

Üniversitelere Yönelik Bir Veri Merkezinin CFD Analizi ile İklimlendirme Planlaması

Air Conditioning Planning of a Data Center for Universities with CFD Analysis

Uğur YÜZGEÇ^{1*}, Arif GÜNEL²

Özet- Geçtiğimiz yirmi yıl boyunca veri işleme ve veri depolama sistemleri için artan talep bilgisayar teknolojisindeki eş zamanlı ilerlemelerle birlikte veri merkezlerinde de büyüyen bir hızla neden olmuştur. Dünya çapında veri merkezlerinin karbon emisyonlarındaki artış ve elektrik enerjisi ihtiyacının büyümesi ciddi bir zorluğu da getirmektedir. Verimsiz soğutma sistemleri yüzünden veri merkezlerinin toplam tüketimlerinin yaklaşık %30-50 kadarı soğutma enerji tüketimi almaktadır. Bu makale bir veri Merkezinin iklimlendirme/soğutma planlamasının nasıl yapılacağı ve Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesindeki bir veri Merkezinin iklimlendirme planlaması uygulaması sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler- Veri Merkezi, Soğutma, CFD, İklimlendirme

Abstract- During the past two decades, the increasing demand for data processing and data storage systems with the simultaneous advances in computer technology have resulted in a growth rate in the data centers. The growing demand for electricity energy and the increasing the carbon emission of data centers worldwide bring a severe challenge. The cooling energy consumption takes up around 30–50% of the total consumption of data centers due to the ineffective cooling systems. This paper presents how to air conditioning/cooling planning of a data center and a data center's air conditioning design application at the Bilecik Şeyh Edebali University.

Keywords- Data Center, Cooling, CFD, Air Conditioning

I. GİRİŞ

Son yıllarda gelişen internet teknolojileri sayesinde web sayfası sayısı, dünyadaki insan sayısından daha fazla hale gelmiştir. Bu ise daha fazla bant genişliğine dolayısıyla daha fazla disk alanı ihtiyacı anlamına gelmektedir. Erişim hızındaki artışlar bilgi kaynaklarının zenginleşmesine yol açarak, bu denli büyük verilerin saklanması ve analiz edilmesinin önemini ortaya çıkarmıştır [1].

Küreselleşen ve sosyalleşen dünya genelinde farklı veri merkezi uygulamalarına (Cisco, Google, Facebook, Twitter v.b) rastlamak mümkündür [2,3]. Günümüzün veri merkezleri uzak “bulut” sunucuları aracılığıyla birden çok müşteriye erişim ve depolama hizmeti sunmaktadırlar. Veri merkezlerinde bulunan sunucular aracılığıyla iletilen saniyede milyon komut (MIPS), ekipmanların dolayısıyla ortamın fazla ısınmasına neden olmaktadır. Ortamdaki fazla ısıyı önlemek için veri merkezlerinin soğutma sistemleri ile belirli sıcaklıklarda tutulması gerekmektedir. Veri merkezi sağlayıcılarındaki hızlı büyüme, soğutma teknolojilerine yönelik talebi artırırken azaltılmış enerji tüketim maliyetini gerekli kılmaktadır [14].

Optimum soğutma kapasitesinin belirlenmesi; ancak oda yerleşimi, oda boyutları, soğutucu değerleri, yükseltilmiş taban yüksekliği, perforasyonların yerleşimi, perforasyon oranları gibi, hava akışını etkileyebilecek tüm bilgilerin hesaba katılması ile yapılabilir. Bu yüzden orta ve büyük veri merkezlerinde soğutucu sistem tasarımının CFD (*Computational Fluid Dynamics*) analizi kullanılarak yapılması bir gerekliliktir.

II. VERİ MERKEZİ İKLİMLENDİRME AŞAMALARI

Veri merkezinde bulunan cihazların büyük bir bölümü hızlı bir şekilde ve yüksek oranda ısı üretmektedir. Bu ortaya çıkan fazla ısı performans kaybı ve daha sonra arızaya neden olmaktadır. Veri merkezindeki sıcaklık değerlerinin artması veri Merkezinin süreklilik durumunu ciddi olarak riske atmaktadır. Dolayısı ile soğutma sistemleri, kesintisizliğin sağlanması konusunda en önemli ünitelerdir. İklimlendirme

