



BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE İLETİŞİM KURUMU

**YENİ NESİL VERİ MERKEZİ
ALTYAPISINDA GÜNCEL
YAKLAŞIMLAR IŞIĞINDA KAMU
ORTAK VERİ MERKEZİ İÇİN
ÖNERİLER**

Ömer GÜLTEKİN

Teknik Uzmanlık Tezi

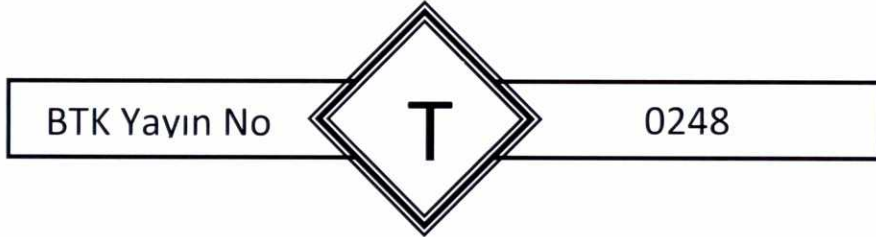
Nisan 2015

Ankara

©Bu eserin tüm telif hakları
Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumuna aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz.



Bu yayında öne sürülen fikirler eserin yazarına aittir;
Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunun görüşlerini yansıtmaz.





BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE İLETİŞİM KURUMU

**YENİ NESİL VERİ MERKEZİ
ALTYAPISINDA GÜNCEL
YAKLAŞIMLAR IŞIĞINDA KAMU
ORTAK VERİ MERKEZİ İÇİN
ÖNERİLER**

Ömer GÜLTEKİN

Teknik Uzmanlık Tezi

Nisan 2015

Ankara

Ömer GÜLTEKİN tarafından hazırlanan “**YENİ NESİL VERİ MERKEZİ ALTYAPISINDA GÜNCEL YAKLAŞIMLAR IŞIĞINDA KAMU ORTAK VERİ MERKEZİ İÇİN ÖNERİLER**” adlı bu tezin Teknik Uzmanlık tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Nuri UÇAN
Tez Danışmanı

Bu çalışma, tez savunma komisyonumuz tarafından Teknik Uzmanlık tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : _____

Üye : _____

Üye : _____

Üye : _____

Üye : _____

Bu tez, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tez yazım kurallarına uygundur.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
TABLolar LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
KISALTMALAR	vi
GİRİŞ	1
1 VERİ MERKEZLERİ	5
1.1 Genel Tanımlar	5
1.1.1 Veri merkezi, altyapı ve tasarım, altyapı donanımları.....	5
1.1.2 Yeni nesil veri merkezi ve ilgili diğer tanımlar	9
1.1.3 Yeni nesil- geleneksel veri merkezi karşılaştırılması	11
1.2 Veri Merkezlerinin Tarihi Gelişimi	11
1.2.1 İlk uygulamalar	12
1.2.2 Teknik gelişmeler	14
1.2.3 Günümüze kadar yaşanan gelişmeler ve güncel durumu.....	16
1.3 Veri Merkezlerinin Sınıflandırılması	19
1.3.1 Uygulama alanları ve iş modellerine göre sınıflandırma.....	19
1.3.2 Boyut veya kapladıkları alana göre sınıflandırma.....	20
1.3.3 Uptime enstitüye göre sınıflandırma.....	24
1.3.4 Sunucu kalitesine göre sınıflandırma	26
1.4 Yeni Nesil Veri Merkezi Çerçevesi ve Gereklilikler	27
2 YENİ NESİL VERİ MERKEZİ ALTYAPI TASARIMI	32
2.1 Altyapı Tasarımı Fizibilite Çalışmaları.....	32
2.1.1 Yer seçimi ve çevre koşulları.....	32
2.1.2 Kaynakların kullanılabilirliği ve coğrafi etkiler	38
2.2 Yapı ve İnşaat İşleri	40

2.2.1	Temel inşaa kalemleri	41
2.2.2	Veri merkezi altyapı bağlantıları	45
2.3	Enerji Sistemleri.....	47
2.3.1	Kesintisiz güç kaynağı sistemleri.....	48
2.3.2	Güç dağıtım üniteleri sistemleri	49
2.3.3	Enerji dağıtım kademeleri ve enerji akış zinciri	51
2.4	İklimlendirme Sistemleri.....	55
2.4.1	Hava (Air Cooling) ve sıvı soğutma (Liquid Cooling) sistemleri	56
2.4.2	Serbest soğutma (Free Cooling) sistemleri ve çalışmalar	59
2.4.3	Hava akışı sistemleri ve çevresel kurallar	64
3	YENİ NESİL VERİ MERKEZİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ	68
3.1	Veri Merkezi Ölçüm Sistemleri.....	70
3.1.1	Enerji verimliliği hesaplaması	79
3.2	Enerji Kayıplarının Kaynakları.....	84
3.2.1	Meydana gelen enerji kesintilerinin etkisi	86
3.3	Enerji Verimliliğinin Artırılması	86
3.3.1	Kabul edilebilir BT sıcaklıklarının artırılması.....	88
3.3.2	Gelecek vaat eden soğutma stratejileri	89
3.3.3	Gelecek vaat eden Enerji Stratejileri	93
3.3.4	Isının yeniden kullanımı.....	98
3.3.5	İş yükü yönetimi.....	101
3.4	Yeşil Veri Merkezi Çözümleri	105
3.4.1	Kurulum maliyet analizi, kapasite ve proje yönetimi	107
3.4.2	Konteyner şeklinde modüler veri merkezleri	109
3.4.3	Sanallaştırma ve Bulut Bilişim	111
3.4.4	Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı	113
4	YENİ NESİL VERİ MERKEZİ DÜNYA UYGULAMALARI	114

4.1	Google Uygulama Örneği	115
4.2	Interxion Uygulama Örneği	118
4.3	Microsoft ve Hewlett-Packard (HP) Uygulama Örneği	119
4.4	The International Business Machines (IBM) Uygulama Örneği.....	120
4.5	Facebook Uygulama Örneği	121
5	KAMU ORTAK VERİ MERKEZİ	122
5.1	Kamu Ortak Veri Merkezi Çerçevesi.....	122
5.2	Standardizasyon ve Teknik Düzenleme Boyutu.....	124
5.3	Ülke İncelemeleri	127
5.3.1	Güney Kore	128
5.3.2	Amerika Birleşik Devletleri.....	130
5.3.3	İngiltere	131
5.4	Türkiye İncelemesi.....	132
	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	135
	KAYNAKLAR	146
	EKLER	159
	Ek- 1 BTYK'nın 25. Toplantısı 104. Kararı	159
	Ek- 2/A Kamu Ortak V. M. Uygun Lokasyon Karşılaştırma Tablosu	160
	Ek- 2/B Kamu Ortak V. M. Uygun Lokasyon Puanlama Kriterleri	160
	Ek- 3/A Türkiye Enterkonekte Sistem Haritası.....	161
	Ek- 3/B Türkiye Elektrifikasyon Şeması.....	161
	Ek- 4/A Türkiye Elektrik Üretim Haritası.....	162
	Ek- 4/B Türk Telekom Omurga Fiber Ağı Türkiye Haritası.....	162
	Ek- 5/A Eskişehir Ortalama Aylık Sıcaklık Değerleri.....	163
	Ek- 5/B Eskişehir Isıtma ve Soğutma Gün Dereceleri	163
	Ek- 6/A Türkiye Karayolları Haritası.....	164
	Ek- 6/B Türkiye Demiryolları Güzergâhları	164
	Ek- 7/A Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası	165
	Ek- 7/B Türkiye Sel Olaylarının Dağılımı Haritası	165
	ÖZGÜNLÜK BİLDİRİM	166
	ÖZGEÇMİŞ.....	167

ÖZET

BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE İLETİŞİM KURUMU	
Tezin Adı	Yeni Nesil Veri Merkezi Altyapısında Güncel Yaklaşımlar Işığında Kamu Ortak Veri Merkezi İçin Öneriler
Türü	Teknik Uzmanlık Tezi
Yazar	Ömer GÜLTEKİN
Teslim Tarihi	02 Nisan 2015
Anahtar Kelimeler	Veri merkezi, Altyapı Tasarımı, Enerji Verimliliği, Kamu Ortak Veri Merkezi
Tez danışmanı	Nuri UÇAN
Sayfa Adedi	vii+167
<p>Bilişim sektöründe yaşanan baş döndürücü gelişmeler, her alanda uygulamaların yaygınlaşmasını ve veri kullanımının büyük boyutlara ulaşmasını beraberinde getirmiştir. Devasa boyuttaki verilerin; erişimi, güvenliği, depolanması, iletimi ve yönetiminin sağlanması için gelişmiş altyapılara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu gelişmeler sonucunda veri merkezleri hayati önem arz etmeye başlamıştır. Yeni nesil veri merkezi tasarımında en fazla öne çıkan hususun enerji ihtiyacının giderilmesi olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, veri merkezi altyapı tasarımında yeni teknolojiler kullanılarak; enerji, soğutma, kablolama, inşaat, yangın, güvenlik sistemlerinin kurulması ve bu alandaki artan enerji talebine karşı enerji verimliliğinin sağlanması gerekmektedir. Bu düşünceden hareketle bu tez çalışmasında; enerji, iklimlendirme ve diğer sistemlerde kullanılan güncel teknolojilere ilişkin bilgiler verilmekte giderek önemi artan enerji verimliliği konusu bütün boyutları ile ele alınmakta, enerji verimliliğinin artırılmasına ilişkin öneriler sunulmakta, konuya ilişkin dünya uygulamaları gözden geçirilmektedir. Çalışmanın sonunda, bütün bu incelemeler ve güncel yaklaşımlar ışığında ülkemiz için kamu ortak veri merkezi hususunda öneriler sunulmaktadır.</p>	

ABSTRACT

INFORMATION TECHNOLOGIES AND COMMUNICATIONS AUTHORITY	
Thesis	In the next generation data center infrastructure in the light of current approaches; recommendations for mutual data center
Type	Technical Expertise Thesis
Author	Ömer GÜLTEKİN
Submission Date	02 April 2015
Key Words	Data Center, Infrastructure Design, Energy Efficiency, Public Mutual Data Center
Advisor	Nuri UÇAN
Total Page	vii+167
<p>Ground-breaking developments in IT sector brought about the widespread use of applications and the use of data dimensions. As a result of these developments, data centers have begun to be of great significance for the sector. Advanced infrastructures are required in order to provide access, security, storage, transmission and management of the data at tremendous amount. In the design process of data centers, using the new generation technologies, it is necessary that a variety of systems should be set from construction to cooling and energy efficiency should be assured against the increasing energy demand. In this dissertation study, based on the idea that there is a great development potential in the field of IT, information related to air conditioning and up-to-date technologies used in other systems is given. The issue of efficiency with ever-increasing importance are dealt with all dimensions and suggestions are put forward to increase energy efficiency, worldwide implementations are taken into account and finally proposal are held for the public mutual data center planned in our country featuring the up-to-date approaches above-mentioned.</p>	

TEŞEKKÜR

Tez alışmam boyunca, bilgi ve tecrübeleriyle değerli katkılar sunarak beni yönlendiren Sayın Do. Dr. Bekir MUMYAKMAZ'a, alışmalarımnda olumlu yaklaşımları ile katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Nuri UAN, Kurum Başkan Yardımcısı Sayın Nihat SÜMER, Daire Başkanım Sayın Özgür Fatih AKPINAR, Sayın M. Salim KETEVANLIOĞLU, Bilişim Uzmanı Özgür ÖZTÜRK ve çalışma arkadaşlarıma, bu yoğun dönemde kendilerine vakit ayıramama rağmen her türlü desteği sağlayan, sabır ve hoşgörüsünü esirgemeyen kıymetli hayat arkadaşım Hatice GÜLTEKİN'e ve canım oğluma teőekkürlerimi sunar, bu çalışmanın kamu ortak veri merkezi konusunda faydalı bir kaynak olmasını dilerim.

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1-1 Yeni nesil- geleneksel veri merkezi karşılaştırılması.....	11
Tablo 1-2 Veri merkezlerinde kullanılabilirlik dereceleri	24
Tablo 2-1 Veri merkezi konumu için minimum mesafeler.....	34
Tablo 2-2 Quincy veri merkezi çiftliğinin seçim kriterleri.....	37
Tablo 2-3 Veri merkezleri için termal kılavuz	67
Tablo 3-1 Enerji Kullanım Etkililiği seviyeleri.....	71
Tablo 3-2 Veri merkezi altyapı verimliliği (DCIE) seviyeleri.....	72
Tablo 3-3 HVAC sistem etkililiği seviyeleri	78
Tablo 3-4 Soğutma ve Hava Akışı sistem verimliliği seviyeleri	79
Tablo 3-5 Sektörlere göre kesinti maliyetleri (saatlik).....	86
Tablo 3-6 Yapım maliyetlerinin kritik güç aralıklarındaki \$/W değerleri	108
Tablo 5-1 Uluslararası sektör kuruluşları	124

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Asheville Ulusal İklim Veri Merkezi.....	13
Şekil 1.2 Eski Bir IBM Veri Merkezi.....	14
Şekil 1.3 Temsili bir AMD ana kart.....	15
Şekil 1.4 Yeni nesil veri merkezi çerçevesi	28
Şekil 1.5 Veri merkezi standart ana bileşenleri	31
Şekil 2.1 Quincy veri merkezi çiftliği.....	36
Şekil 2.2 Interxion veri merkezi, Stockholm	39
Şekil 2.3 Veri merkezi ana bileşenleri	43
Şekil 2.4 Bir veri merkezinden kablolama görüntüsü	46
Şekil 2.5 Veri Merkezi enerji besleme planı (TIER I).....	48
Şekil 2.6 Kademe III Veri merkezleri için enerji dağıtım topolojisi	52
Şekil 2.7 Standart bir veri merkezinde enerji akış diyagramı	54
Şekil 2.8 Veri merkezi iklimlendirme modeli.....	56
Şekil 2.9 Soğuk-sıcak koridor yapısına sahip yükseltilmiş zemin.....	57
Şekil 2.10 Doğrudan hava taraflı (Direct Air-side) serbest soğutma planı	61
Şekil 2.11 Su taraflı (Water-side) serbest soğutma planı	62
Şekil 3.1 Veri merkezi enerji giderlerinin dağılımı	85
Şekil 3.2 Şematik ölçüm çizelgesi (a) ve gerçek prototipi (b)	91
Şekil 3.3 Yeni Telecity Paris veri merkezinde ısının yeniden kullanımı.....	101
Şekil 3.4 Konteynır bazlı Microsoft veri merkezi.....	110
Şekil 4.1 Yeşil BT çözümleri kullanan Google Douglas veri merkezi	116
Şekil 4.2 Google veri merkezi içinde konteyner nakliyesi.....	117
Şekil 4.3 Interxion Stokholm veri merkezi	118
Şekil 4.4 Microsoft Dublin Veri Merkezi.....	119
Şekil 4.5 IBM “yeşil” veri merkezi.....	120
Şekil 4.6 Facebook veri merkezi, Forest City, Kuzey Carolina.....	121
Şekil 5.1 Güney Kore’den bir kamu entegre veri merkezi	129
Şekil 5.2 Kurulması planlanan ulusal veri merkezi görünümü.....	134

KISALTMALAR

AC	Alternating Current (Alternatif Akım)
ASHRAE	The American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning (Amerikan Tesisat Mühendisleri Derneği)
BT	Bilgi Teknolojileri
BYTK	Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu
CFD	Computational Fluid Dynamics (Bilgisayarlı Akışkanlar Dinamiği)
CIO	Chief Information Officer (Bilişim Kurulu Başkanlığı)
CPU	Central Processing Unit (Merkezi İşlem Birimi)
CRAC	Computer Room Air Conditioning (Bilgisayar Odası İklimlendirilme)
CRAH	Computer Room Air Handler (Bilgisayar Odası Hava Yönetimi)
DC	Direct Current (Doğru Akım)
DCIE	Data Center Infrastructure Efficiency (Veri Merkezi Altyapı Verimliliği)
DCPE	Data Center Performance Efficiency (Veri Merkezi Performans Verimi)
DOE	Department of Energy U.S. (Amerika Enerji Bakanlığı)
DTM	Dynamic Thermal Management (Dinamik Termal Yönetim)
EC	European Commission (Avrupa Komisyonu)
EMCS	Energy Monitoring and Control Systems (Enerji Denetleme ve Kontrol Sistemi)
EPA	Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
ERE	Energy Reuse Effectiveness (Enerji Yeniden Kullanım Verimliliği)
ERF	Energy Reuse Factor (Enerji Yeniden Kullanım Faktörü)

FDCCI	Federal Data Center Consolidation Initiative (Federal Veri Merkezi Konsolidasyon Girişimi)
GEC	Green Energy Coefficient (Yeşil Enerji Katsayısı)
GIDC	Government Integrated Data Center (Kamu Entegre Veri Merkezi)
HVAC	Heating, Ventilating, and Air Conditioning (Isınma, Havalandırma ve İklimlendirme)
IEEE	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (The Institute of Electrical and Electronics Engineers)
ITAM	IT Asset Management (BT Varlık Yönetimi)
LBNL	Lawrence Berkeley National Laboratories (Ulusal Lawrence Berkeley Laboratuvarları)
NAS	Network Attached Storage (Ağ Bağlantılı Depolama Aracı)
NCIA	National Computing & Information Agency (Ulusal Bilişim Ajansı)
NRC	National Research Council (Ulusal Araştırma Konseyi)
PDU	Power Distribution Unit (Güç Dağıtım Ünitesi)
PUE	Power Usage Effectiveness (Enerji Kullanım Etkililiği)
RCI	Rack Cooling Index (Kabin Soğutma İndeksi)
RFP	Raised Floor Plenum (Yükseltilmiş Döşeme Menfezi)
RTI	Return Temperature Index (Geri Dönüş Isı İndeksi)
SAN	Storage Area Network (Depolama Alanı Ağı)
SCDA	Supervisory Control and Data Acquisition (Yönetmel Kontrol ve Veri Edinimi)
SPUE	Server Power Usage Effectiveness (Sunucu Enerji Kullanım Etkililiği)
TES	Thermal Energy Storage (Termal Enerji Depolama)
TIA	Telecommunications Industry Association (Telekomünikasyon Endüstrisi Birliği)
UPS	Uninterruptible Power Supply (Kesintisiz Güç Kaynağı)

GİRİŞ

Günümüz dünyasında, bilgi teknolojilerinde yaşanan gelişmelerin etkisi ile bilişim uygulamalarının hayatın vazgeçilmez bir parçası haline gelmesi, veri üretiminin ve kullanımının çok büyük oranlara ulaşması sonucunu doğurmuştur. İlk dönemlerinde çoğunlukla bilgi sağlamaya yönelik hizmetlerin sunulduğu İnternet, günümüzde e-posta, fotoğraf, video ve ofis uygulamaları gibi daha önceden kullanıcıların bilgisayarlarında depolanan verilerin birçok farklı web uygulaması aracılığıyla işlendiği bir çalışma ortamı haline gelmiştir. Hizmet sağlayıcı odaklı bu dönüşüm, kullanıcıların hız, güvenlik, taşınabilirlik, erişim ve yönetim kolaylığı gibi artan talepleri ile birlikte gelişen teknolojinin sağladığı avantajlar sayesinde gerçekleşmektedir. Buna bağlı olarak güçlü ve güvenilir altyapılara sahip veri merkezlerine duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır.

Son 10 yıl içerisinde, veri merkezleri yeni küresel toplumu ilgilendiren iki paralel alan ilerleyişinde artan şekilde merkezi bir role sahip olmuştur: İnternet tabanlı bilgi teknolojisi (BT) ve telekomünikasyon. Veri merkezleri veya sunucu çiftlikleri geniş anlamda ve bir birinin yerine kullanılabilir şekilde bazen 40,000 metre kareden büyük alana sahip büyük tesisleri ve BT için depolama donanımını ve telekomünikasyon için donanımları betimlemek için kullanılmaktadır. Daha büyük veri merkezi tesisleri onlarca MW lık enerji kullanımını gerektirmektedir ve bu enerji veri merkezi donanımları tarafından ısıya dönüştürülmektedir (Joshi ve Kumar, 2012 s.2).

E-işletmelerin büyümesi, e-ticaretin hızlıca artması, e-öğrenmenin giderek daha çok kullanılması, e-bankacılık uygulamalarının yaygınlaşması, müzik, resim ve video paylaşımlarının çoğalması, sosyal paylaşım ağlarının günlük hayatta vazgeçilmez olması ve kurumsal mimari bileşeni olarak "Bulut" un

yaygınlaşması gibi faktörler veri merkezi endüstrisinde hızlı bir gelişmeyi tetiklemiştir.

Özellikle son birkaç yıldır ülkemizde ve dünyada internet kullanım oranını hızlı bir şekilde artış göstermektedir. Bu artış doğrultusunda; e-devlet uygulamaları yaygınlaşmış, firmalar e-ticaret uygulamalarını arttırmış ve buna paralel olarak internet ortamında yapılan alışveriş artmıştır. Yeni gelişen sosyal medya olgusu ile beraber çok büyük hacim kaplayan veriler internet ortamında yoğun olarak paylaşılmaya başlanmıştır. Son olarak da akıllı telefonların kullanılmaya başlanması ve yaygınlaşması beraberinde çok daha yoğun ve hızlı bir veri paylaşımını getirmiştir.

Yukarıda ayrıntıları ile verilen tüm gelişmelerin sonucunda, 2014 yılında yapılan bir araştırmaya göre; son iki yılda kaydedilen veri miktarı, ilk veri kaydının başlangıcından son iki yıla kadar olan toplam veri kaydının iki katıdır. Bu kapsamda günümüzde veri hayati bir önem kazanmıştır. Bu büyük hacimli verinin depolanması, işlenmesi ve birbirleri ile haberleşebilmesi gerekmektedir (Luxford, 2014).

Günümüzde yaşanan bu yenilikler beraberinde aşağıda belirtilen bazı zorlukları getirmiştir:

- Yüksek ısı yoğunluğu
- Daha fazla güç gereksinimi
- Daha yüksek ağırlık yoğunluğu
- Çok hızlı değişen teknolojiler
- Veri hızının öneminin artması
- Veri depolama için artan talep

Yeni Nesil Veri Merkezlerine günümüzde başlıca veri işleme (sunucular), veri depolama (bellek donanımları) ve iletişim (ağ donanımları) amacı ile kullanılan

elektronik donanımları içeren tesisler olarak çok daha fazla gereksinim duyulmaktadır. Bu çok hızlı gelişmeye ayak uydurmak için; şirketler, kuruluşlar ve kamu kurumları mevcut veri merkezlerini günümüz gereksinimleri doğrultusunda yenilemeye başlamışlardır.

Bu tez çalışmasında güncel yaklaşımlar ışığında; mekanik ve inşaat altyapı sistemleri, enerji sistemleri ve soğutma sistemleri başta olmak üzere diğer sistemler de göz önünde bulundurularak yeni nesil bir veri merkezi altyapı tasarımı incelenmekte ve ülkemiz için öneriler sunulmaktadır. Giderek önemi artan enerji verimliliği konusu bütün boyutları ile ele alınmakta, enerji verimliliğinin artırılmasına ilişkin öneriler sunulmakta, konuya ilişkin dünya uygulamaları gözden geçirilmektedir. Bütün bu incelemeler ve güncel yaklaşımlar ışığında ülkemiz için kamu ortak veri merkezi hususunda öneriler sunulmaktadır.

Çalışmada, yeni nesil veri merkezi altyapılarında; birleştirme, işletim kolaylığı ve standardizasyon, esneklik, kaynak kullanımının artırılması, az enerji tüketimi, sahip olma maliyetleri ve harcamaların düşürülmesi konuları belirleyici unsurlar olarak ele alınmaktadır. Ayrıca çalışmada, enerji tasarrufu sağlanması ve çevre dostu bir yapı oluşturulmasını amaçlayan ve son yıllarda giderek yaygınlaşan “yeşil” veri merkezi yaklaşımı da benimsenmektedir. Yeni nesil bir veri merkezi tasarımında olabilecek bütün altyapı bileşenleri teker teker ele alınarak; her biri için güncel çözümler sunulup verimli kamu ortak veri merkezi için en uygun olan uygulama çözümlerine ulaşılması hedeflenmektedir.

Çalışmanın birinci bölümünde veri merkezi ile ilgili temel kavramlar ve altyapıda yer alan bütün donanımlar teknik olarak tanımlanmakta, veri merkezlerinin günümüze kadar tarihi gelişimi ele alınmakta, veri merkezleri sınıflandırılmakta ve genel olarak yeni nesil veri merkezlerinin çerçevesi çizilmektedir.

İkinci bölümde, ağırlıklı olarak yeni nesil veri merkezi altyapı tasarımı enerji ve iklimlendirme sistemlerinde kullanılan son teknolojiler anlatılmaktadır. Altyapı tasarımı fizibilite çalışmaları ile yapı ve inşaat işleri maddeler halinde özetlenmektedir.

Üçüncü bölümde, önce yeni nesil veri merkezlerinde enerji verimliliğine yönelik genel bir değerlendirme yapılmasına müteakip, ölçüm sistemleri ve enerji kayıplarının kaynakları özetlenmektedir. Daha sonra, enerji verimliliğinin artırılması güncel yaklaşımlar verilerek ve örnekler sunularak alt başlıklar altında anlatılmaktadır.

Dördüncü bölümde, dünya uygulamaları olarak BT sektöründe faaliyet gösteren uluslararası özel kuruluşların dünyanın çeşitli yerlerinde kurdukları yeni nesil veri merkezleri ve bu veri merkezlerinin dikkat çeken özellikleri verilmektedir. Özellikle “yeşil” BT çözümleri ve enerji verimliliği üzerine kurulmuş tesisler incelenmektedir.

Beşinci bölümde, ilk olarak kamu ortak veri merkezinin genel çerçevesi çizilmekte ve gereklilikleri sunulmaktadır. Daha sonra kamu ortak veri merkezi teknik düzenleme ve standardizasyon boyutuyla değerlendirilmektedir. Kamu ortak veri merkezi konusunda dünyaya öncülük eden; Güney Kore, Amerika Birleşik Devletleri ve İngiltere ülke örnekleri sunulmakta ve son olarak da kamu ortak veri merkezine ilişkin ülkemizdeki mevcut durum ortaya konmaktadır.

Son bölümde, genel bir değerlendirme yapılarak çalışma kapsamında ortaya konan yeni nesil veri merkezi altyapısı tasarımına ilişkin teknik çözümler, yapılan incelemeler ve güncel yaklaşımlar ışığında, ülkemizdeki kamu ortak veri merkezi çalışmalarına yönelik çeşitli öneriler sunulmaktadır.

1 VERİ MERKEZLERİ

Veri merkezi bünyesindeki BT donanımı standart boyutlardaki elektronik raf veya kabinler içinde yer alır. Veri merkezleri ayrıca genelde enerji dönüşümü ve tesis içinde uygun ısı ve nem koşullarını sağlamak için çevresel kontrol donanımının yanında güvenilir yüksek kalite enerji sağlamak için yedekleme donanımı içermektedirler. İlgili ama farklı bir sınıf tesis grubu ağ donanımı dâhil olmak üzere telefon santralı gibi telekomünikasyon işlerine ayrılan donanımı bünyesinde barındırmaktadır. Veri merkezleri bireysel müşteriler, internet hizmet sağlayıcıları, bankalar, borsalar, şirketler, eğitim kurumları, hükümet kuruluşları ve araştırma laboratuvarları dâhil olmak üzere geniş yelpazede son kullanıcılar tarafından yararlanılmaktadırlar.

1.1 Genel Tanımlar

Genel tanımlarda ilk olarak veri merkezi kavramı farklı kaynaklar taranarak ele alınmaktadır. Ardından altyapı ve tasarım kavramları tanımlanmaktadır. Veri merkezinde kullanılan temel mekanik ve elektrik altyapı donanımları kısaca tanımlanmaktadır. Yeni nesil veri merkezi ve ilgili diğer tanımlar başlığı altında enerji verimliliği gibi önemli kavramlar tanımlanmaktadır. Son olarak Yeni nesil-geleneksel veri merkezi karşılaştırılması yapılmaktadır.

1.1.1 Veri merkezi, altyapı ve tasarım, altyapı donanımları

Veri Merkezi:

Veri merkezi kavramının farklı tanımlamaları bulunmaktadır. Bu tanımlamaların birinde veri merkezi, bilgisayar sistemleri ve ilişkili bileşenleri barındırmak için tasarlanan fiziksel ortama sahip bir tesis olarak tanımlanmaktadır. Bu önemli tesis; yedek güç ihtiyacını sağlayan enerji kaynakları, haberleşme ve yedek donanım için gerekli kablolama sistemleri, iklimlendirme, yangın söndürme ve fiziksel güvenlik cihazlarının tümünü içine alan fiziksel bir ortamdır (Balodis ve Opmane, 2012).

Bir başka tanımlamada ise veri merkezi: Bir bilgisayar odası ve onun destek alanlarını barındırma işlevi gören bir yapı veya bir yapının parçası olarak tarif edilmektedir (TIA, 2005).

Veri merkezi, başlıca veri işleme (sunucular), veri depolama (bellek donanımları) ve iletişim (ağ donanımları) amacı ile kullanılan elektronik donanımları içeren yapı olarak da tanımlanmaktadır. Bütün bu donanım dijital bilgileri işler, depolar ve iletir ve bu 'bilgi teknolojisi' (BT) donanımı olarak tanımlanır. Ayrıca veri merkezleri yüksek kalitede güç ile güvenliği sağlayan özel güç dönüşüm ve yedekleme donanımlarının yanı sıra BT ekipmanları için uygun sıcaklık ve nemi sağlayan donanımlar da içerir (EPA, 2007).

Diğer bir tanım veri merkezi kavramını dijital veri ve bilginin; saklanması, yönetimi, işlenmesi ve iletilmesi işlevlerinden herhangi birini veya birkaçını yerine getiren çok güçlü donanımları barındıran bir tesis olarak tarif etmektedir (Tschudi vd., 2003).

Avrupa Komisyonu veri merkezini; işletme sunucuları, sunucu donanımları, soğutma ve enerji ekipmanları ile birkaç çeşit veri hizmeti sağlayan kritik görev yapan büyük ölçekteki tesislerden bürolarda bulunan küçük sunucu odalarına kadar olan tüm yapıları, tesisleri, büroları ve odaları içeren bir kavram olarak tanımlamaktadır (EC, 2007).

Veri merkezi çözümleri sunan bir şirket olan Mayflex ise veri merkezini, arzu edilen hizmet devamlılığını sağlamak için gerekli ve uygun seviyede güvenlik ve esnekliğe sahip çevresel kontrol ve güç destek birimlerini içeren yapı olarak tanımlamaktadır. Bu destek birimleri ile beraber, veri depolaması, veri işleme ve iletişim hizmeti sağlayan ağ telekomünikasyon donanımı, IT hizmeti ve bağlantı, merkezi yerleşim barındıran bir yapı ya da yapı grubu olarak tanımlanabilir (Mayflex, 2014).

Veri merkezleri kısa şekilde; dijital bilgiyi işlemek, depolamak ve iletmek için kullanılan çok sayıdaki BT donanımını bünyesinde barındıran bilgi işlem altyapı tesisleri olarak tanımlanabilir.

Veri Merkezi Altyapısı ve Tasarımı:

Erkaya (2009, s.88) altyapı tanımını şu şekilde yapmıştır: “Bir yerleşim yeri veya bir yapı için gerekli yol, kanalizasyon, su, elektrik vb. tesisatın tümüne altyapı denir.” Veri/bilgi altyapısı ifadesindeki “Altyapı” ‘nın içine nesnelere başka kurallar, sistemler, insanlar gibi kavramlar da dâhildir. Veri altyapısı; bir amaç olmaktan daha ziyade diğer ekonomik ve sosyal faaliyetleri destekleyen bir araçtır. Başlangıç maliyeti yüksek olmasına karşın nispi olarak kullanım ömrü uzundur. Bu nedenle uzun zamanlı yönetime ve kaynağa ihtiyaç duymaktadır (Loenen, 2006).

Bu noktadan hareketle veri merkezi altyapısını ise; enerji sistemleri, soğutma sistemleri, kablolama ve network sistemleri, mekanik ve inşaat sistemleri, yangın algılama ve söndürme sistemleri, güvenlik ve ortam izleme sistemlerine kadar uzanan yapıların bütünü olarak tanımlayabiliriz.

TDK, tasarımı farklı açılardan farklı şekilde tanımlamıştır: (TDK, 2015)

Bir sanat eserinin, yapının veya teknik ürünün ilk taslağı, tasar çizim, dizayn veya bir araştırma sürecinin çeşitli dönemlerinde izlenecek yol ve işlemleri tasarlayan çerçeve, dizayn olarak tanımlanmıştır.

Veri merkezi tasarımı ise; güvenlik, enerji verimi, hizmet sürekliliği, erişilebilirlik, maliyet, esneklik ve güvenilirlik konularının hepsinin birden göz önünde bulundurularak yapılan işlemlerin tümüne denir.

İklimlendirme Sistemleri:

Akın tarafından iklimlendirme aşağıda yer alan ifadelerde görüldüğü gibi, tanımlanmaktadır (Akın, 2010, s.1).

İklimlendirme kapalı bir ortamın sıcaklığının, hava temizliğinin, neminin, hava hareketlerinin istenilen seviyelere şartlanmasıdır. Tanımlanan seviyelere erişilmesi de kapalı bir ortamda havayı soğutan, ısıtan, temizleyen ve nemini kontrol eden bir süreç ile sağlanır.

Kesintisiz Güç Kaynakları(UPS):

Şebekedeki kesintileri, gerilim dalgalanmalarını yüke aktarmayıp yükü sürekli temiz ve kaliteli enerjiyle besleyen sistemler kesintisiz güç kaynağı (KGK) olarak adlandırılır (Torun, 2001). Kesintisiz güç kaynakları, yalnızca elektrik kesintisi sırasında enerji sağlayan cihazlar olmanın ötesinde, kaliteli enerji sağlama amacıyla da kullanılır. Yani KGK sistemleri Alternatif Akım (AC) ile çalışan cihazların Alternatif Akım (AC) güç giriş kalitesini arttırmak ve belirlenen süreyle kesintisiz yedek enerji sağlamak amacıyla tasarlanmış sistemlerdir (Bayram, 2007, s.7).

Jeneratörler:

Hareket enerjisini (kinetik enerjiyi) elektrik enerjisine çeviren araçlara jeneratör denir. Jeneratörler de elektrik motorlarında olduğu gibi elektro manyetik kuvvetin oluşması prensibine göre çalışırlar. Jeneratörlerde, bir manyetik alan içerisindeki tel çerçeve döndürülürse iletken telde akım oluşur. Yani hareket enerjisi elektrik enerjisine dönüşür. Jeneratörler alternatif akım jeneratörü ve doğru akım jeneratörü olmak üzere iki çeşittir (Avcı, 2013).

Transformatörler:

Transformatör, iki veya daha fazla elektrik devresini elektromanyetik indüksiyonla birbirine bağlayan bir elektrik aletidir. Bir elektrik devresinden

diğer elektrik devresine enerjiyi elektromanyetik alan aracılığıyla nakleder (Calvert, 2001).

1.1.2 Yeni nesil veri merkezi ve ilgili diğer tanımlar

Yeni Nesil Veri Merkezi:

Yeni nesil veri merkezi maksimum enerji verimliliği ve minimum çevresel etki ile çalışabilir bir tesis olarak tanımlanabilir. Bu tesis mekanik, elektrik ve BT donanımlarını (sunucular, bellek, ağ vb.) barındırır. Yeni nesil veri merkezleri öncelikle veri merkezi işleminde oluşan çok fazla enerji maliyetlerinin azaltılmasına odaklanır. Diğer bir deyişle, yeni nesil bir veri merkezi BT altyapısında çalışma giderlerini önemli ölçüde azaltma ile meydana gelir (CIO, 2009).

Farklı kaynaklar tarafından yapılan tanımlamalara bakıldığında BT donanımlarının barındırılması, veri ve veri ürünlerinin arşivlenmesi, ağ ekipmanlarının saklanması ve yedekleme donanımlarının bulundurulması hizmetlerinin yerine getirilmesi ile enerji ve soğutma ekipmanları yardımı ile gerekli güvenlik ve esnekliğe sahip olacak şekilde bu hizmetlerin sağlanması gibi özelliklerin yeni nesil veri merkezinin ortak özellikleri olarak ifade edildiği görülmektedir.

İzolasyon:

MEGEP çalışmasında, izolasyon aşağıda yer alan ifadelerde görüldüğü gibi, tanımlanmış ve kısaca açıklanmıştır: (2007, 3).

İzolasyon (yalıtım) kullanıldığı duruma göre dış etkenlerden ayırmak veya tecrit etmek demektir. Bina izolasyonu ise insanlar ile araç ve gereçlere zarar veren su, rutubet, ısı, ses ve gürültünün yapı elemanlarından içeri girmesini, dışarı çıkmasını önlemektir.

Enerji Verimliliği:

Verimi, herhangi bir sistemdeki girişin çıkışa oranı olarak tanımlayabiliriz. Enerji verimliliği ise; enerji girdisinin üretim içindeki payının azaltılması, aynı üretimin daha az enerji tüketerek gerçekleştirilmesidir (DOE, 2008).

