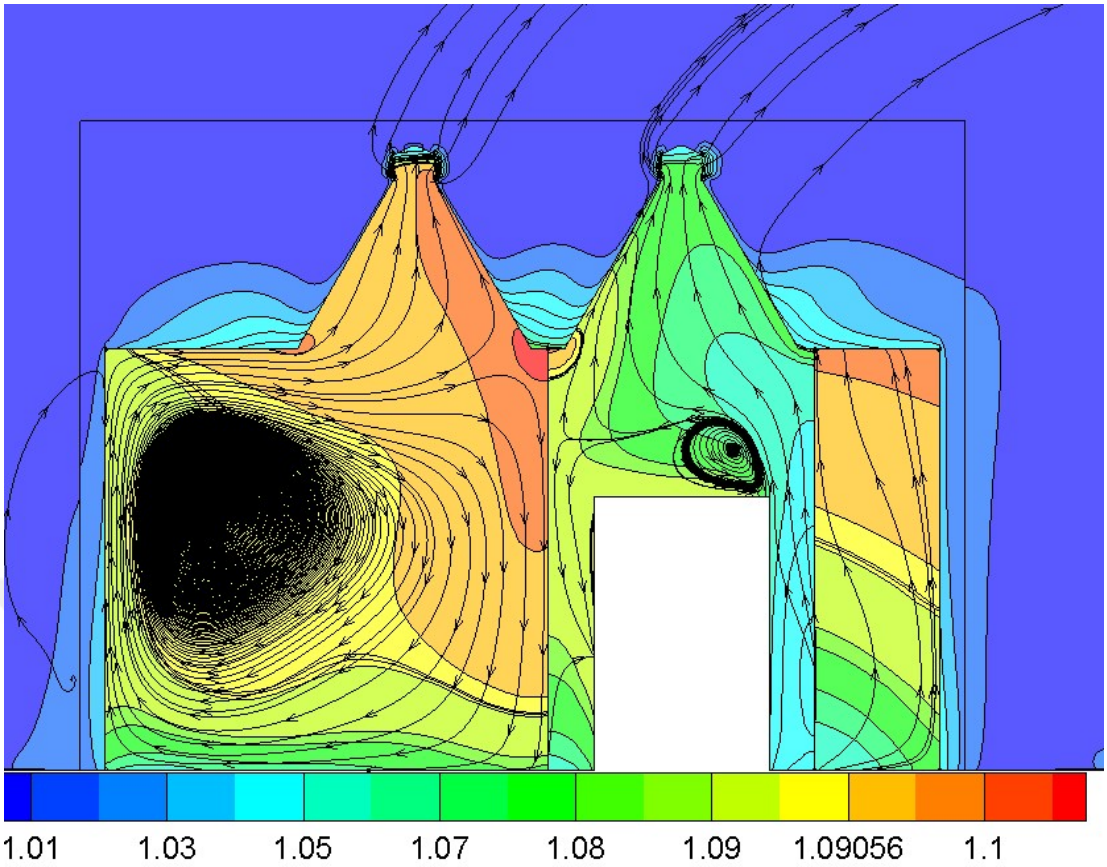


Şekil 4.37. α=60^{0}rüzgar atak açısında trafo ön ve arka yüzeyinde ısı taşınım katsayısının dağılımı

60 derece rüzgar atak açısında trafonun yüzeyi üzerindeki ısı taşınım katsayısının dağılımı Şekil 4.30'da gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere trafo üzerinde ısı taşınım katsayısı 14-2. W/m^{2}K aralığında yüksek bir skalada değişmektedir. Isı taşınım katsayısında en büyük gradyanlar trafonun hava menfezlerine bakan yüzeyinin alçak gerilim odası tarafındaki köşenin ortanın biraz üstünde meydana gelmektedir. Bu bölgeden diğer kenar uçlarına doğru ise ısı taşınım katsayısı dramatik düşmektedir. Tüm bu bulgular söz konusu bölgede meydana gelen akış alanında yüzey üzerindeki hız gradyanlarının diğer bölgelere nazaran daha

büyük olduğunu göstermektedir. Hava menfezlerine göre arka tarafta kalan trafo yüzeylerinde ısı taşınım katsayısı yüzey boyunca yaklaşık olarak 2 W/m^2K şeklinde diğer yüzeylere nazaran düşük bir skalada kalmaktadır. Bu bulgu akış alanından kaynaklı ısı transferinin söz konusu bölgede minimum olduğunu göstermektedir.

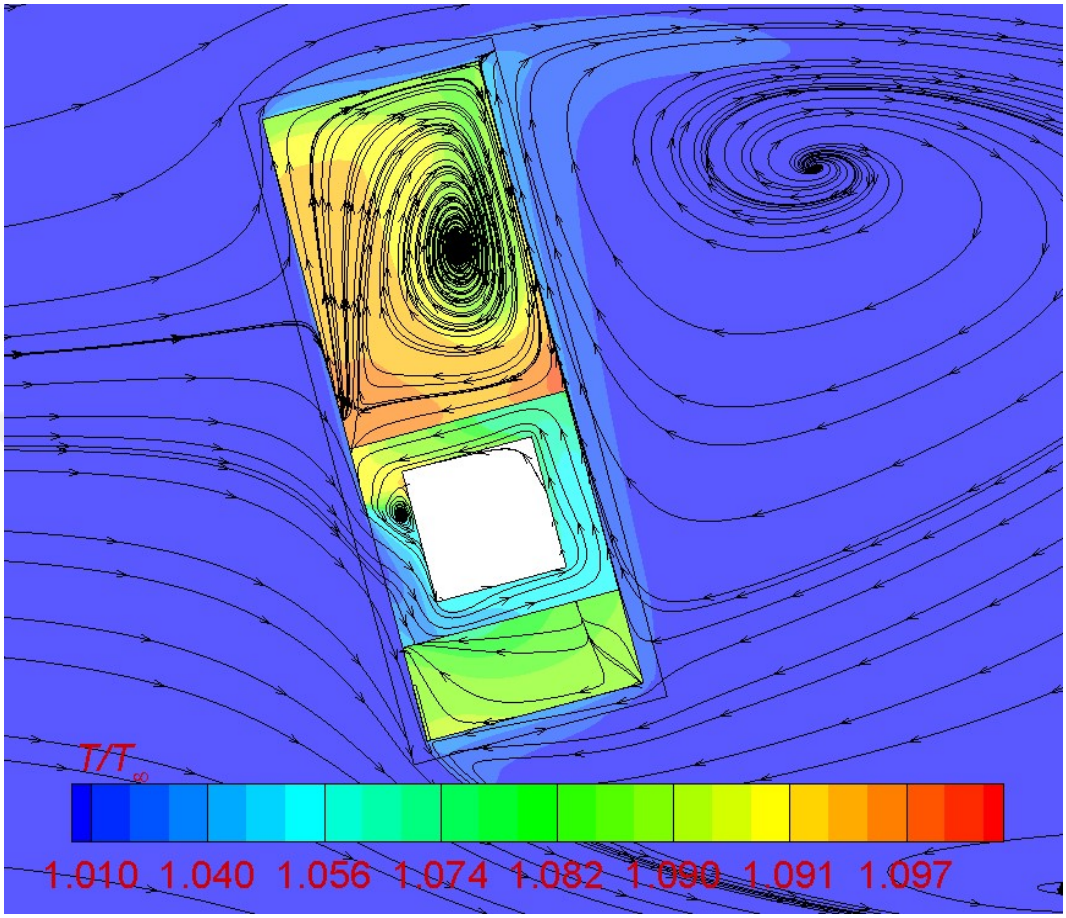
75 derece atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksendeki boyutsuz sıcaklık dağılım ve akış çizgileri Şekil 4.38'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere köşkün içerisinde boyutsuz sıcaklık katsayısı düzlem boyunca 1.01-1.1 aralığında değişmektedir. Bu aralık düzlem boyunca sıcaklığın 27 derece gibi bir skalada değiştiğini göstermektedir. En düşük sıcaklık gradyanı trafo odasında meydana gelirken en yüksek sıcaklık gradyanı orta gerilim odasında meydana gelmektedir. Alçak gerilim odasındaki sıcaklık gradyanları sıfır atak açısıyla benzerlik göstermesine rağmen trafo ve orta gerilim odası tamamen farklıdır. Trafo odasında şekilden de kolayca anlaşılacağı üzere trafo boyunca alçak gerim ile orta gerim tarafındaki bölgeler arasında 9 derecelik bir fark meydana gelmektedir. Trafo odasında çatıya doğru artan bir sıcaklık gradyanı söz konusudur. İlgi çekici bir bulgu Şekil 4.38'den görüleceği üzere trafo odasında sıcaklık dağılımını belirleyen ana parametre trafo üst yüzeyi üzerinde ve alçak gerilim tarafındaki trafo ucuna yakın meydana gelen vorteks sistemidir. Bu ilgi çekici bulgu orta gerilim odasında da gözlemlenebilir. Şekilden görüleceği üzere Orta gerilim odasında meydana gelen vorteks sistemi odanın sıcaklık gradyanı üzerinde direkt etkisi söz konusudur. Trafo odasında alçak basınç tarafındaki sıcaklık gradyanı sıfır atak açısından farklı olarak orta gerilim bölgesindeki sıcaklık gradyanından daha düşüktür. Trafo odasında en yüksek sıcaklık bölgesi trafo üzerinde, trafonun merkez eksenin orta gerilim tarafında meydana gelmektedir. Şekilde 4.38'de görüleceği üzere orta gerilin odasındaki sıfır atak açısından farklı olarak, tek bir vorteks sitemi meydana gelmemektedir Şekilden görüleceği üzere bu vorteks sistemi söz konu bölgede sıcaklık farkının meydana gelmesine neden olmaktadır. Yine şekilden görüleceği üzere akışın konik çatının tepe noktasındaki hava çıkış menfezlerine doğru hareketi, sıfır atak açısına göre çok daha belirgindir.



Şekil 4.38. $\alpha=75^0$ rüzgar atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksende boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri

75 derece atak açısında akış alnının zeminden y=150mm mesafede xz düzlemindeki akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı Şekil 4.39'da gösterilmiştir. Bu mesafenin seçilmesi havalandırma menfezlerine denk gelmesidir. Şekilden görüleceği üzere akış çizgileri izlendiğinde akışın hava menfezlerinden girişi belirgin bir şekilde gözlenebilmektedir. Beton köşke giren akış serbest akışın yönünden dolayı trafo odasının alçak basınç tarafındaki bölgeye doğru hareket edip trafonun çevresine dönmektedir. Bu bulgu Şekil 4.37deki gösterilen akış çizgiler ile birlikte ele alınırsa trafo çevresinde dönen akışkanın yukarı doğru helisel bir hareketi söz konusudur. Akışın trafo etrafında dönmesi esnasında trafonun hava menfezlerine bakan yüzeyinin orta gerilim odası tarafındaki yüzey üzerinde bir vorteks sistemi meydana gelmektedir. Akışkanın trafonun etrafındaki dönüş hareketinden dolayı Şekil 4.38'den görüleceği üzere trafo odasının alçak gerilim odası tarafındaki bölgedeki sıcaklık diğer tarafa nazaran daha düşüktür. Şekilden diğer ilgi çekici

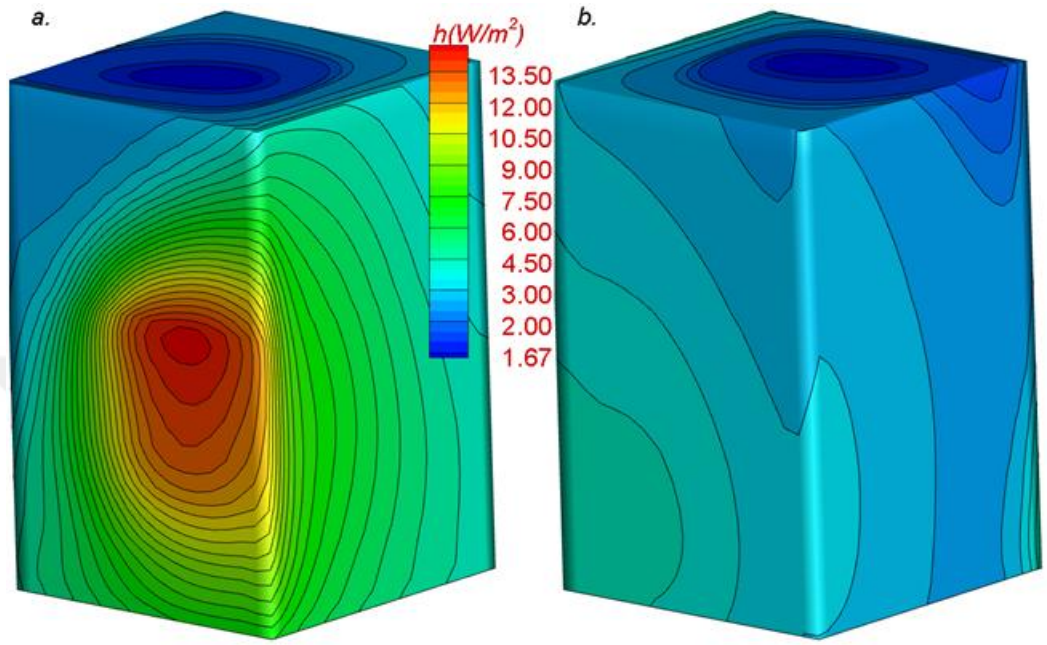
gözlem orta gerilim odasında odayı kaplayan bir vorteks sistemin meydana gelmesidir.