^{1*} Sorumlu yazar iletişim: ugur.yuzgec@bilecik.edu.tr

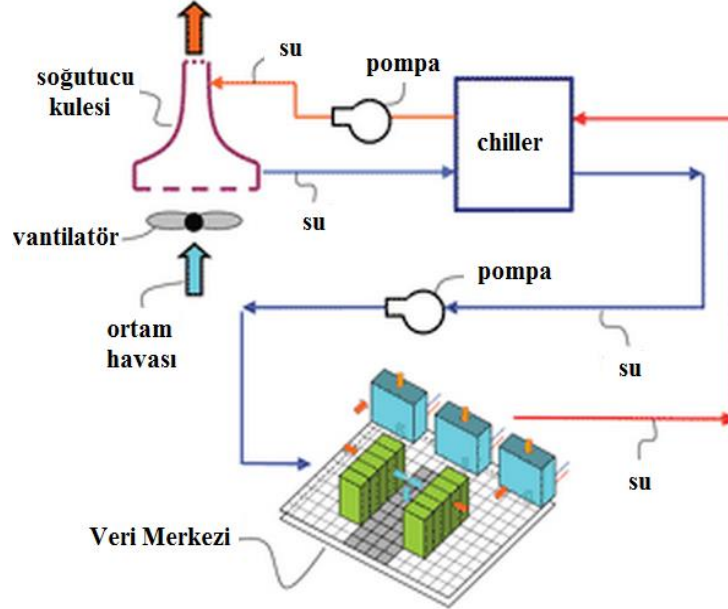
Bilgisayar Mühendisliği, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gülümbe, Bilecik

² İletişim: arif.gunel@bilecik.edu.tr

Bilgisayar Mühendisliği, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gülümbe, Bilecik

planlaması yapılırken, veri merkezinin yapısına ve cihaz özelliğine uygun olarak nem ve ısı değerini dengede tutan bir soğutma sistemi oluşturulmalıdır.

Geleneksel yöntemde iklimlendirme sıcaklık değeri geri dönen havayı baz alarak soğutma yaparken, yeni tasarımlarda sunucuların önündeki havayı emdiği noktanın sıcaklık değeri baz alınarak soğutma işlemi yapılmaktadır [4]. Şekil 1'de bir veri merkezi soğutma altyapısı şeması gösterilmiştir.



Şekil 1. Veri Merkezi Soğutma Altyapısı Şeması [5]

İklimlendirmenin sağlanması için sadece ortama soğuk havayı iletip sıcak havayı ortamdaki uzaklaştırmak yeterli olmamaktadır. Özellikle yüksek yoğunluklu olan veri merkezlerinde bu işlemi yaparken verimi artırması amacıyla yönelik hava akımı oluşturulmaktadır. Bu amaçla hava akışının hesaplamalarında CFD analizleri yapılmasına gerek vardır [6]. Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*) isimli kuruluş tarafından yayınlanan bilimsel çalışmalar ile CFD analizleri temelleri verilmektedir. Hava akışını etkileyen kabinlerin yerleşimi, kullanılacak olan sunucu ve iklimlendirme cihazlarının güç/kapasite seçimleri, yükseltilmiş döşemenin altından yapılan iklimlendirme sistemlerinde yükseltilmiş döşemeye konulacak olan ızgaraların açıklık oranları, yönleri ve konumları, soğuk/sıcak hava koridorlarının belirlenmesi, data ve elektrik kablolarının döşenmesinde hava akımına etkileri gibi konularda planlanma yapılırken CFD analizlerden yararlanılmaktadır [7,12]. Literatürde veri merkezlerinin soğutma çözümleri ve enerji verimliliği üzerine yapılan örnek çalışmalara rastlamak mümkündür [8,9,13].

III. BİR VERİ MERKEZİ İKLİMLENDİRME UYGULAMASI

Bu çalışmada, veri merkezi iklimlendirme uygulaması olarak, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi (BŞEÜ), Bilgi İşlem Daire Başkanlığı bünyesinde yürütülen bir akademik yerleşke veri merkezi projesi sunulmaktadır. Bir iklimlendirme sisteminin amacı sıcaklık değerini cihazların çalışması için gerekli değerde tutmak olduğundan, iklimlendirme sistemi tam yedekli olarak planlanmıştır. İklimlendirme cihazının ortama bıraktığı havanın sıcaklık değeri ile ortamdaki sıcaklık değeri arasındaki fark cihazın çalışması ve verimi hakkında en güvenilir hesaplama verisini vermektedir. Eğer ortama verdiği havanın sıcaklık değeri ile ortamdaki aldığı havanın sıcaklık değeri arasındaki fark sifıra yakın ise cihazın verimi en düşük durumdadır. İklimlendirme sistemi, endüstriyel olarak yüksek yoğunluklu soğutma sistemi olarak adlandırılan, mekanik soğutma sürecini azaltıp, serbest soğutma yaparak enerji tasarrufu yapan, monoblock, mixed mode çalışmaya imkân veren free cooling soğutma gruplarına sahiptir.