Narin ve Akdemir (2006, s.2) enerji verimliliğini aşağıda yer alan ifadelerde görüldüğü gibi, tanımlamış ve kısaca açıklamıştır:

Daha geniş bir biçimde enerji verimliliği; gaz, buhar, ısı, hava ve elektrikteki enerji kayıplarını önlemek, çeşitli atıkların geri kazanımı ve değerlendirilmesi veya ileri teknoloji ile üretimi düşürmeden enerji talebini azaltması, daha verimli enerji kaynakları, gelişmiş endüstriyel süreçler, kojenerasyon ve enerji geri kazanımları gibi etkinliği artırıcı önlemlerin bütünüdür.

Esneklik, Yedeklilik, Kullanılabilirlik ve Güvenilirlik:

Esneklik normal çalışmada hatalar ve sorunlar ile karşılaşıldığında hizmeti sağlamak ve kabul edilebilir bir seviyede tutmak yeteneği olarak tanımlanır. Veri merkezlerinde esneklik ise bu çerçevede; çalışır durumda iken herhangi bir arıza durumunda veya aşırı yük ile karşılaşıldığında veri merkezinin mevcut hizmetlerini aksatmadan sürdürebilmesi olarak tanımlanır (DCDA, 2012, s.10).

Yedeklilik bir sistemin kritik bileşenlerinin ya da işlevlerinin sistem güvenilirliğini artırma amacı ile çoğaltılması olarak tanımlanır. Genellikle yedek alma veya bozulmaya karşı koruma durumunda kullanılır.

Herhangi bir sistem, alt sistem veya donanımın belirli bir derecede çalıştırılabilir ve bir görevi bilinmeyen zamanda veya rasgele olacak şekilde yürütebilir durumda olmasına kullanılabilirlik denir.

Güvenilirlik bir sistem veya bileşenin belirtilen koşullar altında istenen işlevleri belirli bir süre için gerçekleştirme yeteneği olarak tanımlanır. Genellikle bir olasılık olarak rapor edilir.

1.1.3 Yeni nesil- geleneksel veri merkezi karşılaştırılması

Yukarıdaki tanımlar ve tezin ileriki bölümlerinde ayrıntılı olarak ele alınacak konular çerçevesinde genel olarak yeni nesil- geleneksel veri merkezi ayrımı ve karşılaştırılması aşağıdaki Tablo 1.1 de görülmektedir.

Tablo 1-1 Yeni nesil- geleneksel veri merkezi karşılaştırılması

Geleneksel veri merkezi	Yeni nesil veri merkezi
Güvenilirlik odaklı	Enerji verimliliği odaklı
Ofis içerisinde kurulu	Özelleşmiş alanlarda kurulu
N, maks. N+1 yedekli	2N veya 2(N+1) yedekli
1kW-2kW/kabin güç yoğunlukları	10kW/kabin ve üzeri güç yoğunlukları
PUE değeri 2,0 ve üzeri	PUE değeri 1,2 ve altı
Sahipli tesisler	Ortak yerleşimli (co-location) tesisler
Tekli enerji beslemesi	Yedekli enerji beslemesi
Şebeke enerjisi kullanımı	Yenilenebilir enerji kullanımı
Standart BT çözümleri	Yeşil BT çözümleri
Düşük BT sıcaklığı	Yüksek BT sıcaklığı
Gazlı Soğutma	Serbest soğutma (free cooling)
AC ve klasik UPS kullanımı	DC ve modüler UPS kullanımı

1.2 Veri Merkezlerinin Tarihi Gelişimi

Bilgisayar çağının başlarında bilgisayarlar bilgi sistem odalarında kuruldu. Bu bilgisayar çağının ilk dönemlerinde, tüm sistem odaları gereksinimleri bilgisayarların çalışması amaçlanarak belirlenmiştir. Veri merkezi kavramı Pensilvanya Üniversitesinde merkezi işlem birimi ENIAC'ın ortaya çıkmasıyla beraber kullanılmaya başlamıştır. 'Veri merkezi' kavramının kendisi 1990'lardan beri kullanılıyor olsa da, karakteristik özellikleri ve gereksinim

tanımları ilk bilgisayar çalışmasının başlangıcından beri belirlenmiştir. (Joshi ve Kumar, 2012, s.40).

1.2.1 İlk uygulamalar

Bilim adamları her zaman veri topladılar; ancak veri merkezleri oluşumu nispeten yeni ve gelişen bir faaliyettir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletlerinde 1644'e kadar hava kayıtları kişisel " hava günlükleri" nde muhafaza edilmiş olmasına rağmen; Amerika Birleşik Devletleri hükümetinin hava gözlemlerini derlemesi 1812 savaşı sırasında başlamıştır. 1817 yılında bir hava gözlem sistemi Meteoroloji Dairesi saha merkezlerine yerleştirildi. 1942 yılında bilgisayar ile hava tahminlerini hazırlamak ve dağıtmak için Ulusal Meteoroloji Merkezi'nin daha sonra bir parçası haline gelen ülke çapında bir analiz merkezi kurulmuştur (NRC, 2003, s.10).

Kuzey Karolina Asheville'deki Hava Kayıt Merkezi 1950'deki Federal Kayıtlar Yasasına göre kurulmuştur. Bu merkez Meteoroloji dairesi, Hava Kuvvetleri ve Deniz Kuvvetleri birimlerinin işlerini birleştirmiştir. 1957'de kurulan Ulusal İklim Veri Merkezi, günümüzde Asheville'de meteoroloji alanında Veri Merkezi olarak görevini sürdürmektedir. Şekil 1.1' de kuruluş yıllarındaki resmi görünen bu Ulusal İklim Veri Merkezi dünyanın en büyük aktif hava durumu arşivine sahiptir (NRC,2003,s.11).

Şekil 1.1 Asheville'de Ulusal İklim Veri Merkezi



Kaynak: NRC,2003

Ulusal Uzay Bilimleri Veri Merkezi, Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresine (NASA) bağlı Goddard Uzay Uçuş Merkezinin parçası olarak 1966 yılında kurulmuştur. Bu veri merkezinin temel sorumluluğu uzay bilimleri verilerinin uzun süreli korunmasını sağlamaktır. NASA'nın yer bilimleri verileri için uygun kalıcı depolama tesisi olmadığından, veriler toplanmasından 15 yıl sonra Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresine veya ABD Jeolojik Araştırmalar İdaresine gönderilmekteydi. Dünya Kaynakları Gözlem Sistemi (EROS) uzun süreli veri depolamak, verileri arşivlemek, işlemek ve Landsat uydu verilerini paylaşmak için 1972 yılında kuruldu. Goddard Uzay Uçuş Merkezi(GSFC) veri merkezi atmosfer bilimi ve hidroloji ile ilgili kayıtları 1978'den beri tutmaktadır (NRC, 2003, s.12).

İlk bilgisayar sistemleri oda büyüklüğündeki makinelerden oluşmaktaydı ve bu makineler tek çekirdekli işlemcilerden oluşuyordu. Bu makineler için çok fazla alan gerekiyor ayrıca bellek, giriş/çıkış (I/O) ve diğer fonksiyonları sağlayan donanımların işletimi ve bakımının çok karmaşık olması nedeniyle

uygulamalar için özel tahsis edilmiş büyük odalara da gereksinim duyuluyordu. Şekil 1.2 de bir veri merkezinin tarihi bir resmi görülmektedir.

Şekil 1.2 Eski Bir IBM Veri Merkezi



Kaynak: DATACOM, 2009

1.2.2 Teknik gelişmeler

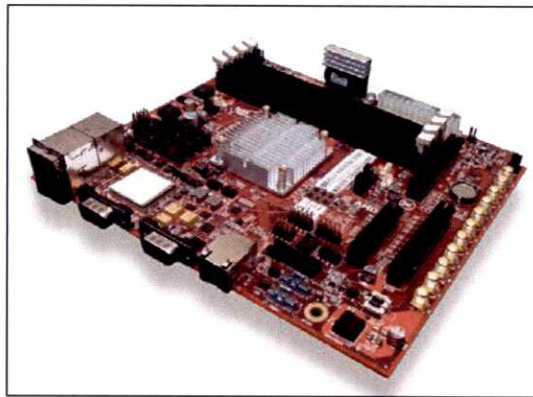
Veri merkezi konsepti endüstriyel BT kullanımı ile bağlantılı olarak gelişmiştir. Veri merkezlerinin gelişiminde başlangıç olarak merkezi işlemcilerin bakımı gösterilmektedir. İlk özgün merkezi işlemciler araştırma laboratuvarlarında üretilmiş ve yine buralarda kullanılmıştır. Veri merkezlerinin ilk dönemlerinde böyle işlemcilerin kullanımı ve bakımının örneği araştırma laboratuvarlarının dışında çok az görülmektedir. İlk endüstriyel veri merkezlerinin kurulumu ve işlemcilerin üretimi; önceki mekanik veriler ile ilgili deneyimlerin toplanması, makine ve diğer cihazların eklenmesiyle gerçekleştirilmiştir (Balodis ve Opmane, 2012).

Günümüzdeki kadar yoğun bir enerji kullanımı ilk dönemlerdeki veri merkezlerinde olmamıştır. Ancak bu tesislerin soğutulması ve BT donanımlarının iklimlendirilmesi yine de bir sorun teşkil etmiştir. İlk dönemlerde

merkezi işlemcilerin birçoğu sıvı soğutma ile soğutulmuştur. Çevresel donanımların buldukları ortamlara ısı yaymaları ve teyp sürücülerinin sıcaklık ve nem oranlarındaki değişime olan hassasiyetleri, iklimlendirme konusunu daha da önemli bir hale getirmiştir. Bilgisayar odalarının soğutma ihtiyaçlarını karşılamak için ilk CRAC (Bilgisayar Odası İklimlendirilme) ünitesi 1955 yılında geliştirilmiştir. Bu tarihten beri veri merkezi donanımları için gerekli soğutmayı sağlamak amacıyla, BT endüstrisinde çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (DATACOM, 2009, s.1).

İnternetin gelişi bilgisayar sunucuları için önemli ve büyüyen bir pazar oluşturdu. Sunucuların verimi buna bağlı olarak veri merkezlerinin verimi yıllar içinde giderek arttı. Ancak sunucuların boyutunun küçülmesi çok daha hızlı bir şekilde olmuştur. Şekil 1.2 deki geçmiş bir veri merkezinde görülen merkezi işlemciler ile aynı fonksiyonları daha hızlı bir şekilde gerçekleştirebilen, ancak çok daha küçük boyutta olan bir sunucuyu temsilen bir ana kart Şekil 1.3 te gösterilmektedir (DATACOM, 2009, s.2).

Şekil 1.3 Temsili bir AMD ana kart



Kaynak: AMD,2014

1.2.3 Günümüze kadar yaşanan gelişmeler ve güncel durumu

1960 lı ve 1970 li yıllarda tasarlanan veri merkezleri 13°C ve 17°C arasında hava devir daimiyle 200 ila 750W/m² arasındaki ortalama ısı yüklerine uygun şekilde yapılmıştır. Bu veri merkezlerinin çoğu ortak ofis alanlarının olduğu yerde bulunmaktaydı. Ortalama hava yoğunlukları düşük olduğu için odalarda bulunan konfor klimaları bilgisayar donanımının fazladan ısıyla başa çıkabiliyorlardı. Yıllar geçtikçe, azalan boyutlarla beraber BT ye artan talep daha önceden görülmemiş enerji seviyeleri ve ısı yoğunluklarına yol açmıştır. Büyük soğutucular ve hava tutucular BT donanımındaki ısı yoğunluklarındaki artışla mücadele etmek amacıyla tesis edilmek zorunda kalmıştır. Hava tutuculardaki fanların çıkardığı ses insan konforu için çevreyi katlanılmaz hale getirmiştir. Bu durum ofis alanlarının bilgisayar odalarından izole edilmesine yol açmıştır ve böylece veri merkezleri için ayrı bilgisayar odalarının ortaya çıkmasının başlangıcı olmuştur. Günümüzde modern veri merkezleri depo büyüklüğünde bağımsız tesislerdir ve bu tesisler sadece dijital BT donanımı ve bununla ilişkili soğutma ve enerji alt yapısını barındırır (Joshi ve Kumar, 2012, s.41).

1980'lerde Ethernet ve Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE 802.xx) protokollerin kurulması gerçekleşmiştir. Bu yıllar birçok farklı protokollerinin ortaya çıkışının başlangıcı olmuştur. Protokoller noktadan noktaya bağlantıdan ziyade, bir çeşit fiziksel ortamda paylaşılan elektronik cihazların birbirleri ile konuşmasına izin vermiştir. Bunlardan kablosuz ağ (wireless) ve bluetooth protokolleri gibi bazıları 1990'lardan sonra oluşturulmuştur. Bunlar içinde en önemlileri Ethernet ve Simgeli Halka Ağı (Token Ring) protokolleridir. 20'nci yüzyılın son on yılı boyunca Ethernet ve Simgeli Halka Ağı ortam iletişim protokollerine egemen olmuşlardır. Bu iki protokol bilgisayar sektöründe devrim niteliğindedirler. Günümüzde hem ev ve ofislerde hem de veri merkezlerinde kullanılan Ethernet protokolü; Yerel Alan Ağı(LAN) oluşturmak için bilgisayar ve sunucuların bağlantısını sağlamaktadır. Aynı zamanda bu iletişimi çok

yüksek hız ile gerçekleştirmektedir. Yerel Alan Ağı ile bilgisayar odası ve ofislerin dışarısında bilgisayar güç dağılımına olanak sağlanmıştır. Böylelikle İstemci Sunucu(Client-Server) yapısı ortaya çıkmıştır (DCDA, 2012, s.17).

90'lar öncesinde devasa bilgisayarların içinde bulunduğu çok fazla alan gerektiren sistem odaları kullanılıyordu. Sunuculardaki bilgi işleme hızının artması ve internetin ortaya çıkışı ile bilgisayar odaları veri merkezlerine dönüşmüştür. Hızla büyüyen internet devri ile beraber büyük veri merkezleri ve veri merkezi tasarlayan profesyonel şirketler kurulmaya başlanmıştır. Veri merkezleri gelişmiştir ancak bu gelişme yavaş gerçekleşmiştir. İş dünyasının ciddi bir şekilde büyümesi ve kritik tesisler için verinin öneminin artması; veri merkezlerine kritik bir rol biçmeye başlamıştır. Bu dönemde daha çok veri merkezi güvenilirliğine önem verilmiştir.

2000-2009 arası:

Bu dönemde veri merkezlerindeki sunucu yoğunlukları artmıştır. Enerji ve soğutma ciddi ve üzerinde durulması gereken konular haline gelmiştir. Kabinlerdeki güç yoğunlukları; kabin başına 1kW'dan daha küçük değerlerden, çift haneli değerlere ulaşmaya başlamıştır. Enerji tüketim profili açısından veri merkezleri önde gelen sektörlerden biri haline gelmiştir. Tasarım ve işletme aşamalarında veri merkezlerinin verimine gittikçe önem verilmeye başlanmıştır (DCDA, 2012,s. 20).

Veri merkezleri iletişim sektöründe kritik ve yoğun bilgi akışına sahip şebekelerin bulunduğu büyük şehirlerdeki iletişim ihtiyaçlarını karşılamışlardır. Yüksek hızlı ticaret yazılımlarına sahip finans sektöründe bilgisayar ağlarını birbirine bağlamak için merkezi yerlere gereksinim duyulmuştur. Aynı zamanda finans merkezlerinden uzak yerlerdeki bilgisayar ağlarına milisaniyeler mertebesinde bağlantı sağlandı. Bu kapsamda, finans sektöründe veri merkezi hizmetlerine yoğun bir talep oluştu. İnternet servis sağlayıcıları (ISS), yönetilen servis sağlayıcıları(MSP) ve etkin sunucu

sayfaları (ASP) bu hizmetlere örnek olarak verilebilir. Bu dönemde İnternet şirketleri daha da büyüdü ve işletmeler dış kaynaklar edinmeye başladı (Rath, 2011, s.4).

Veri merkezlerine sahip işletmelerin giderek artan dış kaynak (taşeronlar) edinmelerinin sonucunda ortak yerleşim (co-location) tesisleri kurulmaya başlandı. Bu şekilde, işletmelerin BT gereksinimlerini ve büyüyen işlerini desteklemek için finansal esneklik sağlanmıştır. İlk defa 2000 yılından hemen sonra özel sektör tarafından geliştirilen anahtar teslim veri merkezi kavramı benimsenmiştir. Ortak yerleşim (co-location) tesisleri kuran şirketler veri merkezi endüstrisinin; veri merkezi inşa etmek için ileri teknolojiler kullanarak ve finansal stratejiler oluşturarak ilerleyeceği görüşünü savunuyorlardı. 2005'li yıllarda modüler, taşınabilir veri merkezi tasarım kavramı yaygınlaşmaya başladı (Rath, 2011, s.4).

2009 yılı ve sonrası:

Son yıllarda veri merkezlerinde kullanılan enerji ve güç teknolojilerinde ve tesislerin yönetiminde birçok yenilikler olmuştur. Veri merkezi ve yapı tasarımı her açıdan verimliliğe göre entegre edilmiştir. Bu dönemde ayrıca mobil veri merkezleri de kurulmaya başlanmıştır. Aynı zamanda geçen 5 yılda yeşil teknolojiler ve çevre duyarlılığı veri merkezi endüstrisinin büyük bir bölümünü oluşturmaya başlamıştır. Günümüzde kurum ve kuruluşlar kendileri için hayati önem arz eden bilgilerini elektronik ortamda saklamaya başlamışlardır (Rath, 2011, s.5-8).

Günümüzdeki durum:

Veri merkezi BT için verdiği altyapı hizmeti ya BT sektörünün kendisinin ya da başka bir sektörün çalışmasına yardımcı olmaktadır. Veri merkezleri son 30-40 yıl boyunca değişime uğramışlar ve geçen 5-10 yılda da dönüşüm geçirmişlerdir. Geçmişte bir veri merkezinin altyapısı planlanırken ortaya konan stratejiler nispeten doğru sonuçlar doğuruyordu. Standart bir veri

merkezinin kullanım ömrü 15 yılın üzerinde idi. Sektörel ve BT stratejileri açısından bu 15 yıl boyunca veri merkezi yerinde sayıyor ve ortaya koyduğu hedefleri gerçekleştiremiyordu.

Günümüzde veri merkezlerindeki teknolojilerin ve iş dallarının bir araya gelmesini BT'deki yenilikler sağlamıştır. Bu yenilikler veri merkezi planlamasında karar verme sürecini zorlaştırmıştır. Veri merkezi planlamasındaki kritik karar verme sürecinde yapıları birleştirme veya kiralama kararı ve değerlendirme kıstası önemli bir yer tutmuştur. Etkin planlama için yeteri kadar vakit ayırma hayati önem kazanmış ve aynı zamanda kurulan veri merkezlerinin de verimini arttırmıştır (Rath, 2011, s.5-8).

1.3 Veri Merkezlerinin Sınıflandırılması

Veri merkezleri çeşitli şekilde sınıflandırılabilir. Sınıflandırma yaparken bazı ortak özellikler dikkate alınarak hareket etmek daha doğru sonuçlar doğuracaktır. Uygulama alanı, boyut, sertifika, sunucu kalitesi ve son olarak iş modelleri veri merkezleri sınıflandırması için kullanılacak ortak özellikler olarak ele alınabilir. Bu ortak özelliklerin yanı sıra farklı şekillerde de veri merkezlerini sınıflandırmak mümkündür.

Yeni Nesil Veri Merkezleri ortak özelliklerine göre dört farklı şekilde sınıflandırılmaktadır.

1.3.1 Uygulama alanları ve iş modellerine göre sınıflandırma

Veri merkezleri tarafından hizmet verilen uygulama alanları ve iş modelleri amaçlarına göre önemli değişiklikler gösterebilir. İş modelleri genelde merkezin farklı sahiplik yapısına, BT donanımı ve bu donanımda kullanılan yazılıma göre farklılık göstermektedir. Bu modeller aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır (ECOS, 2012).

Çok kiracılı veri merkezleri:

Birçok büyük veri merkezi farklı şirketlerin sunucuları için oluşturulmuştur (ve bunlara sıklıkla ortak yerleşimli (co-location) veri merkezleri denmektedir). Bu veri merkezleri 10-20 MW(Mega Watt) lık kritik yükleri taşıyabilecek kapasitededirler. Bu tür merkezler üçüncü taraflara ait veri merkezleri olup, ortak yerleşim ile kiracı şirketlere ait sunucular barındırılmaktadır. Aynı zamanda kendi sunucularını yönetmek istemeyen şirketler için de ücretli olarak sunucu yönetim hizmetleri sağlanmaktadır. Tesis sahipliği BT donanımı ile ayrılmıştır. Yazılım sistemi ve yerleşim yeri olarak farklıdır. Böylece, veri merkezleri sahipleri BT donanımını yerleştirmek için altyapı kiralarlar (Kooamey vd., 2005).

Şirket veya kuruluş veri merkezleri:

Şirketlere ait veri merkezleri olup, şirket bünyesinde yönetilirler. Bu veri merkezleri genellikle mevcut tesislerin içerisinde bulunurlar. Mevcut tesislerdeki toplam kullanım alanının sadece küçük bir bölümünü oluştururlar. Tesis sahipliği olan veri merkezleridir. Yani, tesis sahibi aynı zamanda veri merkezinin de sahibidir. BT donanımı ve yazılım ortaktır. Örnek olarak banka, üniversite veya hastane veri merkezleri gösterilir (Kooamey vd., 2005).

Kurumsal ve kamu veri merkezleri:

Devlet, yerel yönetim, eğitim kurumları veya kar amacı gütmeyen kurumlara ait veri merkezleridir. Yönetimi ve işletimi bu kurumsal yapılar veya kamu tarafından gerçekleştirilir. Büyüklüğü ilgili kurumun iş hacmine göre belirlenen veri merkezleridir. Yüksek seviyede güvenlik ve güvenilirlik gerektiren tesislere sahiptirler. Genellikle kurum veya kuruluşların merkez binalarında bulunurlar (Kooamey vd., 2005).

1.3.2 Boyut veya kapladıkları alana göre sınıflandırma

Veri merkezi büyüklükleri oldukça farklılık göstermektedir. ABD'de yer alan sunucuların 2/3 ü 450 metre kareden küçüktür ve bunlar 1MW lık kritik güç ten

daha az bir kurulu güce sahiptir. Günümüzde neredeyse hiçbir veri merkezi 30MW lık kritik yük kapasitesini aşmaz. Veri merkezlerinin boyut aralığı; küçük odalardan (20 m² den daha küçük alana sahip sunucu kabinleri) bir bina içindeki büyük yapılara (yüzlerce m² alana sahip büyük hacimli veri merkezleri) kadar uzanmaktadır. Tahsis edilen sunucuların, bellek aygıtlarının ve ağ donanımlarının çok büyük olmaları nedeniyle büyük hacimli veri merkezleri diye adlandırılırlar. Büyük veri merkezleri daha küçük veri merkezlerinin birleştirilmesi ile giderek yaygın hale gelmektedirler (Carr, 2005).

Aşağıda özetlendiği gibi; sunucu kabinleri ve sistem odalarından oluşan küçük veri merkezleri, daha büyük veri merkezlerinden çok farklı BT donanım ve altyapı özelliklerine sahip olabilirler (EPA, 2007).

Sunucu Kabini Veri Merkezleri:

Standart Boyutu	20 m ² den küçük alana kurulu
Standart BT Donanım Özellikleri	Harici belleksiz, 1-5 sunuculu
Standart Altyapı Özellikleri	Standart olarak bir ofis HVAC (havalandırma) sistemi ile iklimlendirilir. Voip ve kablosuz uygulamaları desteklemek için; UPS ve DC güç sistemleri sunucular içinde tutulur. Sunucu kabinlerinin HVAC enerji verimi ofis HVAC sistemlerinin enerji verimi ile neredeyse aynıdır.

Sistem odası veri merkezi:

Standart Boyutu	50 m ² den küçük alana kurulu
Standart BT Donanım Özellikleri	Harici belleksiz, 10-50 sunuculu

Standart Altyapı Özellikleri	Standart olarak bir ofis HVAC (havalandırma) sistemi ile iklimlendirilir. Sistem odasının durumuna göre özel olarak tasarlanmış split şeklinde ek soğutma kapasitesine sahip HVAC (havalandırma) sistemi vardır. Verimli sistemler oluşturmak için; kurulum maliyeti ölçek ekonomisinden daha önemli görüldüğünden, soğutma sistemleri ve UPS donanımları genellikle orta veya düşük verimdedir.
-------------------------------------	--

Lokal veri merkezleri:

Standart Boyutu	100 m ² den küçük alana kurulu
Standart BT Donanım Özellikleri	Orta büyüklükte harici bellekli, 50-100 sunuculu
Standart Altyapı Özellikleri	Standart olarak yükseltilmiş döşeme altında veya asma tavanda bulunan havalandırma sistemleri kullanılır. Bazı odalarda CRAC üniteleri bulunur. Lokal veri merkezlerindeki CRAC üniteleri daha çok hava soğutmalı sabit hızlı fanlara sahip olduklarından dolayı, nispeten düşük verimde çalışırlar. Donanım yönelimi ve hava akımı yönetimi muhtemelen optimize edilmediğinden; veri merkezini işletecek personel sayısı az olacaktır. Hava sıcaklığı ve nem sıkıca takip edilir. Bu veri merkezlerinde güç ve soğutmanın yedekli olması, sistemin genel verimini düşürür.

Orta hacimli veri merkezleri:

Standart Boyutu	500 m2 den küçük alana kurulu
Standart BT Donanım Özellikleri	Kapsamlı harici bellekli, 100-500 sunuculu
Standart Altyapı Özellikleri	Standart olarak yükseltilmiş döşeme altında bulunan havalandırma sistemi ve oda içine yerleştirilen CRAC ünitesi kullanılır. Yukarıda listelenen veri merkezi türlerine göre daha büyük boyutta olan bu veri merkezi türünde verimli soğutmayı sağlamak için; merkezi su soğutma tesisi ve değişken hızlı fanları bulunan klima santralleri kullanılır. Bu boyutta bir veri merkezinin çalışmasının donanım yönelimi ve hava akımı yönetiminin en iyi ve en güncel uygulamalarından haberdar olması beklenir. Bu veri merkezlerinde enerji ve soğutmanın yedekli olması, sistemin genel verimini düşürebileceği düşünülmektedir.

Büyük hacimli veri merkezleri:

Standart Boyutu	500 m2 ve daha büyük alana kurulu
Standart BT Donanım Özellikleri	Kapsamlı harici bellekli, 500-1000 sunuculu

Standart Altyapı Özellikleri	En verimli donanımın bu büyük veri merkezlerinde bulunması beklenir. Verimli soğutma sistemleri ile birlikte bu veri merkezlerinin enerji yönetim sistemleri de olabilir. Donanım yönelimi ve hava akımı yönetiminin en iyi ve en güncel uygulamaları görülür. Büyük hacimli veri merkezleri maksimum yedekli olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu durum işlevsel ve teknolojik verimi sağlayan önlemler ile elde edilen kazançları azaltabilir.
-------------------------------------	---

1.3.3 Uptime enstitüye göre sınıflandırma

Uptime Enstitüsünün Tier sınıflandırma sistemi performans standartlarına ve tesis altyapısına dayanmaktadır. Uptime sınıflandırma 1995 yılından beri kullanılmaktadır. 2008 yılında Uptime sınıflandırma güncellenmiştir. Veri merkezlerinin genel anlamda tasarımları "Tier I-IV" e göre sınıflandırılmaktadır.

Uptime enstitüsünün kullandığı veri merkezlerindeki kullanılabilirlik seviyeleri, derecelendirme yapılarak ve bir yılı 8760 saat olarak aşağıdaki Tablo 1.2 de tanımlanmıştır (DCDA, 2012, s.45).

Tablo 1-2 Veri merkezlerinde kullanılabilirlik dereceleri

% Kullanılabilirlik	Yıllık Kullanılmayan Zaman
99%	88 saat
99.9%	8.8 saat
99.99%	53 dakika
99.999%	5.3 dakika
99.9999%	32 saniye

Kaynak: DCDA,2012

Tier 1 Sertifikalı Veri Merkezleri:

Tier 1 sertifikalı veri merkezleri yedekli bileşenler olmaksızın güç ve soğutma sistemlerinin dağıtımı için tekli yola sahiptirler. Yedek bileşenlere sahip değildirler. Bu veri merkezlerinde %99,671 oranında kullanılabilirlik süresi sağlanır (Turner IV vd., 2008).

Tier 2 Sertifikalı Veri Merkezleri:

Tier 2 sertifikalı veri merkezlerinde enerji ve soğutma dağılımı tek bir yol ile sağlanır. Yedek bileşenlere sahiptirler. Tier 2'de tasarıma yedek bileşenleri eklenir (N+1). Tier 2 veri merkezleri kullanılabilirliği artırır. Bu veri merkezlerinde %99,741 oranında kullanılabilirlik süresi sağlanır (Turner IV vd., 2008).

Tier 3 Sertifikalı Veri Merkezleri:

Tier 3 sertifikalı veri merkezlerinde aktif güç ve soğutma dağıtımı birden fazla yol ile sağlanır. Ancak sadece bir yol aktif olarak kullanılır. Yedek bileşenlere sahiptirler. Bu veri merkezlerine eş zamanlı bakım yapılabilir; yani, N+2 kurulumu ile bakım esnasında bile yedekleme devam etmektedir. Bu veri merkezlerinde %99,982 oranında kullanılabilirlik süresi sağlanır (Turner IV vd., 2008).

Tier 4 Sertifikalı Veri Merkezleri:

Tier 4 sertifikalı veri merkezlerinde aktif güç ve soğutma dağılımı birden fazla yol ile sağlanır. Tier 4 veri merkezlerinde iki tane aktif güç ve soğutma dağıtım yolu vardır ve her birinde ayrı yedekleme bileşenleri bulunmaktadır. Hataya ve arızalara dayanıklı veri merkezleridir. Bu veri merkezlerine eş zamanlı bakım yapılabilir, yani, N+2 kurulumu ile bakım esnasında bile yedekleme devam etmektedir. Bu veri merkezlerinde %99,982 oranında kullanılabilirlik süresi sağlanır (Turner IV vd., 2008).

Bu kademe sınıflandırmaları %100 bir keskinliğe sahip değildir. Birçok ticari veri merkezleri kademe III ve kademe IV arasında yer alırlar. Bu veri merkezleri

yapım maliyetleri ve güvenilirlik arasında bir denge içerisindedirler. Gerçek anlamda bir veri merkezi güvenilirliği sadece veri merkezinin tasarımından değil aynı zamanda veri merkezini işleten kuruluşun niteliğinden de oldukça etkilenmektedir. Sektörde var olan kullanılabilirlik tahminleri kademe II veri merkezleri için %99.7 oranından %99.98 (kademe III) ve %99.99 (kademe IV) oranlarına sıralanmaktadır (Turner IV vd., 2008).

1.3.4 Sunucu kalitesine göre sınıflandırma

Sunucular kendi içlerinde birçok şekilde sınıflandırılabilir. Yüklerine, değerlerine, yüksekliklerine, kullandıkları alanlara, üreticilerine, fiyat değişim aralıklarına, işletim sistemlerine, işlemcilerine ve mimari yapılarına kadar birçok şekilde sunucuları sınıflandırmak mümkündür. Bölgesel ve dünya çapında veri merkezi sunucularını izleyen araştırma programları yukarıdakileri de kapsayan 15'den daha fazla kategori için üç aylık gerçek verileri toplarlar.

Veri merkezlerinden alınan bu gerçek verilerin hepsi bir araya getirilerek; sunucular temel olarak vasat sınıf, orta sınıf ve üst sınıf veri merkezleri olmak üzere üç sınıfa ayrılırlar. Aynı şekilde kurulum maliyetlerine bağlı olarak sunucuların sahip olduğu pazar değerleri baz alınarak veri merkezleri üç sınıfa ayrılır (Kooimey, 2007).

Düşük Kalitede Sunuculu Veri Merkezleri:

Düşük kalitede sunucu barındıran veri merkezleridir. Bu veri merkezleri için temin edilen ve çalıştırılan sunucuların ortalama satış değeri 25.000 Amerikan Doları'nın altındadır.

Orta Kalitede Sunuculu Veri Merkezleri:

Orta kalitede sunucu barındıran veri merkezleridir. Bu veri merkezleri için temin edilen ve çalıştırılan sunucuların ortalama satış değeri 25.000 Amerikan Doları ile 500.000 Amerikan Doları arasındadır.

Yüksek Kalitede Sunuculu Veri Merkezleri:

Yüksek kalitede sunucu barındıran veri merkezleridir. Bu veri merkezleri için temin edilen ve çalıştırılan sunucuların ortalama satış değeri 500.000 Amerikan Doları'nın üstündedir.

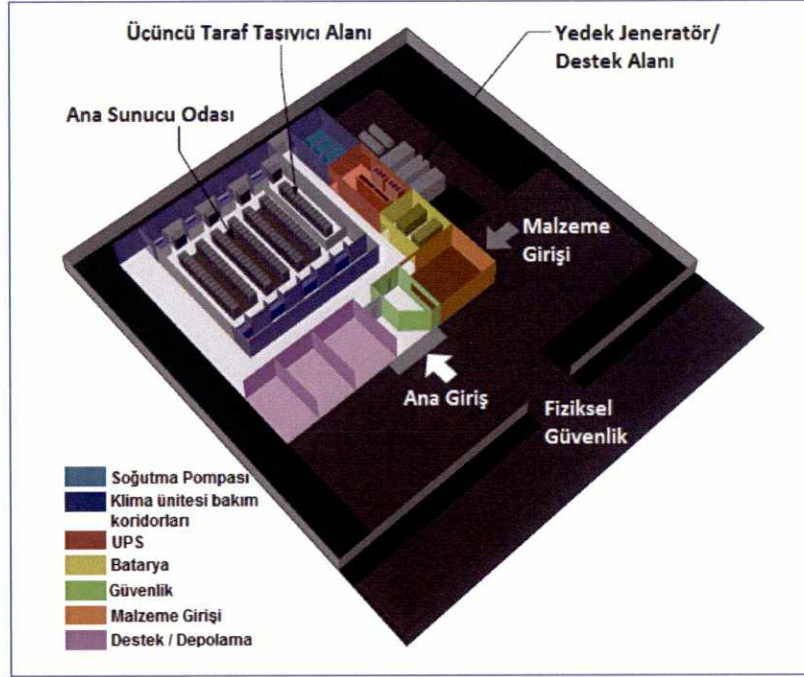
1.4 Yeni Nesil Veri Merkezi Çerçevesi ve Gereklilikler

İki faktörün veri merkezlerinin sorunsuz ve başarılı bir şekilde performans göstermesinde çok katkısı vardır: güvenilir enerji ve güvenilir soğutma. On yıllardır, güvenilir enerji önde gelen bir kaygı kaynağı olmuş ve bu özelliğiyle temel vurgu enerji kalitesini, mevcudiyetini ve güvenilirliğini geliştirmeye odaklanmıştır. BT donanımı bir veri merkezinin elektrik tüketiminin ve ısı oluşumunun temel unsurudur.

Yüksek kalitede erişim, hazır kullanım ve yüksek esneklik özelliklerine sahip BT günümüzde işletmelerin büyük çoğunluğunun can damarıdır. Hayati öneme sahip veri merkezi işlevlerinde meydana gelecek herhangi bir kesinti veya kayıp işletmenin çalışmasını ciddi bir şekilde aksatacaktır. 'Bulut' kavramı gibi yeni kavramlar veri merkezleri için çok şey vadetmesine rağmen, işletmelerin birçoğu kendi veri merkezleri ve buna bağlı olarak donanım ile ağ altyapısını işletmeye devam edeceklerdir. Bundan dolayı tasarım ve boyutlandırma veri merkezleri için sırasıyla birinci ve ikinci derecede öneme sahiptirler (Harrison, 2012, s.2).

Geniş çerçevede yeni nesil bir veri merkezinin Harrison'dan (2012) uyarlanan kuşbakışı görünümü Şekil 1.4 de gösterilmektedir.

Şekil 1.4 Yeni nesil veri merkezi çerçevesi



Kaynak: Harrison, 2012

Yukarıdaki çerçevede yer alan bilgisayar donanımlarının çoğu belirli sıcaklık, nem ve toz değerlerini sağlayan koşullarda bir ortama gereksinim duyarlar. Yüksek kalitede güç taşımak için bu donanımlar uygun gerilim ve geçici frekans aralıklarında çalıştırılmalıdır. İşlenen bilgilerin kritikliği nedeniyle; fiziksel güvenliği, genel olarak gözetim ve erişim kontrolü sağlanmış bir tesise gereksinim duyulur.

Veri merkezleri sonuçta çeşitli kabinler içerisinde bulunan bir dizi değişik donanımı barındırır. Bu kabinler enerji tüketimine bağlı olarak; düşük yoğunluklu, daha modern yüksek yoğunluklu ve yüksek performanslı veri merkezi kabinleri olarak birbirinden ayrılırlar. Düşük yoğunluklu kabinler 1-2 kW, yüksek yoğunluklu kabinler 5-10 kW ve yüksek performanslı kabinler 25-35 kW değerinde güç harcarlar. Ayrıca buldukları işletmelere bağlı olarak; bu kabinler çok değerli veriler içeren yüksek yoğunlukta dosya ve yedekleme sistemleri bulundururlar (Harrison vd.; 2012, s.3).