Şekil 4.39. α=75^{0}rüzgar atak açısında akışkan alanında y=150 mm mesafede xz düzlemindeki boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri

75 derece rüzgar atak açısında trafonun yüzeyi üzerindeki ısı taşınım katsayısının dağılımı Şekil 4.40'da gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere trafo üzerinde ısı taşınım katsayısı 13.5-1.7 W/m^{2}K aralığında yüksek bir skalada değişmektedir. Isı taşınım katsayısında en büyük gradyanlar trafonun hava menfezlerine bakan yüzeyinin alçak gerilim odası tarafındaki köşenin ortanın biraz üstünde meydana gelmektedir. Bu bölgeden diğer kenar uçlarına doğru ise ısı taşınım katsayısı dramatik düşmektedir. Tüm bu bulgular söz konusu bölgede meydana gelen akış alanında yüzey üzerindeki hız gradyanlarının diğer bölgelere nazaran daha büyük olduğunu göstermektedir. Hava menfezlerine göre arka tarafta kalan trafo yüzeylerinde ısı taşınım katsayısı yüzey boyunca yaklaşık olarak 1.67 W/m^{2}K

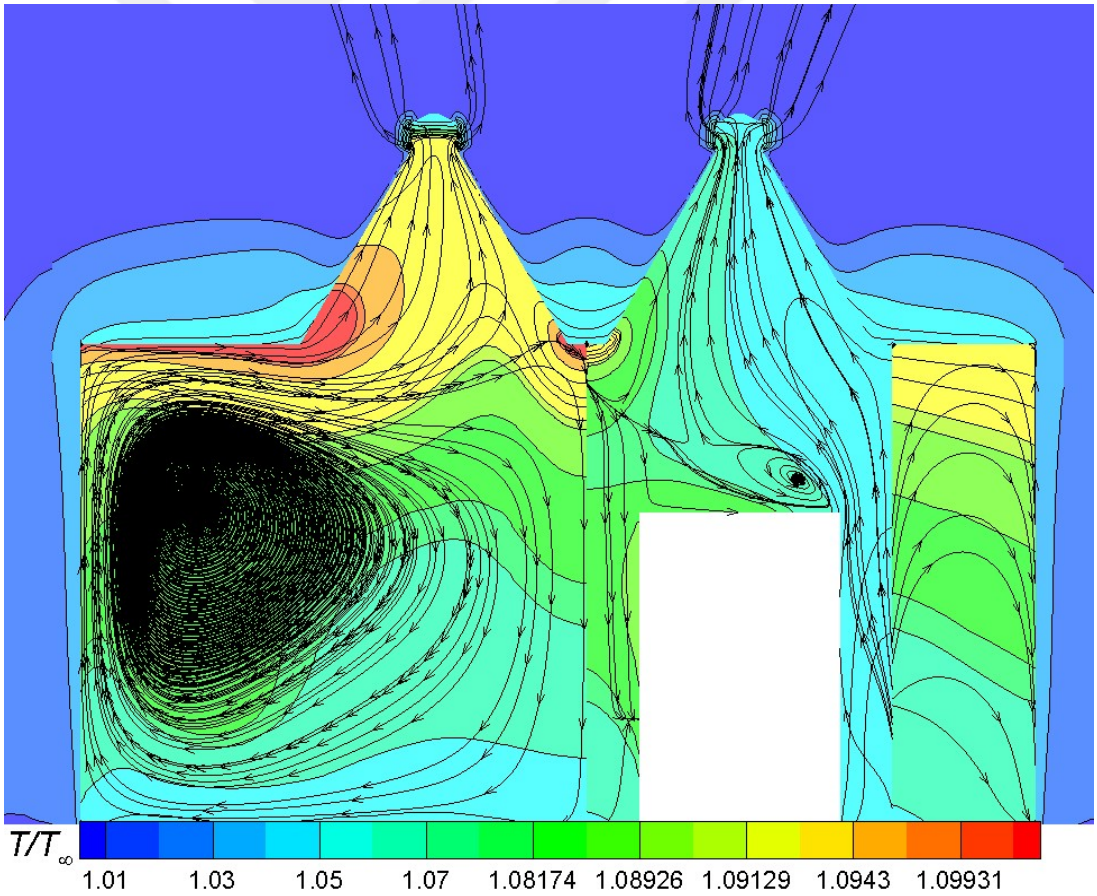
şeklinde diğer yüzeylere nazaran düşük bir skalada kalmaktadır. Bu bulgu akış alanından kaynaklı ısı transferinin söz konusu bölgede minimum olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.40. $\alpha=75^0$ rüzgar atak açısında trafo ön ve arka yüzeyinde ısı taşınım katsayısının dağılımı

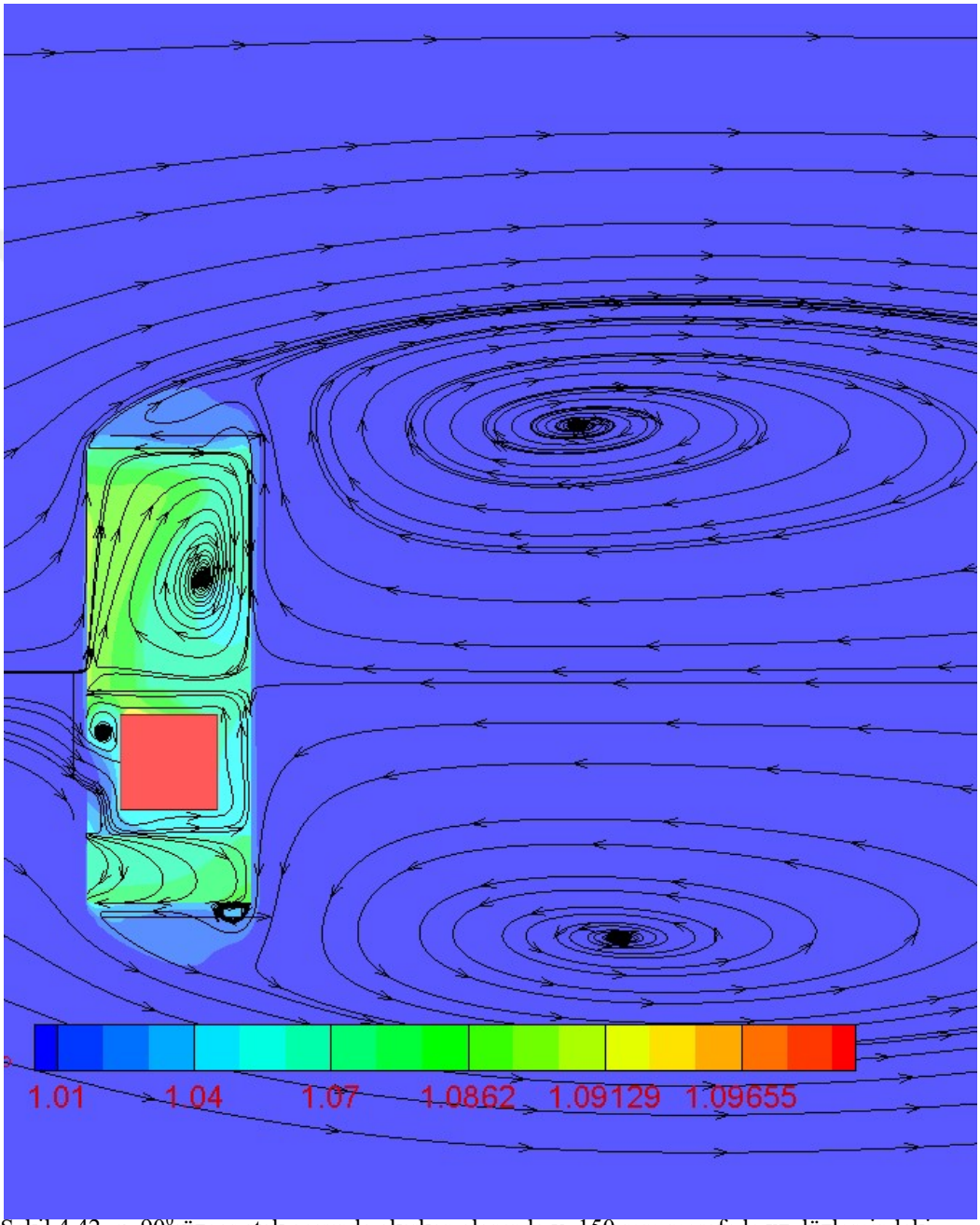
90 derece atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksendeki boyutsuz sıcaklık dağılım ve akış çizgileri Şekil 4.41'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere köşkün içerisinde boyutsuz sıcaklık katsayısı düzlem boyunca 1.01-1.09 aralığında değişmektedir. Bu aralık düzlem boyunca sıcaklığın 24 derece gibi bir skalada değiştiğini göstermektedir. En düşük sıcaklık gradyanı trafo odasında meydana gelirken en yüksek sıcaklık gradyanı orta gerilim odasında meydana gelmektedir. Alçak gerilim odasındaki sıcaklık gradyanları sıfır atak açısıyla benzerlik göstermesine rağmen trafo ve orta gerilim odası tamamen farklıdır. Trafo odasında şekilden de kolayca anlaşılacağı üzere trafo boyunca alçak gerilim ile orta gerim tarafındaki bölgeler arasında 6 derecelik bir fark meydana gelmektedir. Trafo odasında çatıya doğru artan bir sıcaklık gradyanı söz konusudur. İlgi çekici bir bulgu Şekil 4.41'den görüleceği üzere trafo odasında sıcaklık dağılımını belirleyen ana parametre trafo üst yüzeyi üzerinde ve alçak gerilim tarafındaki trafo ucuna yakın

meydana gelen vorteks sistemidir. Bu ilgi çekici bulgu orta gerilim odasında da gözlemlenebilir. Şekilden görüleceği üzere Orta gerilim odasında meydana gelen vorteks sistemi odanın sıcaklık gradyanı üzerinde direkt etkisi söz konusudur. Trafo odasında alçak basınç tarafındaki sıcaklık gradyanı sıfır atak açısından farklı olarak orta gerilim bölgesindeki sıcaklık gradyanından daha düşüktür. Trafo odasında en yüksek sıcaklık bölgesi trafo üzerinde, trafonun merkez eksenin orta gerilim tarafında meydana gelmektedir. Şekilde 4.38'de görüleceği üzere orta gerilin odasındaki sıfır atak açısından farklı olarak, tek bir vorteks sitemi meydana gelmemektedir Şekilden görüleceği üzere bu vorteks sistemi söz konu bölgede sıcaklık farkının meydana gelmesine neden olmaktadır. Yine şekilden görüleceği üzere akışın konik çatının tepe noktasındaki hava çıkış menfezlerine doğru hareketi, sıfır atak açısına göre çok daha belirgindir.