Veri merkezlerinde düşük nem değerleri ortamda statik elektrik oluşumuna kolaylık sağladığı için cihazların arızalanma riskini artırır, yüksek nem değerleri ise cihazların iç yapısında birikimler oluşturarak bu birikimlerin zaman içerisinde kısa devre gibi iletim durumlarına neden olmaktadır. Bu nedenle bağıl nem değerinin, veri merkezlerinde dengede tutulması zorunludur. BŞEÜ Veri Merkezinde “Barındırma” ve “Network” odalarında hava soğutmalı kondenseri tip free cooling özellikli hassas klima sistemi kurulmuştur.

Enerji tasarrufu için hava soğutmalı bir sistem planlanmıştır. Bu sistem baz alınırken Tablo 1'de görülen Bilecik ilinin yıllık sıcaklık dağılımı göz önüne alınarak planlama yapılmıştır.

Tablo 1. Bilecik İlinin Yıllık Sıcaklık Dağılımları

BILECIK	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1960 - 2012)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.4	3.5	6.6	11.5	16.1	19.9	22.1	21.9	18.3	13.9	8.9	4.7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	5.9	7.5	11.5	16.9	21.9	25.8	28.3	28.4	24.8	19.4	13.4	8.0
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-0.4	0.1	2.5	6.7	10.7	14.1	16.2	16.2	13.0	9.6	5.4	1.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.2	3.5	4.5	6.0	8.0	9.5	10.3	10.0	8.2	5.5	4.2	3.0
Uzun Yıllar İçindeki En Yüksek ve En Düşük Değerler (1960 - 2012)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22.0	24.6	29.0	32.7	35.8	37.6	41.0	40.2	38.4	34.3	27.4	25.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-14.4	-14.3	-10.1	-6.0	1.0	6.0	7.7	8.2	3.2	-0.8	-6.4	-12.8

Bilecik ilinin sıcaklık dağılımı incelendiğinde en az 200 gün dış ortamdaki sıcaklık değeri ile veri merkezinin soğutmasının sağlanabileceği gözlemlenmiştir. Bu durumda hava sıcaklığının veri merkezinin soğutulması için yeterli olduğu durumda gazlı soğutma yerine sadece hava kullanılarak soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde gaz kullanılarak yapılan soğutma yerine hava ile yapılan soğutmada sadece fanlar çalıştırılarak elektrik enerjisinden önemli ölçüde tasarruf elde edilmektedir.

Hassas klima bulunan mahallerde tüm aylarda sıcaklık değeri veri merkezi sıcak hava çıkış tarafında ve KGK (Kesintisiz Güç Kaynağı) odasında +24°C olup, sıcaklık hassasiyeti $\pm 1^\circ\text{C}$ olarak ayarlanmıştır. Bağıl nem oranının ise % 45-55 arasında olması sağlanmıştır. Cihazların eş yaşlanma kontrolünü sağlamak amacıyla, ethernet kablosu üzerinden birbirine bağlanmıştır. Yedekli ve kesintisiz çalışmanın sağlanması için dış üniteler 2 adet birbirinin yedeği, network odası 2 adet in-row birbirinin yedeği, barındırma odası 4 adet in-row olmak üzere 3 asıl 1 yedek olarak planlanmıştır. Barındırma odasında bulunan in-row soğutma ünitesinin 36 kVA'lık üç adet asıl olan cihazları toplam 108 kVA'lık (86.4kW) soğutma kapasitesine sahiptir. Network kabinlerine ait iklimlendirme sistemi ise bir in-row ünitesi 36 kVA'lık (28.8kW) soğutma kapasitesine sahiptir. Bu ünite de bir arıza oluşması durumunda yedek olan ünite çalışarak soğutma işlemine devam etmektedir.