Veri Merkezi Tasarımı İçin Gereklilikler:

Veri merkezi tasarımında, daha fazla ve daha aktif verinin depolanması ve yedeklenmesi gereksinimleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Bazı sektörlerde uzun süreli düzenlemelere ilişkin uyumluluğu sağlamaya ve artan arşiv verilerini depolamaya çok daha fazla ihtiyaç bulunmaktadır. BT donanımlarının iki ile beş yıl arasında standart bir kullanım ömrü bulunmaktadır. BT donanımlarının içinde bulunduğu bina ve mühendislik tesisleri için çok daha uzun bir kullanım ömrü beklenmektedir. Bu tesislerin kullanım ömrünü uzatmak için, gelecekte artacak enerji yoğunluğunu ve farklı BT yapılandırmalarını tasarımda göz önünde bulundurmak gerekir (Harrison vd., 2012, s.4).

Yeni nesil veri merkezi tasarımında, BT de meydana gelecek değişiklikler de dikkate alınmalıdır. Örnek olarak; kullanım oranını ve buna bağlı olarak da kabin başına düşen enerji talebini arttıran sunucu ve veri tabanlarının sanallaştırılması gösterilebilir. Sunucular ve disk dizinlerine ait bileşenlerin daha fazla sıkıştırılması, m² başına düşen enerji tüketiminde ve yükte artışa neden olur. Modern teknolojiler daha yüksek çalışma sıcaklıklarında daha toleranslı çalışma olanağı sağlarlar. Bu teknolojiler bize modern bir yeni nesil veri merkezi tasarımı yapma ve enerji tüketimini düşürme imkânı sağlarlar (Harrison vd., 2012, s.4).

Bir yeni nesil veri merkezi esasen bilgi teknolojileri altyapısı, enerji altyapısı ve soğutma altyapısı olmak üzere 3 alt yapı sisteminden meydana gelmektedir.

BT altyapısı:

BT alt yapısı sunucular, ağ donanımları ve bellek aygıtları olmak üzere 3 ana bileşenden oluşur. Sunucu sanallaştırması; donanım kaynaklarının paylaşımı, iş yükü göçü ve konsolidasyon için kullanılabilir. Bellek aygıtları bir depolama alanı ağı (Storage Area Network - SAN) ile bir uçtan bir uca bağlanırlar. Sunucular da uzak sistem dosyalarına ethernet üzerindeki ağ bağlantılı depolama aracı (Network Attached Storage - NAS) ile bağlanırlar.

Ağ alt yapısı standart olarak 3 kademededen oluşur:

1. Giriş katmanı: Her bir sunucuya takılabilir ikinci katman (layer-2) anahtarlardan (switchlerden) oluşur.
2. Toplama katmanı: Veri merkezinin içinde bağlantırlık sağlamak için ikinci ve üçüncü katman (layer 2-3) anahtarlardan (IP santrali) oluşur.
3. Çekirdek katman: İnternet ve kampüs ağının dışında kalan veri merkezi ile bağlantıyı sağlayan üçüncü katman (layer-3) yönlendiricilerden (routerlardan) oluşur.

Yazılım barındıran sunucular çok katmanlı bir mimariye sahiptirler. Web sunucuları, uygulama ve veri tabanı sunucuları için katmanlar birbirinden ayrılır (Marwah, 2010).

Enerji altyapısı:

Enerji alt yapısı; veri merkezlerinde bulunan BT donanımlarına doğru gerilim ve frekans değerinde kesintisiz, düzgün güç sağlanmasından sorumludur. Yararlı beslemede genellikle enerji; gerilim düşürücü transformatör, aktarım switchleri, kesintisiz güç kaynakları (UPS), güç dağıtım ünitesi (PDU'lar) ve son olarak güç dağıtım panosu (rack power strips) üzerinden taşınır. Hataların telafisi için veri merkezi seviyesine bağlı olarak enerji yolunda bulunan donanımlar yedekli bulundurulur. UPS şebekeden düzgün güç alınmasını ayrıca kısa enerji kesintisi durumunda sistemlere yedek güç sağlar. Jeneratörler ve diğer yerel enerji kaynakları daha uzun kesintilerde veya devamlı olan toplam güç talebinin bir kısmını karşılamak için kullanılabilir (Marwah, 2010) .

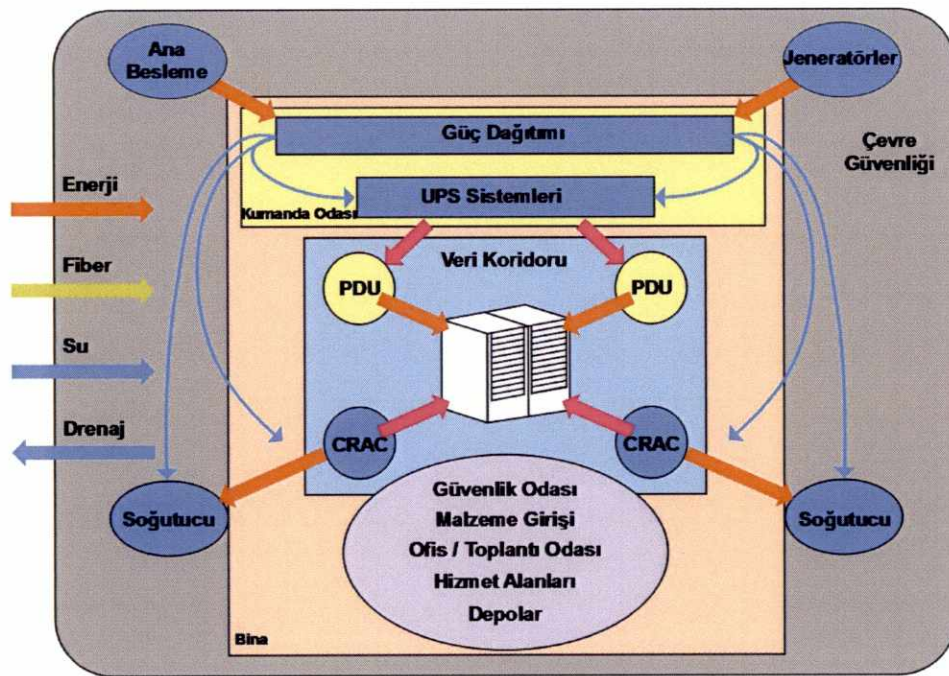
Soğutma altyapısı:

BT alt yapısını besleyen enerjinin neredeyse tamamı ısı dönüşümünde kullanılır. Veri merkezi soğutma alt yapısı açığa çıkan ısı nedeniyle BT donanımlarını aşırı ısınmaya karşı korurlar. Genellikle çoklu CRAC (Computer Room Air Conditioning, Bilgisayar Odası İklimlendirilme) üniteleri BT donanımları tarafından yayılan ısıyı soğutulmuş su dağıtım sistemine transfer

ederler. Soğutma kuleleri boyunca soğutucular suyu soğutmak ve ortama tekrar vermek için ısı açığa çıkarırlar (Belady, 2007).

Genel hali ile Harrison'dan (2012) uyarlanan yeni nesil veri merkezi tasarımında kullanılacak standart bileşenler Şekil 1.5 de gösterilmektedir.

Şekil 1.5 Veri merkezi standart ana bileşenleri



Kaynak: Harrison, 2012

2 YENİ NESİL VERİ MERKEZİ ALTYAPI TASARIMI

Yeni nesil veri merkezi altyapı tasarımında ağırlıklı olarak enerji ve iklimlendirme sistemlerine değinilmektedir. Enerji sistemleri; kesintisiz güç kaynağı, güç dağıtım üniteleri, enerji dağıtım kademeleri ve enerji akış zinciri başlıkları altında ele alınmaktadır. İklimlendirme sistemleri ise daha ayrıntılı şekilde; CRAC üniteleri, hava soğutma, sıvı soğutma, serbest soğutma, hava akışı ve kapalı çevrim soğutma sistemleri başlıkları altında ele alınmaktadır.

Ayrıca, yeni nesil veri merkezi altyapı tasarımında fizibilite çalışmalarının; yer seçimi ve çevre koşulları, kaynakların kullanılabilirliği ve coğrafi etkilerin her birinin ayrı ayrı düşünülerek yapılması gerekmektedir. Yeni nesil veri merkezi yapı ve inşaat işleri; inşaa aşamaları, temel inşaa kalemleri ve beyaz alan yapı işleri başlıklarında incelenmektedir. Son olarak veri merkezleri çevresel kurallar başlığı altında, veri merkezleri için önem arz eden termal kılavuzlara yer verilmektedir.

2.1 Altyapı Tasarımı Fizibilite Çalışmaları

Veri merkezi altyapı tasarımı fizibilite çalışmaları ilk aşaması ana yüklenici, mimar ve proje ekibinin diğer üyelerinin projenin yürütülebilmesi için gereken katkıyı yapmalarından oluşmaktadır. Bu aşamada bina için değerlendirmelerde bulunulur. BT gereksinimleri için altyapı boyutu, kullanılacak alanın yüzölçümü ve geriye kalan alanın kullanımı ile ilgili konular belirginleştirilir. Ayrıca şebeke sağlayıcıları ile şebeke kapasitesi ve güvenliği üzerine sözleşmeler yapılmalıdır. Tesisin işletmeye alınma planı da devreye sokulmalıdır.

2.1.1 Yer seçimi ve çevre koşulları

Yer seçimi süreci veri merkezi ile ilişkili riskleri azaltmak için çok önemli bir adımdır. En yüksek düzeyde kullanılabilirlik için inşaa edilmiş ancak yanlış yerde

konumlandırılmış birçok veri merkezi bulunmaktadır. Kötü yer seçiminin bir tesisin genel kullanılabilirliği üzerinde önemli bir etkisi olabilir. Eğer dünyanın en iyi veri merkezi inşa edilip; her türlü yedeklilik sağlanıp, enerji verimliliği için bütün gereksinimler yerine getirilse, % 100 kullanılabilirlik seviyesinde olsa ve her şey yapılabilecek en mükemmel şekilde tasarlansa, eğer kötü bir yer seçimi yapılırsa bunların hepsi boşa gitmektedir. Binayı alıp hareket ettirmek mümkün olmamaktadır. Eğer konum yanlış ise, her şeyin üzeri kötüye boyanmış olmaktadır. Veri merkezi performansının, işletme maliyetinin ve risk düzeyinin temel bileşeni konumdur.

Yeri seçiminde dikkate alınması gereken başlıca faktörler aşağıda sıralanmıştır:

- Doğal veya Çevresel Riskler
- Fiziksel Riskler
- Hizmet Boyutlandırılması
- Gelecekteki Büyüme
- Mevcut ve Gelecekteki Komşular
- TIA 942 ve BİCSİ 002 Yer Seçim Kriterleri

Yukarıda belirtilen faktörleri biraz açacak olursak doğal riskler; hava olayları, sel basması, fırtına, depremler, volkanlar, vb. gibi faktörleri içerir. Fiziksel riskler; binayı tehdit eden uçak, gökten düşen şeyler, patlamalar, dumanlar, ya da veri merkezi erişimini kısıtlayan durumları içerir. Hizmet boyutlandırması; elektrik-su ve doğalgaz hizmetleri kapsamındaki kamu hizmetleri, ya da telekom hizmetlerine erişim gibi hizmetleri içerir. Gelecekteki büyüme; eğer gerekirse daha sonra veri merkezini genişletmek için bırakılması gereken boş alanları içerir. TIA 942 ve ANSI/BICSI 002 yer seçim kriterleri; veri merkezi konumu için bir yakınlık modeline göre ayrıntılı tehditleri içerir. Belirli tehditlere karşı olmak üzere veri merkezi konumu için minimum mesafeler ortaya konmuştur (DCDA, 2012, s.120-126).

Veri merkezi tesisinin belirli tehditlere karşı konumu için TIA 942 ve ANSI/BICSI 002 den uyarlanan minimum mesafeler Tablo 2.1 de gösterilmiştir. Belirtilen tehditler veri merkezi konumu için verilen mesafelerden daha uzak bir konumda olmalıdırlar.

Tablo 2-1 Veri merkezi konumu için minimum mesafeler

Min. 13 km	Min. 8 km	Min. 5 km	Min. 3.2 km	Min. 1.6 km
Küçük havaalanları (pervane ve hafif uçaklar için sadece)	Büyük havaalanları	Konsolosluklar	Katı artık, hurda ve çöp sahaları	Benzin istasyonları, sıkıştırılmış gaz dağıtıcıları
Füze üsleri veya kontrol sahaları	Konvansiyon el fosil yakıt santralleri	Aşırı siyasi grup yerleşkeleri	Taş ocakları	Oto kaporta veya diğer boya atölyeleri
Askeri üsler	Kimyasal ve gübre fabrikaları	Araştırma laboratuvarları	Büyük otoyollar, Demiryolları ve Limanlar	Kiralık depolar
Diğer askeri/mühimm at sahaları	Tahıl ambarları	Hava veya diğer radar tesisleri	Belediye su ve kanalizasyon arıtma tesisleri	Yüksek gerilim enerji dağıtım hatları
	Tank çiftlikleri (örneğin, doğal gaz, benzin, yakıt, petrol)	Radyo/TV vericileri/istasy onları	Ağıllar, hayvancılık tesisleri	Genel Trafo tesisleri
	Diğer bacalı sanayi tesisleri		Göller, Barajlar ve Su depoları	Su depolama kuleleri

Kaynak: TIA 942 ve ANSI/BICSI 002

Minimum 13 km tehditler veri merkezine direkt çarpma şeklinde etki edebilecek tehditlerdir. Minimum 8 km tehditlerin: Ya doğrudan bir veri merkezine yakın çarpma şeklinde ya da onlarda bir şeyler yanlış giderse veri merkezi erişimine sınırlama getirecek etkileri bulunmaktadır. Örneğin bu tesislerde muhtemel çıkabilecek yangınlar veri merkezi tesislerini doğrudan etkileyecektir.

Minimum 5 km tehditler: konsolosluklar, aşırı siyasi gruplar ve araştırma laboratuvarlarının bulunduğu yerlerde gösteri ve protestolar yaşanabilir, sokaklar kapatılır ve veri merkezine ulaşmak mümkün olmayabilir. Bu durumda dizel yakıt tankı ikmal için gelemmez ve bakım ekipleri tesise hizmet veremez. Hava veya diğer radar tesisleri ile Radyo/TV vericileri/istasyonları potansiyel RF radyasyon kaynaklarıdır. Bazı durumlarda, bu kaynaklar elektronik veri işlemlerini etkileyebilir.

Minimum 3.2 km tehditler: Katı artık, hurda ve çöp sahaları veya taş ocakları büyük mesafeler boyunca ürettikleri dumanları taşıyarak yangınların kaynakları olurlar. Taş ocaklarında sık sık patlamalar yaşanır. Büyük otoyollar, Demiryolları ve Limanlarda taşınan yükler patlayıcı, zehirli veya tehlikeli olabilirler. Tehlikeli madde taşıyan bir tanker ya da gemide bir kaza olduğunda etrafında kilometrelerce bir alanı kapatmanız gerekir. Göller, barajlar ve su depoları sel tehdidi oluştururlar. Ağaçlar, hayvancılık tesisleri; beside meydana gelen bir salgın (Deli Dana gibi) aylarca besinin yapıldığı alanı kapatabilir.

Minimum 1.6 km tehditler: Kiralık depolar; hiçbir kontrolün olmadığı bu yerlerde içeride ne olursa olsun saklayabilirsiniz. Bu yerlerde patlayıcı, tehlikeli veya ne olup olmadığını bilmediğimiz malzemeler depolanabilir. Benzin istasyonları, sıkıştırılmış gaz dağıtıcılarında yüksek yangın riski bulunmaktadır. Yüksek gerilim enerji dağıtım hatlarında değişik bir durum söz konusudur; veri merkezinin beslendiği elektrik şebekesinin genişletilebilir olması için bu hatlara yakın olmak gerekmektedir. Yine de bu yüksek gerilim hatlarına çok yakın olmak veri merkezi için tehdit oluşturmaktadır.

Veri Merkezlerinin acil servislere makul derecede erişilebilir olması işletmeciler için hayat kurtarıcı bir değer arz etmektedir. İdeal olarak veri merkezi inşa edilecek bir yere itfaiye merkezi ve polis merkezi 8 km, hastane acil servisi 16 km içinde olmalıdır. Metro ya da toplu taşıma istasyonu ile ilgili hususları ele alacak olursak; yakınlık, terör saldırıları, (Moskova, Paris, Londra gibi), yoğun trafik, titreşim ve elektromanyetik enterferans durumları düşünülecek olursa

veri merkezini bir metro istasyonuna yakın kurmak iyi bir fikir olmayacaktır. Ayrıca kurulmuş enerji alt yapıları, fiber ağ alt yapıları ve sanayi merkezlerine yakınlıkları ile havaalanlarına yakın olmak; veri merkezi inşa aşamasında çok cazip gelebilir. Ancak bu durum yukarıda belirtildiği üzere çok büyük oranda risk taşımaktadır.

Tamamen yeni bir veri merkezi binası inşası yapılacak ise tesisin genişleme durumu göz önüne alınması gerekir. Burada genişleme kapasitesi, bitişik mülkiyet kullanımı, yardımcı genişletme kapasitesi, kaynakların kullanılabilirliği ve gelecekteki gelişimlerin olası etkilerinin hepsi düşünülerek hareket edilmesi gerekmektedir. Bir veri merkezi inşa edildiğinde, tesis türüne uygun boş bir alan veri merkezinin istenilen kısımda büyüme yeteneğini geliştirir. Şekil 2.1 de ABD'nin Kuzeydoğu Pasifik kırsalında yer alan birçok firmanın veri merkezlerinin bir arada bulunduğu Quincy veri merkezi çiftliği görülmektedir. Şekilde görüldüğü üzere uluslararası şirketlere ait veri merkezleri, tesislerini genişleme durumu düşünülerek müsait yerlerde inşa etmişlerdir. Böylece veri merkezine ilave bir tesis yapılmak istense, hiç zorlanmadan mevcut tesisin devamı olarak inşa edilebilecektir (ANSI/BICSI, 2011).

Şekil 2.1 Quincy veri merkezi çiftliği



Kaynak: COLO&CLOUD,2013

Yukarıdaki Quincy veri merkezi çiftliğinin seçim kriterleri aşağıdaki Tablo 2.2 de sıralanmaktadır: (COLO & CLOUD, 2013)

Tablo 2-2 Quincy veri merkezi çiftliğinin seçim kriterleri

Seçim Kriteri	Quincy veri merkezinin çiftliğinin özelliği
Yenilenebilir Enerji Kaynağı	Çevresinde 2.000 MW gücünde yenilenebilir enerji kaynaklarının varlığı
Enerji Maliyeti	Enerji maliyetlerinin kW/h başına yaklaşık 0,025 \$ değerinde olması (USA Ort. 0,1\$)
Enerji Temini	Enerji iletim hatlarının kesişim noktasında bulunması
İletişim Sürekliliği	Yüksek kapasitede fiber bağlantıların yedekli olması (Zayo, Level3, Verizon ve Frontier)
Enerji Sürekliliği	Yıllık enerji kesintilerinin toplam 3 saatin altında gerçekleşmesi
Uygun Lokasyon	Washington gibi merkezi lokasyona yaklaşık 110 km yakınlıkta olması
İşletme Maliyeti	2010 yılında Washington Eyalet tarafından onaylanan vergi muafiyeti
İklim Koşulları	Veri merkezleri için uygun iklim koşullarına sahip olması (9-10 ay 20°C ve altı sıcaklık)
Hava Kalitesi	Free cooling için uygun hava kalitesine sahip olması
Hava Kirliliği	Tesislerin çevrelerinde hava kirliliğinin olmaması
Gelecekteki Büyüme	Veri merkezlerinin genişlemesine müsait geniş alanları varlığı
Doğal Riskler	Doğal felaket riskinin düşük olması
Ulaşım Kolaylığı	Otoban ve Hızlı trenler ile 30 dakikada Washington'a ulaşım

2.1.2 Kaynakların kullanılabilirliği ve coğrafi etkiler

Endüstriyel tesis türüne göre veri merkezleri dünyanın en büyük elektrik tüketicilerinden biridir. Veri merkezi soğutma sistemi buharlaşma yoluyla oluşan kayıpları gidermek için suyu kapalı bir birimde tutar. Bu birim, kelimenin tam anlamıyla günlük yüz binlerce, hatta milyonlarca litre olabilir. Dış dünya ile iletişim kurulamıyor ise bir veri merkezi hiçbir şekilde kullanılamaz durumda demektir. Dış platformlar ile veri iletişim bağlantısının sağlanması için veri merkezlerinin yüksek miktarda fiber hat bulundurması gerekir. Veri merkezi ortam havasını tükettiği için hava kalitesi önemlidir (DCDA, 2012, s.129-136).

Yukarıda değindiğimiz kaynakların kullanılabilirliğini biraz daha ayrıntılı olarak kaynak bazında aşağıda ele alalım:

Enerji Temini:

Tesisimizde mevcut şebeke gücünü değerlendirirken dikkat edilmesi gereken bazı durumlar bulunmaktadır:

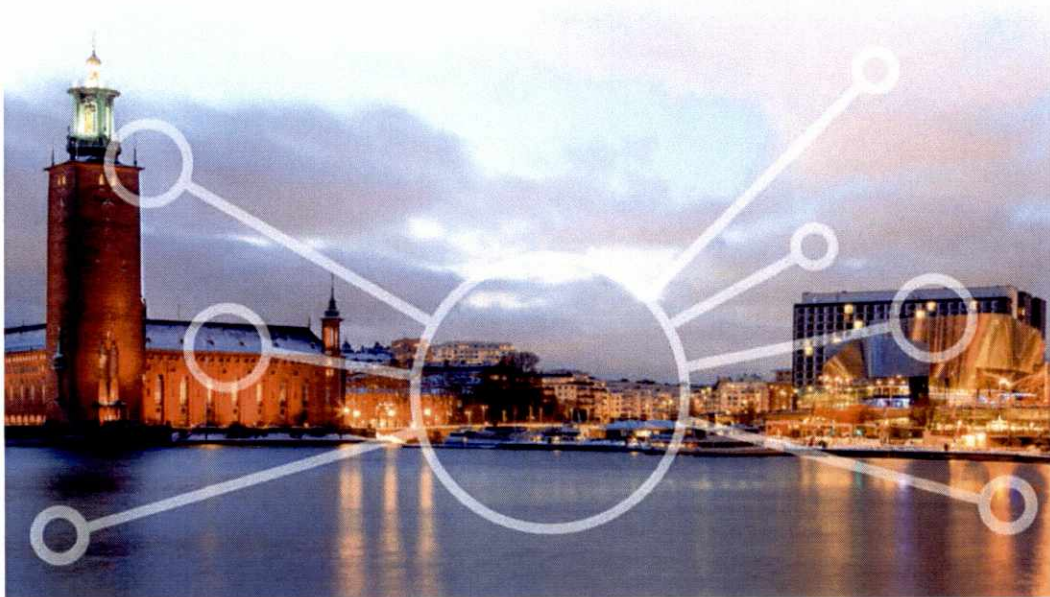
- Enerji temin edilen şebekenin güvenilirliği
- 7/24 şebeke mevcudiyetinin sağlanması
- Ayrı (Yedek) şebeke beslemesi
- Şebeke gücünün genişletilebilmesi
- Enerji kaynağı kullanımı (Fosil, Nükleer, Yenilenebilir)
- Enerji maliyetinin hesaplanması
- Ayrı şebekelerin veri merkezine 20m aralıkla girmesi

Su Temini:

Veri merkezleri için ikinci kritik kaynak sudur. Enerji gibi yedekli ve tesise çeşitli yollardan gelmesi istenir. Bir yolda meydana gelecek arıza durumunda diğer bir yoldan suyun tesise getirilmesi sağlanır. Birçok veri merkezi yedek su kaynağı olarak kuyu sularını, güvenli bir şekilde erişilen nehir veya göl sularını

kullanır. Veri merkezlerinde su soğutma için kullanılır. Soğuk suya bol erişimin olduğu yerlerde bazı çok yenilikçi çözümler sunulmuştur. Kanada'nın Toronto şehrinin çoğu yerinde soğutma suyu olarak Ontario Gölünün derin suları kullanılmaktadır. Tezin dünya örnekleri bölümünde de ayrıntılı olarak verdiğimiz İsveç'in Stockholm şehrinde bulunan Interxion şirketine ait veri merkezi soğutmasını deniz suyu kullanarak sağladığı için Yeşil BT ödülü kazanmıştır. Tesisin geniş perspektiften bir görünümü Şekil 2.2 de gösterilmiştir.

Şekil 2.2 Interxion veri merkezi, Stockholm



Kaynak: INTERXION,2013

İletişim Temini:

Veri merkezleri için üçüncü kritik kaynak iletişimdir. Bir veri merkezi iletişim alt yapısında geniş bant genişliği için çok miktarda fibere ve taşıyıcılara ihtiyaç vardır. Özellikle bu veri merkezi ortak yerleşim veya çok kiracılı barındırma tesisleri ise bu ihtiyaç daha da artacaktır. Diğer teminler gibi erişim, yedeklilik ve genişleme imkânlarının bulunması arzu edilir. İletişimde hizmetleri değişik şekilde yönlendirme ve tesis girişini farklı noktalardan sağlamak önemlidir. Bu

önem; yol çalışması ve çevre düzenlemesi gibi çok sık karşılaşılan durumlarda iletişim hatlarının çok kolay kopabilmesinden kaynaklanmaktadır.

Kaliteli Hava Temini:

Önemli bir kaynak olarak hava taraflı soğutma ile ilgili tasarrufların ortaya çıkması ile beraber hava kalitesi önemli bir konu haline gelmiştir. Hava taraflı soğutma, verimliliğe yardımcı olmak için serbest olarak kullanılır. Ayrıca kaliteli hava temininde; havanın nem oranları, hava kirliliği ve asit yağmurları gibi konuları da düşünerek hareket etmek gerekmektedir.

Coğrafi Etkiler:

Bir veri merkezi tasarımında fizibilite çalışmalarında ele alınması gereken diğer bir konu ise coğrafi etkilerdir. Coğrafi şartları düşünürken 100 yıllık meteorolojik değerler incelenmeli ve yaşanmış deprem, sel ve kasırga gibi olaylar detaylı ele alınmalıdır. Coğrafi etkileri birkaç ana başlıkta değerlendirmek gerekir. Bunlar aşağıda sıralanmıştır:

- Sismik hareketler (Deprem bölgeleri, Tsunami alanları, Volkanik oluşum alanları)
- Sel bölgeleri (Kıyı kenarları, Nehir yatakları, Barajlar, Göl kenarları, Kanallar, Su kemerleri, Su depoları, Kanalizasyon kanalları)
- Hava hareketleri (Rüzgârlar, Kasırgalar, Fırtınalar, Yağışlar, Yıldırımlar)

2.2 Yapı ve İnşaat İşleri

Veri merkezi inşa aşaması tesisin bütün müteahhitlik işlerini kapsar. Sadece bir bina inşaatına kıyasla yapı oldukça karmaşıktır. Elektrik dağıtım sistemleri ve mekanik sistemleri gibi kendi başlarına mühendislik projeleri olan sistemler bulunmaktadır. Bu sistemler çok karmaşık, pahalı ve fiziksel olarak büyük

bileşenlerden oluşur. Hatta bu sistemler bağımsız işlevlerinin ötesinde bina inşaatının kendisine de fazla etkileri bulunmaktadır.

2.2.1 Temel inşa kalemleri

Bir yeni nesil veri merkezinin temel inşa kalemleri olarak; dış yapı, BT donanımlarının bulunduğu alan, destek alanları, ele alınabilir. Veri merkezi tasarımında bu inşa kalemlerini ele alırken dikkat edilmesi gereken durumlar aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmaktadır (DCDA, 2012, s.142-152).

Dış Yapı:

Bir veri merkezinin dış yapısı, tesisin kritikliği nispetinde önem arz etmektedir. Bu önem yerel bir bina içerisinde bulunan veri merkezleri için de geçerlidir. Dış yapının doğal felaketlerde ve aşırı hava hareketlerinde ayakta kalması gerekmektedir. Dışarıdan erişime karşı fiziksel güvenliği desteklenmelidir. Burada önemli olan nokta, veri merkezinin kritik bir tesis olmasıdır. Standart bir depolama binası için bu standartlar sağlanmıyor olabilir.

Veri merkezi dış yapısının mimari özelliklerinde dikkat edilecek hususlar aşağıda sıralanmıştır:

- Plaka yükleme kapasitesi (Ağırlık dayanımı için çok önemli)
- Asma tavan kapasitesi (Yangın söndürme donanımı, kablolar vs. için)
- Kolonların boyutu ve yeri (Kabinlerin yerleşimi için önemli)
- Çatının su sızdırmazlığı ve güneşten koruma özellikleri
- Minimum döşeme yüksekliği 4.5 m (Kullanılacak alan)
- Minimum yükseltilmiş döşeme ile tavan arası yükseklik 3.1 m

BT Alanı:

BT alanı veri işleme, depolama gibi bilişim donanımlarının bulunduğu yerdir. Geçmişte sistem odası olarak bilinen, "Beyaz Alan" diye adlandırılan yerdir. Bu alanın yerleşimi yapılırken iki boyutlu olarak değil üç boyutlu olarak ilgili

donanımların konumları belirlenmelidir. Burada sunucu donanımları, veri tabanı sunucuları, ağ donanımları, kablolama altyapısı, güç dağıtım donanımları, soğutma donanımları ile izleme ve güvenlik teçhizatları bulunmaktadır.

Destek Alanı:

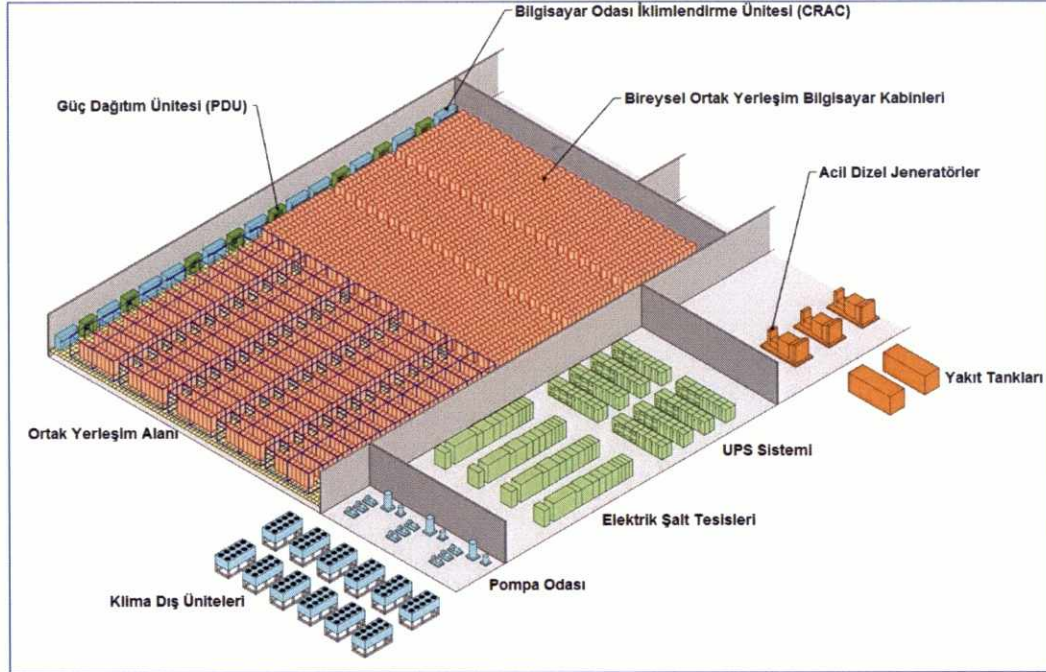
Destek alanı veri merkezi alt yapısını destekleyen oda ve alanlardan oluşur. Yüksek gerilim şalt cihazları, jeneratörler, kurşun-asit bataryalar, transformatörler ile sunucuların aynı odada bulunması problem teşkil etmektedir. Bu farklı bileşenlerin farklı çevresel gereksinimleri bulunmaktadır. Bu bileşenlerin her birinin kullanım ve bakımları bağımsız bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Örneğin, akü bataryaları bağımsız, belli bir büyüklükte, özel havalandırılmış odalara gereksinim duyarlar.

Diğer destek alanları, özel donanım ve makineler için değil ancak veri merkezi işletimi için gerekli olan destekleri sağlayan yerlerdir. Bu destek alanları; güvenlik ofisleri, mal kabul/hazırlama odaları, yönetim çalışma alanı, dinlenme odaları, tuvaletler, konferans salonu, koridorlar ve rampalar gibi alanlardır. Burada dikkat edilmesi gereken iki alan vardır; koridorlar ve rampalar, donanımların yerleştirilmesi ve taşınmasında bir sürpriz ile karşılaşmamak için bu alanların yapımına dikkat edilmelidir.

Ayrıca, BT donanımı ısı ve nem dalgalanmalarına karşı oldukça hassastır, bundan dolayı veri merkezi içinde bulunan donanımların sağlamlığını ve işlevselliğini sağlamak için hizmete özel çevresel koşullara sahip olması gerekmektedir. Veri merkezi destek bölgesi UPS, soğutma kontrol sistemleri ve elektrik dağıtım panoları gibi farklı sistemlerin yer aldığı yerlerdir. Son olarak veri merkezlerinin; ofis, lobi ve tuvalet gibi yerlerin olduğu yardımcı alanları da vardır.

Standart bir yeni nesil veri merkezinin Barroso ve Hölzle'den (2009) uyarlanan ana bileşenleri Şekil 2.3 de gösterilmektedir.

Şekil 2.3 Veri merkezi ana bileşenleri



Kaynak: Barroso ve Hölzle, 2009

Beyaz alan yapı işleri:

Veri merkezinin beyaz alanını oluştururken öncelikle iş gereksinimleri belirlenip ona göre değerlendirme yapılmalıdır. Yerleşim alanı için şu önerilerde bulunulabilir. Veri merkezine ihtiyaç kadar sunucu konmalıdır ancak gelecekteki olası genişlemelerde düşünülmalıdır. Alan kullanımını en üst düzeye çıkarmak için, mekânın düzgün şekilde (dikdörtgen gibi) olması önemlidir. Kablolama alt yapısı için yeterli alan ayrılmalıdır. Hava akışı için kabinlerin yerleşimi çok önem arz etmektedir. Sıcak soğuk koridor uygulaması dikkate alınarak ve standartlara uyarak kabinler yerleştirilmelidir (Telcordia, 2012).

Maksimum kabin sıralama uzunluğu:

- 20 kabin her iki ucu açık ise
- 10 kabin bir ucu kapalı ise

Beyaz alanda yer alan yapısal donanımlar ve bu donanımlarda bulunması gereken bazı teknik özellikler aşağıda ayrı ayrı olarak sıralanmıştır: (BS 9999, 2008)

Döşeme Yüğü:

- Minimum standart; 7kN (Kilo Newton)
- Tercih edilen standart; 12kN
- Gidebileceği standart; 17kN
- Standart bir kabin 42U 600×1100 ağırlığı tam yükte 1100 kg alınmıştır.

Yangın Direnci:

- BT odasını ayıran tüm duvarlar en az 1 saat yangına dayanıklı,
- Elektrik odası için tüm duvarlar en az 1 saat yangına dayanıklı,
- Akü odası için tüm duvarlar en az 1 saat yangına dayanıklı olmalıdır

Kapılar:

- Birden fazla çıkış (ışıklı yönlendirme ile acil çıkış)
- Minimum kapı boyutu; bir çifti 0.9 m genişliğinde, 2.1 m yüksekliğinde
- Diğer kapılar minimum 1.1 m genişliğinde, 2.1m yüksekliğinde olmalıdır.

Asma Tavan:

- Minimum standart; 1.2kN
- Tercih edilen standart; 2.4kN

Aydınlatma:

- Dikey düzlemde 1metre kat yüksekliği üzerinde 500 Lux¹
- Yatay düzlemde 1metre kat yüksekliği üzerinde 200 Lux
- Sürekli veya olay durumunda acil aydınlatma
- Acil aydınlatmanın bataryadan beslenmesi

Güvenlik:

- Fiziksel Bariyerler
- Elektronik Erişim Kontrolü
- Varlıkların Korunması
- Verilerin Korunması

¹ Aydınlatma birimidir, birim alana düşen ışık şiddetine Lux adı verilir.