Şekil 4.41. $\alpha=90^0$ rüzgar atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksende boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri

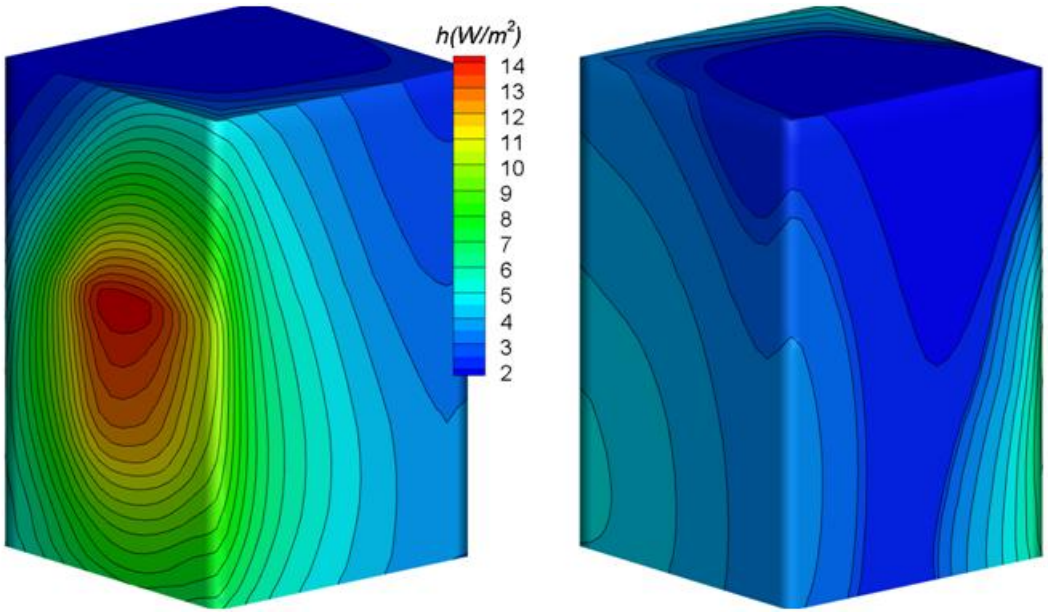
90 derece atak açısında akış alnının zeminden y=150mm mesafede xz düzlemindeki akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı Şekil 4.42'de gösterilmiştir. Bu mesafenin seçilmesi havalandırma menfezlerine denk gelmesidir. Şekilden görüleceği üzere akış çizgileri izlendiğinde akışın hava menfezlerinden girişi belirgin bir şekilde gözlenebilmektedir. Beton köşke giren akış serbest akışın



Şekil 4.42. α=90ºrüzgar atak açısında akışkan alanında y=150 mm mesafede xz düzlemindeki boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri

yönünden dolayı trafo odasının alçak basınç tarafındaki bölgeye doğru hareket edip trafonun çevresine dönmektedir. Bu bulgu Şekil 4.41deki gösterilen akış çizgiler ile birlikte ele alınırsa trafo çevresinde dönen akışkanın yukarı doğru helisel bir hareketi söz konusudur. Akışın trafo etrafında dönmesi esnasında trafonun hava menfezlerine bakan yüzeyinin orta gerilim odası tarafındaki yüzey üzerinde bir vorteks sistemi meydana gelmektedir. Akışkanın trafonun etrafındaki dönüş hareketinden dolayı Şekil 4.42'den görüleceği üzere trafo odasının alçak gerilim odası tarafındaki bölgedeki sıcaklık diğer tarafa nazaran daha düşüktür. Şekilden diğer ilgi çekici gözlem orta gerilim odasında odayı kaplayan bir vorteks sistemin meydana gelmesidir. Yine şekilden gözlemlene bilecek diğer bir bulgu köşkün akışa ilk maruz kalan köşelerinde ayrılmadan dolayı köşkün arkasında iki simetrik vorteks siteminin meydana gelmesidir. Akış ayrılması ve vorteks sistemlerinin yüzey ısı transferinde direk etkisi söz konusudur.

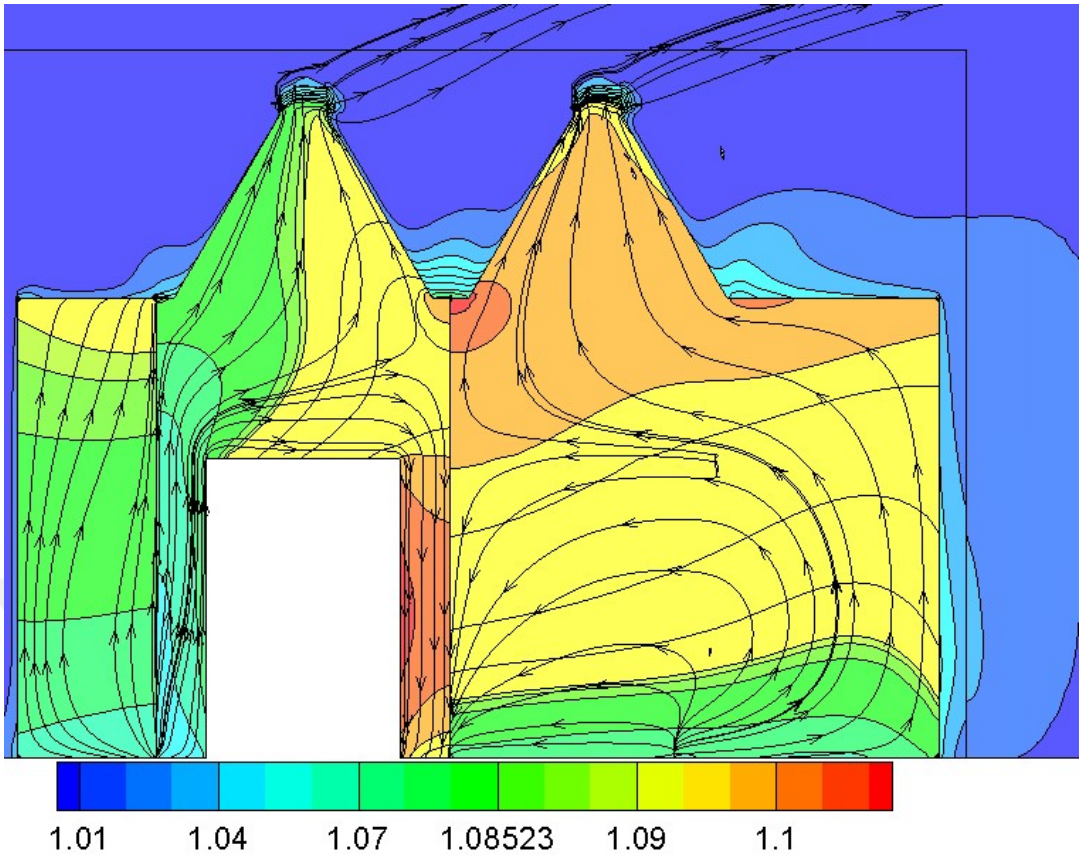
90 derece rüzgar atak açısında trafonun yüzeyi üzerindeki ısı taşınım katsayısının dağılımı Şekil 4.43'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere trafo üzerinde ısı taşınım katsayısı 14-2 W/m^2K aralığında yüksek bir skalada



Şekil 4.43. $\alpha=90^0$rüzgar atak açısında trafo ön ve arka yüzeyinde ısı taşınım katsayısının dağılımı

değişmektedir. Isı taşınım katsayısında en büyük gradyanlar trafonun hava menfezlerine bakan yüzeyinin alçak gerilim odası tarafındaki köşenin ortanın biraz üstünde meydana gelmektedir. Bu bölgeden diğer kenar uçlarına doğru ise ısı taşınım katsayısı dramatik düşmektedir. Tüm bu bulgular söz konusu bölgede meydana gelen akış alanında yüzey üzerindeki hız gradyanlarının diğer bölgelere nazaran daha büyük olduğunu göstermektedir. Hava menfezlerine göre arka tarafta kalan trafo yüzeylerinde ısı taşınım katsayısı yüzey boyunca yaklaşık olarak 2 W/m^2K şeklinde diğer yüzeylere nazaran düşük bir skalada kalmaktadır. Bu bulgu akış alanından kaynaklı ısı transferinin söz konusu bölgede minimum olduğunu göstermektedir.

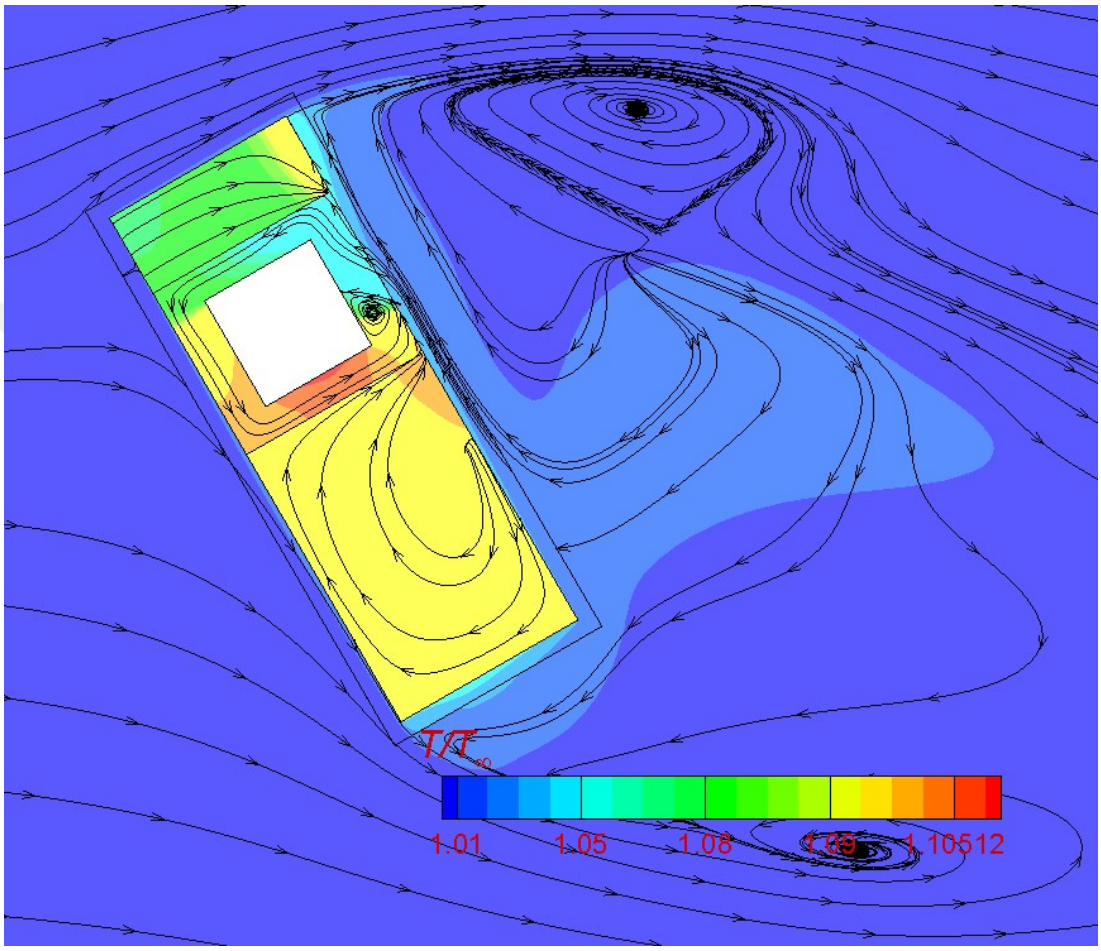
120 derece atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksendeki boyutsuz sıcaklık dağılım ve akış çizgileri Şekil 4.44'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere köşkün içerisinde boyutsuz sıcaklık katsayısı düzlem boyunca 1.01-1.1 aralığında değişmektedir. Bu aralık düzlem boyunca sıcaklığın 27 derece gibi bir skalada değiştiğini göstermektedir. En düşük sıcaklık gradyanı alçak gerilim odasında meydan gelirken en yüksek sıcaklık gradyanı orta gerilim odasında meydana gelmektedir. Alçak gerilim odasındaki sıcaklık gradyanları düşük skalada olmalarına rağmen sıfır atak açısıyla benzerlik göstermektedirler. Trafo ve orta gerilim odası tamamen farklıdır. Trafo odasında şekilden de kolayca anlaşılacağı üzere trafo boyunca alçak gerilim ile orta gerim tarafındaki bölgeler arasında 10 derecelik bir fark meydana gelmektedir. Trafo odasında çatıya doğru artan iki farlı skalada sıcaklık gradyanı söz konusudur. Şekilden görüleceği üzere Orta gerilim odasında meydana gelen artan sıcaklık gradyanının skalası dikey yönde ilk önce düşük seviyedeyken odanın merkez ekseninden sonra artmaktadır. Trafo odasında alçak basınç tarafındaki sıcaklık gradyanı sıfır atak açısından farklı olarak orta gerilim bölgesindeki sıcaklık gradyanından daha düşüktür. Trafo odasında en yüksek sıcaklık bölgesi trafo üzerinde, trafonun merkez eksenin orta gerilim tarafında meydana gelmektedir. Şekilden görüleceği üzere akışın konik çatının tepe noktasındaki hava çıkış menfezlerine doğru hareketi, sıfır atak açısına göre çok daha belirgindir.