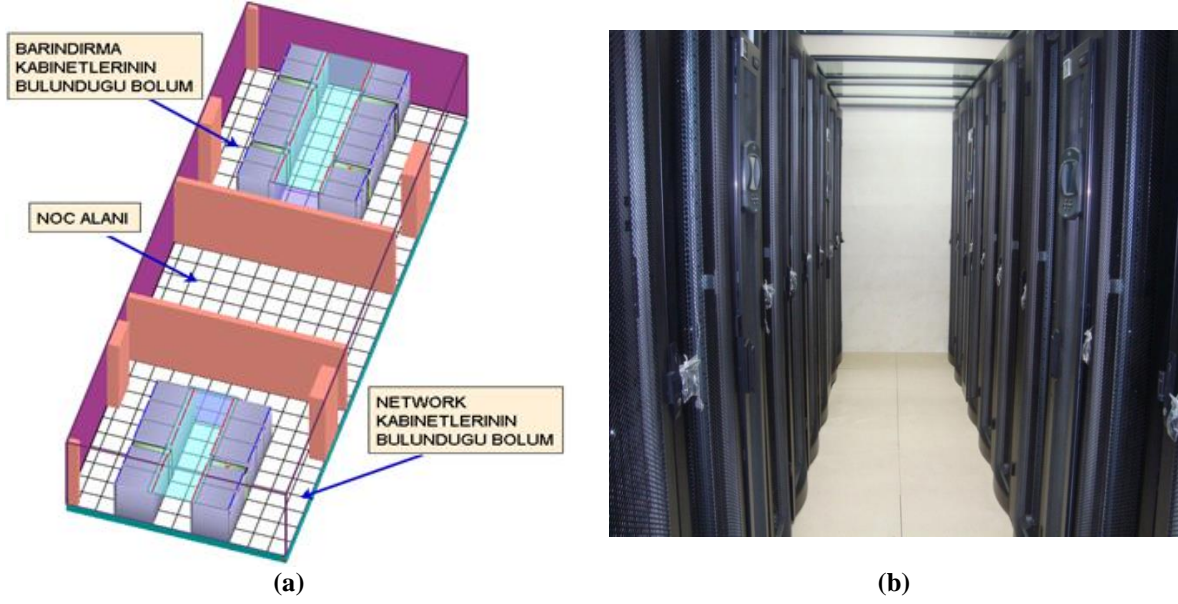
Dış iklimlendirme ünitelerinden iki adet olan chiller üniteleri biri asıl diğeri yedek olmak üzere 160 kVA'lık (128kW) değere sahiptir. İç ünitelerin toplam soğutma değeri 144 kVA (115.2kW) olmasına rağmen üst değer alınarak 160 kVA'lık (128kW) chiller ünitesi kullanılmaktadır. Dış ünitelerle iç üniteler arasında 1 asıl 1 yedek olmak üzere iki hat mevcuttur. Bu hatlardan asıl olan hat A-hattı, yedek olan hat B-hattı olarak anılmaktadır. Normal çalışma şeklinde iç üniteler A hattından beslenmektedir. A hattında bir sorun olduğu zaman B hattına geçilmektedir. Aynı şekilde soğutma sistemi besleme tankı 1 asıl 1 yedek olmak üzere iki alettir. Sistem eş yaşlanma prensibi ile çalıştırılacağından asıl ve yedek hatlar sürekli olarak değişmektedir.

A. Soğuk hava koridoru ve CFD analizi

İklimlendirme sisteminde iç ortamda kullanılan cihazlar in-row tarzında planlandığından dolayı, yükseltilmiş döşeme altından soğuk hava yerine kabinlerin yanına konulan iklimlendirme cihazları sayesinde sunucuların önden çektikleri havanın soğuk olmasını sağlayan bir yapı mevcuttur. Bu sebeple kabinlerin yan yana dizilmesi ve karşılıklı sızılması sonucu üzerleri 4 mm + 4 mm temperli cam ile sıranın bir tarafı duvara dayalı olarak diğer tarafı otomatik kayar kapı ile kapatılarak soğuk hava koridoru oluşturulmuştur.