- CCTV

Yükseltilmiş Döşeme:

- Döşeme boşluğu derinliği (min.15cm, maks. 1m)
- Karo boyutları 60 x 60 cm
- Sismik titreşim özelliği
- Topraklama bağlantıları

Hava Izgara Döşemesi:

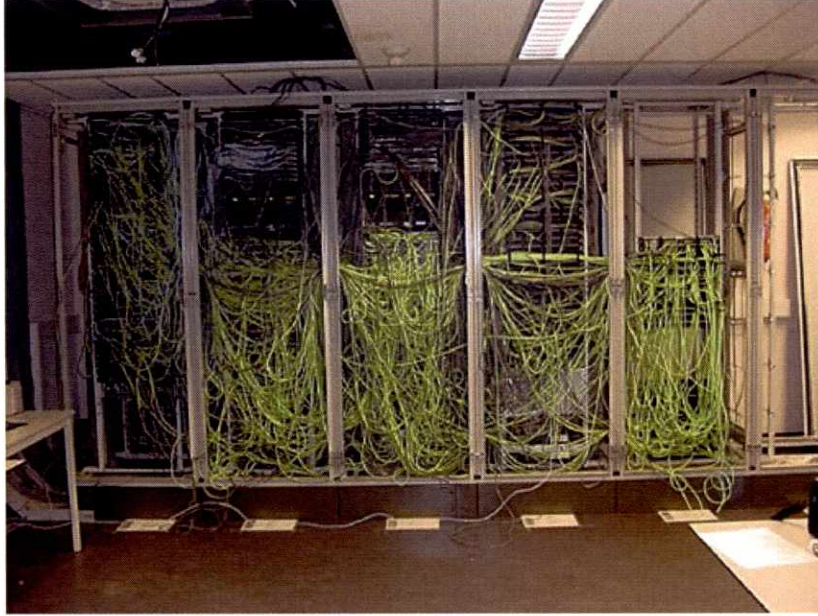
- Döşeme boyutu (Hava akış kapasitesini belirler, 600×600)
- Döşemedeki açık alan miktarı (%40)
- Standart döşeme 21 cu m/min (kübik metre/dakika) hava akışı sağlar

2.2.2 Veri merkezi altyapı bağlantıları

Veri merkezlerinde kablolama ve ağ altyapı sistemlerine bu bölümde kısaca değinilmektedir. Ağ altyapısı başlı başına bir tez çalışmasının konusu olacak şekilde önemli ve ayrıntılı bir konudur. Bundan dolayı tez çalışmasında konunun teknik ayrıntılarına girilmemektedir. Veri merkezi altyapı bağlantıları olarak ele alınması gereken en önemli konu ağ (network) altyapılarıdır.

Öncelikle veri merkezi altyapılarında sektörün kullanmakta olduğu güncel standartlara göre bağlantılar gerçekleştirilmelidir. Ağ altyapıları ile ilgili; TIA-558-C1, TIA-558-C2, TIA-558-C3, TIA-606-B, TIA-607-B, EN 50173-1, EN 50173-5, EN 50174-1, EN 50174-2, BS EN 50600, ISO&IEC 11801:2002, ISO/IEC 24764:2010 ve ANSI/ BICSI 002 gibi uluslararası standartlar bulunmaktadır. Herhangi bir veri merkezinin kötü yönetimini ve standartlara uyulmadığını kablolamadan görmek mümkündür. Şekil 2.4 de iyi planlanmayan kablolanmanın getirebileceği sonucun çarpıcı bir görüntüsü görülmektedir (DCDA, 2012, s.171-192).

Şekil 2.4 Bir veri merkezinden kablolama görüntüsü



Kaynak: DOTCOM, 2010

Veri merkezi altyapısında kullanılan kablo çeşitleri ve kısa teknik özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

Bakır Kablolama:

- Sınırlı Yanıcı özellikte olması (CMP-50)
- Florlanmış etilen propilen (FEP) hem dış kılıf hem de iç yüzey iletken izolasyonun sağlanması
- Cat 5, Cat 6 ve Cat 7 kategorilerinde kablo kullanılması (Veri merkezi ihtiyacı kapsamında)
- Veri Merkezi kablolaması için en az Cat 6a kullanılması

Fiber Kablolama:

- Veri iletişimi bakır tel yerine ışık dalgaları (optik fiber) ile sağlanması
- Veri iletişiminin uzun mesafelerde bile hızlı ve kaliteli olarak sağlanması
- Elektromanyetik etkileşime karşı koruması
- Noktadan noktaya bağlantı sağlanması

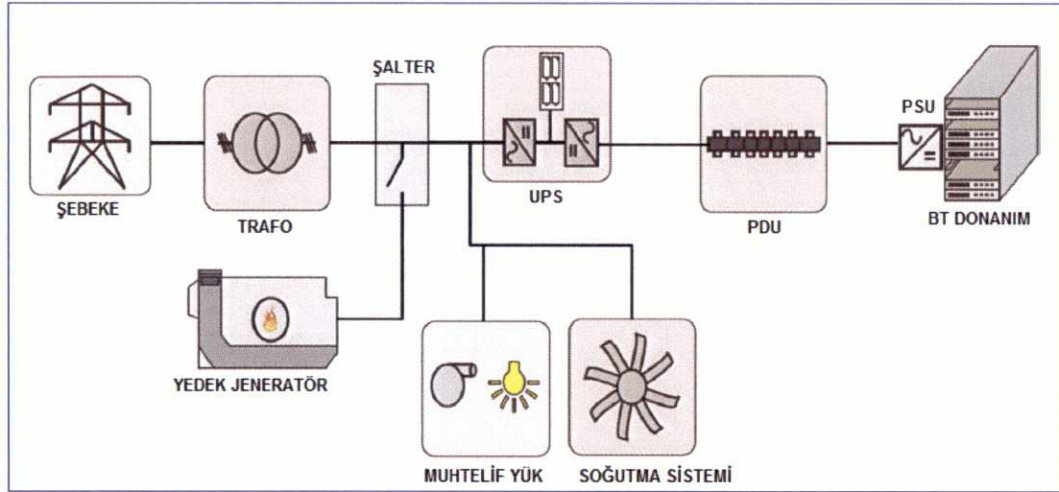
- 3×10^8 m/sn veri iletim hızına sahiptirler

Kurulum maliyeti olarak bakır kablolama maliyeti, fiber kablolama maliyetinin altındadır. Uzun dönemde enerji maliyeti ve 10G artacak veri iletim hızı düşünülerek, fayda maliyet analizi yapılacak olursa fiber kablolanmanın maliyeti bakır kablolamadan daha uygun olacaktır. Ayrıca kabloların veri merkezi boyunca düzenli bir şekilde dağılımı için standartlara uygun kablo kanalları kullanılmalıdır (DCDA, 2012, s.225-244).

2.3 Enerji Sistemleri

Yeni nesil veri merkezlerinin enerji sistemi; sisteme elektrik enerjisini getirmekten, yeterli enerji seviyelerini ve elektrik besleme güvenliğini gerçekleştirmekten sorumlu donanımların bütünüdür. Şebeke elektriği veri merkezinin arızalanmasına hatta çökmesine sebep olabilecek voltaj düşüklüklerine veya uzun süreli kesintilere meydan verebileceğinden, uygun enerji beslemesini temin etmek büyük önem taşımaktadır. Oro vd. (2015) den uyarlanan Şekil 2.5 standart bir veri merkezinin enerji besleme altyapısının bir planını göstermektedir. Genelde, şebeke elektriğinin uzun süreli kesilmesi durumunda elektrik sağlamak için destek dizel jeneratör bulunmaktadır. Farklı depolama teknolojileri (Bataryalar ve volanlar) kullanabilen kesintisiz güç kaynağı (UPS) dizel jeneratörler çalıştırıldığında uygun koşullarda enerji beslemesini sağlamak amacıyla tasarlanmıştır.. Son olarak, güç dağıtım üniteleri (PDU) ve güç besleme üniteleri (PSU) enerji dağıtımı ve sunucular için enerjinin uyumlu hale getirilmesi görevini yüklenir (Oro vd., 2015, s.430).

Şekil 2.5 Veri Merkezi enerji besleme planı (TIER I)



Kaynak: Oro, 2015

Enerji binaya elektrik trafosunda yer alan bir transformatörden giriş yapmaktadır. Enerji sisteminin bu kısmı genelde; uzun mesafe yüksek gerilim enerji hatlarından (60–400 kV) ve “ düşük gerilim” dâhili güç dağıtımından (110–600V) ayırmak için “orta gerilim” (normalde 10-20kV) diye adlandırılmaktadır. Orta-gerilim hatları, transformatörlerdeki gerilimi 400–600V indirmek ve elektrik arızalarına karşı korumak için kesicileri bulunan ana şalterde sonlandırılır (Barroso ve Hölzle, 2009, s.40).

2.3.1 Kesintisiz güç kaynağı sistemleri

Kesintisiz güç kaynağı (UPS) bir sistemde standart olarak üç işlevi bünyesinde barındırır.

UPS aktif güç girdisini (ya şebeke ya da jeneratör gücü) seçen bir transfer anahtarı içerir. Enerji kesintisinden sonra, jeneratörün ne zaman devreye girdiğini ve güç sağlamaya ne zaman hazır olduğunu transfer anahtarları algılar. Tam anma yükünde jeneratörün devreye girmesi 10-15 sn. alır.

Enerji kesintisi ile jeneratör gücünün devreye girmesi arasındaki zamanı geçirmek için UPS batarya içermektedir. Standart bir UPS bunu AC-DC-AC çift çevrim yoluyla gerçekleştirmektedir, yani, giriş AC gücü Doğru Akım (DC)'ye dönüştürülür. Bu aynı zamanda bataryalara bağlı UPS -iç DC veri yoluna enerji sağlar. DC veri yolunu çıkışı daha sonra veri merkezine enerji sağlamak için AC ye geri dönüştürür. Böylelikle, elektrik arızası olduğunda UPS giriş (AC) gücünü kaybeder ama iç DC gücünü bataryalar sayesinde korumaktadır. Böylece ikinci dönüşüm adımından sonra AC çıkış gücünü muhafaza etmektedir. En sonunda, jeneratör çalışmaya başlar ve AC giriş gücünü yeniden sağlamaya başlar ve veri merkezinin UPS bataryalarının yükünü alır (Barroso ve Hölzle, 2009, s.41).

UPS ani gerilim yükselmelerini, düşüşlerini veya AC beslemesindeki harmonik bozulmaları ortadan kaldırmak suretiyle gelen enerji beslemesini doğrudan etkilemektedir. Bu durum çift çevrim adımları yoluyla gerçekleşmektedir. UPS bataryaları yer kapladıkları için genelde veri merkezi katında değil farklı bir odada bulunur. Genel olarak UPS kapasitesi yüzlerce kilovattan 2MW a kadar olabilir.

2.3.2 Güç dağıtım üniteleri sistemleri

UPS çıkışı daha sonra veri merkezi katında yer alan güç dağıtım ünitelerine (PDU) yönlendirilir. Güç dağıtım üniteleri evlerde bulunan ana şalterlere benzerler; güçlü yüksek gerilimi alırlar (200-480 V) ve katta bulunan sunucuları besleyen 110 veya 220 Voltluk devrelere dağıtırlar. Her bir devre kendi şalteriyle korunmaktadır. Böylece bir sunucuda veya besleme kaynağındaki bir topraklama kısa devresi sadece o devrenin kesicisine takılacaktır. Tüm güç dağıtım ünitesine veya UPS e bile takılmayacaktır. Normal şartlarda bir güç dağıtım ünitesi (PDU) 75-225 kW'lık bir yükü taşıyabilir. Diğer yandan normal bir devre 110-220V da 20 veya 30 A taşıyabilir, yani maksimum 6Kw'lık bir yükü taşıyabilir. İki bağımsız güç kaynağı yoluyla PDU ek yedekleme sağlamaktadır. (Genelde "A tarafı" ve " B tarafı" olarak adlandırılmaktadır)

Kendi aralarında geçiş çok az bir gecikmeyle gerçekleşir böylelikle bir kaynaktaki kayıp sunuculara olan güç akışını engellemez. Bu durumda yeni nesil veri merkezinin UPS üniteleri A ve B tarafında kopyalanmaktadır, bu şekilde UPS arızası sunucu güç akışında bir kesintiye neden olmaz (Barroso ve Hölzle, 2009, s.41).

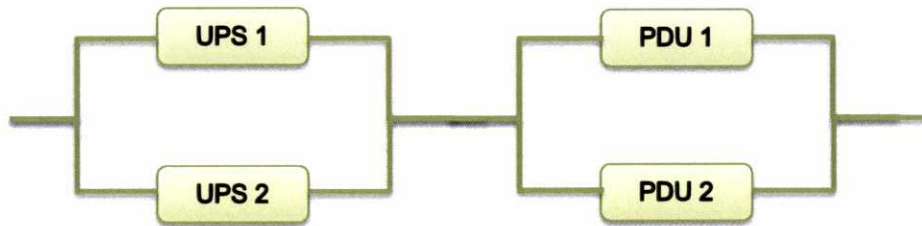
Günümüzde yeni nesil veri merkezleri yukarıda belirtilen basitleştirilmiş tasarımların birçok çeşidini içermektedir. Tipik varyantları bir Bağımsız Disklerin Artıklıklı Dizisi (RAID) sistemindeki disk arızaları çözümüne benzeyen bir şekilde arızalı donanımın yükü diğer donanımlar tarafından kaldırılabilir diye çoklu donanımların paylaşımlı bir barayı beslediği bir düzenleme olan; UPS ünitelerinin veya jeneratörlerin " paralel" hale getirilmesi şeklinde oluşmaktadır. Ortak paralelleme düzenlemeleri N+1 konfigürasyonları (bir arızaya veya bakıma izin veren), N+2 konfigürasyonları (bir ünite bakım için çalışmadığı zamanda bile bir arızaya izin veren) ve 2N (yedekleme çiftleri) konfigürasyonlarını kapsamaktadır (Barroso ve Hölzle, 2009, s.42).

Yukarıda belirtilen enerji sistemlerindeki yedeklilik konfigürasyonları aşağıda şekli olarak açıklanmaktadır:

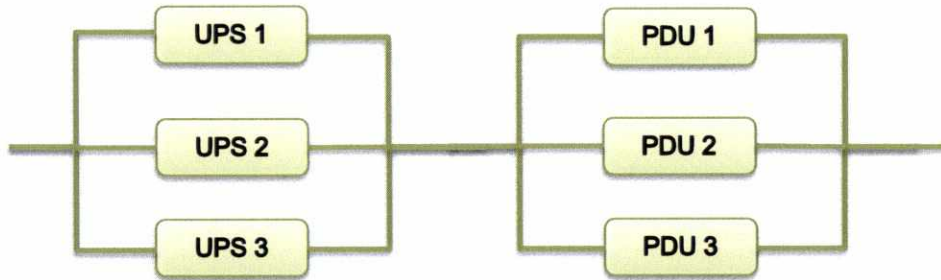
N – Temel gereksinimlerin yanında hiçbir yedeği bulunmamaktadır.



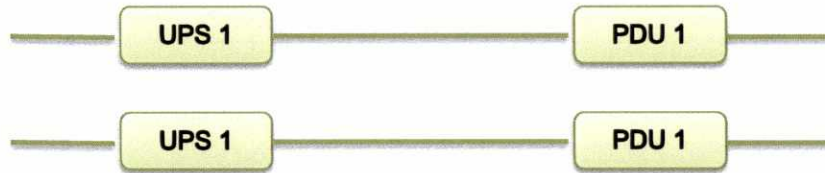
N+1 – Temel gereksinimlerin yanında ek bir modül veya ünite



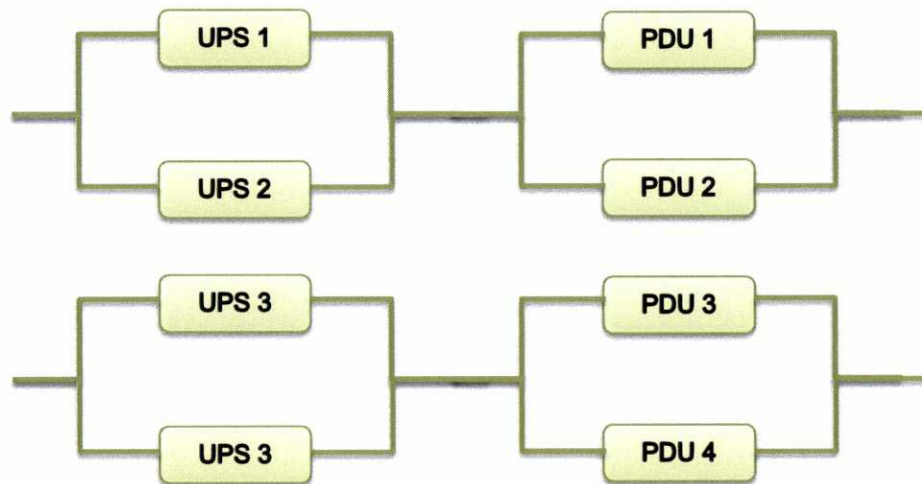
N+2 – Temel gereksinimlerin yanında ek iki modül veya ünite



2N – Temel gereksinimlerin her biri için ayrı modül veya üniteler



2(N+1) – Temel gereksinimlerin her biri için ayrı yedekli modül veya üniteler

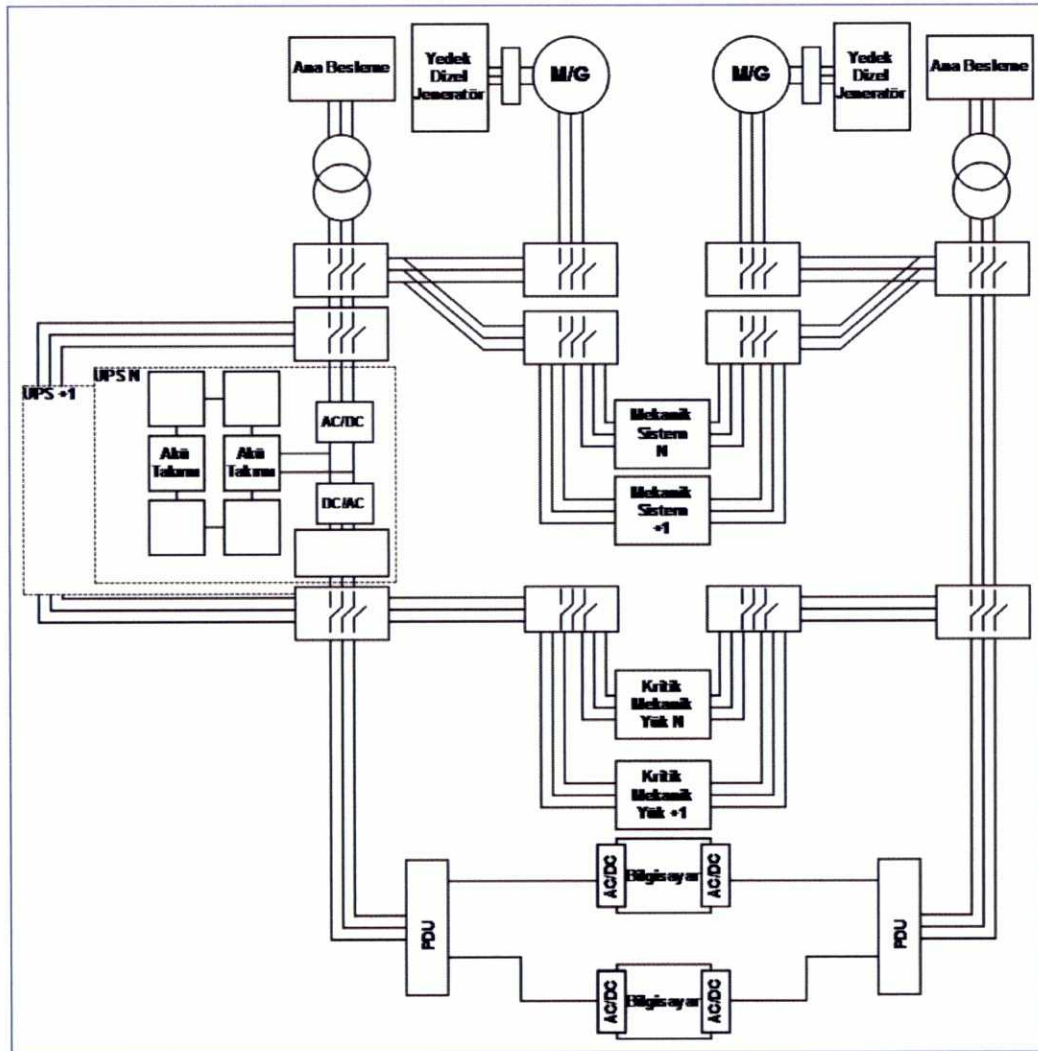


2.3.3 Enerji dağıtım kademeleri ve enerji akış zinciri

Enerji dağıtım sistemleri kurulum özelliklerine göre her bir veri merkezi için farklılık göstermektedir. Genel anlamda, Kademe I temel yapı anlamında kullanılmakta ve yedekleme bileşenleri ile enerji dağıtım yolları

bulunmamaktadır. Kademe II, Kademe I e çok benzerlik göstermektedir ve kapasite bileşenlerinde yedekleme vardır ama enerji dağıtım yollarında yoktur. Kademe III ve IV hem kapasite bileşenlerinde hem de dağıtım yollarında yedekleme sunmaktadır; aralarındaki tek fark Kademe IV arızaya dayanıklı altyapıya sahiptir. Bu anlamda her hangi bir bileşende meydana gelen bir arıza bilgisayar donanımını etkilemeyecektir. Turner IV vd., den (2008) uyarlanan Şekil 2.6 da ise Kademe III için enerji dağıtım sisteminin örnek elektrik topolojisini sunulmaktadır (Turner IV vd., 2008).

Şekil 2.6 Kademe III Veri merkezleri için enerji dağıtım topolojisi



Kaynak: Turner IV vd., 2008

Kademe I yapısında, ne dağıtım yollarında ne de jeneratör kapasitesinde yedeklemeler bulunmamaktadır. Enerji normalde Üç fazlı AC olarak iletilmektedir. Ama bilgisayarların DC ile enerji beslemesi yapıldığından, elektronik bir AC / DC dönüştürücüsü ile donanımlıdırlar. Ayrıca ana şebekedeki bir arıza durumunda her hangi bir geçiş çöküşünden kaçınmak maksadıyla sadece kritik yüklerin UPS çıkışına bağlı olması önemlidir. Bu durumda, mekanik yükler anlık olarak UPS tarafından beslenmez ama çalışır çalışmaz dizel jeneratör tarafından beslenmesi sağlanmalıdır. Ayrıca, şekil 2.6 Kademe III enerji dağıtım sistemi topolojisini göstermektedir. Kademe I (veya II) ve Kademe III arasındaki temel farklar sistemdeki yedekleme seviyelerinde azalmaktadır. Kademe III de bileşen arızası durumunda kapasite bileşenleri BT yüklerinin bağlantısını sağlamak için N+1 yedekleme seviyesine geçer. Böylece, mekanik ve kritik mekanik sitemlerin yanı sıra UPS lerde de yedekleme işlemleri hesaba katılmaktadır. Ayrıca, dış ağ ve yedek dizel jeneratörlerle birlikte ortak bağlantı noktalarını iki katına çıkarmak suratiyle şebeke bağlantısı güçlendirilir. Sonuç olarak, BT yükleri iki bağımsız kaynak ve enerji dağıtım yoluyla beslenebilir. Yine de, genelde dağıtım yollarının sadece bir tanesi normal işlem şartlarında bilgisayar donanımına hizmet sağlamaktadır. Kademe IV de ise, iki dağıtım yolu normal olarak eş zamanlı kullanılmaktadır (Oro vd., 2015, s.432).

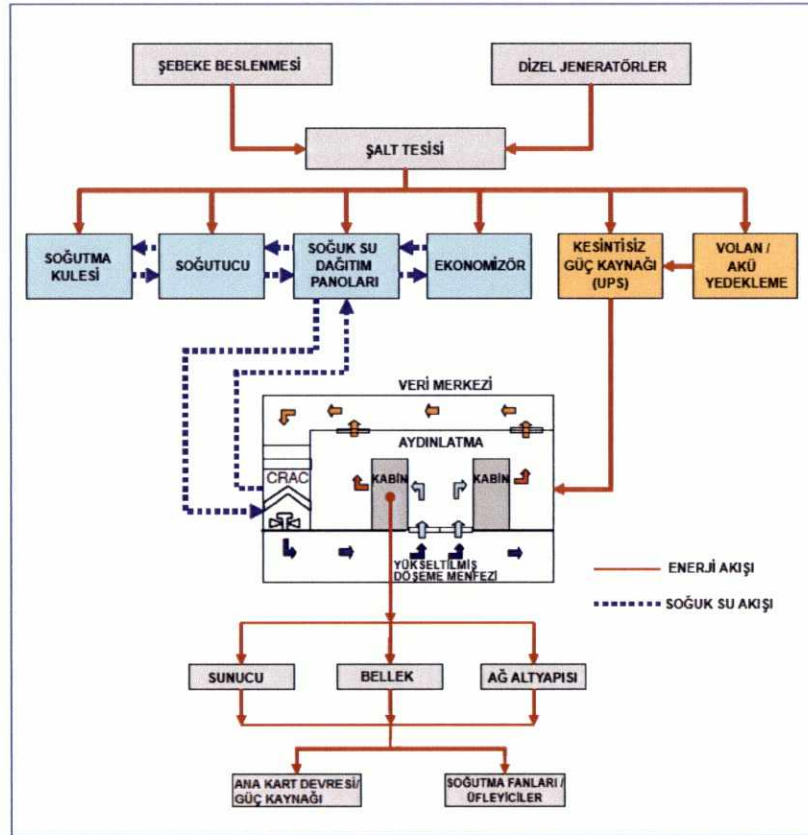
Enerji akış zinciri:

Somani'den (2008) uyarlanan ortalama bir veri merkezinin enerji akış diyagramı Şekil 2.7 de gösterilmektedir. Şehir şebekesinden veya tesis içi jeneratörden gelen enerji ana şalteri beslemektedir. Sonrasında BT donanımı, altyapı tesisleri ve destek sitemleri arasında dağıtılmaktadır. BT enerjisi UPS yoluyla sağlanmaktadır. UPS sunucuları, veri depolama birimlerini ve ağ sistemlerini içeren çeşitli BT kabinlerine enerji sağlamaktadır. UPS aynı zamanda şebeke arızası durumunda yedek batarya gibi enerji depolama araçları da sağlamaktadır. Ana şalter aynı zamanda veri merkezi için aydınlatma sistemlerini de sağlamaktadır. Tesiste, enerji hatları ana şalterden

soğutma kulesine, soğutucuya ve soğutma pompalarına doğru yol izlemektedir (Somani, 2008).

Birçok tesiste, sadece BT yükleri yedekleme enerji kaynaklarına bağlanabilir diğer yandan soğutma altyapısı şebeke enerjisine bağlı olabilir. Bu durumlarda, şebeke enerji kesintilerinde, BT yükü yedek enerji kaynaklarından beslenirken soğutucular ve CRAC birimleri yedek jeneratöre bağlı oluncaya kadar gecikme yaşarlar. Bu geçiş evresinde, BT donanımı ısı üretirken soğutma altyapısı çalışır durumda olmayacaktır ve bu durum tesis içinde önemli bir sıcaklık artışına yol açma olasılığı anlamına gelmektedir. Böyle bir durumda belirli bir derecede sıcaklık artışından sonra yangın söndürücülerin devreye girmesi gibi istenmeyen sonuçlar veri merkezi tesisi içinde ortaya çıkabilir (Somani, 2008).

Şekil 2.7 Standart bir veri merkezinde enerji akış diyagramı



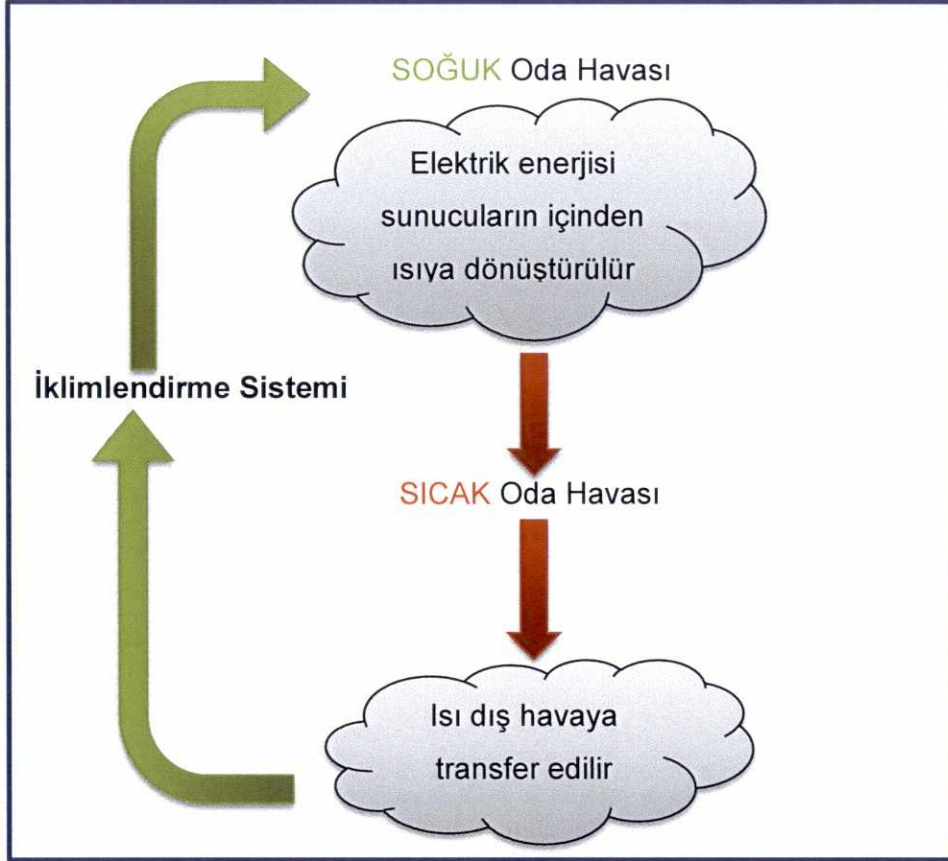
Kaynak: Somani, 2008

2.4 İklimlendirme Sistemleri

Veri merkezi içinde oluşturulan tüm ısı tesis içindeki donanımların çalışırken ortaya çıkardıkları bir üründür. İklimlendirme sistemlerinin temel amacı bu donanımlar için uygun bir ortam sağlamaktır. Ortaya çıkan bu ısıyı kaldırmak için veri merkezlerinde mekanik iklimlendirme sistemleri bulunmaktadır. Bu sistemler insan konforu için tasarlanmamaktadır. Dikkat edilirse veri merkezlerinde “soğutma” terimi kullanılır; ancak soğutma gerçek manada veri merkezinden ısı enerjisinin çıkarılması ile gerçekleşir. Soğutma temel olarak iki şekilde sağlanır. Havayı mekanik sistemler kullanarak soğutmak veya dış ortamdaki havayı kullanarak donanımları soğutmak şeklinde iki yol ile veri merkezi iklimlendirmesi sağlanır.

Veri merkezinde BT donanımı zamanla daha yoğun geldikçe, ısı yükü buna göre artar. 2kW-3kW/kabin güçlerini günümüzde görmek artık oldukça zor; bugün 5kW ve üzeri güçte kabinler yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde bazı özel amaçlı uygulamalar için 25-35 kW/kabin güç yoğunluklarını görmek mümkündür. Veri merkezi soğutma girdisinin % 50 sini BT donanım gücü, diğer yarısını da geri kalan donanımların kayıpları oluşturur. Veri merkezi iklimlendirme sistemlerinin BT donanımları tarafından açığa çıkarılan ısıyı soğutmasını anlatan iklimlendirme modeli Şekil 2.8 de gösterilmektedir.

Şekil 2.8 Veri merkezi iklimlendirme modeli



2.4.1 Hava (Air Cooling) ve sıvı soğutma (Liquid Cooling) sistemleri

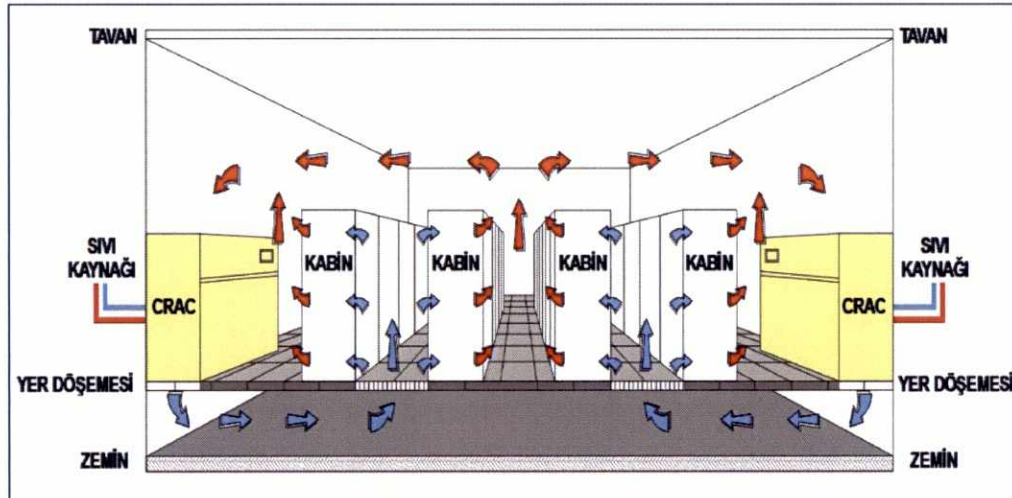
Hava soğutmalı ve sıvı soğutmalı olmak üzere BT donanımını soğutmak için iki yöntem bulunmaktadır. Geleneksel olarak hava soğutma, ya Bilgisayar odası iklimlendirme ünitelerini (CRAC) ya da Bilgisayar odası hava yönetimi ünitelerini (CRAH) kullanır. Bu şekilde BT oda çevresini işlem özelliklerine uygun bir biçimde tutmak maksadıyla hem ısıyı hem de nemi kontrol etmektedir. Bu yapıda, üretilen soğuk hava zemin menfezinden veya tavandaki dağıtıcılardan (difüzör) sunuculara doğru yol alır. Sonra, sıcak hava zapt edilir ve ünitelerin girişlerine geri döndürülür. Günümüzde neredeyse tüm hava soğutmalı yeni nesil veri merkezlerinde sunucu kabinleri sıcak ve soğuk

koridor muhafazası şeklinde düzenlenmiştir. Ancak bu durum eski veri merkezleri için geçerli değildir (Oro vd., 2015, s.432).

Hava Soğutma (Air Cooling) Sistemleri:

Soğutma sistemleri güç sistemlerinden biraz daha basit bir yapıya sahiptir. Standart olarak, veri merkezi zemini yükseltilir. Kolonlara dayalı çelik ızgaralar beton zeminin yaklaşık 1 metre üstünde yer alır (Şekil 2.9). Zemin altı alanı sıklıkla güç kablolarını kabinlere yönlendirmek için kullanılmaktadır. Ancak asıl kullanımı sunucuların bulunduğu yerlere soğuk havayı dağıtmak içindir (Dyer, 2006).

Şekil 2.9 Soğuk-sıcak koridor yapısına sahip yükseltilmiş zemin



Kaynak: Dyer, 2006

CRAC Bilgisayar odası iklimlendirmesi için 1960'larda kullanılan bir terimdir. CRAC üniteleri yükseltilmiş döşemede bulunan menfezden soğuk hava üfleme suretiyle basınç uygular. Bu soğuk hava menfezden sunucuların bulunduğu yerin önünde yer alan delikli döşemelerden dışarı çıkar. Daha sonra sunucuların olduğu yere giderek sıcak havayı arkadan dışarı çıkarır. Sunucu kabinleri; birbirine karışan sıcak ve soğuk havayı engellemek için, birbirini

izleyen sıcak ve soğuk koridorlar arasında uzun koridorlarda yer alacak şekilde dizilmiştir. Karışan soğuk ve sıcak hava soğutma verimliliğini düşürür; hatta bazı yeni nesil veri merkezleri soğuk odalara sızan havanın gelmesini engellemek maksadıyla koridorları duvarla ayırmaktadır. Sonra, sunucular tarafından ortaya çıkarılan sıcak hava onları soğutan CRAC ünitelerinin giriş kısımlarına doğru yeniden yönelir ve soğuk havayı yükseltilmiş döşemede bulunan menfeze boşaltır (Barroso ve Hölzle, 2009, s.42).

CRAC üniteleri sıvı soğutucunun pompalandığı bobinlerden oluşur; fanlar havayı bu bobinlerden üfler ve böylece soğutma sağlanmış olur. Bir takım yedek pompalar CRAC ünitelerine soğuk soğutma sıvısını ve soğutma kulelerine veya soğutucuya(chiller) sıcak soğutma sıvısını devir daim yapar. Sonrasında ısı dışarıya verilir. Standart olarak gelen soğutma sıvısı 12-14°C'dir ve hava CRAC ünitelerinden 16-20°C de dışarı çıkar ve oradan da soğuk koridora (sunucu giriş) 18-22°C de devam eder. (Sunucuya yol alırken biraz ısındığı ve yok edilemeyen yeniden devir daimden dolayı sunucuya giriş ısısı normalde CRAC çıkış ısısından daha yüksektir). Sıcak soğutma sıvısı tekrardan 12-14°C düştüğünde soğutucuya geri döner (Patterson ve Fenwick, 2008, s.4).

Sıvı Soğutma(Liquid Cooling) Sistemleri:

Sıvı soğutma; hava soğutma donanımının sağlayamayacağı şekilde güç yoğunluklarının gerçekleştirdiği ve tesiste kullanılan su yeterince sıcak olduğunda atık ısının kullanılmasına imkân verdiği için daha yüksek performans sağlayabilir. Bunun yanı sıra, sıvı soğutma ısı değişimi açısından havayla soğutmaya göre avantajlar sunabilir. Çünkü sıvı soğutma çok daha yüksek ısı iletim katsayısına, daha düşük ses seviyesine ve daha belirgin ısı kontrol imkânına sahiptir. Ek olarak, sıcak su kullanmak sadece soğutucu ihtiyacını ortadan kaldırmaz aynı zamanda soğurma (absorbtion) ünitelerini çalıştırmak için ısıyı yeniden kullanma imkânı sunmaktadır (Oro vd., 2015, s.432).