Şekil 4.44. $\alpha=120^0$ rüzgar atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksende boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri

120 derece atak açısında akış alnının zeminden y=150mm mesafede xz düzlemindeki akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı Şekil 4.45'de gösterilmiştir. Bu mesafenin seçilmesi havalandırma menfezlerine denk gelmesidir. Şekilden görüleceği üzere akış çizgileri izlendiğinde akışın hava menfezlerinden girişi belirgin bir şekilde gözlenebilmektedir. Söz konusu atak açısın da en belirgin bulgu hava menfezlerini köşkün köşesinden akışın ayrılması sonucu meydana gelen bir vorteks sistemi içerisinde kalmasıdır. Bu vorteks sisteminde dolayı şekilde görüleceği üzere akış köşk akış yönünün tersi yönünde girmektedir. Akışın bu durumu 90 dereceden küçük atak açılarında olduğu gibi akışı trafo odasın alçak gerilim odasına yönlendirmektedir. Beton köşke giren akış serbest akışın tersi yönünden dolayı trafo odasının alçak basınç tarafındaki bölgeye doğru hareket edip trafonun çevresine dönmektedir. Bu bulgu Şekil 4.44'deki gösterilen akış çizgiler ile birlikte ele alınırsa trafo çevresinde dönen akışkanın yukarı doğru helisel bir hareketi söz konusudur. Akışın trafo etrafında dönmesi esnasında trafonun hava menfezlerine bakan

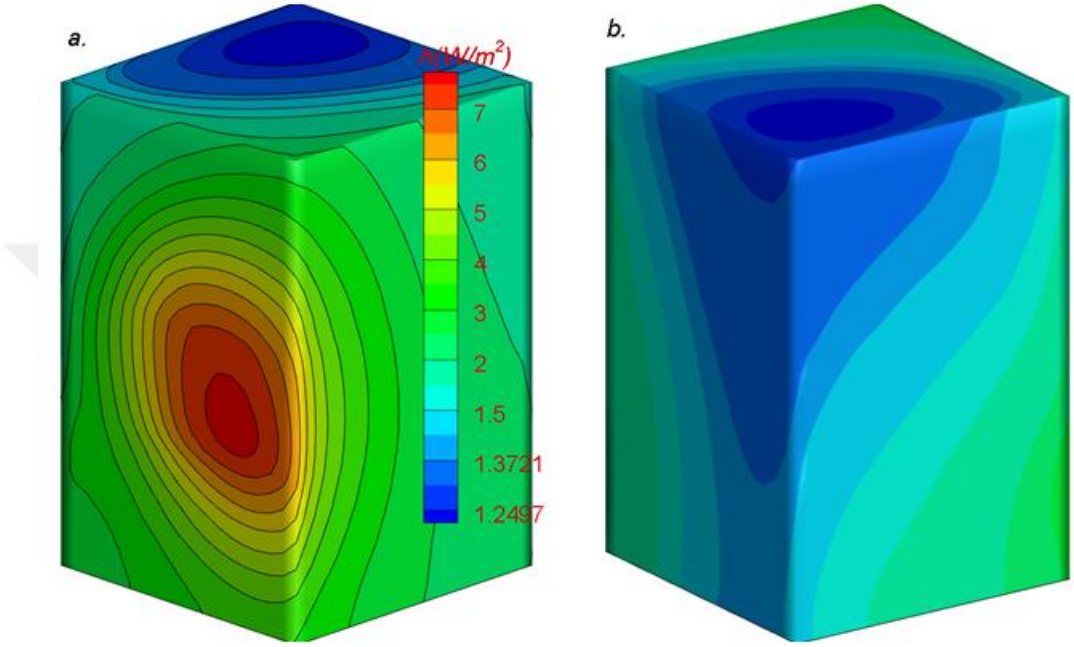
yüzeyinin orta gerilim odası tarafındaki yüzey üzerinde bir vorteks sistemi meydana gelmektedir. Akışkanın trafonun etrafındaki dönüş hareketinden dolayı Şekil 4.44'den görüleceği üzere trafo odasının alçak gerilim odası tarafındaki bölgedeki sıcaklık diğer tarafa nazaran daha düşüktür.



Şekil 4.45. α=120^0 rüzgar atak açısında akışkan alanında y=150 mm mesafede xz düzlemindeki boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri

120 derece rüzgar atak açısında trafonun yüzeyi üzerindeki ısı taşınım katsayısının dağılımı Şekil 4.46'da gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere trafo üzerinde ısı taşınım katsayısı 14-2 W/m^{2}K aralığında yüksek bir skalada Isı taşınım katsayısında en büyük gradyanlar trafonun hava menfezlerine bakan yüzeyinin alçak gerilim odası tarafındaki köşenin ortanın biraz üstünde meydana gelmektedir. Bu bölgeden diğer kenar uçlarına doğru ise ısı taşınım katsayısı dramatik düşmektedir. Tüm bu bulgular söz konusu bölgede meydana gelen akış alanında yüzey üzerindeki hız gradyanlarının diğer bölgelere nazaran daha büyük olduğunu göstermektedir.

Hava menfezlerine göre arka tarafta kalan trafo yüzeylerinde ısı taşınım katsayısı yüzey boyunca yaklaşık olarak 2 W/m^2K şeklinde diğer yüzeylere nazaran düşük bir skalada kalmaktadır. Bu bulgu akış alanından kaynaklı ısı transferinin söz konusu bölgede minimum olduğunu göstermektedir.



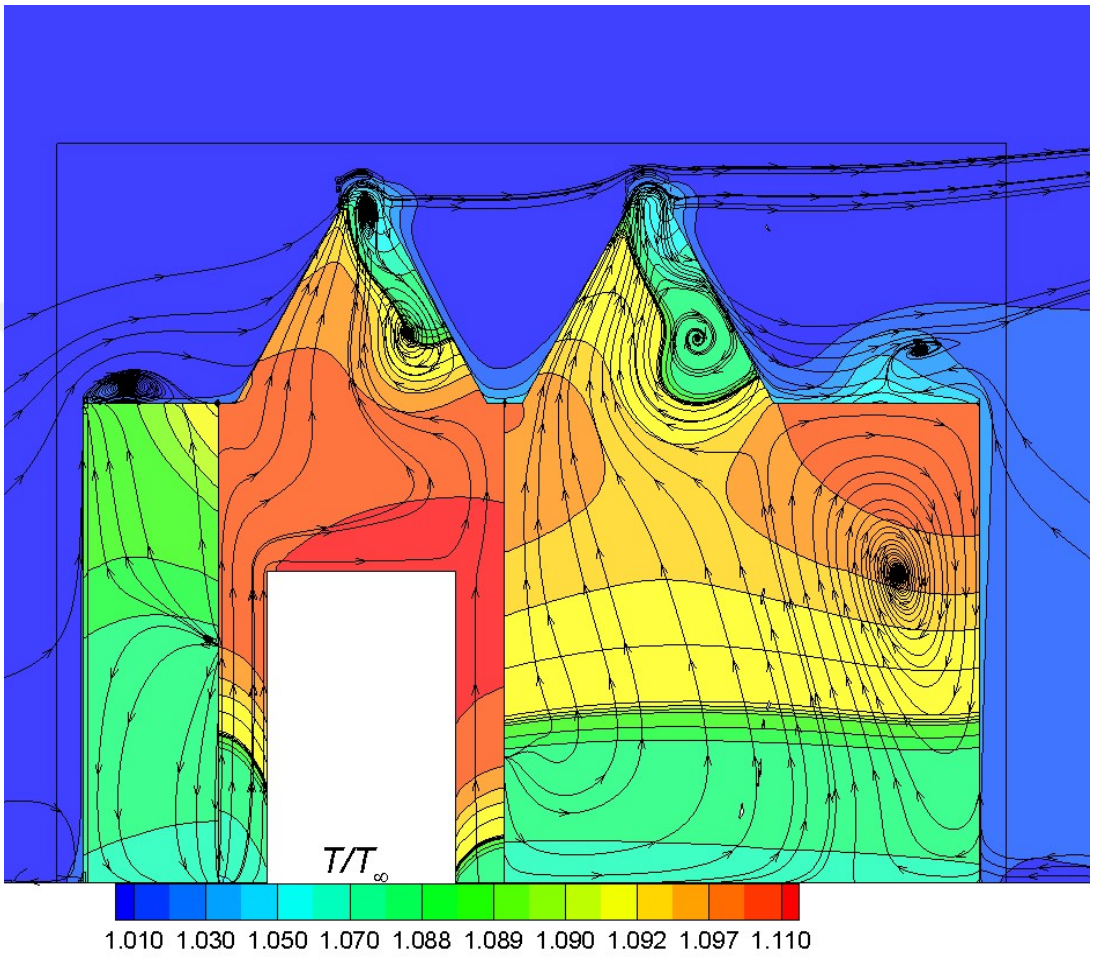
Şekil 4.46. $\alpha=90^0$ rüzgar atak açısında trafo ön ve arka yüzeyinde ısı taşınım katsayısının dağılımı

120 derece atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksendeki boyutsuz sıcaklık dağılım ve akış çizgileri Şekil 4.44'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere köşkün içerisinde boyutsuz sıcaklık katsayısı düzlem boyunca 1.01-1.1 aralığında değişmektedir. Bu aralık düzlem boyunca sıcaklığın 27 derece gibi bir skalada değiştiğini göstermektedir. En düşük sıcaklık gradyanı alacak gerilim odasında meydan gelirken en yüksek sıcaklık gradyanı orta gerilim odasında meydana gelmektedir. Alçak gerilim odasındaki sıcaklık gradyanları düşük skalada olmalarına sıfır atak açısıyla benzerlik göstermektedirler. rağmen Trafo ve orta gerilim odası tamamen farklıdır. Trafo odasında şekilden de kolayca anlaşılacağı üzere trafo boyunca alçak gerilim ile orta gerim tarafındaki bölgeler arasında 10 derecelik bir fark meydana gelmektedir. Trafo odasında çatıya doğru artan iki farlı

skalada sıcaklık gradyanı söz konusudur. Şekilden görüleceği üzere Orta gerilim odasında meydana gelen artan sıcaklık gradyanının skalası dikey yönde ilk önce düşük seviyedeyken odanın merkez ekseninden sonra artmaktadır. Trafo odasında alçak basınç tarafındaki sıcaklık gradyanı sıfır atak açısından farklı olarak orta gerilim bölgesindeki sıcaklık gradyanından daha düşüktür. Trafo odasında en yüksek sıcaklık bölgesi trafo üzerinde, trafonun merkez eksenin orta gerilim tarafında meydana gelmektedir. Şekilden görüleceği üzere akışın konik çatının tepe noktasındaki hava çıkış menfezlerine doğru hareketi, sıfır atak açısına göre çok daha belirgindir.