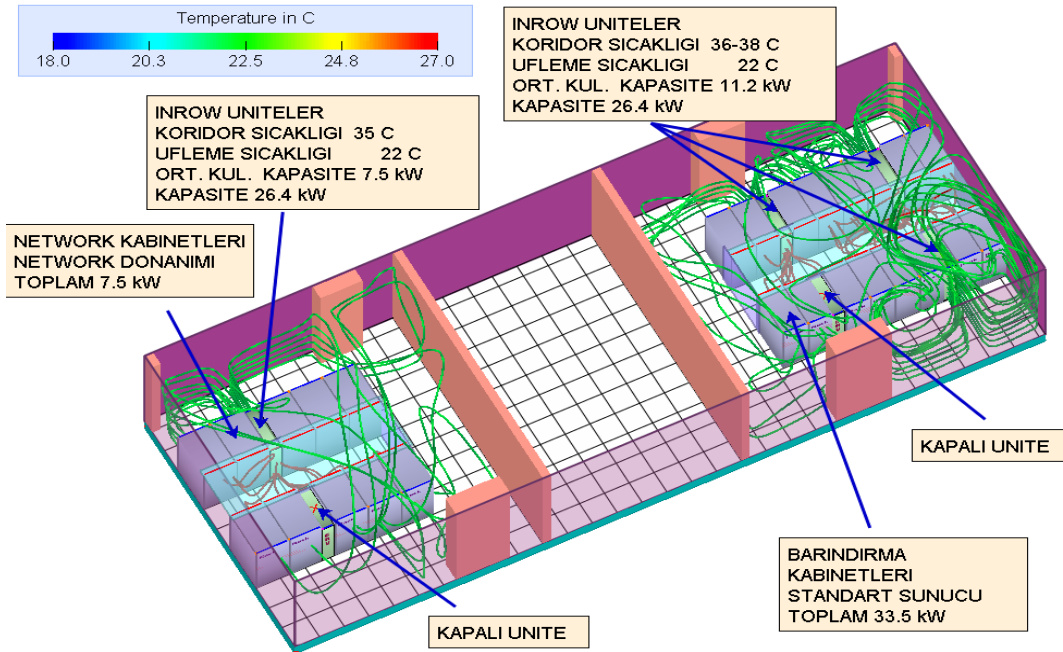
CFD (*Computational Fluid Dynamics-Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği*) akışkan davranışının etkili olduğu problemlerin, sayısal yöntemler ve algoritmalar yardımıyla bilgisayar üzerinde koşturularak çözüldüğü ve analiz edildiği, akışkanlar mekaniğinin bir dalıdır. Şekil 2a'da BŞEÜ Veri Merkezi ve Şekil 2b'de ise soğuk hava koridoru gösterilmiştir. Soğuk hava koridorları kabinlerin arasındaki dikey parçalar, koridorun üzerindeki camlar ve kayar kapılar ile hava sızdırmayacak şekilde tasarlanmıştır. Bunun haricinde kabinlerin içerisinde kullanılan dikey organize ve kapama panelleri ile boşluk kalmayacak şekilde sızdırmazlık sağlanmıştır. Soğuk

koridor ya da sıcak koridor yapılması için verilen karar CFD analizinden çıkan sonuçlara göre belirlenmektedir. Çalışma şartları için 1 atmosfer basınç, hava debisi 8000 m³/h ve yerçekimi ivmesi 9.81 m/s² olarak alınmıştır.



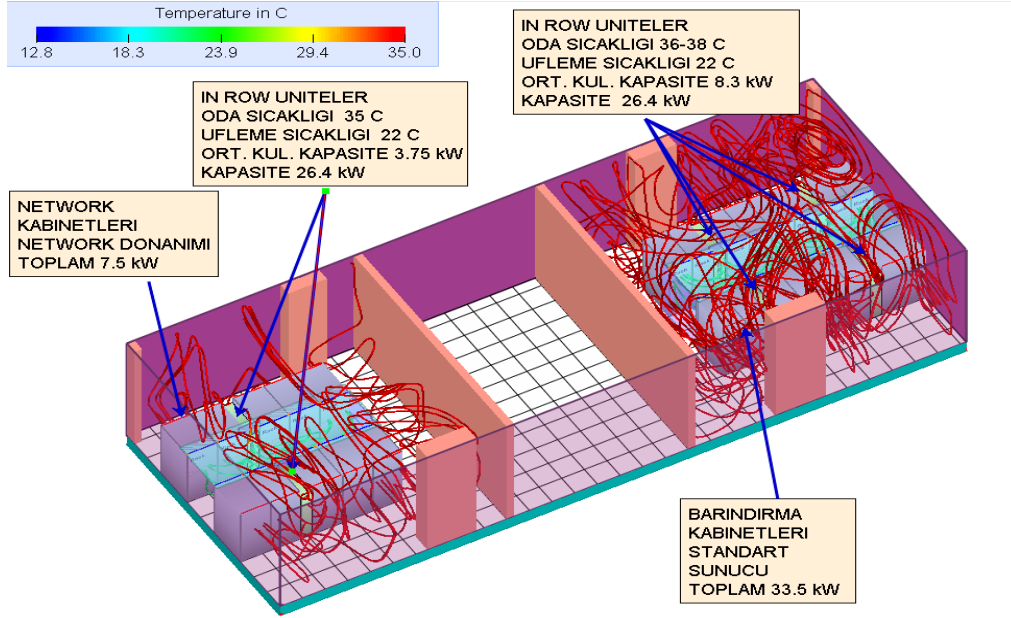
Şekil 2. BŞEÜ Veri Merkezi (a), Soğuk Hava Koridoru (b)