Sıvı soğutma; doğrudan merkezi işlem birimi (CPU) üzerinde yer alan soğuk-plaka ısı dönüştürücüsü kullanarak veya suyu CPU ünitesine yakın ama değmeyecek bir şekilde getirmek suretiyle gerçekleştirilebilir. Geleneksel hava soğutma sistemleriyle karşılaştırıldığında ısı geri kazanım potansiyeli ve yüksek performans gösteren yonga üzerinde hibrit iki fazlı bir soğutma döngüsü deneysel olarak ele alınmıştır (Marcinichen vd., 2014). Fakat bu durum elektronik donanımdaki sıvı sızıntısıyla ilgili endişeleri ortaya çıkarmakta ve BT donanımıyla doğrudan temas ederse geri döndürülemez hasara yol açabileceği düşünülmektedir. Bu sorunun üstesinden gelmek amacıyla, BT donanımını doğrudan soğutmak için soğutma gazı veya yalıtkan sıvı kullanmak olası gözükmemektedir. Farklı şirketler günümüzde yeni nesil veri merkezlerinde soğutma verimliliğini arttıran; soğutma sıvıları içerisinde yer alan donanımın olduğu doğrudan sıvı soğutma konusuyla ilgili çalışmalar yürütmektedir. Bu şirketlerden bazıları LiquidCool Solutions, Iceotope ve ASETEK tir (ASETEK, 2014).

Tek fazlı sıvı soğutmaya (havanın her hangi bir katkısı olmaksızın) ve standart tasarıma (BT odasına hava üflenmesi) dayanan gelecek soğutma sistemleri arasındaki evre her ikisini de kullanan iki fazlı sıvı soğutma sistemleridir. Her bir sistemin katkısı BT donanım güç yoğunluğuna dayanmaktadır. Donanım güç yoğunluğu yükseldikçe, sıvı soğutma kurulumuna daha yüksek öncelik verilir. Sadece yüksek enerji verimliliği için değil aynı zamanda BT donanımının uygun soğutulması için gereklidir.

2.4.2 Serbest soğutma (Free Cooling) sistemleri ve çalışmalar

Serbest soğutma doğal kaynaklardan soğutma uygulamalarını içeren bir soğutma tasarım ilkesine dayanmaktadır. Serbest soğutma kullanımı yeni nesil veri merkezlerini daha verimli hale getirmek için en sık kullanılan tekniklerden birisidir. Veri merkezi işletmecileri için enerji verimliliği öncelikli bir konu haline geldiğinden, serbest soğutma teknikleri kullanılmaya başlanmıştır. En yaygın olarak hava taraflı ve su taraflı serbest soğutma üzerinde durulmaktadır. Yeni

nesil veri merkezleri serbest soğutma stratejilerindeki gelişmeleri konfigürasyon ve performans özelliklerini dikkate alan değerlendirmeler ve sınıflandırmalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır: (Zhang vd., 2014)

Hava Tarafı (Air-side) Serbest Soğutma:

Yeni nesil veri merkezlerini soğutmak için dış çevre havasını kullanır. Hava kalitesi ve nem hava tarafı serbest soğutmada düşünülmesi gereken en önemli iki konudur. Filtreleme; polen, kirlilik ve tozu önlemek için gereklidir. Nemlendirme ve nem giderme, çevre koşulları için hazırlanan Amerikan Tesisat Mühendisleri Derneği (the American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning, ASHRAE) kılavuz şartlarını sağlamak açısından gereklidir.

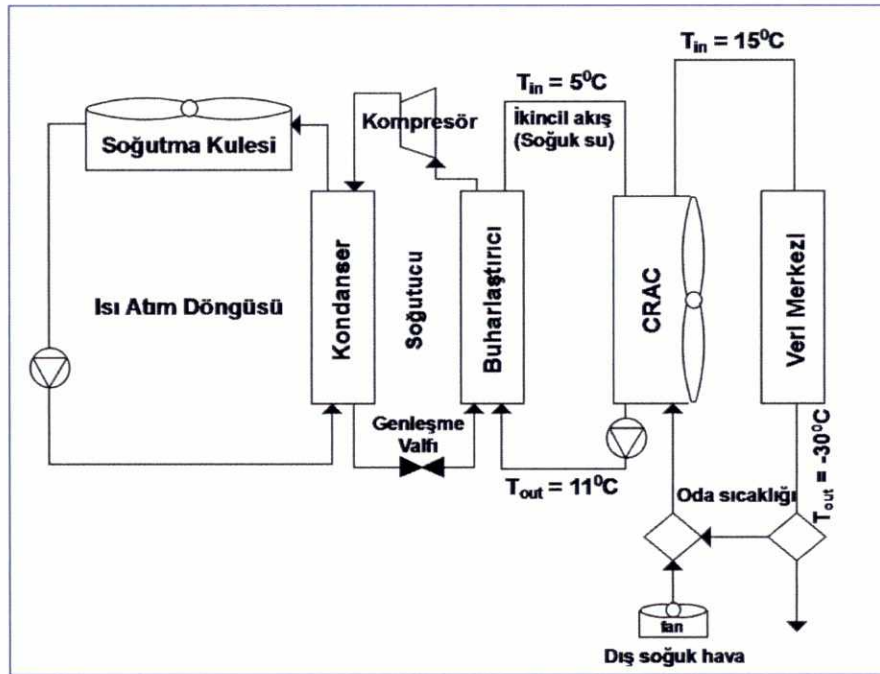
- **Doğrudan Hava Tarafı (Direct Air-side) Serbest Soğutma:**
Dış çevredeki soğuk ve kuru havayı kapalı alan soğutma aracı olarak doğrudan yeni nesil veri merkezinin içine alır. Dış hava sıcaklığı veri merkezinde dolaşan hava sıcaklığından daha az olduğunda soğutucu soğutma yükü hava tarafı bir tutucu girişi ile azaltılabilir. İklim şartlarına bağlı olarak dış hava yeterince hem soğuk hem de kuru olduğunda ve havada entalpi miktarı kabul edilebilir miktarda olduğunda, hiçbir ek havalandırma sistemine gerek kalmamaktadır. Bu sistem temelde enerji tüketimini azaltmak için tasarlanmıştır. Siriwardana'dan (2013) uyarlanan doğrudan hava tarafı (Direct Air-side) serbest soğutma planı gösterilmektedir (Şekil 2.10).
- **Dolaylı Hava Tarafı (Indirect Air-side) Serbest Soğutma:** Havadan havaya ısı dönüştürücüleri yoluyla çalışır. Kapalı devre soğutma kulesi kullanılır. Doğrudan hava tarafı serbest soğutmada ortaya çıkan kirlenme vb. riskleri ortadan kaldırmaktadır.

Su Tarafı (Water-side) Serbest Soğutma:

Yeni nesil veri merkezlerinde doğal soğuk kaynağı su altyapısı yoluyla kullanılır. Soğutmayı sağlamak için hava tutucu ile ikincil bir su döngüsü sağlanır. Bu şekilde enerji tüketen soğutucu kullanımı en aza indirilir.

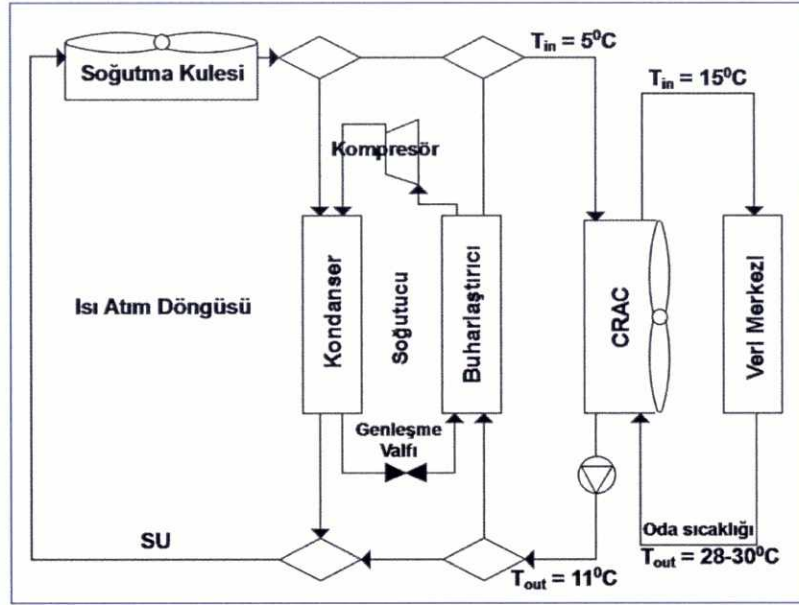
- Doğrudan Su Soğutmalı Sistem: Sıcak hava ve deniz, nehir, yer altı suyu arasındaki ısı dönüşüm yoluyla altyapıyı soğutmak için doğrudan doğal soğuk su kullanılır.
- Hava Soğutmalı Sistem: Dış çevredeki havanın ısı yeterince düşük olduğu zaman CRAC (Bilgisayar Odası İklimlendirilme) ünitelerine giden suyu soğutmak için kullanılır.
- Soğutma Kulesi Sistemi: CRAC ünitelerinde ve ısı dönüştürücülerinde dolaşan suyu soğutmak için kullanılır. Bunun için iki su döngüsüne ihtiyaç vardır; soğutucu (harici) su döngüsü ve soğumuş (dahili) su döngüsü (Şekil 2.11).

Şekil 2.10 Doğrudan hava tarafı (Direct Air-side) serbest soğutma planı



Kaynak: Siriwardana, 2013

Şekil 2.11 Su tarafı (Water-side) serbest soğutma planı



Kaynak: Siriwardana, 2013

Serbest Soğutma Sistemleri İle İlgili Yapılan Çalışmalar:

Avustralya iklim koşullarında veri merkezi soğutması için istenilen dış hava beslemesi konusu ele alınmıştır (Siriwardana vd., 2013). Yaklaşımlar Avustralya boyunca son 12 yılda toplanan saatlik nem ve ısı verilerini incelemeye ve bu bölgeler için hava tarafı (airside) serbest soğutma potansiyelini belirleme üzerine dayanmaktaydı. Araştırma sonuçlarına göre bazı eyaletlerde bu stratejiyi kullanmanın büyük bir yararının olduğu ve bu şekilde soğutma maliyetleri üzerinde önemli tasarruflar yapılabileceği ortaya çıktı.

Daha sonra dünya çapında iklim bölgelerinde bulunan yeni nesil veri merkezlerinin hava tarafı (airside) serbest soğutma enerji tasarruf potansiyelini dinamik enerji simülasyon programı (eQUEST) kullanarak incelenmiştir. Sonuçlara göre önemli miktarda doğrudan hava tarafı (Direct Air-side) serbest soğutma potansiyelinin nemli iklim bölgelerinde yer alan yeni

nesil veri merkezleri için geçerli olduğu bulunmuştur. Diğer yandan, kuru iklim koşullarında kayda değer miktarda nemin bulunması gerekmektedir. Bu yüzden su tüketimi göz önüne alınması gereken bir husustur (Lee ve Chen, 2013).

Doğrudan hava taraflı (Direct Air-side) serbest soğutma kullanımında yeni nesil veri merkezlerine giren parçacık boyutlarındaki kirlenici maddelerden dolayı BT donanımına zarar gelme ihtimali söz konusudur. Bu anlamda, (Dai vd., 2012) bu soğutma yaklaşımında telekomünikasyon ve BT donanımı risklerini azaltmak için farklı stratejileri değerlendirmiştir. Ama uygun bir filtreyle ASHRAE¹ tarafından veri merkezleri için tavsiye edilen parçacık konsantrasyonlarının başarılanması ve önemli ekonomik tasarrufların elde edilebildiğini göstermelerine rağmen potansiyel kirlilik riskinden dolayı veri merkezi yöneticileri bu tür alt yapılarla serbest soğutma teknolojisini kullanmaktan kaçınmıştır (Shehabi vd., 2007).

Kondenser su döngüsü soğutucuya ulaşmadan önce sıvıyı “serbest soğutma” yoluyla önceden soğutmak için yeni nesil veri merkezlerinde sıklıkla soğutma kulesi kullanılmaktadırlar. Serbest soğutma aslında serbest değildir ama soğutucu kullanmaya oranla çok daha enerji verimi yüksektir.

Su bazlı serbest soğutma ısıyı dağıtmak için soğutma kulelerini kullanmaktadır. Soğutma kuleleri; suyun soğutucu sıvısının ısını ısı dönüştürücüsünde absorbe ettiği ayrı bir soğutma döngüsü kullanmaktadır. Soğutma kulesinde sıcak su daha sonra geniş yüzeyli bir yapıya doğru akar ve ısıyı dışarıya buharlaşma yoluyla taşır ve böylece soğutma gerçekleşir. Havanın nispeten kuru olması durumunda sıcak su ortam sıcaklığından daha düşük ısıyla soğutulabilir. Soğutma kuleleri düşük nemli ılıman iklimlerde iyi performans göstermektedirler. Gariptir ki, çok soğuk iklimlerde iyi performans

¹ Amerikan Tesisat Mühendisleri Derneği olarak 1894 yılında kurulmuş ve dünya çapında 50,000'den fazla üyesi olan bir topluluktur. Yapı sistemleri, enerji verimliliği, iç hava kalitesi ve soğutmaya odaklanmaktadır.

göstermezler. Çünkü kulelerdeki buz oluşumunu engellemek için ek mekanizmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Alternatif olarak, serbest soğutma sistemi ısının bir kısmını dağıtmak için binanın dışında yer alan glikol bazlı radyatör kullanabilmektedir. Bu soğuk iklimlerde iyi performans gösterebilir ama ılıman veya sıcak iklimlerde daha az performans gösterir. Çünkü havadan havaya aktarım yoluyla ısı değişimi buharlaşmaya göre daha az etkilidir. Alternatif olarak, bazı tasarımlar CRAC yoluyla ısı değişim adımını atlamaktadırlar. Bunun yerine dış çevre ısıyı uygun olduğu zaman dış havayı doğrudan odaya veya yükseltilmiş döşemede bulunan menfeze üfleyen büyük fanlar kullanmaktadırlar.

Mekanik soğutma donanımının çoğu jeneratörler tarafından desteklenmektedir. (ve bazen UPS ler tarafından) Çünkü aşırı ısınma gerçekleşmeden önce veri merkezi birkaç dakikadan daha fazla soğutma olmaksızın işlev gösteremez. Standart bir veri merkezinde, soğutucular ve pompalar jeneratörler tarafından desteklenmesi gereken kritik yükü %40 veya daha fazla arttırabilir (Atwood ve Miner, 2008).

2.4.3 Hava akışı sistemleri ve çevresel kurallar

Daha yüksek işletme verimliliği ve daha düşük toplam maliyetlere ulaşmak için havayla soğutulan BT donanımında artan nem ve sıcaklık aralıklarına olan küresel ilgi artmaya devam etmektedir. Bu yüzden, soğuk/sıcak hava muhafaza koridorları gibi yüksek verimlilikte hava soğutma sistemleri uygulanmaktadır. Koridor muhafazaları kullanarak sıcak ve soğuk havanın ayırımı mevcut yeni nesil veri merkezlerinde sıklıkla kullanılan enerji verimliliği stratejisidir. Bunun amacı soğuyan hava kaynağını sıcak hava çıkışından ayırmak ve soğuk hava beslemesinin sıcak havayla karışmasını önlemektir. Böylece yüksek hava giriş sıcaklıkları sağlanabilir. Bu konfigürasyonda, soğuk hava yükseltilmiş zemin döşemeleri yoluyla soğuk koridora girer ve sunucuların bulunduğu kabinler yol alır, BT donanımını soğutur ve sunucuların

bulunduğu kabinlerin arkasından sıcak koridora yol alır. Tek bir sıcaklık kontrolünden daha iyi işleyen bu stratejiyle, soğuk besleme havasını sıcak dönüş havasından tamamıyla ayırmak gerekir. Fakat atlama (bypassing), yeniden döngü ve negatif basınç gibi durumlar söz konusu olabilir ve bu mevcut soğutmanın sadece kısmi kullanımına yol açar (Salim ve Tozer, 2010).

Çoğu veri merkezi diğer bölümlerde belirtilen yükseltilmiş döşeme yapısını kullanmaktadır. Belirli bir yere dağıtılan soğutma miktarını değiştirmek için, delikli döşemelerin sayısı değiştirilebilir. Soğutma sisteminin iyi performans göstermesi için, döşemelerden gelen soğuk hava akımının sunuculardan gelen yatay hava akımıyla karşılaşması gerekmektedir. Örneğin bir kabinde hava akımı 30 cmm (dakikada küp metre) olan 10 sunucu var ise delikli döşemeden çıkan net hava akımı 300 cmm (veya daha yüksek şayet sunucular yoğun bir şekilde kontrol edilmiyorsa) olmalıdır. Daha düşük olursa tüm soğuk hava kabinlerin alt tarafında bulunan sunucular tarafından emilir ve kabinlerin üst tarafında bulunan sunucular gelen sıcak havayla karşı karşıya kalacaklardır. Bu istenmeyen etkiye “yeniden devir daim ” etkisi denir. Çünkü sıcak bir sunucunun çıkışından hava yakında bulunan bir sunucunun girişine devir daim etmektedir. Bazı veri merkezleri bu problemi çözmek için sunucu kabinlerinin üstündeki kanallardan ekstra soğuk hava akışını sağlamaktadır.

Uygun miktarda hava akışı ihtiyacı veri merkezlerinin güç yoğunluğunu sınırlamaktadır. Bir sunucudaki sabit ısıyı sağlamak için sunucuların bulunduğu kabinlerin hava akışı ihtiyacı güç tüketimiyle beraber artmaktadır ve yükseltilmiş döşemelerle sağlanan hava akışı güçle beraber doğrusal bir şekilde artmalıdır. Bu durumda, menfez içine soğuk hava akışını sağlamak için CRAC üniteleri tarafından ihtiyaç duyulan fan gücünü arttıran zemin altındaki menfezde üretilmesi gereken statik basınç miktarını azaltmaktadır. Düşük yoğunluklarda bunu başarmak kolaydır, ama bazı noktalarda fizik kuralları devreye girer ve basıncı ve hava akışını arttırmanın ekonomik açıdan kullanışsız olduğunu gösterir. Normal şartlarda bu sınırlamalar, maliyetleri

ciddi anlamda arttırmadan 150-200 W/sq ft (1 square feet = 0.09290304 m²) den daha fazla güç yoğunluklarını geçmeyi zor hale getirmektedir.

Daha önce değinildiği gibi, yeni nesil veri merkezleri yeniden devir daimi önlemek ve CRAC ünitelerine giden yolu optimize etmek için sıcak koridorları odadan fiziksel olarak ayırmaya başlamışlardır. Bu yapıda, tüm oda soğuk havayla doludur (sıcak hava çıkışı ayrı bir menfez veya kanal içerisinde) ve bu şekilde kabinde bulunun tüm sunucular aynı ısı derecesinde havayı içeri alır (Patterson ve Fenwick, 2008, s.5-6).

Çevresel Kurallar:

Çok sayıda meslek örgütü veri merkezlerinin enerji yönetimiyle ilgili öne çıkan konuları belirleme çabası içerisinde. Bunlar arasından en bilineni endüstri hissedarlarıyla ortak bir çalışma içinde olan ASHRAE bu tesislerin uygun işletimi amacıyla çevresel kılavuzlara odaklanmıştır. İşletme enerji maliyetleri üzerinde önemli etkisi olduğu için giriş hava ısısının ve nem gereksinimlerinin genişletilmesine imkân vermeye yönelik çeşitli düzeltmeler yapılmıştır. Son 5 yıl içerisinde, ASHRAE veri merkezi tasarımcılarına sunulan soğutma teknikleriyle ilgili bir dizi kitap ve mimarlar inşaatçılar, makine mühendisleri, elektrik mühendisleri, BT profesyonelleri dahil olmak üzere farklı gruplardaki profesyoneller için en iyi uygulamaları içeren kitaplar yayınlamıştır (Joshi ve Kumar, 2012).

Son on yılın başlangıcından beri ASHRAE enerji yoğunluklarında, işletme çevre kılavuzlarında ve veri merkezlerinin soğutulmasıyla ilgili trendleri belirlemede öncü rolü oynamıştır. Bu durum ortaya çıkan çevresel ve ısı yükü gereksinimleri, BT donanımı ve tesislerini güncelleme ve belirlemeye tahsis edilmiş teknik komitenin (TC 9.9) oluşturulması yoluyla başarılmıştır. TC 9.9 grubu Datacom serisi olarak ASHRAE tarafından yayınlanan veri merkezleri tasarımı ve işletimi ile ilgili çok sayıda kılavuz kitap geliştirmede rol oynamıştır (ASHRAE, 2011).

Bilgi işlem ortamları için termal kılavuzlarda, ASHRAE elektronik donanım için uygun çevresel koşulları belirtmektedir. Ayrıca tüm donanım sınıfları için ASHRAE tarafından tavsiye edilen sıcaklık ve nispi nem değerleri bulunmaktadır (Tablo 2.2). Bu değerler BT donanımındaki hava giriş koşullarını belirtmektedir. Böylece soğuk/sıcak koridor konfigürasyonlarındaki oda veya soğuk koridor girişleriyle ilgili değerleri sunmaktadır. Nem değerleriyle ilgili eksik kontrol bilgisayar donanımlarının güvenilirliğini riske sokabilir. Çok yüksek nem su buharının donanım üzerinde yoğuşmasına sebep olabilir, diğer yanda çok düşük nem elektrostatik deşarjına yol açabilir. Bu yüzden, ASHRAE nem aralığını %20 ile %80 arasında olmasını tavsiye etmektedir (ASHRAE, 2011).

Tablo 2-3 Veri merkezleri için termal kılavuz

SINIF	İzin Verilen Kuru Termometre Sıcaklığı	Nem Aralığı	Maksimum Yoğuşma Noktası
A1 Sınıfı	15 – 32 °C	%20 – %80	17 °C
A2 Sınıfı	10 – 35 °C	%20 – %80	21 °C
A3 Sınıfı	5 – 40 °C	%8 – %85	24 °C
A4 Sınıfı	5 – 45 °C	%8 – %90	24 °C

Kaynak: ASHRAE, 2011

3 YENİ NESİL VERİ MERKEZİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Yeni nesil veri merkezlerinde enerji verimliliği konusu artan maliyetler ile beraber günümüzde veri merkezi işletmecilerinin en çok üzerinde durdukları konu haline gelmektedir. Bu önemli konu ilk olarak; altyapı tasarımında enerji verimi hesaplaması ve enerji kayıplarının kaynakları başlıklarında ele alınmaktadır. Daha sonra konunun en önemli bölümü olan enerji veriminin artırılması; bütün boyutları ile ve birçok yöntem sunularak verilmektedir. Son olarak sırasıyla veri merkezlerinde enerji verimliliği konusunda güncel yaklaşımlar olarak; yeşil veri merkezi çözümleri, taşıma kabini (konteyner) şeklinde modüler veri merkezleri, sanallaştırma, bulut bilişim ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ele alınmaktadır. Diğer yandan veri merkezi ölçüm sistemleri de altyapı tasarımında önemli bir yer tutmaktadır. Veri merkezi ölçüm sistemleri başta Enerji Kullanım Etkililiği (PUE) olmak üzere, diğer ölçüm sistemlerini de kapsayacak şekilde ele alınmaktadır.

Enerji için artan talep; bilgi işlem ve veri depolama kapasitesi için artan taleple aynı zamanda gerçekleşmektedir. Amerika'da 2006 yılında yapılan bir araştırmada; veri merkezlerinin 61 milyar kilowatt saat (kWh) elektrik harcadığı ve bu artışın her yıl %12 olacağı tahmin edilmektedir. Maalesef, veri merkezine gelen enerjinin sadece %30 u BT donanımı tarafından harcanmaktadır. BT donanımına sadece enerji sağlanması gerekmez ayrıca soğutulması da gereklidir. Birçok açıdan, soğutma işlemini enerji tüketiminin bir işlevi olarak düşünebiliriz. Enerji tüketimi arttıkça soğutma ihtiyacı ve buna bağlı enerji tüketimi de artmaktadır (Scheihing, 2009).

Kabin başına düşen 3,000 watt son on yıl öncesine kadar önemli bir tüketim miktarı olarak görünmesine rağmen günümüzün yüksek yoğunluklu blade tipi kabinleri 10,000 – 30,000 watt tüketmektedir ve 60,000 – 70, 000 wattların söz konusu olma potansiyeli vardır. Elbette bu enerji talebi yaklaşık aynı miktarda soğutma enerjisi talebini doğuracaktır (Spafford, 2009, s.11).

Veri merkezlerinin her hangi bir iş yerinden 100 kat daha fazla olan metre kare başına enerji talebi son yıllarda kayda değer bir artış göstermiştir. Temelde bunun sebebi; işlem yapan sunucu boyutlarının, mekânın ve sunucu işlemlerinin daha verimli kullanımının azalmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum daha fazla enerji ve soğutma kapasitesi gerektirmektedir. Aslında, toplam enerji tüketiminin neredeyse yarısı soğutma işleminden kaynaklanmaktadır ve bu soğutma işlemi yüksek miktarlarda atık ısı açığa çıkarmaktadır (Oro vd., 2015, s.430).

Veri merkezlerinin enerji tüketimi soğutmayla ilgili elverişsiz yerleşim koşulları ve sıkışık sunucu kabin yerleşimi ve verimsiz hava akışı yönetimi sebebiyle gereksiz yere yüksek olabilir. Ayrıca, modelleme araçları olmaksızın hava akışı yönetimini iyileştirmek kolay değildir. Veri merkezlerinin verimsiz enerji tüketimine neden olan bir başka faktör ise işletmecilerin temel odak noktasının enerji verimliliğinden ziyade güvenilirlik olmasıdır. Bu yüzden, veri merkezlerinin çoğu en kötü senaryoya göre tasarlanır ve daha sonra hem yatırım hem de işletme maliyetlerini arttıracak bir şekilde mekanik bileşenler normalden fazla büyüklükte seçilir. Yine de, veri merkezlerindeki enerji seviyeleri en üst seviyelere ulaştığı için, enerji verimliliği uygulama stratejileri bu sorunları çözmek için bir yol olarak görülmektedir. Sonuç olarak, hem BT hem de soğutma ihtiyaçlarını azaltmak için etkili ve verimli önlemlerin alınması olmazsa olmazdır (Oro vd., 2015, s.430).

Enerji verimliliği bir süredir mobil ve yerleşik alanlarda ana teknoloji unsuru olmuştur, ama bu konu genel amaçlı bilgisayarlar için nispeten yeni bir odak haline gelmiştir. Daha önce gerçekleştirilen çalışmalar batarya süresini arttırma üzerine odaklanmışken artık termal zorunluluklar CPU performans gelişimini kısıtlamaya başladığı için maksimum güç kullanımını azaltmaya yönelik çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Enerji yönetimi artık sunucular ve veri merkezi faaliyetleri için önemli bir konu haline gelmiştir ve sermaye, işletme maliyetleri ve çevresel etki dâhil olmak üzere enerjiyle ilgili tüm maliyetleri azaltmaya odaklanmaktadır.

3.1 Veri Merkezi Ölçüm Sistemleri

Mevcut yeni nesil veri merkezlerinde; kullanılan zemin alanından tüketilen enerji kaynaklarına ve ortaya çıkan salınım miktarlarına kadar hep bir ölçüm sistemi altındadır. Enerji verimliliği ve enerji tüketim oranları söz konusu olduğunda ölçüm sistemleri çok önemlidir fakat bu durum veri merkezlerinde yeni bir olgu olarak karşımıza çıkan ölçüm düzensizliği/karmaşası meselesini ortaya çıkarmıştır. Enerji tüketiminin sadece ekonomik ve çevresel performansa değil aynı zaman da toplam faydaya olan önemli katkısından dolayı enerji verimliliği bu karmaşanın odak noktası olmuştur (Gilbert, 2013).

Enerji verimlilik ölçümleri ve kıyaslama (benchmarking) yeni nesil veri merkezlerinde enerji kullanımını azaltmak amacıyla potansiyel fırsatları ve performansı takip etmek için kullanılabilir. Bu kısımda sıralanan her bir ölçüm sistemi için kıyaslama değerleri referans olarak verilmiştir. Bu değerler Ulusal Lawrence Berkeley Laboratuvarları (Lawrence Berkeley National Laboratories) tarafından gerçekleştirilen veri merkezi kıyaslama çalışmasına dayanmaktadır. Burada kullanılan veriler veri merkezleri için LBNL Self-Benchmarking rehberinde bulunabilir (LBNL, 2015).

Enerji Kullanım Etkililiği (PUE):

PUE veri merkezini işletmek için gerek duyulan toplam enerjinin (Panolar, UPS, Aküler, PDU ve iklimlendirme (Soğutucular, CRAC vs.) donanımları tarafından şebekeden talep edilen) BT donanımı (Sunucular, bellek, ağ (network) donanımları tarafından talep edilen) tarafından harcanan toplam enerjiye olan oranı olarak tanımlanır. PUE verim seviyeleri Tablo 3.1 de gösterilmektedir.

$$PUE = \frac{\text{Toplam Enerji}}{\text{BT Donanım Enerjisi}} \quad (3.1)$$

Tablo 3-1 Enerji Kullanım Etkililiği seviyeleri

PUE	Verim Seviyesi
3.0	Çok Verimsiz
2.5	Verimsiz
2.0	Ortalama
1.5	Verimli
1.2	Çok Verimli

Kaynak: The Green Grid

Ortalama bir veri merkezinin PUE oranı 2.0 dır; ama son zamanlarda geliştirilen süper-verimli yeni nesil veri merkezlerinin 1.1 gibi düşük PUE oranlarına sahip olduğu bilinmektedir. En basit anlamda PUE veri merkezi altyapısının tesis içinde sebep olduğu fazla yükün bilinmesini sağlamaktadır. Örneğin, 2.0 değerindeki bir PUE veri merkezinde kullanılan toplam enerjinin BT enerjisi tarafından kullanılandan iki kat olduğu veya altyapı enerji kullanımının BT enerjisi kullanımına eşit olduğu anlamına gelmektedir. Endüstride kullanılan bazı gerçek performans verileriyle ilgili puanlama sistemine bakmak da bize bu konuda yol gösterecektir.

Toplam veri merkezi enerjisi öncelikle (ama bununla sınırlı değil) enerji dönüşümlerinde ve elektrik hatlarından BT donanımına dağıtımda (transformatörler, UPS ve PDU) kaybolan enerjiyi, veri merkezini soğutmak için ihtiyaç duyulan enerjiyi, aydınlatma, güvenlik sistemleri ve BT donanımın kendisi olmak üzere veri merkezini desteklemek için ihtiyaç duyulan tüm enerjiyi içermelidir. Veri merkezinde yıllık kullanılan BT enerjisi sunucuları, ağ ve depolama donanımlarını içermelidir (Patterson, 2012, s.247).

Veri Merkezi Altyapı Verimliliği (DCIE):

Veri merkezi altyapı verimliliği (DCIE) tüm BT donanımı tarafından kullanılan toplam enerjinin veri merkezini işletmek için kullanılan toplam enerjiye olan oranı olarak veya PUE nin tersi olarak tanımlanmaktadır. DCIE verim seviyeleri Tablo 3.2 de gösterilmektedir.

$$DCIE = \frac{1}{PUE} = \frac{BT \text{ Donanım}}{\text{Enerji Toplam Tesis Enerjisi}} \quad (3.2)$$

Tablo 3-2 Veri merkezi altyapı verimliliği (DCIE) seviyeleri

DCiE	Verim Seviyesi
33%	Çok Verimsiz
25%	Verimsiz
50%	Ortalama
67%	Verimli
83%	Çok Verimli

Kaynak: The Green Grid

DCiE PUE ile aynı zamanda ortaya çıkan bir kavramdır ve temel anlamda PUE nin tersidir. Her bir ölçüm sisteminin kendi destekleyicileri vardır. DCIE ideal değeri olan 1 in (veya %100 ün) aşağıdan ulaşıldığını ve bunun bir verimlilik ölçümü olduğunu takdir eden mühendisler tarafından teknik açıdan daha uygun bulunmuştur. PUE diğer taraftan işletme personeli tarafından tercih edilmektedir çünkü bu değer işletme personeline alt yapı için ödemek zorunda oldukları “vergi” için daha çok bilgi vermektedir. 1.0 değerinin üstündeki her değer (1.0= ideal değer –tüm enerji sadece BT donanımı tarafından kullanılmaktadır) enerji faturası için yük anlamına gelir ve para maliyeti vardır. PUE ile altyapı yükü BT yükü bağlamında kolaylıkla görülebilir. PUE 1.0 değerine yukarıdan yaklaşarak optimize edilmiştir. Her iki ölçüm sistemi aynı şeyleri eşit bir şekilde anlatmaktadır ama farklı formatta. Yine de yaygın kullanım PUE için o kadar baskındır ki DCIE pek rağbet görmemektedir (Patterson, 2012, s.252).

The Green Grid şirketi bu formüllerin geçtiği rehberin sonunda referans listesinin ve ilgili web bağlantılarının sağlandığı bu iki ölçüm sistemi için kıyaslama protokolü geliştirmiştir (THE GREEN GRID, 2011).

Bu iki terimin – PUE ve DCIE – tüm bir veri merkezinin toplam verimliliğini belirlemediğini işaret etmek önemlidir. Sadece bir veri merkezindeki destek donanımların verimliliğini belirlemesi söz konusudur. Bu ölçüm sistemleri anlık güç kullanımından (kW) ziyade ortalama yıllık enerji veya yıllık enerji birimlerini (kWh) kullanır. Yıllık ölçüleri kullanmak BT enerji yönetimi gibi uygulamalar sebebiyle dinamik BT yükleri eğilimlerinin yanında değişken serbest-soğutma enerji tasarrufu için hesaplama avantajı sağlar (Lintner, 2011, s.17).

PUE ve DCIE tesisin enerji kullanımı açısından tanımlanır. Bir başka alternatif tanım olarak farklı yakıt kaynağı kullanımlarının hesabı için kaynak enerji ölçümü kullanılabilir. Energy Star¹ tarafından kaynak enerjisi bakımından tanımlanan benzer bir ölçüm sistemi aşağıdaki şekildedir.

$$Kaynak PUE = \frac{Toplam Tesis Enerjisi (kWh)}{UPS Enerjisi (kWh)} \quad (3.3)$$

Yukarıda belirtildiği gibi, bahsi geçen ölçüm sistemleri toplam veri merkezi verimliliğinin tersine veri merkezi altyapısı verimliliğinin bir ölçümünü sağlamaktadır. Çeşitli şirketler bir birim enerji veya güç başına veri merkezi tarafından üretilen işlemleri hesaplamak için bir protokol yoluyla toplam veri merkezi verimliliğini geliştirmek üzerine çalışmalar yapmaktadırlar. Bu tür ölçüm sistemleri The Green Grid şirketi tarafından önerilen Veri Merkezi Verimliliği ve Veri Merkezi Enerji Verimliliği ölçüm sistemi ve Uptime Enstitüsü tarafından önerilen kurumsal ortalama veri merkezi verimlilik ölçümüdür (Lintner, 2011, s.18).

Enerji yeniden kullanım verimliliği (ERE):

Enerji yeniden kullanım verimliliği (Energy Reuse Effectiveness - ERE) veri merkezini işletmek için gerekli olan toplam enerji eksi yeniden kullanım

¹ Energy Star tüketici ürünleri için uluslararası bir standarttır. 1992'de Çevre Koruma Enstitüsü ve Enerji Departmanı tarafından oluşturulmuştur.

enerjisinin tüm BT donanımı tarafından kullanılan toplam enerjiye olan oranı olarak tanımlanır.

$$ERE = \frac{\text{Soğutma} + \text{Enerji} + \text{Aydınlanma} + \text{BT} - \text{Yeniden Kullanım Enerjisi}}{\text{BT Donanım Enerjisi}} \quad (3.4)$$

ERE için alternatif bir formül vardır:

$$ERE = (1 - ERF) \times PUE \quad (3.5)$$

Burada ERF enerjiyi yeniden kullanım faktörü olarak tanımlanmaktadır.

$$ERF = \frac{\text{Yeniden Kullanım Enerjisi}}{\text{Toplam Enerji}} \quad (3.6)$$

PUE ve ERE nin özellikleriyle ilgili detaylı inceleme bir başka önemli bir sonucu ortaya çıkarmaktadır. PUE değeri 1.0 dan sonsuz bir değere kadar olabilir. 1.0 değerindeki bir PUE veri merkezine gelen enerjinin %100 ünün BT donanım için kullanıldığını ve soğutma, aydınlanma ve diğer BT-dışı yükler için enerji kullanılmadığını göstermektedir. ERE söz konusu olduğunda değer 0 dan başlayarak sonsuz bir değer alabilir. ERE 1.0 dan daha küçük değerlerin ortaya çıkmasına imkan vermektedir. ERE değerinin 0 olması veri merkezine getirilen enerjinin %100 ünün veri merkezi kontrol biriminin dışında başka bir yerde daha kullanıldığı anlamına gelmektedir (THE GREEN GRID, 2009).