150 derece atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksendeki boyutsuz sıcaklık dağılım ve akış çizgileri Şekil 4.47'de gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere köşkün içerisinde boyutsuz sıcaklık katsayısı düzlem boyunca 1.01-1.11 aralığında değişmektedir. Bu aralık düzlem boyunca sıcaklığın 27 derece gibi bir skalada değiştiğini göstermektedir. En düşük sıcaklık gradyanı alacak gerilim odasında meydan gelirken en yüksek sıcaklık gradyanı trafo odasında meydana gelmektedir. Bu simülasyonda ilgi çekici bulgu her iki konik çatının akış yönüne göre arka yüzeylerine yakın sıcaklı düşük sıcaklık gradyanlarının olduğu bölgedir. Hem trafo odasında hem de orta gerilim odasında dikey yönde artan bir sıcaklık gradyanı söz konusu iken bu bölgede birdenbire düşük basınç gradyanı oluşmaktadır. Bu eğilim her iki çatıya yakın bölgede iki vorteks sistemin meydana gelmesine neden olmaktadır. Alçak gerilim odasındaki sıcaklık gradyanları düşük skalada olmalarına rağmen sıfır atak açısıyla benzerlik göstermektedirler. Trafo ve orta gerilim odası tamamen farklıdır. Trafo odasında şekilden de kolayca anlaşılacağı üzere trafo boyunca alçak gerilim ile orta gerim tarafındaki bölgeler arasında 15 derece seviyesine ulaşan bir fark meydana gelmektedir. Trafo odasında çatıya doğru artan iki farlı skalada sıcaklık gradyanı söz konusudur. Şekilden görüleceği üzere Orta gerilim odasında meydana gelen artan sıcaklık gradyanının skalası dikey yönde ilk önce düşük seviyedeyken odanın merkez ekseninden sonra artmaktadır. Trafo odasında alçak basınç tarafındaki sıcaklık gradyanı sıfır atak açısından farklı olarak orta gerilim bölgesindeki sıcaklık gradyanından daha düşüktür. Trafo odasında en yüksek sıcaklık bölgesi trafo üzerinde, trafonun merkez eksenin orta gerilim

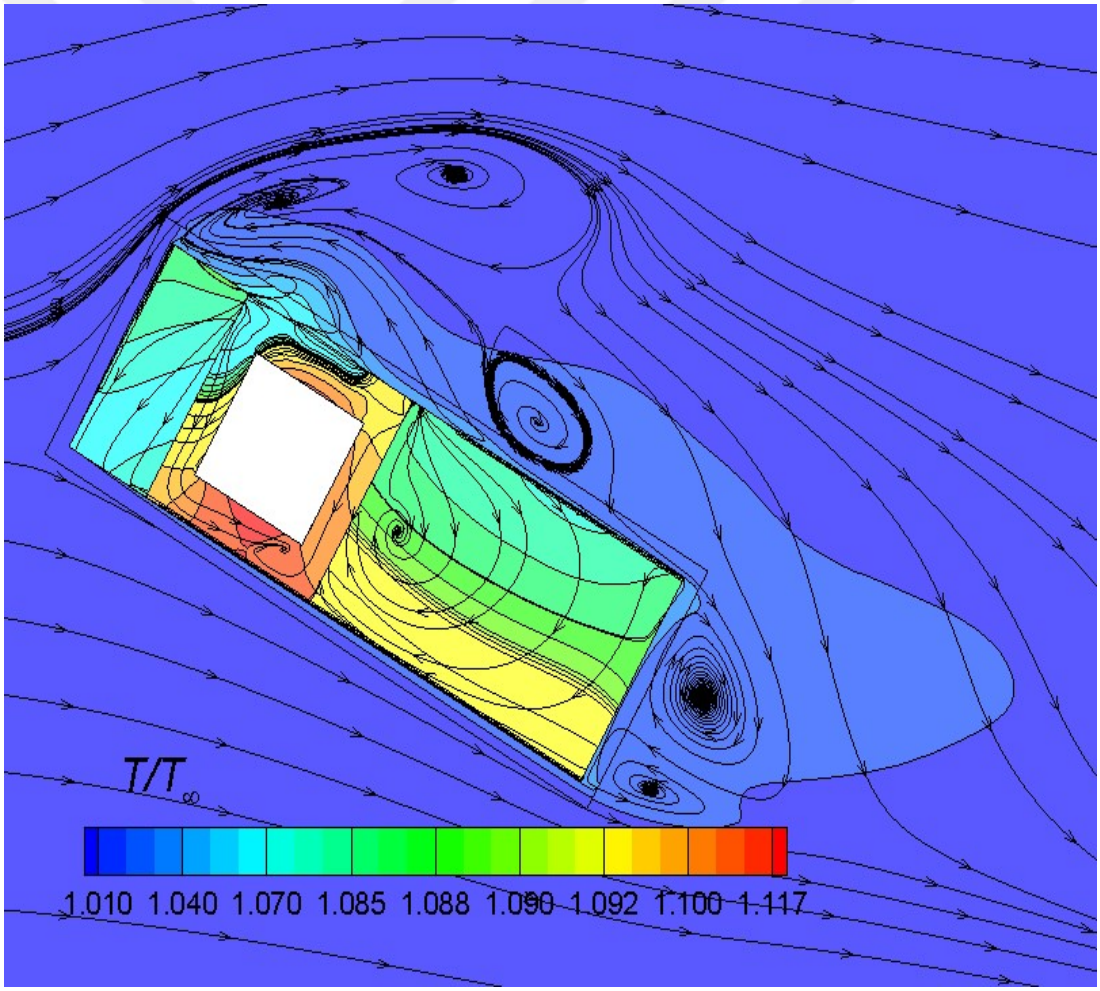
tarafında meydana gelmektedir. Şekilden görüleceği üzere akışın konik çatının tepe noktasındaki hava çıkış menfezlerine doğru hareketi, sıfır atak açısına göre çok daha belirgindir.



Şekil 4.47. $\alpha=140^0$ rüzgar atak açısında beton köşkün merkezinde boyuna eksende boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri

150 derece atak açısında akış alnının zeminden y=150mm mesafede xz düzlemindeki akış çizgileri ve boyutsuz sıcaklık dağılımı Şekil 4.48'de gösterilmiştir. Bu mesafenin seçilmesi havalandırma menfezlerine denk gelmesidir. Şekilden görüleceği üzere akış çizgileri izlendiğinde akışın hava menfezlerinden girişi belirgin bir şekilde gözlenebilmektedir. Söz konusu atak açısın da en belirgin bulgu hava menfezlerini köşkün köşesinden akışın ayrılması sonucu meydana gelen bir vorteks sistemi içerisinde kalmasıdır. Bu vorteks sisteminde dolayı şekilde görüleceği üzere akış köşk akış yönünün tersi yönünde girmektedir. Akışın bu durumu 90 dereceden

küçük atak açılarında olduğu gibi akışı trafo odasın alçak gerilim odasına yönlendirmektedir. Beton köşke giren akış serbest akışın tersi yönünden dolayı trafo odasının alçak basınç tarafındaki bölgeye doğru hareket edip trafonun çevresine dönmektedir. Bu bulgu Şekil 4.44'deki gösterilen akış çizgiler ile birlikte ele alınırsa trafo çevresinde dönen akışkanın yukarı doğru helisel bir hareketi söz konusudur. Akışın trafo etrafında dönmesi esnasında trafonun hava menfezlerine bakan yüzeyinin orta gerilim odası tarafındaki yüzey üzerinde bir vorteks sistemi meydana gelmektedir. Akışkanın trafonun etrafındaki dönüş hareketinden dolayı Şekil 4.8'den görüleceği üzere trafo odasının alçak gerilim odası tarafındaki bölgedeki sıcaklık diğer tarafa nazaran daha düşüktür.



Şekil 4.45. $\alpha=120^0$ rüzgar atak açısında akışkan alanında y=150 mm mesafede xz düzlemindeki boyutsuz sıcaklık dağılımı ve akış çizgileri

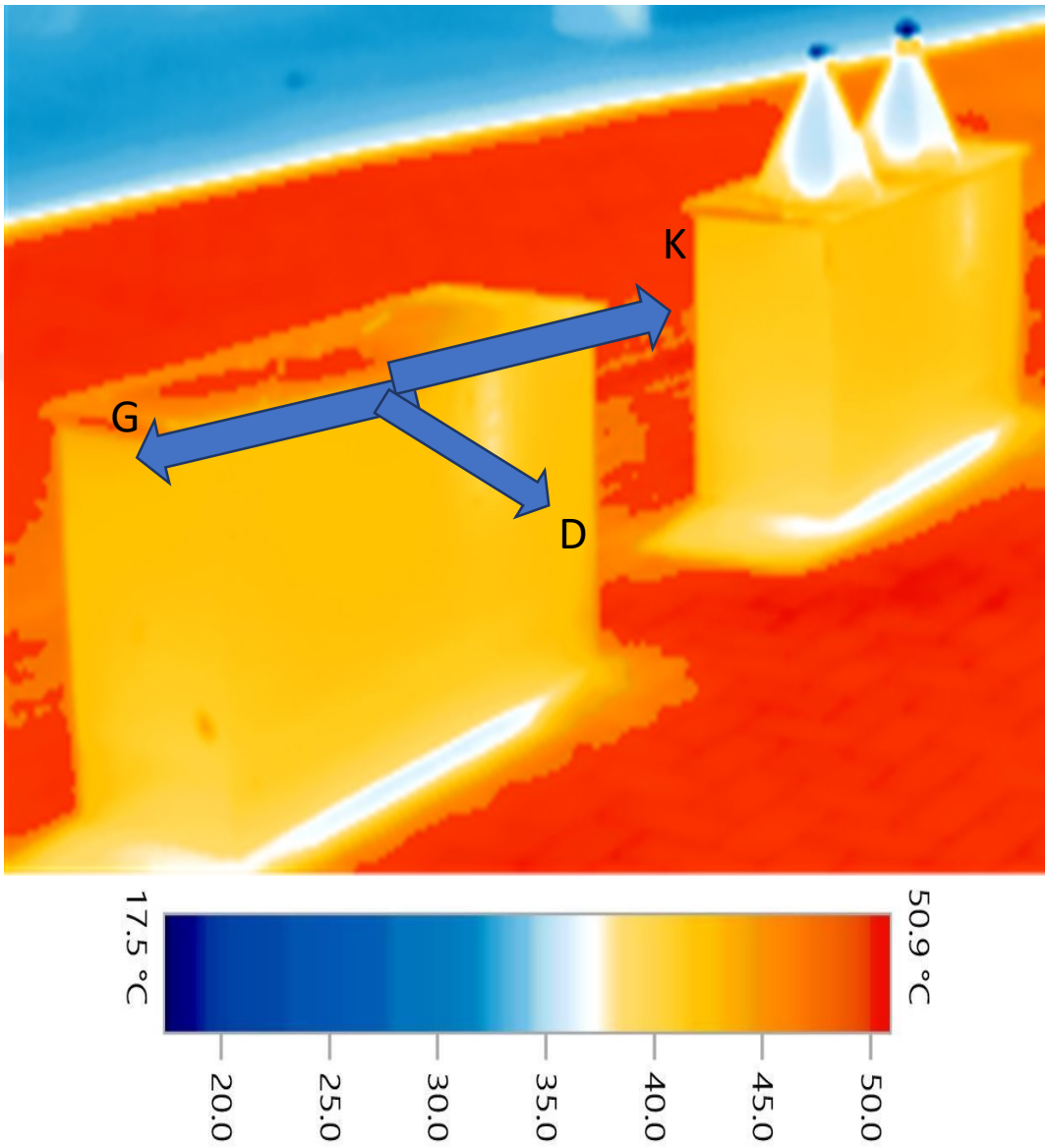
4.4. Deneysel Ölçümler

Beton köşkün yaz aylarında termal performansı araştırılmak istendiğinden CFD simülasyonunda gün olarak Haziran'ın 16'si seçilmiştir. Dolayısıyla yüzeylere gelen güneş ışınım vektörleri bu çerçevede belirlenmiştir. Söz konusu seçimden dolayı deneyler için ölçüm zamanı olarak haziran ayı seçilmiştir. Tez sürecinde söz konusu ayda iklimsel koşullar yeterli düzeyde veri alma olanağı tanımamıştır. Bu bölümde alına ölçümlerden en net verilerin elde edildiği sonuçlar verilecektir.