1) Sıcak koridor kapama senaryosu ilk gün yükü: Bütün soğutucuların aktif olduğu ve sunucu yükünün 40 kW/45 kVA olduğu durum incelendiğinde, her bir network kabini için ortalama 0.75 kW/kabin ve her bir barındırma kabini için ortalama 2 kW/kabinlik standart sunucular kullanıldığında network bölümündeki soğutucu 7.5 kW, barındırma bölümündeki her bir soğutucu 11.2 kW kapasite ile çalışmaktadır. Bu durumda Şekil 3'de görüldüğü üzere sıcak koridorun 36-38°C olduğu gözlenmektedir. Soğutucuların 22°C üflediği varsayıldığında, soğutucuya en uzak kabinin bile çektiği hava sıcaklığı şekilden de görüldüğü üzere istenen (yeşil renk) seviyesindedir. Bu da bütün kabinlerin çektiği havanın 25°C'nin altında olduğu anlamına gelmektedir.



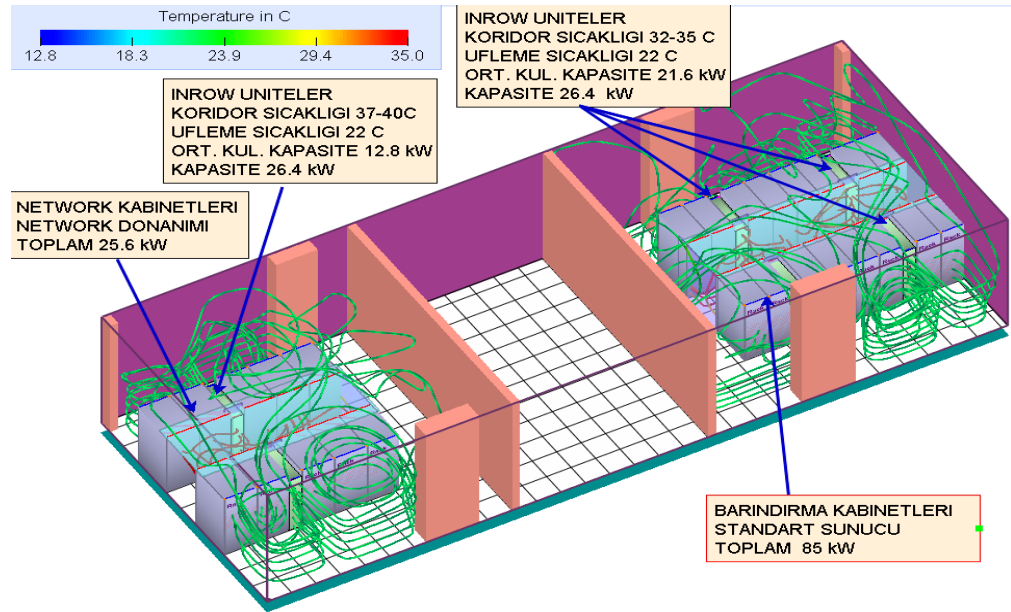
Şekil 3. Sıcak Koridor Kapama İlk Gün Yükü Hava Akış Diyagramı

2) Soğuk koridor kapama senaryosu ilk gün yükü: Sıcak koridor kapama senaryosunda olduğu gibi soğuk koridor kapama senaryosunda da bütün soğutucuların aktif ve sunucu yükünün 40 kW/45kVA olduğu durum ele alınmıştır. Her bir network kabini için ortalama 0.75 kW/kabin ve her bir barındırma kabini için ortalama 2 kW/kabinlik standart sunucular kullanıldığında network bölümündeki soğutucu 3.75 kW, barındırma bölümündeki her bir soğutucu 8.3 kW kapasite ile çalışmaktadır. Bu senaryo durumunda Şekil 4’de görüldüğü üzere oda sıcaklığının 36-38°C olduğu gözlenmektedir. Oluşturulan soğuk koridorun sıcaklığı ise 22-25°C olarak ölçülmektedir. Soğutucuların performansında herhangi bir sorun gözükmemektedir.