Önceki kısımlarda belirtildiği gibi, PUE nin yaygın kullanımıyla beraber ölçüm sisteminin yanlış kullanımı istenmeyen ama beklenen bir durumdur. Bunun bir önemli örneği 1.0 değeri altındaki PUE raporlarıdır. Bu değerlerin oluşması teknik açıdan imkânsızdır. Bununla ilgili iddialar atık enerjinin yararlı bir şekilde başka yerlerde kullanıldığına ilişkin söylemleri içermektedir. Bu kavram takdire şayan

bir yaklaşım olsa da ölçüm sistemi buna uygun değildir. Bu sorunu çözmek maksadıyla The Green Grid şirketi enerjinin yeniden kullanımını açıklamak için yeni bir ölçüm sistemi, enerji yeniden kullanım verimliliği, ERE'yi tanımlamıştır

ERE nin bir yararı PUE gibi aynı paydaya sahip olmasıdır yani toplam BT enerjisi değerine. Bu durum PUE ve ERE değerlerinin karşılaştırılmasına imkân vermektedir. ERE 0 değerinde ideal bir değere sahiptir. Bunun anlamı da veri merkezine getirilen enerjinin tümünün (BT ve altyapı) başka yerde faydalı bir şekilde kullanıldığıdır. Pratik olarak bunun olması pek olası olmamasına rağmen buradaki esas amaç değerinin 1.0 ın altına inemediği PUE ile daha fazla karşılaştırma yapabilmektir. ERE nin teorik olarak 1.0 değeri vardır ve bu toplam enerjinin %100 ünün veri merkezinden sonra tekrar kullanılabilirdiğini belirtmektedir.

Enerjinin yeniden kullanımı olmadığı zaman ERE ve PUE aynıdır. Bu durumda tek bir ölçüm sisteminin ERE nin yeterli olabileceği ileri sürülebilir. Fakat her ikisini de kullanmada yarar vardır. PUE değeri 1.2 ve ERF değeri 0.25 (toplam enerjinin %25 inin yeniden kullanıldığı anlamına gelir) olduğu çok verimli bir veri merkezi düşünün. ERE değeri 0.9 olur. Tersine, 2.0 PUE değerine sahip nispeten verimsiz bir veri merkezi enerji yeniden kullanımı konusunda iyi işler başarıyor olabilir ve toplam enerjisinin %55 ini yeniden kullanıyor olabilir. Bu durumda ERE değeri tekrardan 0.9 olarak karşımıza çıkmaktadır. Ama hem veri merkezlerinin farklı profilleri vardır hem de her biri farklı işlem parametreleriyle çalışıyor olabilir. Biri veri tabanı PUE değerini azaltmak isteyebilir diğer yandan başak bir veri merkezi ERF değerini iyileştirmeyi düşünebilir. Her iki durumda da ERE faydalı olacaktır fakat tek başına bir ölçüm sistemi olarak neye odaklanacağı konusunda bir netlik sağlamaz (Patterson, 2012, s.253).

Veri merkezi diğer ölçüm sistemleri:

Kabin Soğutma İndeksi (RCI):

Kabin soğutma indeksi (Rack Cooling Index - RCI), ASHRAE/NEBS tarafından belirlenen donanım giriş sıcaklık kılavuzuna göre donanım kabinlerinin ne kadar verimli bir şekilde soğutulduğunu ölçer. ASHRAE Sınıf 1 (ASHRAE, 2008) kılavuzunda belirtilen, izin verilen ve tavsiye edilen giriş sıcaklıkları arasındaki farkı kullanmak suretiyle, maksimum RCI_{HI} ve minimum RCI_{LO} sınırları şu şekilde tanımlanmaktadır: (Lintner, 2011, s.18).

$$RCI_{HI} = \left[1 - \frac{\sum(T_x - 80)}{(90 - 80)n} \right] \times 100 [\%] \quad (3.6)$$

$$RCI_{LO} = \left[1 - \frac{\sum(65 - T_x)}{(65 - 59)n} \right] \times 100 [\%] \quad (3.7)$$

Burada,

T_x = Donanım girişindeki ortalama sıcaklık x

n = Toplam giriş sayısı

%100 lük bir RCI donanım için ideal koşulların olduğu anlamına gelmektedir.

%90 dan küçük bir RCI kötü koşullar anlamına gelmektedir.

Geri Dönüş Isı İndeksi (RTI):

Geri Dönüş Isı İndeksi (Return Temperature Index – RTI) hava yönetim sisteminin enerji performansını değerlendirmektedir. RTI ise şu şekilde tanımlanır:

$$RTI = \frac{\Delta T_{AHU}}{\Delta T_{EQUIP}} \times 100\% \quad (3.8)$$

Burada,

ΔT_{AHU} = Standart (hava akışı ağırlıklı) hava tutucu ısı düşüşü

ΔT_{EQUIP} = Standart (hava akışı ağırlıklı) BT donanım ısı artışı

%100 lük bir RTI değerinden sapmalar hava yönetim sisteminde azalan bir performans anlamına gelmektedir. Burada %100 ün üzerindeki bir değer ortalama ortam sıcaklığından kayda değer miktarda düzensiz sıcaklık “hot spots” oluşumuyla sonuçlanan yeni hava döngüsünü işaret etmektedir. Bundan dolayı geri dönüş hava sıcaklığı artışa geçer. Diğer yandan %100 ün altındaki bir değer soğuk havanın elektronik donanımı soğutmaya katkısının bulunmadığına ve geri dönüş hava sıcaklığını azaltarak doğrudan hava tutucuya geri döndüğü by-pass havasını işaret eder.

Bu yüzden, %100 lük bir RTI değeri verimli bir hava yönetim sistemi için esas amaç olmalıdır. BT donanımındaki sıcaklık artışı 10°F dan 40°F ve üzerinde değişiklik gösterebileceğinden RTI hesabında kullanılan donanım delta-T (ΔT) si ağırlıklı ortalama hava akışıdır. Tüm BT donanımındaki tam sıcaklık artışını ölçmek zorlu ve çoğu kez uygulaması zor bir iştir. Ağırlıklı ortalama hava akışı donanım ΔT sini ölçme ve tahmin etmek için önerilen yöntemler Enerji Bakanlığı (Department of Energy - DOE) nın DC Pro yazılım aracında bulunan Hava-Yönetim Veri Toplama Kılavuzu (Air-Management Data Collection Guide) ve Mühendislik Başvuru Kitabında (Engineering Reference) bulunabilir (DOE, 2011).

RCI ve RTI parametreleri veri merkezi hava yönetim sisteminin toplam performansını ölçmede nesnel bir yonteme imkân verir. En iyi olası tasarımı oluşturmak için bu parametreler birlikte kullanılmalıdır. Genel olarak “hava yönlü ΔT ” olarak bilinen giriş ve dönüş hava sıcaklık farkı hava yönetim etkililiği ölçümü sistemi olarak kullanılmaktadır. RCI hava yönetimi etkililiği için daha iyi bir göstergedir çünkü sunucularda (sunucu yüküne bağlı olarak 10°F ve 40°F den fazla olabilen) ve hava tutucularındaki sıcaklık farklarını ortaya koymaktadır. Yine de, hava yönlü ΔT kabinlerin yüklerini belirlemek açısından artı bir rehber görevi görmektedir. Yani, bir kabin ne kadar yoğun yüklüyse donanım ΔT si o kadar yüksektir ve bundan dolayı fan enerji tasarrufu için daha yüksek hava yönlü ΔT tasarımı yapılabilir.

Isınma, Havalandırma ve İklimlendirme (HVAC) Sistem Etkililiği:

Isınma, Havalandırma ve İklimlendirme (Heating, Ventilating, and Air Conditioning – HVAC) sistem etkililiği ölçüm sistemi yıllık olarak BT donanım enerjisinin yıllık HVAC sistem enerjisine olan oranı olarak tanımlanmaktadır:

$$Etkililik(HVAC) = \frac{kWh/yıl BT}{kWh/yıl HVAC} \quad (3.9)$$

Tablo 3-3 HVAC sistem etkililiği seviyeleri

<u>Standart</u>	<u>İyi</u>	<u>Daha İyi</u>
<u>0.7</u>	<u>1.4</u>	<u>2.5</u>

Kaynak: Lintner, 2011

BT donanım enerjisinin sabit bir değeri için, daha düşük HVAC sistem etkililiği nispi yüksek HVAC sistem enerji kullanımı anlamına gelmektedir. Bundan dolayı HVAC sistem verimliliğini iyileştirme potansiyeli ile örtüşmektedir. Düşük HVAC sistem etkililiği sunucu sistemlerinin HVAC sistemine göre çok daha iyi optimize ve verimli olduğunu gösterebilir. Bundan dolayı bu ölçüm HVAC verimlilik potansiyeli için kaba bir elek görevini görür. Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı tarafından incelenen veri merkezi veri tabanlarına göre, HVAC sistem etkililiği değerleri 0.6 ile 3.5 arasında değişiklik gösterebilir (Lintner, 2011, s.19).

Hava Akışı ve Soğutma Sistemi Verimliliği:

Bu ölçüm her bir hava akışı birimi için gerekli olan toplam fan gücünün hava akışı verimliliğini göstermektedir. Bu ölçüm havanın veri merkezinde, girişten çıkışa ne verimlilikte hareket ettiğinin toplam bir ölçümünü verir. Fan sistem verimliliğinin yanında düşük basınç düşüş tasarımını hesaba katmaktadır.

$$Verim = \frac{Toplam\ Fan\ Gücü\ (W)}{Toplam\ Fan\ Hava\ Akışı\ (cfm)} \quad (3.10)$$

HVAC sisteminin verimliliğini ölçen çeşitli ölçümler bulunmaktadır. HVAC sisteminin verimliliğini ölçmek için kullanılan en yaygın ölçüm ortalama soğutma sistemi enerji kullanımının (kW) ortalama veri merkezi soğutma yüküne (ton) olan oranıdır. Soğutma sistem verimliliği 0.8 kW/ton olan bir değer iyi bir uygulama değeri olarak gösterilirken verimliliği 0.6 kW/ton olan bir değer daha iyi bir kıyaslama değeri olarak düşünülmektedir (Lintner, 2011, s.20).

$$Verim = \frac{Ortalama\ Soğutma\ Sistem\ Enerjisi\ (kW)}{Ortalama\ Soğutma\ Yüğü\ (ton)} \quad (3.11)$$

Tablo 3-4 Soğutma ve Hava Akışı sistem verimliliği seviyeleri

<u>Tür</u>	<u>Standart</u>	<u>İyi</u>	<u>Daha İyi</u>
Soğutma Sistemi	1.1 kW/ton	0.8 kW/ton	0.6 kW/ton
Hava Akışı	1.25 W/cfm	0.75 W/cfm	0.5 W/cfm

Kaynak: Lintner, 2011

3.1.1 Enerji verimliliği hesaplaması

Dünya Standartlar İşbirliği (WSC) tarafından yapılan enerji verimi tanımı süreçte kullanılan toplam enerjinin gerçekleştirilen iş miktarına bölünmesi şeklindedir. Green Grid konsorsiyumu tarafından Veri Merkezi Performans Verimi, (Data Center Performance Efficiency- DCPE) kavramı ortaya konmuştur. Bununla ilgili şu ana kadar hiç bir ölçüm sistemi belirlenmemiştir, ama genel kanı veri merkezi çapında standart bir iş yükünü gerçekleştirmek ve toplam tüketilen enerji miktarını ölçmektir. Bu faydalı bir bakış açısı olmasına rağmen ölçmesi çok zor olduğundan DCPE pratik bir ölçüm olarak etkisinin çok olacağı konusunda şüpheler vardır. Veri merkezlerinde çalışan

sunucular asıl uygulamaları çalıştırmakta olduğu için ve bu yüzden değerlendirme için uygun olmadığından nerdeyse hiç bir kuruluş bunu ölçebilecek durumda değildir.

Bunun yerine, DCPE bağımsız şekilde ölçülebilen ve aşağıdaki formülde gösterildiği gibi uygun mühendislik disiplinleri tarafından optimize edilebilen üç bileşene ayırmak daha faydalı olacaktır (Barrosa ve Hölzle, 2009, s.47-48).

Formül: Enerji verim ölçümünü üç parçaya ayırır: işletme terimi (a), sunucu enerji dönüştürme terimi (b), ve elektronik bileşenlerin verimi (c).

$$Verim = \frac{İş Miktarı}{Toplam Enerji} = \left(\frac{1}{PUE} \right) \times \left(\frac{1}{SPUE} \right) \times \left(\frac{İş Miktarı}{Elektronik Donanımlar İçin Toplam Enerji} \right)$$

(a) (b) (c)

(3.12)

Verim hesaplamasındaki ilk terim (a) PUE, ve bu veri merkezi bina altyapısının kalitesini göstermektedir. Toplam bina gücünün BT gücüne olan oranını verir; yani asıl bilgisayar donanımı (sunucu, ağ donanımı, vb.) tarafından tüketilen gücü verir. BT gücü aynı zamanda literatürde kritik güç olarak da bahsedilir. PUE faktörleri gerçekleştirilen bilişim yapısını göz ardı etmeleri sebebiyle objektif ve sürekli olarak normal işlemler aksatmadan, izleme donanımlarıyla ölçülebilirler. Ama ortalama bir veri merkezinin PUE değeri çok düşüktür. 2006 yılında yapılan bir çalışmaya göre mevcut veri merkezlerinin %85 inin PUE değerinin 3.0 dan daha büyük olduğu tahmin edilmektedir. Yani binanın mekanik ve elektrik sistemleri asıl bilişim işlemlerinin iki katı kadar çok enerji tüketmektedir; sadece %5 inin PUE değerleri 2.0 olarak ortaya çıkmıştır. Diğer çalışmalar biraz daha parlak bir görüntü sunmaktadır; çalışma kapsamına alınan 22 veri merkezinin ortalama PUE değeri yaklaşık 2.0 olarak ortaya çıkmıştır (Ton ve Fortenbury, 2005).

PUE veri merkezindeki işletme giderlerini yansıtmasına rağmen BT donanımındaki verimsizlikle ilgili unsurları açığa çıkarmaz. Sunucular ve diğer

bilgisayar donanımları aslı bilgisayar işlemleri için giriş güçlerinin %100 ünden daha az kullanım gerçekleştirmektedirler. Özellikle, kayda değer miktarda güç kaybı sunucu güç kaynaklarında, gerilim regülatör (düzenleyici) modüllerinde ve soğutma fanlarında gerçekleşebilir.

Verimlilik hesaplamasındaki İkinci terim (b) PUE ye benzer bir ölçüm kullanarak bu işletme giderlerini yansıtır ama bunun yerine bilgisayar donanımı için uygulanır: sunucu PUE (SPUE). Toplam sunucu giriş gücünün kullanılan güce oranından meydana gelmektedir. Burada kullanımdaki güç sadece bilgisayarla doğrudan ilgili elektronik bileşenler tarafından kullanılan gücü içermektedir: ana kart, diskler, CPU, DRAM, I/O kartları vb... Diğer bir deyişle, kullanımdaki güç, güç kaynaklarında (gerilim regülatör modülleri, ve fanlar) meydana gelen tüm kayıpları hariç tutar. SPUE için günümüzde kullanılan bir ölçüm protokolü bulunmamaktadır, ama Climate Savers Computing Initiative (climatesaverscomputing.org) kuruluşu bunun üzerinde bir çalışma gerçekleştirmektedir. Günümüz sunucularında 1.6 – 1.8 oranları yaygındır. Bir çok güç kaynağı %80den daha az verimlilikte performans göstermektedir ve bir çok ana kart giriş gücünün %30'dan daha fazlasını elektrik dönüşümlerinde yitiren benzer verimsizlikte gerilim regülatör modüllerini kullanmaktadır. Fakat gelişmiş SPUE lerde değer 1.2 den daha az olmalıdır (Barrosa ve Hölzle, 2009, s.51-52).

PUE ve SPUE kombinasyonu ile bilgisayar donanımı ve toplam elektromekanik işletme giderlerinin ortak verimliliği doğru bir şekilde değerlendirilir. Böylece doğru veya toplam PUE ölçümü (TPUE), $PUE \cdot SPUE$ olarak tanımlanmıştır. Bugün ortalama bir veri merkezinin bu değeri 3.2 nin üzerinde duruyor. Başka bir deyişle PUE değeri 1.2 ve SPUE değeri 1.2 olan bir tesis mevcudun yarısı kadar enerji kullanır. Bu halen daha ideal değildir çünkü binaya verilen enerjinin sadece %70'i aslı bilgisayar işlemlerinde kullanılır. Yine de statüko üzerinde büyük bir gelişmedir. Güncel gelişmişliğe bağlı olarak, yıllık TPUE'nin 1.25 değeri gerçek dünya ortamlarında ekonomik açıdan üst sınırı muhtemelen temsil eder (Barrosa ve Hölzle, 2009, s.51-52).

Sürekli Performans Ölçümü:

İdeal olarak Enerji Denetleme ve Kontrol Sistemi (Energy Monitoring and Control Systems - EMCS) ile Yönetmelik Kontrol ve Veri Edinimi (SCADA) gerçek zamanlı verimlilik ölçümlerini belirlemek için gerekli olan tüm algılayıcıları ve hesaplamaları sağlamaktadır. Ölçülen tüm değerler yıllık enerji toplamlarını elde etmek için en az bir yıl sürekli olarak takip edilmeli ve veriler arşivlenmelidir. Açık protokol kontrol sistemi ilk kurulumdan sonra daha fazla algılayıcının eklenmesine olanak vermektedir. BT donanımı çoğu kez dâhili sıcaklık algılayıcılarını içermektedir. Gelişen teknoloji dâhili BT algılayıcılarının EMCS ile entegrasyonuna imkân veren bir iletişim ara yüzü içermektedir.

Performans ölçümünü denetleme BT donanımının ASHRAE tarafından 2009 da hazırlanan kılavuzda belirtilen hava girişinde ve yüksek noktalarında sıcaklık ve nem algılayıcılarını içermelidir. Yeni teknolojiler BT donanım kabin girişlerinde yer alacak kablosuz algılayıcı ağını mümkün kılacak bir şekilde gelişmektedir. Nemsizlik / nemlilik durumunun yanı sıra her bir CRAC veya CRAH biriminde bu birimlerin entegre kontrolünün işler surumda olduğundan emin olmak amacıyla giriş hava sıcaklığı ve nemi denetlenmelidir (Lintner, 2011, s.20).

Ölçüm Sistemleri İle İlgili Yapılan Çalışmalar:

Yeni nesil veri merkezlerinde enerji verimini ölçmek amacıyla ölçüm sistemleri geliştirmekle ilgili mevcut çalışmalar ölçüm kurumları, sanayi grupları, profesyonel örgütler, yerel, bölgesel ve uluslararası hükümet kurumları gibi farklı paydaşların konuyla ilgili çalışmalarına dayanmaktadır. BT yükü tarafından tüketilen birim enerjinin toplam tüketilen enerjiyle olan bağlantısını açıklayan PUE gibi çeşitli ölçüm sistemleri ortaya konulmuştur. Fakat PUE tanımında belirtilmeyen ek bilgileri sağlamak için, Karbon Kullanım Etkililiği (CUE), Yeşil Enerji Katsayısı (GEC), veya Enerji Yeniden Kullanım Faktörü (ERF) gibi diğer ölçüm sistemleri uygun görülmüştür. Bu ölçüm sistemleri yeni nesil veri merkezlerinde atık ısının yeniden kullanımı veya yenilenebilmesi durumuyla ilgili bilgi sağlamaktadırlar (Gilbert, 2013).

Bu anlamda, (Lajevardi vd., 2014) farklı ölçüm istemlerini uygulayan küçük bir veri merkezinde enerji ve soğutma verimliliği ile ilgili gerçek zamanlı bir analiz gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre mevcut sistemlerin sorunları ve sınırlılıklarından dolayı, gelecekte yapılacak olan çalışmalar veri merkezlerinde değişim etkisini ve enerji verimliliğini daha etkili ölçmek amacıyla yeni ölçüm sistemleri geliştirmeye odaklanmalıdır. Yeşil Enerji Katsayısı (GEC) ve enerji verimliliği stratejilerinin çeşitliliği ve veri merkezlerinde işlevselliği etkileyebilecek hibrit şebeke bağlantılarının olası kombinasyonları yeni ölçüm sistemlerinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu ölçüm sistemleri GEC ve enerji verimlilik stratejilerin uygulanmasının avantajlarını ölçümlenmeli ve hibrit şebeke ve depolama sistemleriyle ortaklaşa kullanımın etkilerini sayısal ifadelerle dökümlenmelidir.

Ayrıca, farklı yeni nesil veri merkezleri tasarımlarını karşılaştırmak için ve ihtiyaçları karşılamada en iyi seçenekleri seçmek için ölçüm sistemleri kriterlerden oluşmalıdır. Olası yeni bir ölçüm sisteminin bir örneği (Cao vd., 2013) belirtildiği gibi hibrit şebekeye bağlı bir binanın yenilenebilir enerji üretimi ve tüketiminin analiz edilip bunun yeni nesil veri merkezlerine uygulanması olabilir. Dahası, birçok araştırmacı ölçüm sistemlerinin bazılarının hesaplanmasında eleştirel değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Değişen BT yükü ve PUE değeri ilişkisindeki bazı sorunların altını çizmişler ve PUE değerinin dikkatli bir şekilde kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir. PUE sadece minimum olası enerji kullanımının bir değerini vermektedir ve bunu veri merkezinin enerji verimliliğini daha iyi anlamak bağlamında en yoğun zaman periyodunda yapmaz (Brady vd., 2013).

Bu çerçevede, önerilen tüm ölçüm sistemlerinin genel anlamda bir kuralı uygulamadığından uygun bir hesaplama için ortak bir yöntem ihtiyacı olduğuna dair katı bir inanış vardır. Bu tutarsızlıkları belirtmek için, bir grup küresel genel çalışma grubu standart yaklaşımlar üzerine uzlaşmak maksadıyla düzenli bir şekilde bir araya gelmekte ve bu görüşmelerden çıkan sonuçları yayınlamaktadırlar. Mevcut durumda, PUE protokol ölçümü üzerine bir

anlaşmaya varmışlardır. Karbon Kullanım Etkililiği (CUE), Yeşil Enerji Katsayısı (GEC), ve Enerji Yeniden Kullanım Faktörü (ERF) konularında bir kılavuz rehber oluşturmuşlardır. Bu günlerde temel konu yeni nesil veri merkezi verimliliğinin tanımı üzerine odaklanmaktadır.

3.2 Enerji Kayıplarının Kaynakları

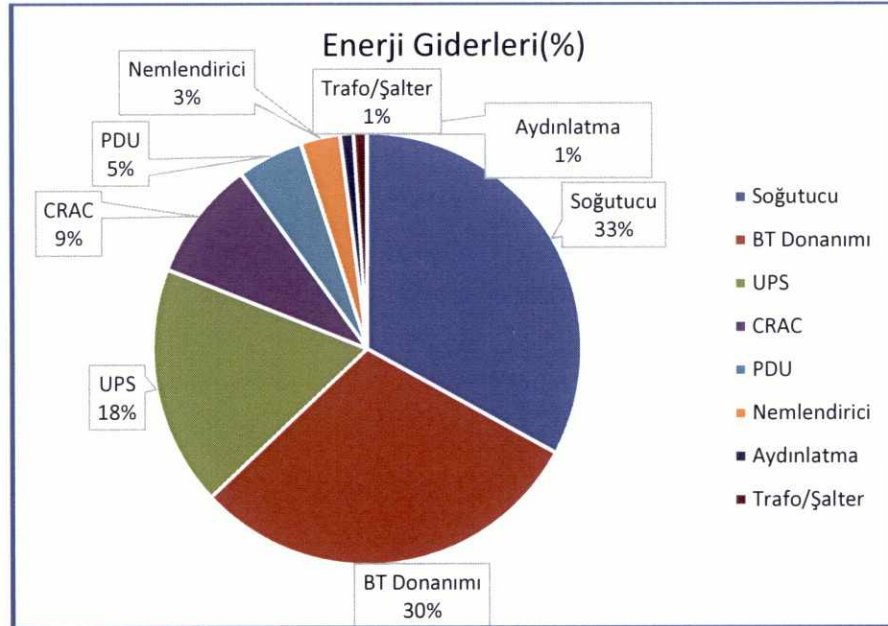
Örnek olarak standart bir veri merkezinde gerçekleşen enerji kaybı kaynaklarını inceleyelim. Yüksek gerilim gücünü 115kV'dan orta-gerilim dağıtım hatlarına düşüren transformatörler (ABD'de bu normal olarak 13.2kV olarak gerçekleşmektedir) makul bir derecede verimlidir. Böylece bu gerilim değerini 480V ve aşağısına indirgeyen transformatörlerde verimlilik kategorisi içerisinde değerlendirilebilir. Her iki durumda da enerji dönüşüm kayıpları %1'lik değer altında gerçekleşmektedir. UPS en fazla dönüşüm kayıplarının yaşandığı kaynak olarak geçmektedir. Normal şartlarda en iyi durumda %88-94 verimlilik oranıyla performans göstermektedirler. Dinamik (Rotary) UPS üniteleri ve yüksek verimli UPS üniteleri çift dönüşümü bypass ile önleyerek %97 verimlilik seviyesine ulaşabilir. Kabloların uzun olması durumunda düşük gerilimi (110 veya 220 V) sunucuların bulunduğu kabinlere getirirken orta derecede enerji kaybı gerçekleşebilir. Büyük bir merkezin yükseltilmiş döşemesi 100 metreden uzun veya geniş olabilir ve mesafe ve kablo tipine göre bu kablolarda %1-3 enerji kaybı gerçekleşebilir (Greenberg vd., 2006).

Yine de enerji kayıplarının çoğu soğutma evresinde gerçekleşmektedir. CRAC uzak mesafelerden soğuk hava transferi gerçekleştirmek çok fazla fan gücü tüketir ve aynı şekilde sıcak havanın CRAC üniteleri girişine gelmesi de enerji tüketimine yol açar. Daha da kötüsü, bu uzun mesafelerde, sıcak ve soğuk hava karışabilir ve CRAC ünitelerinde mevcut olan sıcaklık aralığını azaltmak suretiyle CRAC ünitelerinin verimliliğini büyük oranda düşürebilir. Benzer şekilde, veri merkezlerini soğuk tutan uygulaması su ısını 10°C civarında tutmayı gerektirmektedir ve bu durum soğutucu yükünü artırır. Böyle düşük ısılar CRAC ünitelerinin bobinleri üzerinde yoğunlaşmaya yol açar. Bu durum

etkililiği daha fazla azaltmaktadır ve yeniden nemli hale getirmek için harcanması gereken ek enerjiye olan gereksinimi arttırmaktadır (Patel vd., 2002).

Yüksek PUE değerleri çok kaynaklı işletim yükünden kaynaklanmaktadır (Şekil 3.1). Standart bir yükseltilmiş döşemeli veri merkezinde, soğutucular genel enerjinin en büyük kısmını tüketmektedirler, bu da normal BT yükünün %30-50'sidir. CRAC (çoğunluğu fanlarda) ikinci en büyük enerji tüketim kaynaklarıdır ve BT yükünün %10-30 unu tüketir. Bunu UPS sistemi AC-DC-AC dönüşüm kayıpları ile %7-12 ile takip etmektedir (UPS sadece düşük yükte olduğu zaman nispi kayıplar yüksektir). Diğer unsurlar (nem aygıtları, PDU, ışıklandırma) daha yüksek PUE seviyelerine yol açarlar. Düşük verimin çoğu fizik biliminin yetersizliklerinden değil verimlilik konusuna özen gösterilmemesinden kaynaklanmaktadır.

Şekil 3.1 Veri merkezi enerji giderlerinin dağılımı



Kaynak: ASHRAE, 2009

3.2.1 Meydana gelen enerji kesintilerinin etkisi

BT endüstrisi analisti firmalar tarafından yapılan çalışmalar ve anketlerden elde edilen tahminlere göre; ortalama olarak işletmeler BT sistemi kesintisinde her saat için 84.000 \$ ve 108.000 \$ arasında kaybetmektedirler. Buna ek olarak; finansal hizmetler, telekomünikasyon, imalat ve enerji şirketleri gibi endüstrinin lider sektörlerinde BT kesintisi esnasında gelir kaybı yüksek orandadır. Kesintiler sadece kurumların imajını zedelemekle kalmayıp, aynı zamanda doğrudan para kaybına neden olmaktadır. Eğer can güvenliği le ilgili bir iş yapıyorsanız, bir kesinti insan hayatı için risk anlamına gelebilir. İşletme kuruluşlarının enerji kesintisi için standart saatlik maliyetleri aşağıda Tablo 3.5 de sıralanmıştır (META GROUP, 2011).

Tablo 3-5 Sektörlere göre kesinti maliyetleri (saatlik)

İlgili Sektör	Saatlik Kesinti Maliyeti (Dolar)
Hizmet Sektörü	6.48 Milyon
Enerji	2.8 Milyon
Telekomünikasyon	2.0 Milyon
Üretim	1.6 Milyon
Perakende	1.1 Milyon
Sağlık	636.000
Medya	90.000

Kaynak: Meta Group

Yukarıdaki tabloda listelenen rakamların doğruluğu ne olursa olsun, bir veri merkezini işleten herkes saatlik kesinti maliyetini bilmelidir. Burada bazı genel karşılaştırmalar yapılmıştır. Veri merkezinde yapılan işin niteliğine ve veri işleme niteliğine bağlı olarak enerji kesintisi gelir kaybına neden olur ve muhtemelen işlem geri yüklendikten sonra bile gelir kaybı devam edecektir.

3.3 Enerji Verimliliğinin Artırılması

Endüstri ve araştırmacılar veri merkezlerini işletmek için kullanılan enerjiyi azaltmak amacıyla birçok farklı yöntem üzerinde çalışmaktadırlar. Genel

anlamda enerji verimlilik stratejileri hava taraflı (airside) veya su taraflı (waterside) serbest soğutma, sıcak ve soğuk muhafaza koridorları gibi iyi bilinen teknikleri kullanarak soğutma talebini azaltmaya odaklanmıştır. Ayrıca, araştırmacılar aynı zamanda değişen hava akışı kullanmak suretiyle soğutma işleminde enerji verimliliğini sağlamak için diğer kavramları da incelemektedirler. Bir başka konu ise kısmi yükte soğutma donanımlarıyla birlikte çalışması için yedek donanım kullanımınıdır. Bu durum daha verimli iş yükü koşulları sağlar ve böylece donanımın kullanım ömrünü artırır ve kayıplardan ortaya çıkan verimsizlikleri giderir. Bu tesislerin karmaşıklığından dolayı, sadece soğutma besleme sistemlerinde değil veri merkezlerindeki farklı altyapılarda da enerji verimlilik stratejileri uygulanabilir (DCK, 2014).

Bundan dolayı araştırmacılar elektrik beslemesiyle ilişkili yeni ölçümler üzerinde çalışmaktadırlar. Bunlardan bazıları mevcut literatürde bulunmaktadır. Dahası veri merkezi sahipleri son teknolojiler hakkında bilgili olmalıdırlar ve merkezin enerji tüketimini ve işletme maliyetlerini azaltmak için en yüksek enerji verimli bileşenleri kullanmalıdırlar. Enerji verimliliğini arttırmak veya optimize etmek için veri merkezlerinin büyük çaba gösterdiği son alan birleştirme (*consolidation*) ve heterojenlik gibi tekniklerin kayda değer miktarda enerji tasarrufu sağladığı iş yükü yönetimidir. Günümüzde veri iş yükü yönetimi maksimum fayda sağlamak için altyapı özellikleriyle belirtilen teknikleri bir arada kullanmaktadır. Bütünleyici bir politika olarak, istenildiği zaman çalışır hale getirilebilen yenilenebilir enerji donanımına sahip veri merkezleri bu duruma enerji beslemesini adapte edebilir (örnek biyoyakıt). Böylece, kısmen yenilenebilir enerjiyle faaliyet gösteren veri merkezleri iş yüklerini bu tür enerji kaynaklarının olup olmamasına göre ayarlayabilir. Enerji verimli stratejiler yoluyla kayda değer enerji ve maliyet tasarrufları sağlanacağından çevresel ve sürdürülebilir gelişim açısından zorunlu bir unsur olarak görülürler (Goiri vd., 2012).

Verimlilik için iyi bir tasarım PUE yi önemli derecede iyileştirebilir. Birçok veri merkezi 2 veya daha yüksek PUE değerinde çalışmasına rağmen çok daha verimli yeni nesil veri merkezleri tasarlamak mümkün olabilmektedir. Verimliliği arttırmanın en kolay yollarından biri geleneksel olarak kullanılan 20°C yerine soğuk koridor sıcaklığını 25–27°C lerde tutmaktır. Nerdeyse hiç bir sunucu veya ağ donanımı 20°Clik giriş sıcaklığına gereksinim duymaz. Yüksek ısıdan dolayı daha fazla donanım arızası korkusu, bu sıcaklık aralıklarında donanımları yedeklemek için neredeyse hiç bir deneysel bulguyla desteklenmemiştir. Soğuk koridor sıcaklığını arttırmak daha yüksek soğutulmuş su ısılarına imkân tanır. Bu durum soğutucuların verimliliğini arttırarak serbest soğutmayla beraber çalışma süresini azaltır. Benzer şekilde, sıcak çıkışın etkili bir yönetimi soğutma verimliliğini önemli derecede arttırabilir; konteynır bazlı veri merkezlerinin daha verimli olmasının temel sebebi budur. UPS ve güç dağıtım kayıpları yüksek verimli teçhizat seçilmesi suretiyle büyük oranda azaltılabilir. Son yıllarda, bir çok şirket PUE değeri 1.3 den daha az olan yeni nesil veri merkezlerini duyurmuşlardır (PG&E, 2006).

3.3.1 Kabul edilebilir BT sıcaklıklarının arttırılması

Kabul gören bir strateji BT oda sıcaklığını arttırmaktır. Kabul edilebilir BT sıcaklığını arttırmak boş alan sıcaklığını doğrudan etkileyecektir. Artan boş alan sıcaklığı her hangi bir soğutma türü için enerji verimliliğinde bir iyileşme sağlayacaktır. Dikkat edilirse, enerji verimliliği üzerindeki etkisi soğutma kurulumuna veya su veya hava soğutma türüne bağlıdır. Maksimum kabul edilebilir boş alan ısını arttırmak daha yüksek dış ısıda serbest hava soğutmasını kullanmayı mümkün hale getirmektedir. Tüm bunlar daha fazla serbest soğutma ve daha az buharlaşmalı soğutma ve soğuk su/doğrudan genleşme soğutması için ek soğutma süresi anlamına gelmektedir ve böylece enerjiye olan ihtiyaç azalmaktadır. Bazı durumlarda bu durum mekanik bir soğutma sistemi kurma ihtiyacını bile ortadan kaldırabilir.

Yeni nesil veri merkezlerinin toplam enerji durumu ve altyapının her bir bileşeni üzerinde artan çevre ısısının etkisi incelenmiştir. Bu analiz her bir özelliğe, BT donanımına, soğutma sistemi mimarisine ve yerleşimine bağlı optimum bir sıcaklık olduğunu ortaya koymuştur. Güvenilirlik konuları ve işlem karmaşıklığı gibi artan giriş sıcaklığının ek etkileri de ele alınmış ve sadece çevre ısısını arttırmanın enerji tüketiminde istenilen değişikliğe yol açmayabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Diğer yandan veri merkezi güvenilirliği hem kullanıcılar hem de sahipleri için önemli bir unsurdur. Kritik süreç ve uygulamalarda çok önemli bir yer tutmaktadır. 35°C dereceye kadar faaliyet gösteren bir yeni nesil veri merkezinin %4.5 arıza oranı olmasına rağmen 20°C dereceye kadar soğutulan bir veri merkezinin arıza oranı %3.8 e kadar düşmektedir (IEEE, 2008).

3.3.2 Gelecek vaat eden soğutma stratejileri

Bankacılık, elektronik ticaret, hisse alım satım ve mobil iletişim gibi birçok önemli uygulama için veri merkezlerini çalışır durumda tutma ihtiyacı önemli miktarda yedekleme araçlarını ve bu uygulamalarla ilgili soğutma işlemlerini gerektirmektedir. Veri merkezlerinin etkili termal yönetimi bundan dolayı sorunsuz işletim için gereklidir ve en eski tesislerin tasarımından bu yana önemli bir odak noktası olmuştur. Bilgisayar kapasiteleri arttıkça, BT donanımlarındaki ısı yayılımı son on yıl içerisinde özellikle yüksek performanslı veri merkezi donanımları söz konusu olduğunda birkaç kW tan 20 kWa kadar artmıştır. Bu donanımların sorunsuz çalışması için doğrudan veya dolaylı serbest sıvı soğutma kullanımı gibi soğutma teknolojilerindeki önemli gelişmeler uygulanmalıdır (Dyer, 2006).