Haziran ayının 16'sinde saat 09;40 zaman diliminindi prototipler üzerinden ölçülen termal kamera çekimi Şekil 4.46 gösterilmiştir. Şekilden anlaşılacağı üzere çekim kuzey batı yönünde gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sırasında rüzgar güney yönünde 10 derecelik atak açısında 2 m/s hızında esmektedir. Şekilde görüleceği üzere konik çatı yüzeyinde yaklaşık 10 derecelik sıcaklık farkları meydana gelmektedir. Çatı üzerinde en sıcak bölge konik çatının güneşe bakan yüzünün arkasındaki düz çatı yüzeyinde meydana gelmektedir. Benzer bulgu CFD simülasyon sonuç verilerinden de ulaşılmıştır. Çatı üzerinde en düşük sıcaklık ise konik çatının güneşe bakan yüzünün arkasındaki konik çatı yüzeyinde meydana gelmektedir. Bu bulguda simülasyon sonuçları ile örtüşmektedir. Düz çatı yüzeyinde rüzgar hızının yüksekliğinden ve ayrıca termal kameranın hassaslık derecesinden dolayı önemli derece bir sıcaklık gradyanı gözlemlenememiştir.

Haziran ayının 16'sinde saat 15;40 zaman diliminindi prototipler üzerinden ölçülen termal kamera çekimi Şekil 4.47'de gösterilmiştir. Şekilden anlaşılacağı üzere çekim güney doğu yönünde gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sırasında rüzgar güney yönünde 5 derecelik atak açısında 1,5 m/s hızında esmektedir. Şekilde görüleceği üzere konik çatı yüzeyinde yaklaşık 10 derecelik sıcaklık farkları meydana gelmektedir. Çatı üzerinde en sıcak bölge konik çatının güneşe bakan yüzünün arkasındaki düz çatı yüzeyinde meydana gelmektedir. Çatı üzerinde en düşük sıcaklık ise konik çatının güneşe bakan yüzünün arkasındaki konik çatı yüzeyinde meydana gelmektedir. Bu bulguda simülasyon sonuçları ile örtüşmektedir. Düz çatı yüzeyinde en sıcak bölge akış yöne göre düz çatının arkasında meydana

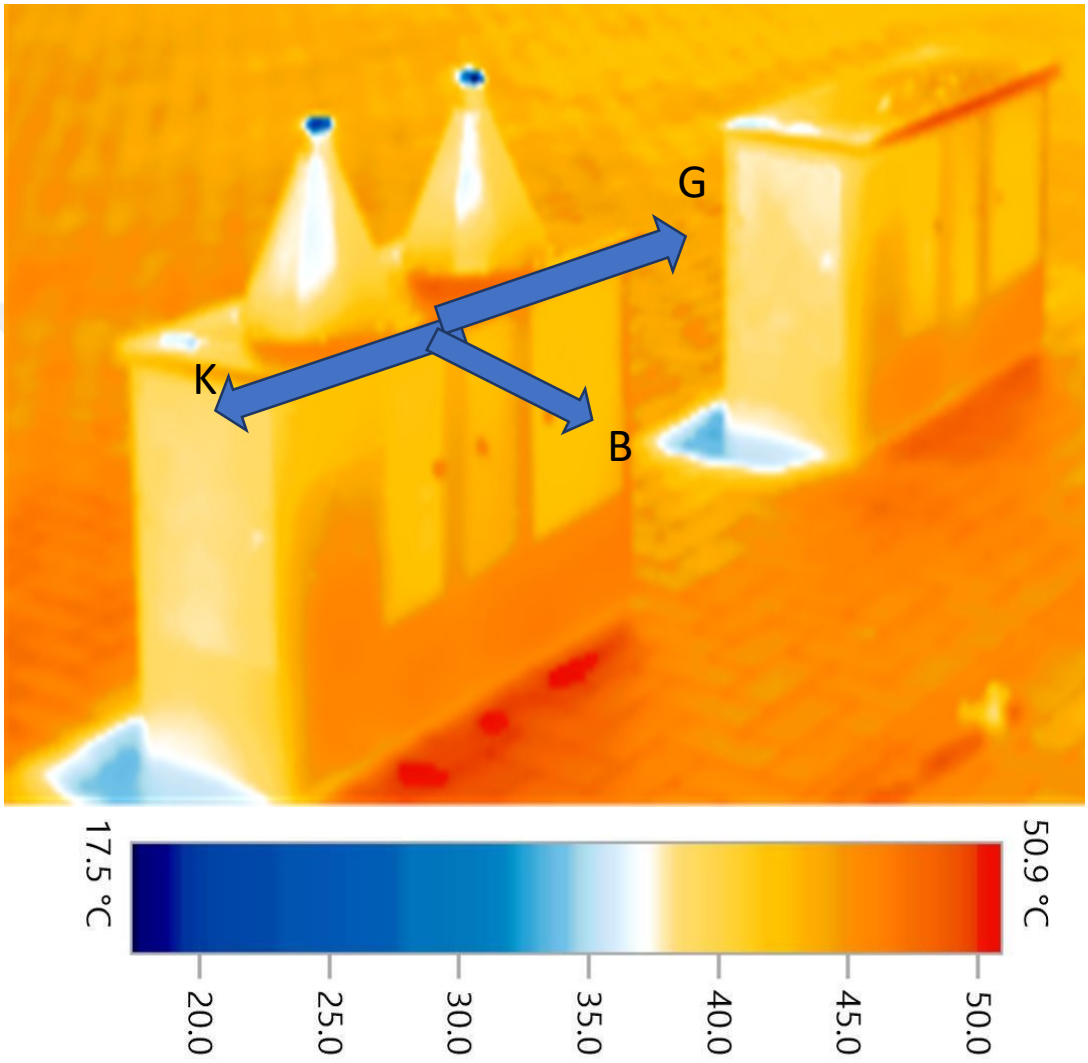
gelmektedir. Şekilden görüleceği üzere düz çatı yüzeyinde yüzey sıcaklığı akış yönüne göre artan bir skalada kademli olarak artmaktadır. Bu sonuç simülasyon sonuçlarıyla örtüşmektedir.



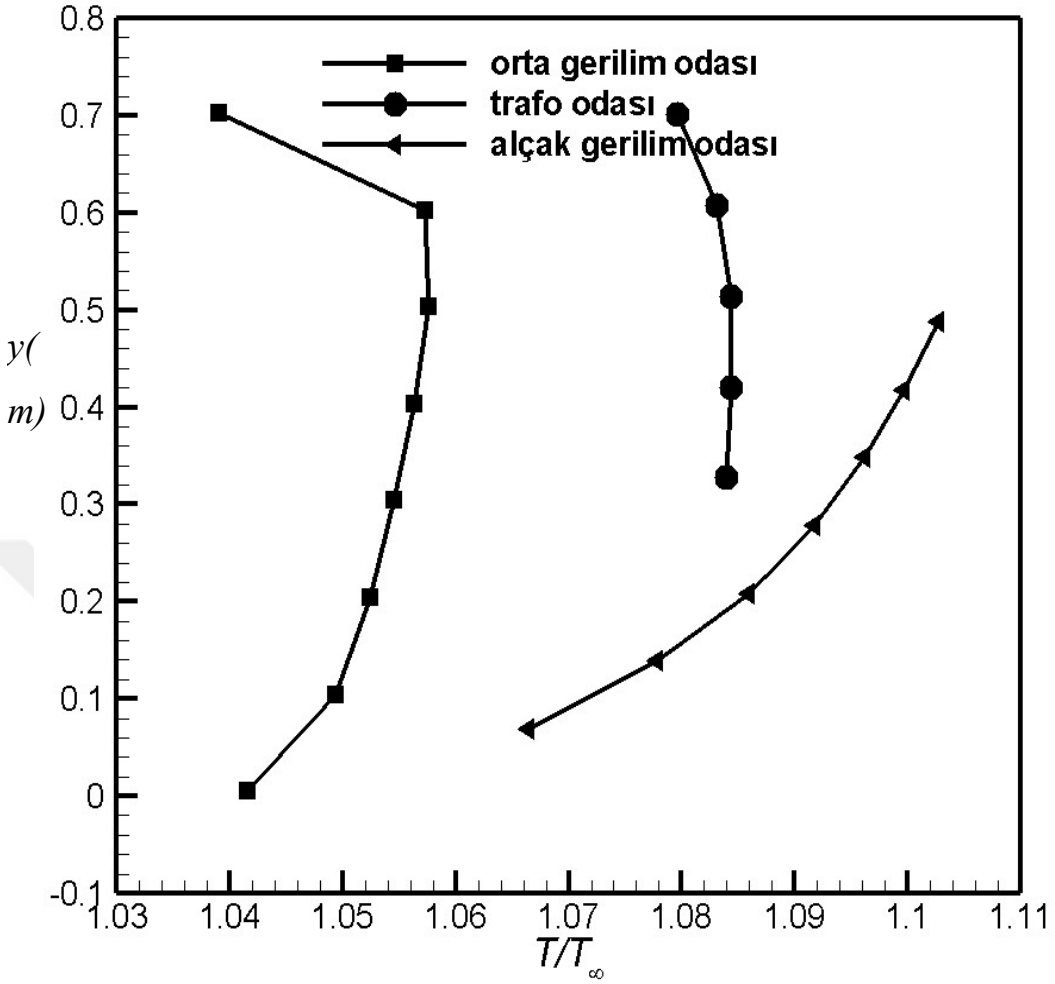
Şekil 4.46. 09:40 zaman dilimi α=10 derece ve 2m/s serbest akış hızı derece termal kamera görüntüsü

Termal çitler ile konik çatılı beton köşk prototipinin orta gerilim ve trafo odasının konik çatı merkezlerinden alçak gerilim odasının ise merkezinden dikey yönde sıcaklı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Haziran ayı boyunca gerçekleştirilen ölçümlerin sonuçlarının ortalaması Şekil 4.48'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere hem yüksek sıcaklık gradyanları alçak gerilim odasında meydana gelirken en

düşük sıcaklı gradyanları trafo odasında meydana gelmektedir. Orta gerilim odasında çatı ile taban yüzey sıcaklık fark en az olmasına rağmen dikey eksen boyunca sıcaklıkta önce artış sonra düşüş söz konusudur. Ölçümler sonucunda elde edilen bu veriler özellikle sıfır atak açısı için yürütülen simülasyon sonuçlarıyla örtüşmektedir.



Şekil 4.47. 15:40 zaman dilimi α=5 derece ve 1.5m/s serbest akış hızı derece termal kamera görüntüsü



Şekil4.48. Alçak gerilim odasının merkez ekseninden ve orta gerili ile trafo odasının okonikçari ekseninde dikey yönde alınan sıcaklık ölçümlerinin ortalaması.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında endüstriyel bir beton köşk seçilerek çatının düz ve konik olması durumunda yapının termal performansı farklı zaman periyotları ve rüzgar atak açılarında termal performansı nümerik ve deneysel araştırılmıştır. Bu bölümde elde edilen net sonuçlar sayısal veri ve grafikler ile sunulacaktır. İlk etapta farklı zaman periyotlarında konik e düz çatı için yürütülen CFD simülasyon sonuçları sunulacak sonrada farklı rüzgar atak açısı için yürütülen simülasyon sonuçları sunulacaktır. Son olarak da deneysel ölçüm sonuçları verilecektir.

Beton köşkün konik ve düz çatı durumu için yürütülen CFD simülasyonları sonucunda faklı zaman periyotlarında beton köşkün iç mahalline dışarıdan giren akışkan miktarı Çizelge 5.1'de verilmiştir. Çizelgeden anlaşılacağı üzere konik çatılı beton köşke giren akışkan debisi düz çatıya nazaran ortalama on kat daha fazladır.