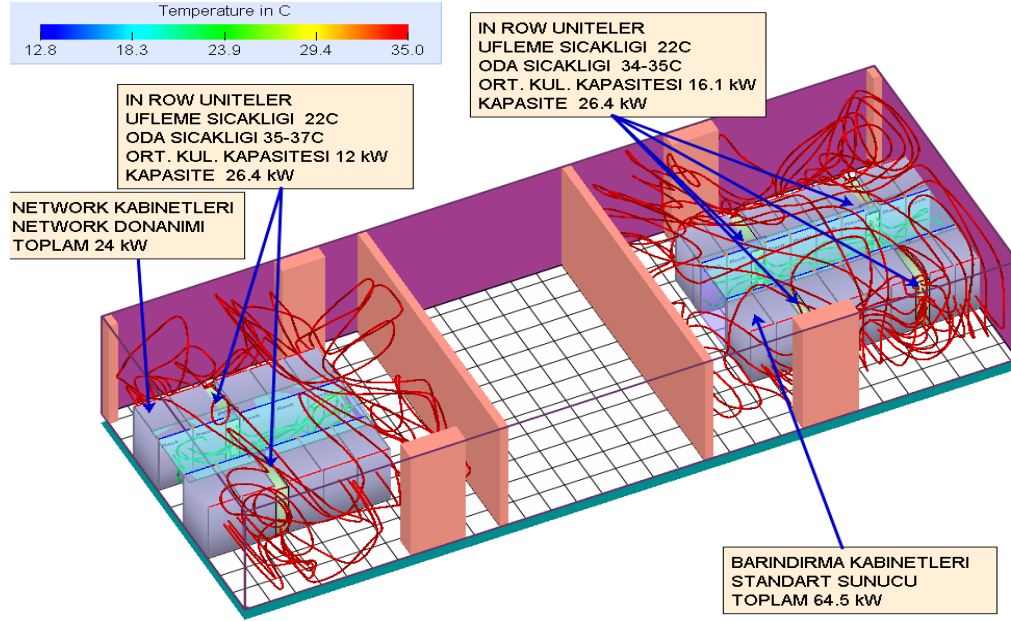
Şekil 4. Soğuk Koridor Kapama İlk Gün Yükü Hava Akış Diyagramı

3) Sıcak koridor kapama senaryosu son gün yükü: Bütün soğutucuların aktif olduğu durumda her bir network kabini için ortalama 2.5 kW/kabin ve her bir barındırma kabini için ortalama 5 kW/kabinlik kapasitede standart sunucular kullanıldığında network bölümündeki her soğutucu 12.8 kW, barındırma bölümündeki her soğutucu 21.6 kW kapasite ile çalışmaktadır. Şekil 5’de gösterildiği gibi sıcaklığın sıcak koridor network kabinlerinin bulunduğu bölümde 37-40°C olduğu, barındırma kabinlerinin olduğu bölümde ise 32-35°C olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 5. Sıcak Koridor Kapama Son Gün Yükü Hava Akış Diyagramı

4) Sıcak koridor kapama senaryosu son gün yükü: Bütün soğutucuların aktif olduğu durumda her bir network kabini için ortalama 2.4 kW/kabin ve her bir barındırma kabini için ortalama 4 kW/kabinlik kapasitede standart sunucular kullanıldığında network bölümündeki her soğutucu 12 kW, barındırma bölümündeki her soğutucu 16.1 kW kapasite ile çalışmaktadır. Şekil 6'da gösterildiği gibi network kabinlerinin bulunduğu bölüm 35-37°C olduğu, barındırma kabinlerinin olduğu bölüm ise 34-35°C olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 6. Soğuk Koridor Kapama Son Gün Yükü Hava Akış Diyagramı