Artan enerji maliyetleri veri merkezlerinin tasarım ve işlemlerine yeni bir odak getirmiştir. Amerika Birleşik Devletleri kongresine 2007 yılında sunulan bir rapora göre veri merkezlerinde enerji kullanımı 2000 yılından 2006 yılına kadar olan sürede iki kat artmıştır ve bu oranda bir artış sürdürülebilir değildir. California da Silikon vadisinde bulunan veri merkezleriyle ilgili Amerika Birleşik

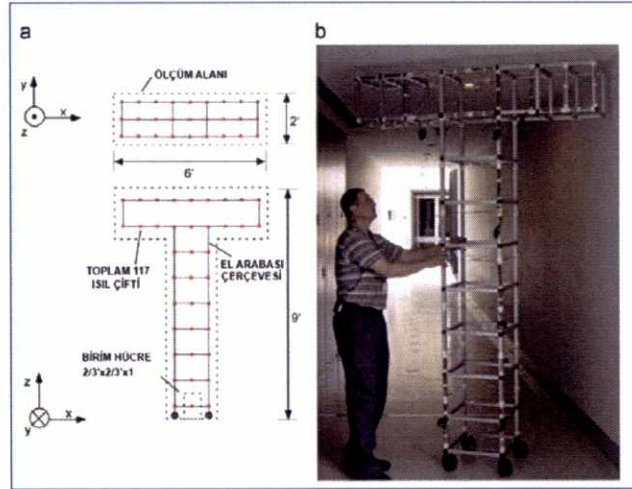
Devletleri Enerji Bakanlığı tarafından yapılan bir karşılaştırma (benchmarking) çalışmasına göre veri merkezlerinin toplam enerji kullanımının %30-50 kadarı soğutma için kullanılmaktadır. Ortam ısısını arttırma ve nem gereksinim kılıfı ve aynı zamanda serbest soğutma olarak da adlandırılan uygun olduğunda dış havayı soğutma için kullanmak gibi çok sayıda enerji tasarruf kavramları yeni nesil veri merkezi tesislerinin tasarımlarına dâhil edilmişlerdir. Son hesaplamalara göre veri merkezlerinin enerji kullanımının artış oranında bir düşüş yaşanmaktadır. Günümüzde, yeni nesil veri merkezleri gerçek tecrübelerle veya en iyi uygulamalara göre yönetilmektedirler (Dyer, 2006).

Araştırmacılar soğutma sistemlerinin enerji verimini arttırmak için uygulanabilecek gelecek vaat eden stratejileri analiz etmek bağlamında çaba sarf etmektedirler. Bu stratejilerden bazıları aşağıdaki gibidir;

Soğutma yönetiminin sağlanması:

Geleneksel CRAC ünitelerinin hava soğutmalı bir ortamda kullanılabilirmeleri için dağıtılmış algılayıcı ağı kullanan bir çevresel kontrol sistemi önerisi ortaya atılmıştır (Bash vd., 2006). Algılayıcı ağ sunucularının bulunduğu kabinlere takılmaktadır ve bulunduğu çevreyle ilgili en yakın ölçüm değerlerini sağlamaktadır. Birleşik kontrol ve algı ağı yeni nesil veri merkezi çevresinde hizmete sokulur ve bu durum mekan ve enerji maliyetini yaklaşık %25 azaltmaktadır. Bu azaltmalar soğutma kaynakları (%50 iyileşme) ve mekânın daha iyi kullanımıyla elde edilen enerji maliyetlerinden ortaya çıkmaktadır. Altyapıların 3 boyutlu haritalarını oluşturmak için hızlı ve gerçekçi bir teknik ortaya koyulmuştur. Şekil 3.2 yeni nesil veri merkezinin bir bölümündeki 3 boyutlu sıcaklık dağılımının geri dönüş ölçümleri için geliştirilen ölçüm çizelgesini göstermektedir. Termal profillerin mevcut soğutma yaklaşımlarının geliştirilebileceği güçlü sıcak noktaları ortaya koyduğu faaliyeti gösteren yeni nesil veri merkezleri için bir prototip kullanmışlardır (Hamann vd. , 2008).

Şekil 3.2 Şematik ölçüm çizelgesi (a) ve gerçek prototipi (b)



Kaynak: Hamann vd. , 2008

Değişken Hava Akışı İle Soğutma:

Havayla soğutulan yeni nesil veri merkezlerindeki yaygın bir uygulama maksimum tasarım ısı yüküne bağlı olarak sürekli hava sağlamaktır. Bu karmaşık kontrol sistemleri olmayan sağlam bir sistemdir. Sürekli hava sisteminin dezavantajı enerji kullanımınıdır. Yıl boyunca, tüm fanlar %100 çalışır durumdadır ve maksimum hava döngüsü için enerji ihtiyacı olacaktır. Mevcut ısı yükü tasarlanandan çok daha az olduğunda bazı ünitelerin çalışmasına son vermek mümkün olacaktır. Bu yüzden, en iyi uygulama değişken hava akışı soğutma ünitelerini kullanmak olacaktır. Böylece, hava akışı gerekli olan miktarda soğutma sağlayacaktır ve bu durum fan enerji tüketimini azaltacaktır. Değişken hava akışı stratejisi için farklı yaklaşımlar söz konusudur: Basınç farkı, mevcut BT yükü ve geri dönen havanın sıcaklığı (Oro vd., 2015, s.435).

Yüksek Enerji Verimli Bileşenler İle Soğutma:

Boş (Beyaz) alanların soğutma özelliklerine göre özel tasarlanmış bileşenleri seçmek suretiyle enerji verimliliği artırılabilir. Serbest soğutma seçeneğinin kullanılabilmesi yüksek verimli soğutucular, CRAC üniteleri için değişken hızlı fanlar, değişken hızlı pompalar gibi dağıtım bileşenleri bu durumun örnekleri arasında gösterilebilir (Oro vd., 2015, s.436).

Kapalı çevrim(In-Rack) soğutma sistemleri:

Kapalı çevrim(In-rack) soğutma ürünleri soğuk havayı tüm odayı doldurma fikri üzerine dayanmaktadır. Aynı zamanda güç yoğunluğunu ve soğutma verimini klasik yükseltilmiş döşeme sınırlarından daha fazla arttırabilir. Normal olarak, Kapalı çevrim(In-rack) soğutucular sunucuların bulunduğu kabinlerin arka kısmındaki su-hava ısı değiştiricisinin etkinliğini arttırır. Böylece sunuculardan dışarı çıkan hava hemen suyla soğutulan bobinlerin üzerine doğru yol alır, esas olarak sunucu çıkışı ve CRAC girişi arasındaki yolda kısa devre olur.

Bazen bu ek soğutma ısısının bir kısmını ortadan kaldırır ve böylece odanın CRAC üniteleri üzerindeki yükünü azaltır. (yani, CRAC ünitelerindeki güç yoğunluğunu azaltır) Bazı durumlarda tüm ısının hepsini ortadan kaldırır ve CRAC ünitelerinin yerini etkili bir biçimde almaktadır. Bu yaklaşımların temel dezavantajı her bir kabin için soğutulmuş su gereksinimleridir. Bu durum tesisat masraflarını ve sızıntı yapabilen veri merkezi zeminine su sızmasıyla ilgili kaygıları oldukça arttırmaktadır (Barrosa ve Hölzle, 2009, s.44).

Termal enerji Depolama (TES) Uygulaması İle Soğutma:

Termal enerji depolama (TES) sistemlerinin soğutma sistemlerinde enerji tüketimini ve ekonomik masrafları azaltmak için uygulanması son zamanlarda tartışılmaya başlanan bir konu haline gelmiştir. Bu strateji soğutma maliyetini optimize etmek amacıyla yedekleme donanımını ve elektrik masraflarını TES sistemi ile birleştirmeye ilgilidir. Günümüzde bu konuyla ilgili yazılı literatür bulmak zor olmasına rağmen depolama malzemesi olarak su kullanan TES sistemi ile 300kWlık bir veri merkezi için soğutmayla ilgili enerji tüketimini %20 azaltılabileceğinin altı çizilmiştir. Ancak uygulamadan önce bu sistemin enerji, ekonomi ve ekolojik yarar açısından incelenmesi için dinamik modeller geliştirilmelidir (WCRE, 2013).

Termal Analiz Yaklaşımları:

Veri merkezleri mimarisindeki büyük farklılıklar tesisler arasındaki ölçümlerin genelleştirilmesini sınırlamaktadır. Bu açıdan, en yaygın özellik yaklaşımı hava

akışını ve ısı transferini tahmin etmek için bilgisayarlı akışkanlar dinamiği ve ısı transferi (CFD/HT) kullanmaktadır. Bu simülasyonlar (benzetimler) potansiyel olarak yerel sıcak bölgeleri belirleyebilir ve tesis BT yükü veya donanımı değişikçe soğutma alternatiflerinin hızlı bir değerlendirmesini sağlayabilir. Sürekli sürüm yükseltmeyle yeni heterojen BT donanımının optimum düzeni yakında bulunan donanıma olan etkisini minimize etmek için belirlenmesi gerekmektedir. BT donanımının işlevselliğe ve kablolama gereksinimlerine göre gruplanmasıyla ortaya çıkan ek kısıtlılıklar termal yönetim stratejileriyle karşılık halinde olabilir ve veri merkezi yöneticilerinin yüksek güçlü kabinlere bölgesel ek soğutma sağlaması gerekmektedir. Termal simülasyon bu gereksinimleri belirlemenin en iyi yoludur.

Veri merkezi hava akış modellemesi için ilk yayınlanan sonuçlar 2000 yılında ortaya çıkmıştır. Çeşitli CFD/HT modelleme çabaları o zamandan beri tekli bileşen modellemesinden kabin ve enerji yapılarına kadar çeşitlilik göstermiştir ve aşağıdaki temel kategorilere bölünebilir: (Rambo ve Joshi, 2007)

1. Delikli döşeme akış hızını tahminlemek için yükseltilmiş döşeme menfezi (Raised floor plenum, RFP) hava akışı modellemesi
2. CRAC, kabin yapısı ve enerji dağıtımının termal etkileri
3. Alternatif hava akışı tedariki ve dönüş şemaları
4. Enerji verimliliği ve termal performans ölçümü
5. Kabin seviyesi termal analizi
6. Veri merkezi dinamikleri: kontrol ve yaşam döngü analizi

3.3.3 Gelecek vaat eden Enerji Stratejileri

Bir önceki bölümde geçtiği gibi soğutma sistemlerinin enerji verimini arttırmak için uygulanabilecek stratejilerin bir benzeri enerji beslemesi için de geçerlidir. Araştırmacılar enerji beslemesi için gelişmiş kavramları analiz etmek bağlamında çaba sarf etmektedirler. Yeni nesil veri merkezi kuruluşları enerji besleme, jeneratör ve UPS sistemlerinin enerji verimliliğini arttırmada

uygulanabilecek diğer gelecek vaat eden stratejileri yakından takip etmektedirler. Bu stratejilerin bazıları şu şekilde sıralanmaktadır:

Enerji Depolama Aygıtlarının Gelişmiş Kullanımı:

UPS ünitelerini enerji depolama araçları olarak kullanmak bu ünitelerin güç kesildiğinde geçiş aracı olarak genel kullanımından bir farklılık göstermesine rağmen araştırmacılar bu stratejinin hem enerji dağıtım altyapı sermaye maliyetlerini hem de veri merkezinin işletme maliyetlerini azaltabileceğini göstermişlerdir (Urgaonkar vd. , 2011). Enerji depolama araçları olarak UPS ünitelerinin kullanımıyla ilgili maliyet azaltma imkânlarını incelemişlerdir. Lyapunov optimizasyonu tekniğini kullanarak, ortalama maliyeti minimize etmek için bu araçları kullanan on-line bir kontrol algoritması geliştirmişlerdir. Bu algoritma elektrik maliyeti veya iş yükü süreçleri istatistikleri olmadan işleyen bir algoritmadır. İş yükü ve fiyatlama belirsizliklerinde bu algoritma daha uygun hale gelmektedir. Her sunucudaki düşük aktivite periyodunda enerji depolayan ve bu enerjiyi, enerji yükselmesi esnasında kullanan UPS üniteleri modern yeni nesil veri merkezlerinde maliyetleri azaltabilir. Fakat tüm sunucuların toplam üst sınırından daha düşük çalışma enerjisi kullanan enerji altyapılarını tasarlamak, yüksek enerji maliyetleri ve daha da kötüsü elektrik şalterlerinin atmasını engellemek için dinamik teknikler gerektirmektedir (Kontorinis vd. , 2012).

Önceki çalışmalar sadece tek tip enerji depolama araçlarını (tekrar şarj edilebilir kurşun asit bataryalar) göz önüne almalarına ve bu araçları sadece tek seviyeli enerji dağıtım ağında kullanmalarına rağmen, bunun ötesinde daha ileri çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Volan ve basınçlı hava depolaması gibi çoklu enerji depolama, enerji akışının farklı seviyelerinde bu parçalar arasındaki alış verişi iş yükü özelliğinin bir işlevi olarak maliyet fayda dengesini sayısal verilere dökme konusunu mercek altına almışlardır. Bu çalışma belirli bir iş yükü için enerji altyapısının doğru şekilde ve büyüklükte hazırlanmasına ilişkin değerli veriler ve bilgiler ortaya koymuştur (Wang vd. , 2012).

Doğru Akım Kurulumu:

Veri merkezlerinde BT donanımına enerji dağıtımını alternatif akım veya doğru akım kullanarak gerçekleştirilebilir. Rasmussen (Rasmussen, 2013) DC'nin AC'nin yerini aldığını ve uyumluluğu nedeniyle veri merkezlerine enerji sağlamadaki baskın yöntem olacağını ileri sürmesine rağmen birçok araştırmacı çalışmalarını doğru akıma yöneltmektedir. Bu anlamda, Ton ve Fortenbery iki tip enerji tesisatını karşılaştırmışlardır. Bunlardan biri yüksek gerilimin veri merkezinde doğru akım alan bilgisayarlara doğru akımın verildiği tesisat diğeri ise sunucuların bulunduğu kabinlere doğru akım dönüşümünün gerçekleştiği ve daha sonra sunuculara iletildiği doğru akım tesisatı olmuştur. Normal bir yeni nesil veri merkezinde AC/DC –DC/AC dönüşümüyle oluşan enerji verimsizliği tüm BT enerjisi için söz konusudur ama DC tesisatları için bu durum söz konusu değildir. Yine de, nihai sonuca ulaşmak için iyi bir ekonomik analizin yapılması gerekmektedir (Ton ve Fortenbery, 2008).

Tesis İçi Elektrik Üretimi:

Kesintisiz elektrik yükü ve yüksek seviyedeki güvenilirlik ihtiyacının birleşimi büyük veri merkezlerini tesis içi elektrik üretimi için uygun hale getirmektedir. Maliyetleri azaltmak için tesis içi elektrik üretim donanımı yedekleme jeneratör sisteminin yerini almalıdır. Bu hem ısıtma ihtiyacını gidermek için kullanılabilen veya emilim veya emilim soğutucu teknolojileri sayesinde veri merkezini soğutmak için kullanılabilen atık ısıya ve şebeke elektriğine alternatif sağlar. Bazı durumlarda, tesis içi elektrik üretim santralının fazla ve yedek kapasitesi elde edilen fazlalık enerjiyi şebekeye geri vermek için kullanılabilir ve böylece elektrik tesis sermaye maliyetlerini karşılar (Lintner, 2011, s.16).

Kojenerasyon Tesisleri Kullanımı:

Birleşik ısı ve enerji sistemi olarak da bilinen ortak kojenerasyon sistemleri aynı anda hem elektrik hem de ısı üretmek için ısı motoru ve enerji istasyonu kullanımını gerektirir. Veri merkezlerinde dizel jeneratörü destek enerji kaynağı olarak görmek oldukça yaygındır, bundan üretilen enerji kojenerasyon sistemi olarak kolaylıkla kullanılabilir. Jeneratör tarafından üretilen atık ısı veri

merkezini soğutmayı sağlayan emilim soğutucusunu çalıştırmak için kullanılabilir. Dizel jeneratörlerin önemli miktardaki hava kirliliği etkisinden dolayı, jeneratörün faaliyette olduğu saat sayısı hava kalitesi yönetmeliklerine göre sınırlandırılabilir (Lintner, 2011, s.16).

Bekleme Konumu Kayıplarını Azaltmak:

Bekleme konumundaki jeneratörler sistemin her zaman bekleme konumunda kalması için elektrik kullanan yağ ısıtıcıları ve kablo kılıfları donanımına sahiptir. Bu ısıtıcılar beklemedeki jeneratörün üretebileceğinden daha fazla elektrik kullanırlar. Yedekleme konfigürasyonlarının dikkatli yapılandırılması beklemedeki jeneratörlerin sayısını minimize etmek için gerekmektedir. Veri merkezlerinden kaynaklanan atık ısıyı blok ısıtıcılar yoluyla kullanmak kayıpları minimize edebilir. Güneş panelleri jeneratör blok ısısı için alternatif bir kaynak olarak düşünülebilir. Bir başka potansiyel strateji koşullar izin verdiğinde blok ısıtıcı çıkışlarını azaltmak için jeneratörlerle birlikte çalışmaktır (Lintner, 2011, s.16).

Normal Çalışma Koşullarında Kesintisiz Güç Kaynağını Bypass Etmek:

Yeni nesil veri merkezlerinin çoğu çift dönüşüm yapısında statik UPS ünitelerini kullanmaktadır. Bu yapıda, veri merkezinin kritik yükleri şebeke gücünün hepsi ile karşılanır. Bu yüzden, ana şebekeden alternatif akım ve gerilimi DC ye çevrilir ve daha sonra tekrar AC ye çevrilir. Bu dönüşümü uygularken UPS kayıpları AC/DC güç dönüşümü nedeniyle kayda değerdir. Kesintisiz Güç Kaynağındaki enerji kayıplarını azaltmak amacıyla, normal çalışma şartlarında UPS bypass (atlatma) etmek bir olasılıktır ve bu yolla UPS dönüştürücülerinin kullanımı azalmaktadır (Oro vd., 2015, s.436).

Modüler Kesintisiz Güç Kaynağı Kullanımı:

Hem statik hem de dinamik UPS üniteleri enerji muhafaza kaplarından (batarya veya volan) ve veri merkezinin elektrik sistemine bağlantısı için birkaç güç dönüştürücüsünden meydana gelmektedir. Burada önerilen şey UPS ünitelerinin modüler bir tasarımının gerçekleşmesidir. Böyle bir bağlantıdaki

modül sayısı iş yükü koşullarına göre değişiklik gösterebilecektir. Tasarlanan UPS üniteleri paralel yapıli modüllerdir ve her biri verimliliği maksimize etmek amacıyla iş yüküne bağıli olarak devreye sokulabilir veya devreden çıkarılabilir. UPS modülünün verimliliği özellikle iş yükü koşullarına hassaslık gösterir. Bundan dolayı bağılantılı modüllerin sayısını iş yüküne adapte etmek, yani iletilecek enerjinin büyüklüğüne göre UPS kapasitesini ayarlamak, sistemin daha iyi işlemesine katkı sağlar ve böylece verimlilik artışı maksimum seviyede gerçekleşir (Oro vd., 2015, s.436).

Çip-seviye enerji ve paketleme trendleri:

Mikro işlemci çipler BT veri merkezlerinin performans motorlarıdır. Hafıza gibi diğler bileşenlerde de güç enerji sarfiyatları artışta olmasına rağmen mikro işlemciler sunucular içerisindeki enerji tüketiminin en büyük kaynağıdır. Mikro işlemci ve hafıza çip mimarileri hızlı bir biçimde ortaya çıkmaktadır ve onların üretimi ve paketlenmesiyle ilgili zorluklar yarı iletkenler için uluslararası teknoloji yol haritası (the International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS)) tarafından yıllık olarak güncellenmektedir (ITRS, 2011).

1980 li yılların ortasında Silicon çift kutuplu çiplerden bütünleyici metal oksit yarı iletken (CMOS) teknolojilerine geçiş mikroişlemci kapasitelerinin artmasını tetiklemiştir. 1990 larda ve geçen on yılın ilk kısmında bu trend entegrasyon veya yaklaşık 1 cm ye 1 cm lik bir çip alanında daha fazla sayıdaki transistör yoluyla işlevselliğinin seviyesinin daha da arttırmıştır. Bu durum mikroişlemci üretiminde günümüzde tek bir çipte milyarlarca transistör ile 45 nanometredeki küçülen boyutlar sayesinde mümkün olmuştur. Bu işlemcilerin saatlik hızları artmaya devam etmiştir, diğler yandan aynı dönemde besleme gerilim değerleri azalmıştır.

Bu gelişmeler bir mikro işlemcinin performansının her 18-24 ayda ikiye katlanacağını tahmin eden ünlü Moore yasasının ilerleyişini desteklemiştir. Yüksek performanslı bir mikroişlemcilerde çip seviyesindeki ortalama ısı akışı

2005 yılından önce yaklaşık $50-75 \text{ W/cm}^2$ seviyesine çıkmıştır. 2005 yılından bu yana boyutlardaki sürekli azalmayla ilişkili çeşitli zorluklar ek çekirdekli mikro işlemcilerden çok çekirdekli mikro işlemcilere bir geçişe ve Moore Yasasının ölçeklemesine yol açmıştır. Çip üzerinde büyük derecede ısı yayılımının mekânsal çeşitliliğiyle birlikte çok çekirdekli işlemciler tek çekirdekli işlemcilere benzer çip seviyesi ortalama ısı akışı göstermektedir. Bu özelliğiyle çip seviyesi termal yönetimi şu anda yoğun bir araştırma ve geliştirme alanıdır (Sauciuc vd., 2005).

Her biri ayrı bilgi işlem ve depolama ünitesi olan tekli sunucular veri merkezi tesisinde çok sayıdaki raflarda veya kabinlerde tutulmaktadır. Sunucu güçleri artmaktadır ve onların paketlenmesi yeni mikro işlemcilere ayak uyduracak bir şekilde sürekli gelişmektedir. Yine de, normal bir raf boyutu son yirmi yıldır nispeten değişiklik göstermemiştir ve standart yüksekliği 42 U, veya 1.86 metredir. Burada 1 U= 4.44 cm veya 1.75 inç anlamına gelmektedir. Aynı süre zarfında, sunucular bıçak sırtı adı verilen ve 1 U kalınlığında en küçük formlarda daha da kompakt bir hal almıştır. Hala standart boyutlardaki raflarda bulundurulanan sunucuların küçültülmesine yönelik durmak bilmeyen bir gidiş bulunmaktadır (Patterson ve Fenwick, 2008).

3.3.4 Isının yeniden kullanımı

Yeni nesil veri merkezlerinin enerji verimliliğini arttırmak üzere yapılan bir başka strateji ofis veya konut gibi tesisin diğer yerlerinde sunuculardan gelen atık ısıyı kullanmaktır. Bu anlamda, veri merkezlerinden elde edilen sıcak suyu çevrede ısınma sistemlerinde kullanmak için deneysel bir çalışma yapılmıştır. Bilgisayar panel sistemini soğutmak amacıyla minimum termal dirence sahip panel ısısının %85 ini alabilen yüksek performanslı sıvı soğutma araçları Brunschweiler ve ekibi tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra, hem BT odasının hem de donanımın serbest soğutmasına imkan tanıyan çalışma sıcaklıklarını arttırmak için sıvı soğutma sistemlerinin kullanımını incelemişlerdir. Bu soğutucu ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır ve soğuk iklimlerde konut ısınması

ile tuzdan arındırma (*desalination*) veya emilim soğuması için termal enerjinin yeniden kullanımına imkân vermektedir. Böylece, BT endüstrisi enerji yoğun süreçleri daha verimli, dijital olarak desteklenen süreçlerle yer değiştirmek suretiyle CO₂ salınımlarını büyük oranda azaltmada anahtar bir rol üstlenebilir (Brunschwiler vd., 2009).

Atık ısı doğrudan veya emilim veya emilim soğutucularının kullanımı yoluyla veri merkezi tarafından ihtiyaç duyulan soğutmayı sağlamak için kullanılabilir, böylece soğumuş su, tesis enerji maliyetini %50 üzerinde azaltır. Sunuculardan ayrılan soğutma havası veya su ısı ne kadar yüksekse atık ısıyı kullanmak için imkânlar o kadar fazla olur. Bina ile ön ısıtma havalandırma havasını veya ısınma suyu gibi düşük sıcaklıktaki ısıtma uygulamalarını kullanmak için atık ısının doğrudan kullanımı en büyük enerji tasarrufunu getirecektir. Isı geri kazanım soğutucuları ofis çevresinin ısıtılması için veri merkezi donanım çevrelerinden ısıyı yeniden kullanmakta ve aynı zamanda geri kazanım ile verimli bir sistem sağlamaktadırlar (Lintner, 2011, s.16).

Emilim sağlayan araçlar geleneksel soğutucular tarafından kullanılan mekanik sıkıştırma yerine soğutucu buharını termal olarak sıkıştırmak için düşük-kalite atık ısı kullanırlar. Tek evreli, lityum bromür tabanlı soğutucular mikro türbinler, yakıt hücreleri ve doğal gaz pistonlu motorlar da dahil olmak üzere yaygın tesis içi enerji üretimi seçeneklerinden geri kazanılabilen düşük-kalite atık ısıyı kullanabilir. Emilim soğutucularının mekanik soğutuculara oranla düşük performans katsayıları olmasına rağmen, elektrik üretim tesisinden "serbest" atık ısıyı kullanmak genel sistem verimliliğini arttıran bir unsurdur. Soğutucu kule su ısı tam olarak kontrol edilmediği zaman emici duvarlar üzerindeki lityum bromür kristalleşmesinden dolayı eski emilim soğutucu model işlemleri güvenilirlikle ilgili sıkıntılar yaşamıştır. Daha fazla karmaşık olmalarına rağmen yeni emilim soğutucu modellerindeki modern kontroller bu problemi çözmüş gözükmektedir. Yine de emilim soğutucuların kurulum ve bakım konuları elektrikli soğutuculardan daha karmaşık olarak değerlendirilmektedir (Lintner, 2011, s.16).

Başka araştırmacılar da veri merkezleri prototiplerinde bu stratejiyi incelemişlerdir. Ward ve arkadaşları (Ward vd. , 2012) civarda bulunan bir seraya boruyla bağlı üç kabinden oluşan sunucu barındıran bir prototip veri merkezini incelemişlerdir. Zimmermann ve arkadaşları (Zimmermann vd. , 2012) ilk sıcak su soğutmalı süper bilgisayar prototipi olan Aquasar projesini değerlendirmişlerdir. Bu projede süper bilgisayar tarafından ısının yeniden kullanımı bina ısıtmak amacıyla kullanılmıştır. %80 oranında ısı geri kazanım verimliliği 60°C derecelik su sıcaklığı ile gerçekleştirilmiştir. Mekân ısıtma ve emme birimleri kullanarak soğutma gibi farklı yeniden kullanım stratejilerini değerlendirmek için yeni bir kavram olan ısının ekonomik değeri ortaya konulmuştur.

Endüstri yakın zamanda bu stratejiyi mercek altına almıştır ve ev, ofis, sera ve hatta yüzme havuzu gibi yakında bulunan yerlere sıcak koridorlardan gelen ısıyı yeniden yönlendirme kapasitesine sahip yeni nesil veri merkezleri inşa edilmektedir. Bunun bir örneği Paris'te yer alan yeni nesil Condorcet veri merkezinden atık ısıyı İklim Değişikliği Botanik Bahçesini ısıtmak için kullanan Telecity şirkettir (Şekil 3.3). Diğer bir örnek ise Syracuse Üniversitesi veri merkezidir. Bu merkez gaz enerjili mikro türbinleri enerji üretimi için kullanmaktadır ve türbinlerden oluşan egzoz (çıkış) ısısını yakın civarlarda bulunan bir ofis binasının ısıtma sisteme sıcak su sağlamak amacıyla kullanmaktadır (DCK, 2014).

Bunun daha öte adımı Environmentally Opportunistic Computing (Çevre Lehine Bilgi İşlem, (EOC)) dir. Bu sistem veri merkezini diğer binalar için bir dizi dağıtık ısı sağlayıcı merkezi olarak kavramsallaştırmaktadır. Bilgisayar/program hızı daha sonra atık ısının ihtiyaç duyulduğu yere göre çok sayıda veri merkezine dağıtılır. Woodruff ve arkadaşları (Woodruff vd. , 2014) EOC kullanımını değerlendirmek amacıyla genel bir çerçeveyi analiz etmişlerdir. Sonuçlara göre çoklu binalarda dağıtık ağlar olarak merkezi bir veri merkezini yeniden tanımlamak suretiyle bir şirketin enerji tüketiminin önemli miktarda düşebileceğini ortaya koymuşlardır. Daha yakın bir zamanda,

Ebrahimi ve arkadaşları (Ebrahimi vd., 2014) veri merkezlerine uygulanabilen çok sayıda atık ısı geri kazanım teknolojilerini incelemişlerdir. Veri merkezleri işletme maliyetleri, her bir ısı geri kazanım tekniklerinin gereksinimleri, veri merkezlerinde en geniş uygulama alanlarına göre, Organic Rankin Cycle (ORC) yoluyla emme soğutma ve ısı yeniden kullanımı en çok gelecek vaat eden ve ekonomik olarak faydalı teknolojiler bulunmuştur.

Şekil 3.3 de Yeni Telecity Paris veri merkezinde sunucularından çıkan atık ısı (Sol) kendi bünyesindeki bir botanik bahçesini ısıtmak için kullanılıyor. (Sağ)

Şekil 3.3 Yeni Telecity Paris veri merkezinde ısının yeniden kullanımı



Kaynak: DCK, 2015

3.3.5 İş yükü yönetimi

Veri merkezi soğutmasıyla ilgili baskın bir problemin donanım çıkışlarından gelen sıcak havanın bu donanımların girişlerine yeniden döngüsünden dolayı eşit olmayan giriş ısı ve sıcak noktaların ortaya çıkması olduğu bilinen bir durumdur. Donanımların performansından dolayı ısı ortaya çıkar ve bu işin enerji profiline göre değişiklik göstermektedir. Enerji artışı ve ısı yüküyle başa

çıkarmak için birleştirme yoğun bir şekilde uygulanmaktadır. Bu teknik boştaki hostları kapatırken minimum sayıdaki fiziksel host içindeki maksimum sayıdaki sanal makinayı birleştirmeye dayanır. Bu durum veri merkezlerinde enerji verimliliğini artırırken enerji etkisini minimize edecektir. Birleştirme tekniği kullanıldığında %15 e varan bir iyileşme ölçümlenmiş ayrıca veri merkezlerinin heterojenliğini kullanmanın enerji verimliliğini %30'a kadar arttırabileceğini gösterilmiştir (Goiri vd., 2012).

Siriwardana ve arkadaşları (Siriwardana vd., 2012) mevcut optimize edilmiş soğutma çevresi üzerinde minimum termal etki ile bilgisayar donanımının yükseltilmesine imkan veren yeni bir yük yayma tekniği ortaya koymuşlardır. Onların yaklaşımı veri merkezinde bir ölçüm çalışması gerçekleştirmek ve Computational Fluid Dynamics (CFD) simülasyonları desteğiyle parametrelerin belirlenen veri merkezinin soyut ısı-akış modeli üzerine dayanmaktadır. Kabinlerdeki yeni donanımın optimum yerleşimi parçacık kümeleme optimizasyon tekniği kullanılarak geliştirilmiştir. Önerilen yöntem sıklıkla uygulanan yama tekniğinden daha iyi performans göstermektedir çünkü onların bütüncül yaklaşımı yükseltilmiş donanımın sadece ısı yükünü göz önüne almaz ayrıca BT odasındaki hava akışı ve ısı dağıtımını da göz önüne almaktadır.

Ayrıca, Tang ve arkadaşları (Tang vd. , 2007) tarafından yapılan bir çalışma giriş sıcaklıklarını mümkün olduğunca düşük tutmak amacıyla- böylece kayda değer miktarda soğutma enerji tasarrufu sağlanması planlanmaktadır- sunuculara gelen iş vermenin olasılıkları üzerinde durmuştur. Cross interference (çapraz girişim /müdahale) katsayıları bakımından ısının yeniden döngüye sokulmasıyla ilgili önceki araştırmalara göre, giriş ısılarını minimize eden ve minimum ısı tekrar döngüsü ve minimum soğutma enerji maliyetini sağlayan XInt adı verilen homojen veri merkezleri için görev planlama algoritması önermişlerdir. Hem teorik hem de simülasyon yoluyla ısı yeni döngüsünü minimize etmenin en iyi soğutma enerji verimliliğine yol açacağını doğrulamışlardır. Bu algoritma diğer yaklaşımlardan 2°C ile 5°C derece daha

düşük giriş sıcaklık dağılımı sağlar ve ortalama veri merkezi kullanım oranlarında %20-30 enerji tasarrufu sağlar.

Amacın sadece enerji verimliliğini arttırmanın değil aynı zamanda ekolojik verimliliği (CO₂ ve kirlilik) maksimize etmek olduğu durumlarda, kısmen yenilenebilir enerjiyle çalışan veri merkezleri (mümkün olduğu zaman) yenilenebilir enerji durumuna göre iş yüklerini ayarlayabilirler. Enerji beslemesini (yenilenebilir kaynak ve dinamik fiyatlama) ve soğutma beslemesini (soğutucu ve dış hava soğutması) entegre eden bütüncül bir yaklaşım kullanmak suretiyle maliyet ve çevre etkilerini azaltmışlardır. Özellikle, BT taleplerine ilaveten yenilenebilir enerji talebi tahmin edilmiştir. BT iş yükünü planlayan ve zaman değişkenli enerji beslemesine ve soğutma verimliliğine göre veri merkezi içerisindeki BT kaynaklarını düzenleyen bir yönetim planı tasarlamışlardır (Liu vd., 2012). Sonuçlara göre bu yaklaşımları enerji maliyetlerini ve yenilenemeyen enerji kullanımını, mevcut entegre olmayan tekniklere göre, %60 azaltabilir ve aynı zamanda veri merkezinin çalışma amacı ve hizmet anlaşmalarında herhangi bir aksaklık meydana getirmez.

Daha sonra, veri merkezi maksimum yükünü azaltmak için iki tane talep tepki planını incelenmiştir: İş yükü değiştirme ve yerel enerji üretici kullanımı. Colorada Fort Collins de bulunan veri merkezinden 20 yıldan fazla rastgele maksimum veri akışının yapısı incelenmiş ve daha sonra tesadüfî maksimum değerlerden kaçınmak ve enerji masrafını azaltmak için iş yükü planı ve yerel enerji üreticini bir arada düşünerek veri merkezleri için bir iki algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen ilk algoritma beklenen maliyeti optimize etmektedir ve ikincisi ise en kötü senaryoda herhangi bir tesadüfî maksimum değerler, iş yükü talebi ve yenilenebilir üreteç tahmin hata dağılımı için sağlam bir güvence sunmaktadır. Sonuçlara göre yerel üreteçle beraber iş yükü değişimini kullanmak sadece birinin kullanılmasına göre kayda değer maliyet tasarrufları (Fort Collins örneğinde %40 a kadar) sağlayabilir (Liu vd., 2013) .

Aynı şekilde, Rutgers Üniversitesinden araştırmacılar iş y¼k¼n¼ dinamik programlama ve enerji kaynağını se¼mek i¼in kullanan model tabanlı yaklaşımlar olan GreenSwitch , GreenHadoop ve GreenSlot projelerini geliştirmişlerdir (Goiri vd., 2013) . Farklı işletim kullanımında programlama se¼eneklerini ve ger¼ek deneyleri kullanarak; akıllı iş y¼k¼ ve enerji kaynak y¼netimi önemli maliyet azalışlarını sağlayabileceğini göstermişlerdir. Ayrıca sonuçları maksimum enerji y¼netiminin maliyet etkilerini ve MapReduce işlerini geciktirme kapasitesini izole etmiştir. Akıllı şebeke ve hedeflenen veri merkezinin sanal mekânları aracılığıyla veri merkezi talep tepki y¼k¼ y¼netimini ger¼ekleřtiren bir yaklaşımı ortaya koymuştur. Sim¼lasyon sonuçlarına g¼re, önerilen talep tepki y¼k¼ kontrol y¼ntemi test yerinde yaklaşık %30'luk bir enerji tasarrufu ger¼ekleřtirebilir (Tang vd., 2014).

Diğer araştırmacıların çoğu soğutma talebini azaltmak i¼in mekansal iş y¼k¼ konusuyla ilgilenmişlerdir. Gomez ve arkadaşları (Gómez vd., 2009) hizmet taleplerini karşılamak amacıyla y¼netilen ¼evrenin performansını dinamik olarak ayarlayan ve b¼ylece enerji t¼ketimini d¼ř¼recek bir altyapı y¼netim ¼öz¼m¼ sunmuşlardır. Ayrıca; telekom sekt¼r¼nde ¼alıřan altyapı hizmetleri sağlayan bir operat¼r¼n önerilen y¼netim ¼öz¼mlerine dair ilk tecr¼belerini doğrulaması belirtilmiştir. Ek olarak, Banerjee ve arkadaşları (Banerjee vd., 2011) Y¼ksek Performanslı Bilişim (High Performance Computing (HPC)) li bir veri merkezinde mekânsal iş y¼k¼ programlaması ¼alıřırken dinamik soğutma ünitesinin termal duyarlı bir sistemle entegre etmiştir. Chen ve arkadaşları ise (Chen vd., 2010) kendi entegre sistem ¼öz¼mlerinin sunucuların enerji t¼ketimini uygulama performansını d¼ř¼rmeden %35 ve soğutma enerji t¼ketimini %15 azaltabileceğini göstermiştir.