Çizelge 5.1. Beton köşke dış akış alnında giren akışkan debisi.

Atak açısı (^{0})	Çatı tipi	Similasyon zamanı	kg/s*10^{-4}
0	Konik	12:40	1.1701626
0	Konik	09:40	1.1678408
0	Konik	15:40	1.1677087
0	Düz	12:40	0.1731996
0	Düz	09:40	0.1731996
0	Düz	15:40	0.1731996

Konik çatıya giren akışkan debisi zaman periyodu dikkate alında değişkenlik göstermesine rağmen düz çatıda tez kapsamında yürütülen üç zaman periyodunda sabit kalmıştır. Bu farklı zaman periyotlarında konik çatının düz çatıya nazaran yüzey üzerindeki sıcaklık gradyanlarının daha yüksek skalada olmasından kaynaklanmaktadır. Benzer durum konik çatıda 09:40 ve 15:40 zaman periyotlarında da söz konusudur. Çizelgeden anlaşılacağı üzere bu zaman periyotlarında yapıya giren akışkan miktarı açısından çok küçük bir skalada bir fark söz konusudur. B

durumda yukarıda düz çatı için değinilen sebepten kaynaklanmaktadır. Yine Çizelge 5.1'den anlaşılacağı üzere 12:40 zaman periyodunda yapıya giren debi miktarı yaklaşık olarak $1.7*10^{-4}$ iken 09:40 zaman periyoduna $1.168*10^{-}4$'dür. Simülasyonlar sonucunda çatı yüzeylerinin ortalama ısı taşınım katsayısı Çizelge 5.2'de verilmiştir. Çizelgedeki verilerden anlaşılacağı üzere sisteme giren debi kadar dramatik olmasa da konik çatı yüzeyinin ısı taşınım katsayısı düz çatıya nazaran tüm zaman periyotlarında daha büyüktür. Örneğin 12:40 zaman periyodunda konik çatı yüzeyinin ortalama ısı taşınım katsayısı 1.966 W/m^2K iken aynı zaman periyodunda düz çatıda söz konusu değer 1.267 W/m^2K'dir.

Çizelge 5.2. Çatının ortalama ısı taşınım katsayısı.

Atak açısı (^{0})	Çatı tipi	Similasyon zamanı	W/m^2K
0	Konik	12:40	1.9660387
0	Konik	09:40	2.4144921
0	Konik	15:40	2.3493712
0	Düz	12:40	1.2673738
0	Düz	09:40	2.2439795
0	Düz	15:40	2.2270055

Bir beton köşkteki termal performans açısından temel amaç trafoda ısıyı olabildiğince hızlı bir şekilde uzaklaştırmaktır. Bunu belirleyen ana parametre ise trafo yüzeyinde meydana gelen ısı taşınım katsayısıdır. Konik ve düz çatının farklı zaman periyotlarında yürütülen CFD simülasyonları sonucunda hesaplanan trafo yüzeyinin ortalama ısı taşınım katsayıları Çizelge 5.4'de verilmiştir. Hesaplamanın yapıldığı üç zaman periyodunda da trafo yüzeyinin ısı taşınım katsayısı düz çatıya nazaran konik çatıda belirgin bir şekilde daha yüksektir. Örneğin 12:40 zaman periyodunda trafo yüzeyinin ısı taşınım katsayısı yaklaşık olarak 0.956 W/m^2K iken düz çatıda 0.7687 W/m^2K'dir. Fark konik çatı referans alınırsa fark % 19.61'dir: Aynı durum 09:40 zaman periyodu için % 25.64 ve 15:40 zaman periyodu içi ise %19.21 oranlarındadır.

Çizelge 5.3. Trafonun ortalama taşınım katsayısı.

Atak açısı (^{0})	Çatı tipi	Similasyon zamanı	W/m^{2}K
0	Konik	12:40	0.95626044
0	Konik	09:40	0.69090825
0	Konik	15:40	0.80392092
0	Düz	12:40	0.76870751
0	Düz	09:40	0.51373929
0	Düz	15:40	0.6494087

Düz ve konik çatıya düşen ortalama güneş ışınım şiddetleri Çizelge 5.4'de verilmiştir. Çizelgeden anlaşılacağı üzere tüm zaman periyotlarında düz çatıya düşen ortalama güneş ışınım şiddeti konik çatıya düşen ortalama güneş ışınım şiddetinden daha büyüktür. Örneğin 12:40 zaman periyodunda konik çatıya düşen ışınım şiddeti 948W/m^2' iken düz çatıda bu değer 1200 W/m^2'dir. Düz çatı referans alınırsa fark % 21'dir: Aynı durum 09:40 zaman periyodu için % 14 ve 15:40 zaman periyodu içi ise %20 oranlarındadır.

Çizelge 5.4. Çatıya düşen ortalama güneş radyasyon akısı.

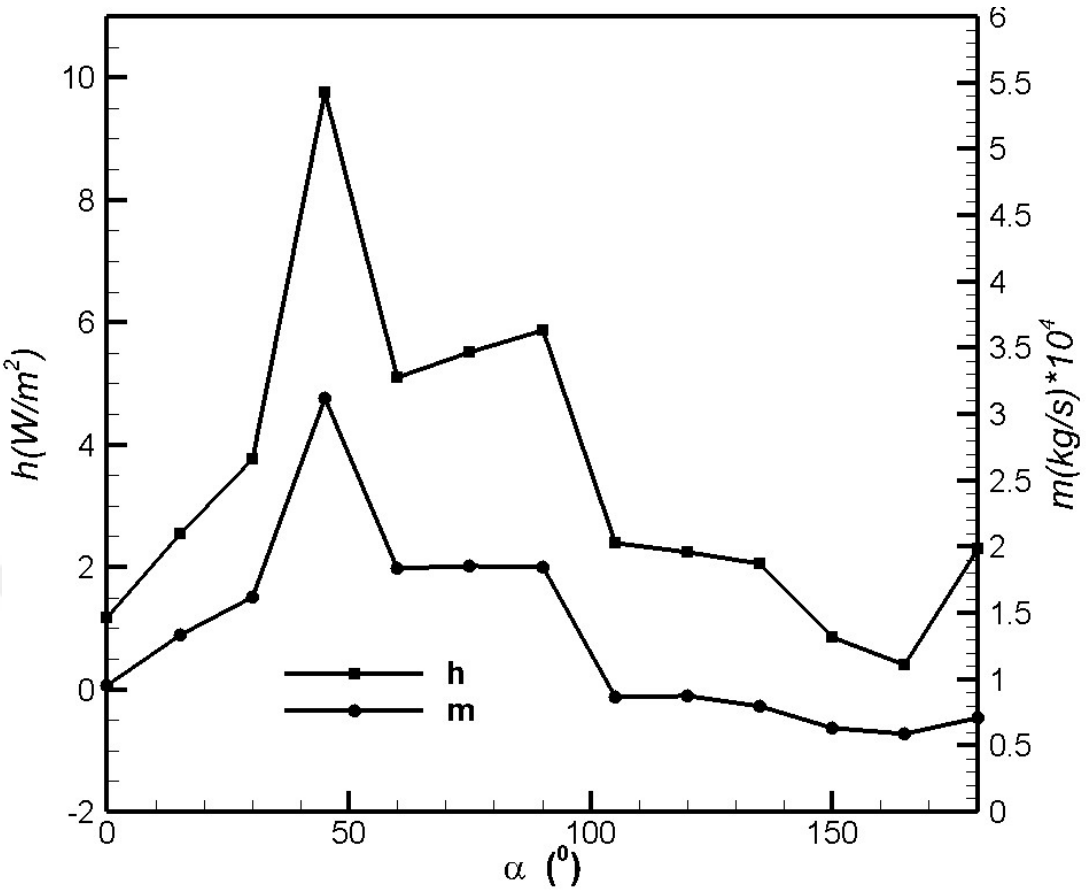
Atak açısı (^{0})	Çatı tipi	Similasyon zamanı	W/m^2
0	Konik	12:40	948
0	Konik	09:40	896
0	Konik	15:40	855
0	Düz	12:40	1200
0	Düz	09:40	1052
0	Düz	15:40	1081

Tezin kapsamında farklı rüzgâr atak açılarının beton köşk termal performansına etkisine yönelik 12 tane CFD simülasyonu yürütülmüştür. Tüm CFD simülasyonlarında çatı tipi olarak konik çatı be zaman periyodu saat12:40 seçilmiştir. Simülasyonlar sonucunda farklı rüzgâr atak açılarında trafo yüzeyinin ısı taşınım katsayısı ve beton köşke çevredeki akış alanından giren akışkan debisi Çizelge 5.5'de verilmiştir. Çizelgedeki verilerin grafiksel dağılımı ise Şekil 5.1'de gösterilmiştir.

gerek çizelgede gerekse Şekilden görüleceği üzere en dikkat çekici bulgu köşke maksimum debi girişi ve trafo yüzeyinin ortalama ısı transfer katsayısının maksimum olduğu atak açısı 450 'dir. Bu atak açısında debi girişi 9.765815*10-4 kg/s olurken trafo yüzeyinin ısı taşınım katsayısı 3.1242 W/m^2K olmaktadır. Isı taşınım katsayısı ve debinin minimum olduğu atak açısı ise 165^0'dir. Bu atak açısında trafo yüzeyinin ısı taşınım katsayısı 0.59331 W/m^2K olurken debi $0.59331*10^{-4}$ kg/s olmaktadır. Atak açısında göre maksimum değerler referans alınırsa akışkan debisi %95 trafo yüzeyinin ısı taşınım katsayısı ise %81 oranında rüzgar atak açısına bağlı değişebilmektedir. Bu nedenle Rüzgar tak açısı bir binanın gerek havalandırma b-ve gerekse termal performansı açısından kritik bir öneme sahiptir. Rüzgar atak açısı çerçevesinde yürütülen çalışmalarda yukarıda Şekil 5.1'den görüleceği üzere yapı içerisine giren akışkan debisi ile trafo yüzeyinin ısı transfer katsayısı arasında doğru orantılı bir ilişki söz konusudur.

Çizelge 5.5. Farklı rüzgâr atak açılarında trafo yüzeyinin ısı taşınım katsayısı ve beton köşke çevredeki akış alanından giren akışkan debisi.