IV. SONUÇLAR

Veri merkezlerindeki iklimlendirme çalışmalarından [10,11] soğutma stratejilerinin belirlenebildiği görülmektedir. Bu çalışmada yapılan CFD analizlerinin sonuçlarına bakıldığında, ilk planda tasarlanan sıcak hava koridorunun soğuk hava koridoru arasında farklar ilk gün ve son günde değişim göstermektedir. İlk gün ve son gün yük kavramları sunucuların ya da aktif cihazların doluluk oranlarını temsil etmektedir. Tablo 2'de network ve barındırma odalarında bulunan, sıcak ve soğuk hava koridorlarının kabinlerin az yük altında ve tam yük altında gerekli olan iklimlendirme güçlerinin özeti sunulmaktadır. Network kabinlerinden ve barındırma kabinlerinden oluşan sıcak ve soğuk hava koridorlarının ilk günlük yük değerleri karşılaştırıldığında, soğuk hava koridorunun daha verimli soğutma yaptığı görülmektedir. Kabinlerdeki yük arttığı zaman network ve barındırma tarafında yine soğuk hava koridorunun daha verimli soğutma yaptığı anlaşılmaktadır.

Tablo 2. CFD Analizi Karşılaştırma Tablosu

KAPAMA ŞEKLİ	YER	NETWORK YÜK	KAPASİTE	ORT. KUL. KAPASİTE	YER	BARINDIRMA YÜK	KAPASİTE	ORT. KUL. KAPASİTE
SICAK	NETWORK	7,5 kW	26,4 kW	7,5 kW	BARINDIRMA	33,5 kW	26,4 kW	11,2kW
SOĞUK	NETWORK	7,5 kW	26,4 kW	3,75 kW	BARINDIRMA	33,5 kW	26,4 kW	8,3kW
SICAK	NETWORK	25,6 kW	26,4 kW	12,8kW	BARINDIRMA	85 kW	26,4 kW	21,6 kW
SOĞUK	NETWORK	24 kW	26,4 kW	12 kW	BARINDIRMA	64,5 kW	26,4 kW	16,1 kW

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın uygulama aşamasındaki desteklerinden dolayı Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Tanrıkulu H., "E-Devlet ve internet veri merkezleri", VIII. "Türkiye'de Internet" Konferansı, Askeri Müze/Harbiye Kültür Sitesi, İstanbul, 19-21 Aralık 2002.
- [2] Alger D., *The Art of the Data Center: A Look Inside the World's Most Innovative and Compelling Computing Environments*, Pearson Education, 2013.
- [3] Günel A., " Üniversitelere yönelik yeni bir veri merkezi tasarımı ve uygulaması ", Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enst., 2014.
- [4] Zhang H., Shao S., Xu H., Zou H., Tian C., "Freecooling of data centers : A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 35, pp: 171–182, 2014.
- [5] Iyengar M. and Schmidt R., *Energy Consumption of Information Technology Data Centers* webpage <http://www.electronics-cooling.com/2010/12/energy-consumption-of-information-technology-data-centers> [erişim:02.07.2014, 16.30]
- [6] Hassan N.M.S., Khan M.M.K., Rasul M.G., "Temperature monitoring and CFD Analysis of Data Centre", 5th BSME International Conference on Thermal Engineering, *Procedia Engineering* 56, pp: 551–559, 2013.
- [7] Durand-Estebe B., Le Bot C., Mancos J.N., Arquis E., "Data center optimization using PID regulation in CFD simulations", *Energy and Buildings* 66, pp: 154–164, 2013.
- [8] Siriwardana J., Jayasekara S., Halgamuge S.K., "Potential of air-side economizers for data center cooling: A case study for key Australian cities", *Applied Energy*, 104, pp: 207-219, 2013.
- [9] Lu T., Lü X., Remes M., Viljanen M., " Investigation of air management and energy performance in a data center in Finland: Case study", *Energy and Buildings*, 43/12, pp: 3360-3372, 2011.
- [10] Phan L., Lin C. X., " A multi-zone building energy simulation of a data center model with hot and cold aisles", *Energy and Buildings*, 77, pp: 364-376, 2014.
- [11] Qian X., Zhen Li, Zhixin Li, " Entransy and exergy analyses of airflow organization in data centers", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 81, pp: 252-259, 2015.
- [12] Hassan N.M.S., Khan M.M.K., Rasul M.G., " Temperature Monitoring and CFD Analysis of Data Centre", *Procedia Engineering*, 56, pp: 551-559, 2013.
- [13] Fakhim B., Behnia M., Armfield S.W., Srinarayana N., " Cooling solutions in an operational data centre: A case study", *Applied Thermal Engineering*, 31/14–15, pp: 2279-2291, 2011.
- [14] Malkamäki T., Ovaska S. J., "Solar Energy and Free Cooling Potential in European Data Centers", *Procedia Computer Science*, 10, pp: 1004-1009, 2012.