α(^{0})	***Çatı tipi***	***h(W/m^2K)***	***m($kg/s*10^4$)***
0	Konik	0.95626044	1.170162
15	Konik	1.3321766	2.549589
30	Konik	1.6191475	3.762818
45	Konik	3.1242168	9.765815
60	Konik	1.8386551	5.097652
75	Konik	1.8512936	5.51494
90	Konik	1.8506212	5.866323
105	Konik	0.86841035	2.392489
120	Konik	0.87230009	2.254649
135	Konik	0.79792726	2.059616
150	Konik	0.63130856	0.856859
165	Konik	0.59331441	0.402228
180	Konik	0.70890468	2.295959

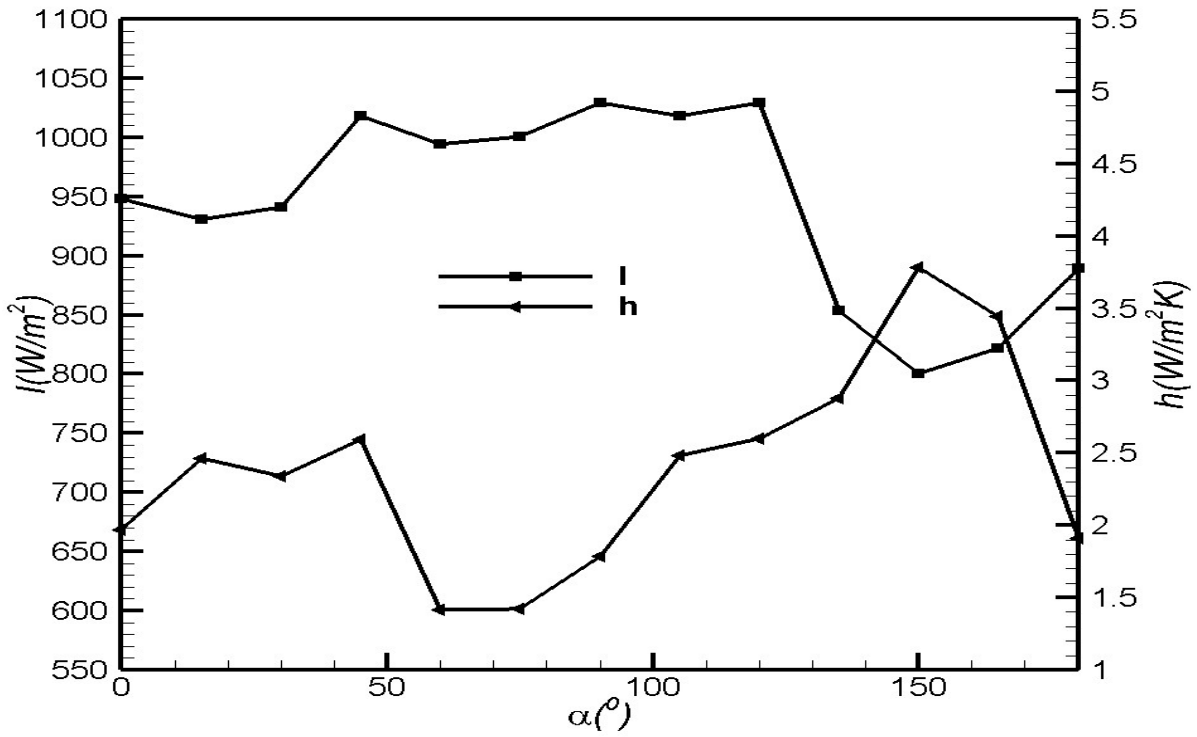


Şekil 5.1. Farklı rüzgar atak açısına göre beton köşke giren akış debisi ve tarafo yüzeyinin ısı taşınım katsayısı

Simülasyonlar sonucunda farklı rüzgâr atak açılarında çatıya düşen ortalama ışınım şiddeti ve çatının ısı taşınım katsayısı Çizelge 5.6'da verilmiştir. Çizelgedeki verilerin grafiksel dağılımı ise Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Gerek çizelgede gerekse şekilden görüleceği üzere en dikkat çekici bulgu çatıya düşen ışınım şiddetinin atak açısına bağlı gösterdiği eğilimin çatı yüzeyinin ısı taşınım katsayısının gösterdiği eğilimin ters orantılı olmasıdır. Örneğin çatı yüzeyine gelen ışınım şiddeti 150 derece rüzgar atak açısında 800 W/m^2 minimum değerdeyken yüzey ısı taşınım katsayısı yaklaşık olarak 3.78 W/m^2K ile maksimum değerdedir

Çizelge 5.6 Farklı rüzgar atak açılarında çatının ortalama ısı taşınım katsayısı e yüzeye düşen güneş ışınım şiddeti.

$\alpha(^0)$	Çatı tipi	$h(W/m^2)$	$I(W/m^2K)$
0	Konik	948	1.9660387
15	Konik	931	2.4650974
30	Konik	941	2.3384891
45	Konik	1018	2.5947828
60	Konik	994	1.416446
75	Konik	1001	1.4242531
90	Konik	1029	1.7863301
105	Konik	1018	2.4832532
120	Konik	1029	2.5979371
135	Konik	854	2.879087
150	Konik	800	3.7872669
165	Konik	822	3.4470656
180	Konik	889	1.9070549



Şekil 5.1. Farklı rüzgar atak açısına göre çatıya düşen güneş ışınım şiddeti ve çatı yüzeyinin ısı taşınım katsayısı

Yürütülen ölçümler ve CFD simülasyonları sonucunda varılan bulgular;

- Konik çatı üzerine düşen ortalama güneş ışınımı şiddeti açısından yaklaşık saat dilimine göre %10-20 aralığında daha avantajlıdır.
- Konik çatının havalandırma açısından öne çıkan avantajı yapısından dolayı içerisinde meydana gelen akış alanıdır.
- Konik çatısının yapısından veya içerisinde oluşan akış alanından dolayı dış iç ortama daha fazla akışkan girişi olmakta ve akışkan debisi direkt olarak trafonun ısı taşınım katsayısını yükselmektedir.
- Rüzgar atak açısının iç ortalama giren akışkan debisi üzerinde %400 gibi yüksek oranlarda etkisi söz konusudur. Bundan dolayı beton köşk veya diğer yapıların kurumunda bölgenin hâkim rüzgar yükü dikkate alınarak kurulumun yapılması, kritik bir öneme sahiptir.

Şeklinde dört başlık altında toplanabilir.

KAYNAKLAR

ASFOUR O. S. and GADİ, M. B. 2008. Using CFD to Investigate Ventilation Characteristics of Vaults as Wind-Inducing Devices in Buildings. Applied Energy, 85: 1126–1140.

AYATA T., 2009. Investigation of Building Height and Roof Effect on The Air Velocity and Pressure Distribution Around the Detached Houses in Turkey. Applied Thermal Engineering, 29: 1752-1758.

BEİZA, M., RAMOS, J.C., RİVAS, A., LARRAONA, G.S., GASTELURRUTİA, J. and DE MİGUEL I. 2014. Zonal, Thermal model of the ventilation of underground transformer substations: development and parametric study. Appl. Therm. Eng, 62: 215-228.

BLOCKEN B., STATHOPOULOS T., CARMELİET J. and HENSEN J. 2009. Application of CFD in Building Performance Simulation for the Outdoor Environment. IBPSA Building Simulation Conference, 11: 489-496.

CARACOGLİA L. and JONES N. P. 2009. Analysis of Full-Scale Wind and Pressure Measurements on a Low-Rise Building. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 97: 157-173.

CLEAR R.D., GARTLAND L. and WİNKELMANN F.C. 2003. An empirical correlation for the outside convective air-film coefficient for horizontal roofs. Energy and Buildings, 35: 797–811.

ELSERAGY, A. A. B. and GADİ, M. B. 2003. Computer Simulation of Solar Radiation Received by Curved Roof in Hot-Arid Regions. IBPSA Conference, 8: 11-14.

FAGHİH, A. K. and BAHADORİ, M. N. 2009. Experimental Investigation of Air Flow over Domed Roofs, Iranian Journal of Science and Technology. Transaction B Engineering, 33: 207-216.

FAGHİH, A. K. and BAHADORİ, M. N. 2011. Thermal Performance Evaluation of Domed Roofs, Energy and Buildings. 43(6): 1254-1263.

GASTELURRUTİA, J., RAMOS, J.C., LARRAONA, G.S., RİVAS, A. J. IZAGİRRE and DEL RÍO, L. 2011. Numerical modelling of natural convection of oil inside distribution transformers, Appl. Therm. Eng. 31: 493-505.

GASTELURRUTİA, J., RAMOS, J.C., RİVAS, A., LARRAONA, G.S., IZAGİRRE, J. and DEL RÍO, L. 2011. Zonal thermal model of distribution transformer cooling. Appl. Therm. Eng, 31: 4024-4035.

GODEC, Z. and SARUNAC, R. 1992. Steady-state temperature rise of onan/Onaf/ofaf transformer formers. IEEE Proceedings-C, 139 (5): 448–454.

GOMEZ-MUNOZ, V. M., PORTA-GANDARA, M. A. and HEARD, C. 2003. Solar Performance of Hemi spherical Vault Roofs. Building and Environment, 38: 1431–1438.

HADAVAND, M. and YAGHOUBİ, M. 2008. Thermal Behavior of Curved Roof Buildings Exposed to Solar Radiation and Wind Flow for Various Orientations. Applied Energy, 85, 663–679.

HADAVAND, M., YAGHOUBİ, M. and EMDAD, H. 2008. Thermal Analysis of Vaulted Roofs. Energy and Building, 40: 265-275.

KİNDANGEN, J. , KRAUSS, G. and DEPECKER, P. 1997. Effects of Roof Shapes on Wind-Induced Air Motion Inside Buildings. Building and Environment, 32(1): 1-11.

KONTOLEON K. J. and EUMORFOPOULOUE.A. 2008. The influence of wall orientation and exterior surface solar absorptivity on time lag and decrement factor in the Greek region. Renewable Energy, 33: 1652-1664.

LING, C. S., AHMAD, M. H. And OSSEN, D. R. 2007. The Effect of GeometricShapeandBuildingOrientation on Minimising Solar Insolation on High-Rise Buildings in Hot HumidClimate. Journal of Construction in Developing Countries,12: 27-38.

LİU Y. and HARRİS D.J. 2007. Full-scale measurements of convective coefficient on external surface of a low-rise building in sheltered conditions. Building and Environment, 42: 2718–2736.

MIKHWAN M. and RUCK B. 2006. Flow and Pressure Field Characteristics Around Pyramidal Buildings. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 94: 745-765.

NOTTROTT A., ONOMURA S., INAGAKİ A., KANDA M. and KLEİSSL J. 2011. Convective Heat Transfer on Leeward Building Walls in an Urban Environment: Measurements in an Outdoor Scale Model. International Journal of Heat and Mass Transfer, 54: 3128-3138.

PEARLMUTTER, D. 1993. Roof Geometry as a Determinant of Thermal Behaviour: A Comparative Study of Vaulted and Flat Surfaces in a Hot-Arid Zone. Architectural Science Review, 36 (2): 75-86.

RAMOS J.C., BEİZA, J. M., GASTELURRUTİA, RİVAS, R.A., LARRAONA, G.S. and DE MİGUEL, I. 2009. Numerical modelling of the natural ventilation of underground transformer substations. Appl. Therm. Eng, 51: 852-863.

RUNSHENG, T., MEİR, I.A. and ETZİON, Y. 2003. An Analysis of Absorbed Radiation by Domed and Vaulted Roofs as Compared with Flat Roofs. Energy and Buildings, 35: 539–548.

SCHLABBACH, J. 2003. Improvement of Permissible Loading of Transformer by Solar Shield, EUROCON. Applied Thermal Enginering, 30: 305–309.

SHAOJ., LİU J., ZHAO J., ZHANG W. and SUN D. 2009. A novel method for full-scale measurement of the external convective heat transfer coefficient for building horizontal roof. Energy and Buildings, 41: 840–847.

SMOLKA, J. 2013. CFD-based 3-D optimization of the mutual coil configuration for the effective cooling of an electrical transformer. Appl. Therm. Eng, 50: 124-133.

TANG, R., MEİR, I.A. and ETZİON, Y. 2003. Thermal Behavior of Buildings with Curved Roofs as Compared with Flat Roofs. Solar Energy, 74: 273–286.

TANG, R., MEİR, I.A. AND ETZİON, Y. 2006. ThermalPerformance of Non Air-conditioned Buildings with Vaulted Roofs in Comparison with Flat Roofs. Building and Environment, 41: 268–276.

TORRİANO, F., CHAABAN, M. and PİCHER, P. 2010. Numerical study of parameters affecting the temperature distribution in a disc-type transformer winding. Appl. Therm. Eng, 30: 2034-2044.

TORRİANO, F., PİCHER, P. and CHAABAN, M. 2012. Numerical investigation of 3D flow and thermal effects in a disc-type transformer winding. Appl. Therm. Eng., 40: 121-131.
UMUR H., (2009), Akışkanlar Mekaniği, Dora Yayıncılık.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Serkan GÜNEŞ
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri ve Tarihi : Nusaybin 24/03/1993
Telefon : +90544 390 20 90
e-mail : serkangunes1907@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe,İl	Bitirme Yılı
Lise :	Atatürk Lisesi,Nusaybin, Mardin	2011
Üniversite :	Harran Üniversitesi, Eyyübiye, Şanlıurfa	2016

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Kurum	Görev
2016	Aksan Trafo	Üretim Mühendisi
2018	Gapsan Otomativ	Üretim-Kalite Mühendisi

UZMANLIK ALANI: Makine Mühendisliği Ana bilim Dalı

YABANCI DİLLER: İngilizce