Demetriou ve Khalifa uygun dik a¼ılı bir b¼l¼nme kullanmak suretiyle indirgenmiş bir sıra modeli geliştirmek i¼in bir y¼ntem ortaya koymuşlardır. Bu ¼alıřmadaki ama¼ veri merkezi işlemleri üzerinde ¼evre ısısının etkisini, en soğuk giriş ısısına sahip sunuculardan başlamak suretiyle BT y¼k¼n¼ arttırmak i¼in sunucuları tamamen kapatmak yoluyla sunucuları birleştirmeyi ve son

olarak ya statik ya da dinamik ayırma yoluyla yük yerleşimi gelişimini incelemektir (Demetriou ve Khalifa, 2013).

Yeni nesil veri merkezi tasarımcıları ve sahipleri için veri merkezi performansını tahmin edebilecek simülasyon araçlarına sahip olmak çok önemlidir. Kurowski ve arkadaşları (Kurowski vd., 2013) bilgisayar altyapısının performansı, enerji tüketimini ve farklı iş yükleri ve işletme politikaları için enerji verimliliği ölçümlerini tahmin etmelerine olanak veren DCworms isimli bir kaynak ve iş yükü yönetimi simülasyonu ortaya koymuşlardır. Bu simülasyon geniş yelpazede özelleştirme seçenekleri sağlar ve detaylı uygulama ve iş yükü modellerini enerji kullanımı ve termal hareketler dahil veri merkezi kaynaklarının simülasyonu ile birleştirir. Dahası, veri merkezi işletmecileri için önemli bir nokta elektrik fiyatının önemli bir rol oynadığı DC işletim maliyetleridir. Bundan dolayı, elektrik ve ağ maliyetlerini minimize etmek için optimal enerji duyarlı yük sevk modeli tarafından önerilmiştir. Enerji verimliliği stratejileri uygulama ve elektrik pazarındaki değişkenliği göz önüne almak suretiyle, genel maliyetleri büyük oranda azaltmayı başardılar (Zheng ve Cai, 2011).

3.4 Yeşil Veri Merkezi Çözümleri

Veri depolamaya, ağ oluşturmaya (networking) ve bilişime olan artan talep nedeniyle veri merkezi boyutlarındaki büyüme, karmaşıklık ve enerji yoğunluğu dünya çapında bir enerji problemi haline gelmiştir. Kontrolsüz enerji tüketiminin doğal çevre üzerine olan negatif etkisinin beliren farkındalığı, gelecek yıllardaki fosil yakıt üretiminin tahmin edilen sınırlılıkları ve bunlarla beraber artan ortak maliyetler son yıllarda enerji sistemlerindeki mühendislik işlerini epey etkilemiştir. Bundan dolayı, veri merkezleri enerji talebini azaltmak amacıyla iyi bilinen ve gelişmiş enerji verimlilik önlemlerinin uygulanması sadece sürdürülebilir büyüme için değil aynı zamanda işletme maliyetlerini azaltmak bağlamında önemli bir rol oynamaktadır.

Karbon ayak izi¹ kullanılan enerji kaynaklarından oldukça etkilenmektedir. Bu yüzden, son zamanlarda fosil enerji tüketimini ve CO₂ salınımını azaltmak için yeşil enerji kaynaklarını kullanma ve yeniden kullanma veya birleştirme çabaları bulunmaktadır. Mevcut veri merkezi altyapılarının kapsamlı bir şekilde incelenmesi ve şu anki mevcut enerji verimlilik stratejilerinin ve yenilenebilir enerjinin veri merkezlerine entegrasyonu ve sayısal modelleme konusu çok önem arz etmektedir. Ayrıca, enerji tüketimi konusunu sayısal verilerle açıklamak ve veri merkezlerinde enerji verimlilik stratejilerini ve yenilenebilir enerji kaynaklarının faydalarını daha iyi anlamak için dinamik modeller ve ölçüm sistemleri geliştirmek gereklidir. Bu yolla, araştırmacılar ve yatırımcılar farklı veri merkezlerinin güvenilirliğini karşılaştırabilecek ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ve mevcut sermayeye bağlı olarak en iyi seçeneği seçebileceklerdir (Oro vd., 2015, s.431).

Diğer yandan, yeni nesil veri merkezlerinde uygun tasarım ve sanallaştırma uygulamaları için veri merkezleri yöneticilerine kılavuz niteliğinde çeşitli öneriler geliştirilmiştir (Uddin vd., 2013). Bu kılavuzlar sera gazlarının genel anlamda salınımının azaltılmasını ve sürdürülebilirliğin uygulanmasını sağlamak için sürdürülebilir enerji verimli yeni nesil veri merkezleri oluşturma çabası içerisindedir. Ayrıca, çeşitli çalışmalarda Uddin ve arkadaşları küresel ısınmanın etkilerini azaltmak için veri merkezlerinde enerji verimliliği ve CO₂ azaltılması bağlamında strateji ve teknik önerilerinde bulunmuşlardır. Bu stratejilerden bazıları donanım ediniminin azaltılması, enerji/soğutma maliyet azaltmaları, iş yükü takviyesi ve fiziksel sunucu azaltımı gibi önlemlere değinmektedir. Ayrıca çevre korumaya yönelik önlemleri uygulamanın önemini vurgulamışlardır. Enerji verimi, maliyet tasarrufları, çevreci girişimler ve CO₂ salınımları bakımından yeni veri merkezi verimliliğini ve performansını ölçmek bağlamında uygun ölçüm sistemini seçmek için bir yöntem önermişlerdir.

¹ Karbon ayak izi birim karbondioksit cinsinden ölçülen, üretilen sera gazı miktarı açısından insan faaliyetlerinin çevreye verdiği zararın ölçüsüdür.

Yukarıda kısaca değinilen “yeşil” merkezi çözümlerinden birkaç tanesi sonraki başlıklarda ayrıntıları ile ele alınmaktadır.

3.4.1 Kurulum maliyet analizi, kapasite ve proje yönetimi

Bir hizmet olarak yazılım gelişimi, daha hızlı uygulama geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Çünkü bu durum yazılım tedarikçilerinin değişiklik ve iyileştirme yapmalarını kolaylaştırmaktadır. Binlerce farklı yazılım ve donanım konfigürasyonuna sahip milyonlarca kullanıcıyı güncellemenin yerine, tedarikçilerin sadece veri merkezlerindeki iyileştirmeleri ve bakımları koordine etmeleri yeterli olmaktadır. Tedarikçiler donanım tedarikini sadece iyi test edilmiş konfigürasyonlar ile gerçekleştirebilirler.

Bunun yanında, veri merkezi ekonomisi birçok uygulama hizmetinin kullanıcı başına düşük maliyetle çalışmasına olanak tanımaktadır. Örneğin, hizmetler binlerce aktif kullanıcı arasında (çok daha aktif olmayan kullanıcılar arasında da) paylaşılabilir ve bu durum daha iyi bir fayda ve kullanım oranı sağlar. Benzer şekilde bilgisayarların yaptığı işler paylaşımına açık bir hizmette daha uygun fiyatlı olabilir (örneğin, çoklu kullanıcı tarafından alına bir e-posta eklentisi birçok kez kayıt etmenin yerine sadece bir defa kaydedilebilmesi). Son olarak veri merkezlerindeki sunucular ve veri tabanının yönetimi bir masa üstü veya diz üstü bilgisayara göre daha kolay olabilir çünkü tek bir yetkili kuruluşun kontrolü altında gerçekleşecektir.

Yeni nesil veri merkezleri temel olarak elektrik tüketen ve ısı üreten çok büyük aygıtlardır. Yeni nesil veri merkezinin soğutma sistemi bu ısıyı ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Soğutma sistemi bunu yaparken kendisi de ısı enerjisi açığa çıkarmaktadır. Açığa çıkan bu ısının da ortadan kaldırılması gerekir. O halde, bir yeni nesil veri merkezi inşa etme maliyetleri sağlanan enerji miktarıyla ve giderilmesi gereken ısı miktarıyla orantılı olması şaşırtıcı bir durum değildir. Diğer bir deyişle; paranın çoğu ya güç düzenleme ve dağıtımına veya soğutma sistemlerine harcanmaktadır. Büyük bir yeni nesil

veri merkezi için standart yapım maliyetleri \$10–20/W aralığındadır (Tablo 3.6). Ancak bu durum yeni nesil bir veri merkezinin büyüklüğü, bulunduğu konumu ve yapılan tasarım çalışmalarına göre değişiklik göstermektedir (Barrosa ve Hölzle, 2009, s.39).

Tablo 3.6 da çeşitli kaynaklardan alınan standart veri merkezi için yapım maliyetleri watt başına dolar olarak ifade edilen kullanılabilir kritik güç aralıklarında gösterilmektedir.

Tablo 3-6 Yapım maliyetlerinin kritik güç aralıklarındaki \$/W değerleri

FİYAT/W	KAYNAK
\$12-25	Uptime Enstitüsü'nün küçük ve orta boyutlu veri merkezleri için tahminleridir. Uygulamada çok kullanılmayan "Tier 1" tasarımlar için daha düşük değerdir.
\$10+	Microsoft'un 10 MW gücüne sahip iki adet veri merkezini 200 milyon dolara Kaliforniya'da satın alması; bu maliyet hesabında arsa ve bina değerleri hesaba katılmamıştır.
\$10-14	"Dupont Fabros S-1 filing" kaynağı, aşağıdaki maliyetleri öneren finansal bilgileri içerir; Mevcut gücü 9,6 MW olan ACC4'ün 102,4 milyon dolara satın alınması. (\$10.67/W) Mevcut güçleri 18,2 MW olan dört tesisin yapım maliyetinin 180-300 milyon dolar olması. (\$10/W— \$13.40)

Kaynak: Barrosa ve Hölzle, s.70

Toplam sahiplik maliyetinin yönetiminde varlıklardan elde edilen değeri arttırmak için şirketlerin resmi BT Varlık Yönetimi (Information Technologies Asset Management - ITAM) programını uygulaması gereklidir. ITAM hem BT hem de iş alanlarında çoklu işlevsel alanları birleştirilen bir yönetim disiplindir. Çevreci yeni nesil veri merkezi girişimleri için, ITAM BT varlıklarının kullanımının hem geliştirilmesine hem de BT varlık ve hizmetlerinin satın alınmasıyla ilgili standartların uygulanmasına faydası dokunabilir.

BT nin gelecek kapasitesini planlama kabiliyeti çok önemlidir. Geleneksel tahmini yaklaşımlar ve kapasitenin aşırı bir şekilde detaylandırılması yeterince kullanılmayan ve verimsiz veri merkezlerinin oluşumuna yol açmıştır. Bireysel geliştirme çabalarının projeler olarak değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Resmi bir nitelik taşımayan ve iyi yönetilemeyen çabaların yüksek başarısızlık oranına sahip olma olasılığı yüksektir ve bunun dahili ve harici sonuçları olabilir. Çeşitli girişimlerin daha iyi kontrolü ve sürdürülebilmesi için BT nin proje ve portföy yönetimini kullanması gerekmektedir. Uygun gereksinimlerin tanımları, çözüm üretme veya satın alma, test etme, başlatma ve toplam yönetim raporlamasının yanı sıra proje yöntemi gözden geçirme ve onay süreçleri içermelidir. Portföy ve proje yönetiminin olmadığı durumlarda veri merkezi enerji ve soğutma işlemleri için temel bir süreç uygulanmalıdır. Gelişmeleri ertelemekten ziyade bu süreç zamanla geliştirilmelidir (Spafford, 2009, s.11).

3.4.2 Konteyner şeklinde modüler veri merkezleri

Yeni nesil veri merkezine ilişkin mimari konular, enerji verimliliği üzerine yapılan çalışmalar sonucunda değişmektedir. Modüler yeni yapılarda veri merkezlerini oluşturan bileşenlerin aynıları uygulanmaktadır. Nihayetinde bu modüler konteyner yapılarda bir veri merkezidir. Günümüzde modüler veri merkezi tasarımı popüler bir konu haline gelmiştir. Mevcut iş taleplerine sahip veri merkezi yatırım ölçeği bu konunun ne kadar önemli olduğunu bize göstermektedir. Yıllar içinde iş talepleri değişim (muhtemelen artış yönünde) göstermektedir. Eğer veri merkezi kapasitesine yaptığımız yatırım aynı büyüme trendini takip ediyor ise, durum bizim lehimize işliyor demektir.

Modüler konteyner veri merkezleri taşınabilir mahfazalarla muhafaza edilebilir. Bazı sektör kuruluşları piyasada yer edinmek ve hızlı büyümek için kısa süre içerisinde veri merkezlerini kurmak isterler. Bu bakımdan modüler konteyner veri merkezleri onlar için iyi bir çözümdür. Burada birimler özel tasarlanmış kabinler ve soğutma üniteleri ile donatılmıştır. Tam teşekküllü bir veri merkezi

için gerekli olan; elektrik enerjisi, soğutulmuş su ve ağ bağlantılarının hepsi bu veri merkezleri için de gerekmektedir. Geleneksel veri merkezlerine göre enerji verimliliği daha yüksektir. Kısmen yüksek yoğunluklu kompakt tasarım nedeniyle enerji verimleri daha iyidir. Konteyner veri merkezleri başlangıçta askeri amaçlı ve afet durumlarında hızlı hareket etmek için geliştirilmişlerdir. Bu modüler yapıların; inşaat maliyetlerinin düşmesi, taşınabilirlik ve yer değiştirme esnekliği gibi faydaları bulunmaktadır.

Konteyner bazlı veri merkezleri sunucu kabinlerini standart gemi konteynırlarına yerleştirmek ve ısı değişim ve güç dağıtım sistemlerini konteynıra entegre etmek suretiyle kapalı çevrim (In-rack) soğutma sistemlerinden daha fazla üstünlükler sunmaktadır. Kapalı çevrim soğutmaya benzer olarak, konteyner soğutulmuş suya gerek duyar ve havadaki tüm ısıyı ortadan kaldırmak için bobin kullanır. Hava kullanımını kapalı çevrim soğutmaya benzemektedir ve yükseltilmiş döşemeli veri merkezlerinden daha yüksek güç yoğunluklarına imkân vermektedir. Böylelikle, konteyner bazlı veri merkezleri küçük bir yerde normal bir veri merkezinin tüm işlevlerini (kabinler, CRAC üniteleri, PDU, kablo tesisatı, ışıklandırma) sağlamaktadır (Barroso ve Hölze, 2009, s.45). Microsoft şirketi de yeni nesil veri merkezleri için konteyner bazlı tesis kuracağını açıklamış ve 2009 yılında açılışı yapılmıştır (Şekil 3.4).

Şekil 3.4 Konteyner bazlı Microsoft veri merkezi



Kaynak: MICROSOFT, 2010

3.4.3 Sanallaştırma ve Bulut Bilişim

Günümüzde yeni nesil veri merkezlerindeki fiziksel sunucu sayısının artması ile bu sunucuların yönetimi ve bakımı daha karmaşık hale gelmektedir. Fiziksel sunucu sayısının fazla olduğu kurumlarda başta enerji ve soğutma maliyetleri olmak üzere birçok alanda giderler sürekli olarak artmaktadır. Sunucu sayılarının artmasına paralel olarak çevreye verdiği zarar ve yaymış olduğu ısı oranı da yükselmektedir.

Sanallaştırma işleminde donanım aracı tarafından etkinleştirilen işlevler soyutlanır veya fiziksel donanımdan ayrılır. Örneğin, eğer bir disk bir sunucu için “veri depolama” hizmeti sağlıyorsa sanallaştırma soyutlama tabakası sunucunun “veri depolamaya” erişimini verinin depolandığı fiziksel diskten ayırır. Bu durum uygulamayı sekteye uğratmaksızın diskin bakımına veya kapasiteyi arttırmak için sürüm yükseltilmesine imkân verir. Tüm bunlar oluşurken, veri depolanmaya devam etmektedir. “Veri depolama” hizmeti fiziksel donanım değiştiğinde bile devam eder. Aslında, veriyi bir diziden diğerine taşımak, uygulamaları sunucularda yer değiştirmek, ağ hizmetlerini bir panelden diğerine taşımak mümkün olmaktadır (BROCADE, 2010).

Çalışkan (2014, s.23) aşağıda yer alan değerlendirmelerinde görüldüğü gibi, sanallaştırma yönteminin veri merkezlerine getirmiş olduğu avantajları ifade etmektedir:

Sanallaştırma çok eski bir olgu olmasa da, modern sistem altyapılarında yaygın olarak kullanılmakta ve sanallaştırmanın getirdiği avantajlar dolayısıyla vazgeçilmez olma yolunda hızla ilerlemektedir. Sanallaştırma, işletim sisteminin altında yattığı ve fiziksel donanımın bulunduğu ortam ile aynı davranışları gösteren yazılım katmanının sarmalanmasını içerir (Pearce vd., 2013).

Sanallaştırma, mevcut donanımı mantıksal bölümlere ayırarak bir fiziksel makinenin sanal makineler (Virtual Machine - VM) oluşturmak suretiyle birden fazla makine olarak kullanılmasını sağlayan, donanımın kullanılma oranlarını artıran, sistem üzerinde kullanılan yazılımların fiziksel donanıma bağımlılığını en aza indiren, sistem maliyetlerini önemli ölçüde azaltan, kullanılan sistemin önemli ölçüde ölçeklenebilmesini sağlayan ve sistemin istenen boyutlara genişlemesinde sorunları en aza indiren bir yöntemdir. Sanallaştırma teknolojileri, sanal makineleri birbirinden izole edebilir ve sanal makinelerdeki programların güvenli bir şekilde çalışmasını sağlar.

Bulut bilişimde uygulamalar, bilgi işlem ve depolama kaynakları ağıın bir yerinde veya "bulutta" yer alır. Kullanıcıların neresi olduğuyla ilgili endişelenmelerine gerek yoktur ve işlemlerini hızlı bir şekilde gerçekleştirebilirler. Bu hizmetler için ödeme yöntemleri elektrikte olduğu gibi kullanıma bağlıdır. Bulut bilişimle beraber sanallaştırma teknolojileri kaynakların dinamik bir biçimde sağlanmasını mümkün kılar çünkü uygulamalar belirli bir sunucu, veri veya tek bir depolama aracına bağlı değildir. İnternet üzerinden bilişime "halka açık bulut bilişim" denmektedir. Özel bir veri merkezinde kullanıldığında "özel bulut bilişim" adıyla anılmaktadır. İki model sunucular, depolama ve ağ altyapısı için kim tarafından kontrolü ve sorumluluğu sağlama ve hizmet anlaşmalarının (Service Level Agreements (SLA)) karşılanması açısından farklılık göstermektedir.

Halka açık bulut bilişim işlem ve yönetimlerin bir kısmı veya hepsi üçüncü taraflar tarafından "hizmet" olarak değerlendirilir. Kullanıcılar bir uygulamaya veya bilgi işlem hizmetine ve depolama hizmetine internet erişimini kullanmak suretiyle erişim yapabilir. Google Gmail halka açık bulut bilişim hizmetinin iyi bilinen bir örneğidir. Bu hizmette sanallaştırma bireysel kullanıcıların internet bağlantısı ve Google hizmetini veren veri merkezleri arasında yer almaktadır. Halka açık bulut bilgi işlem hizmetini veren şirketler dünyadaki veri merkezi olarak en çok büyüyen şirketler arasındadır (Joshi ve Kumar, 2012, s.6).

3.4.4 Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı

Veri merkezlerinin boyutlarındaki ve karmaşıklığındaki sürekli artışın sonucu olarak, tasarım anlayışının yanında mevcut veya gelecekteki yetersizlikler ve sorunların ele alınması önemli bir husustur. Bu zorluklardan biri toplam enerji talebini azaltmak için enerji verimli stratejilerin uygulanması olacaktır. Bu teknikler küçük ekonomik yatırımlarla kayda değer enerji tasarrufları gerçekleştirebilmektedirler. Bir başka zorluk ise veri merkezlerinin elektrik şebekesine olan bağımlılığını azaltmak ve CO2 salınımlarını azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının veri merkezlerine olan entegrasyonudur. Ancak bu sistem yüksek yatırım maliyeti gerektirmektedir ve bu uygulamalar birçok araştırmacı tarafından incelenmektedir.

Bildiğimiz kadarıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarının veri merkezlerine entegrasyonu ve enerji verimli stratejilerin uygulanması ile ilgili literatür mevcuttur. Bundan dolayı, bu yönde ne yapıldığının, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynakları uygulamaları konusunda gelecek vaat eden araştırmalar bulunmaktadır. Enerji verimlilik stratejilerini ve yenilenebilir enerji kaynaklarını entegre eden farklı teknik çözümlerin enerji performanslarını değerlendirmek amacıyla bir simülasyon aracı geliştirilmiştir. Bu geliştirme amacını taşıyan Avrupa Birliği kaynaklı bir proje olan RenewIT farklı iş modellerine sahip çeşitli gerçek yeni nesil veri merkezlerinin tanımlamasını yapmaktadır (EU, 2014).

4 YENİ NESİL VERİ MERKEZİ DÜNYA UYGULAMALARI

Veri merkezlerinde çok sayıda ve farklı özellikte uluslararası sektör uygulamaları ile işletmesinde, inşasında ve tasarımında çok sayıda paydaş görmek mümkündür. Her geçen gün veri merkezlerinin önemi arttıkça dünya çapındaki sektör kuruluşları da yeni yeni veri merkezleri inşa etmektedirler. Bu bölümde yeni nesil veri merkezi enerji verimliliği üzerine inşa edilmiş uluslararası uygulamalara değinilmektedir.

Dünya uygulamaları olarak BT sektöründe faaliyet gösteren uluslararası özel kuruluşların dünyanın çeşitli yerlerinde kurdukları yeni nesil veri merkezleri ve bu veri merkezlerinin dikkat çeken özellikleri verilmektedir. Özellikler olarak yukarıda da belirtildiği üzere; “yeşil” BT çözümleri ve enerji verimliliği üzerine kurulmuş tesisler incelenmektedir.

Daha önceden bahsedildiği gibi, veri merkezlerinin işletmesinde, inşasında ve tasarımında çok sayıda paydaş vardır. Sunucular Intel, AMD ve IBM gibi şirketler tarafından üretilen mikroşlemcilerle sahiptir. Bu sunucular mikroşlemcileri üreten veya Hewlett-Packard, Dell, ve Sun gibi uzmanlaşmış şirketler tarafından bir araya getirilir. Bu şirketler tüm BT platformunu sağlamak amacıyla sunucuları soğutma kabinleri ve diğer donanımlarla entegre bir biçimde tasarlayabilir veya bu işlem üçüncü taraf satıcılarla veya nihai kullanıcılarla gerçekleştirilebilir. Kabinlere yerleştirilen BT donanımı daha sonra bir veri merkezi içerisine konumlandırılır ve veri merkezi sahibi ve/veya işletmecisi tarafından işletilir ve teknik hizmet sağlanır. Aslında, BT donanımına ek olarak veri merkezi aynı zamanda soğutma ve enerji dağıtımı için altyapı donanımını bünyesinde barındırır (Joshi ve Kumar, 2012, s.14).

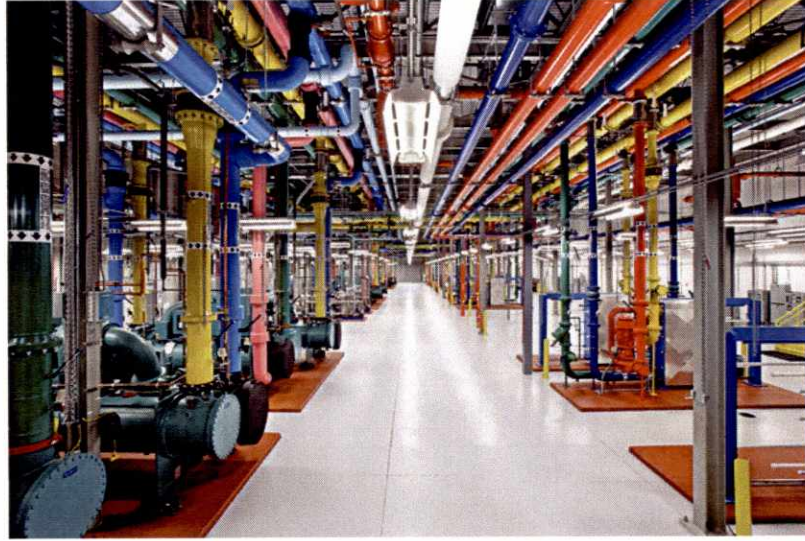
4.1 Google Uygulama Örneği

Veri merkezlerinde enerji verimliliğini arttırmak yönünde Google ve diğer büyük internet şirketlerinin önemli ölçüde adımlar attıkları bilinmektedir. Mevcut soğutma teknolojilerinin sınırlandırmaları PUE değerinin azaltılması yönündeki hızı yavaşlattı. Ayrıca sıcak hava koridoru, serbest soğutma ve kapsamlı izleme gibi en iyi uygulama teknikleri büyük ölçekli veri merkezlerinde artık olağan hale gelmektedir.

Google şirketi Google tarafından tasarlanan yeni nesil veri merkezlerinin ortalama yıllık PUE değerlerinin 1.2 olduğunu gösteren verileri yayınlamıştır. Nisan 2009 yılında, Google şirketi 2005 yılında inşa edilen konteynır tabanlı veri merkezinin görüntülerinin de yer aldığı veri merkezi mimarisinin detaylarını yayınlamıştır (GOOGLE, 2009). Bu yeni veri merkezi 2008 yılında yıllık 1.24 PUE değeri gerçekleştirmeyi başarmıştır. Google'ın tarihi PUE performansı çok başarılıdır. En iyi uygulamaların uygulanmasının doğal seyri olarak, 2008 yılında 1.24 seviyelerinde olan PUE değerı 2013 yılında 1.12 seviyelerine düşürülmüştür. Google enerji verimliliği için yenilikler yaparken, diğer yandan veri merkezlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya başlamıştır (Gao, 2014).

Google çevreye verilen zararı en aza indirmek amacıyla veri merkezi tasarımlarını optimize etmek için yıllardır çalışıyor. Buna iyi bir örnek Georgia eyaletindeki Douglas veri merkezi tesisidir. Tesisin su kullanımını sağlamak ve yerel şebekeden su almaması için su işleme tesisi ve arıtma tesisi inşa edilmiştir. Aşağıda Google ait enerji verimliliği yüksek ve yeşil veri merkezleri çözümleri kullanan Georgia eyaletindeki Douglas veri merkezi görülmektedir (Şekil 4.1).

Şekil 4.1 Yeşil BT çözümleri kullanan Google Douglas veri merkezi



Kaynak: GOOGLE,2014

Google'ın yeni nesil veri merkezleri geleneksel veri merkezlerinden sadece bir kaç temel açıdan farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar aşağıda özetlenmiştir:

- **Hava akımının dikkatli kullanımı:** Sunucular tarafından açığa çıkan sıcak havanın soğuk havayla karışımına izin verilmez. Soğutma bobinlerine giden yol çok kısadır böylelikle sıcak veya soğuk havayı uzun mesafelere taşımaya nerdeyse hiç enerji harcanmaz.
- **Yüksek soğuk koridor sıcaklıkları:** Konteynırların soğuk koridorları 18–20°C yerine 27°C civarında tutulmaktadır. Daha yüksek sıcaklıklar veri merkezlerinin verimli bir şekilde soğutulmasını çok daha kolay hale getirmektedir.
- **Serbest soğutma(free cooling) kullanımı:** Birçok soğutma kulesi ısıyı suyu buharlaştırmak suretiyle dağıtmaktadır ve bu durum soğutucuları devreye sokma ihtiyacını büyük oranda düşürmektedir. Çoğu ılıman iklimde soğutma kuleleri soğutma için ihtiyaç duyulan zamanının çoğunu ortadan kaldırabilir. Google şirketinin Belçika'daki veri merkezi her zaman "serbest" soğutma sistemiyle soğutucuların hepsini devre dışı bırakmıştır.

- **Sunucu başına 12V DC UPS:** Her bir sunucu mini bir UPS içermektedir. Bu sunucunun güç kaynağının DC yönünde çalışır bir bataryası vardır ve %99.99 verimliliktedir. Bu her sunucu başına kullanılan UPS ler tüm tesiste kullanılan UPS ihtiyacını ortadan kaldırır ve yaklaşık %90 dan %99 a kadar genel enerji altyapısı verimliliğini artırır.

Görünüşte bu yeni nesil veri merkezleri geleneksel veri merkezlerinden oldukça farklı gözükebilir ve bir anlamda bu doğrudur. Ancak bu veri merkezlerinde kullanılan tekniklerin neredeyse hepsi geleneksel veri merkezi tasarımlarında kullanılabilir. Böylece geleneksel bir veri merkezinde bile, bu teknikler PUE değerlerinin 1.35 ile 1.45 arasında olmasına olanak sağlamalıdır, yani mevcut endüstri ortalamasının çok üstünde bir verimlilik değerini mümkün kılmalıdır (GOOGLE, 2009).

Google şirketinin 2005 yılından beri faaliyet gösteren sunucular ile dolu konteynır bazlı bir veri merkezi oluşturduğu bilinmektedir (Şekilde 4.2). Konteynır tabanlı tesisler diğer veri merkezlerine göre oldukça yüksek enerji verimi puanları elde etmiştir.

Şekil 4.2 Google veri merkezi içinde konteyner nakliyesi



Kaynak: GOOGLE,2014

4.2 Interxion Uygulama Örneği

Çevreci uygulamalar peşinde olma ve enerji maliyetlerini azaltma amacıyla bazı yeni nesil veri merkezi işletmecileri altyapılarını soğutmak için deniz suyu ve jeotermal enerji kullanımını arttırmışlardır. Stokholm'da 1600 metre karelik bir alanda yer alan Interxion veri merkezi deniz suyu soğutma sistemini uyguladıktan sonra enerji maliyetlerini %80 azaltmıştır (Şekil 4.3).

Ayrıca bu veri merkezi deniz suyunu yerel ofisleri ve konutları ısıtmak amacıyla denize boşaltmadan önce yeniden kullanmaktadır. Sonuç olarak, veri merkezi BT yükünü daha fazla müşterinin faydalanması için müşteri başına azaltmak suretiyle PUE değerini 1.09 a indirmiş ve ekonomik kazancını arttırmıştır. Aynı amaçla, Iowa'daki BT donanımı 370 metre kare alana kurulu American College Testing veri merkezi ve Nebraska'daki Prairie Bunkers veri merkezi sunucuları soğutmak için jeotermal sondaj alanlarını kullanmaktadır (Prairebunkers, 2014).

Şekil 4.3 Interxion Stokholm veri merkezi



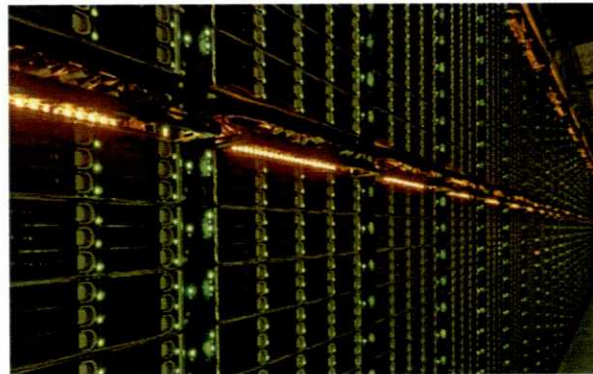
Kaynak: INTERXION, 2014

4.3 Microsoft ve Hewlett-Packard (HP) Uygulama Örneği

Microsoft sürdürülebilir çevresel yeni nesil veri merkezleri için iş uygulamaları sunmaktadır. Birincil hedefleri destekleyen teşvikler sağlanması gerektiğini belirtmektedir. Etkin kaynak kullanımının odaklanması gereken önemli bir konu olduğunu, operasyonel verimlilik için sanallaştırmanın kullanılmasını, uygulama iş yükü ve davranışlarına göre yatırım yapılmasını, olabildiğince altyapının standardize edilmesini ve maliyetleri azaltmak yenilikçiliği teşvik etmek için birden fazla üreticiden teklif alınmasını iş uygulamalarında paydaşlarına sunmaktadır (MICROSOFT, 2012).

Şekil 4.4 te Microsoft'un Dublin'deki modern Yeni Nesil Veri Merkezinden bir kesit gösterilmiştir.

Şekil 4.4 Microsoft Dublin Veri Merkezi



Kaynak: MICROSOFT, 2012

Hewlett-Packard (HP) Uygulama Örneği

Hewlett-Packard (HP) dinamik termal yönetim (Dynamic Thermal Management, DTM) kavramını formüle etmiştir. Bu kavram net enerji tüketimini azaltmak için stratejik yerlere yerleştirilen ısı algılayıcılarına bağlı işlemci aktivitesinin değişmesini ileri sürmüştür. Bu çalışma soğutma maliyetlerinde %25 lik bir azalmayı sunmaktadır. Konuyla ilişkili daha sonradan çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir; örnek olarak dinamik akıllı

soğutma(Dynamic Smart Cooling, DSC) teknolojisinin ticarileşmesi, veri merkezi yönetim masraflarının azaltılması için yazılımlar gösterilebilir. Geliştirilen analitik araçlar veri merkezinin her bir hareketiyle ilişkili maliyetleri belirlemeye katkıda bulunmaktadır. Soğutmanın BT talep tabanlı dinamik tahsisi önemli bir araştırma alanı olmaya devam etmektedir (Patterson vd., 2009).

4.4 The International Business Machines (IBM) Uygulama Örneği

IBM şirketi sıcak koridora girmeden önce sunucunun hava çıkışından ısıyı uzaklaştıran sıvı soğutmalı arka kapı eşanjörü geliştirdi. IBM, aynı zamanda algılama sistemleri için mobil ölçüm teknolojisinin gelişmesine öncülük etmiştir. Bu teknoloji merkezi izleme ve enerji kullanımının arşivleme ihtiyacı için kullanılmaktadır. Tivoli ve Maximo gibi yazılım araçları ile optimizasyon ele alınmıştır (IBM, 2011).

IBM kamu ve özel sektörde kullanılan altyapı teknolojilerini, “yeşil” veri merkezlerine dönüştürmek için yıllık 1 milyar dolar harcadığını bildirmektedir. Bu dönüşümü IBM enerji tasarruflu ürün ve hizmetleri aracılığı ile sağlamaktadır. IBM altı kıtada sekiz milyon metre kare alanda veri merkezi hizmeti vermektedir. Aşağıda IBM’in “yeşil” veri merkezlerinden biri gösterilmektedir (Şekil 4.5).

Şekil 4.5 IBM “yeşil” veri merkezi



Kaynak: IBM, 2007

4.5 Facebook Uygulama Örneği

900 milyondan fazla aktif kullanıcısı ile Facebook bu hızlı büyümeyi desteklemek için kapsamlı bir altyapı inşa etti. Her bir veri merkezi fiber optik kablolar üzerinden dış dünyaya ile bağlantısı sağlanan binlerce sunucuyu barındırmaktadır. Facebook yeni nesil veri merkezlerinde enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarını tercih ettiği için dünya çapında faaliyet gösteren çevreci Greenpeace örgütü tarafından takdir edilmektedir.

Facebook'un kuzey Carolina'da Forest City veri merkezi kampüsünde yaklaşık 340.000 m² alana sahip iki tesisten oluşmaktadır. Her iki tesiste ayrı olarak yaklaşık 38.000 m² beyaz alan bulunmaktadır (Şekil 4.6). Tesis LEED-NC¹ altın sertifika ödülünü hedeflemektedir. Ayrıca ENR (Engineering news-Record, Mühendislik haber-Rekor) güneydoğu en iyi "yeşil" proje (2013) ödülünü kazanmıştır (DPR, 2014).

Şekil 4.6 Facebook veri merkezi, Forest City, Kuzey Carolina



Kaynak: DPR, 2014

¹ U.S. Green Building Council, Birleşik devletler Yeşil Yapı Kurulu, enerji ve çevre tasarımında liderlik yapan yeşil bina sertifikasyon programıdır ve sınıfında en iyi bina stratejileri ve uygulamalarını ödüllendirir.

5 KAMU ORTAK VERİ MERKEZİ

Kamu ortak veri merkezi konusu her geçen gün daha yoğun bir şekilde ülkelerin gündemlerine girmektedir. Devletler bu konu ile ilgili radikal kararlar almaktadırlar. Bu bölümde ilk olarak kamu ortak veri merkezinin genel çerçevesi çizilmekte ve gereklilikleri ortaya konulmaktadır. Daha sonra kamu ortak veri merkezi teknik düzenleme ve standardizasyon boyutuyla değerlendirilmektedir. Konuya ilişkin ülke uygulamalarında, kamu entegre veri merkezi konusunda dünyaya öncülük eden; Güney Kore, Amerika Birleşik Devletleri ve İngiltere örnekleri ele alınmaktadır. Son olarak da kamu ortak veri merkezi ile ilgili ülkemizdeki durum değerlendirilmektedir.

5.1 Kamu Ortak Veri Merkezi Çerçevesi

Finansal hizmetler, elektronik ticaret, internet-tabanlı iletişim ve eğlence, sağlık hizmetleri için elektronik tıbbi kayıtlar, uydu navigasyon ve elektronik kargo takibi gibi uygulamalarda elektronik işlemlerin artan kullanımıyla BT tesislerindeki hızlı büyüme veri işleme ve depolama için sürekli artan taleple iyice hızlanmaktadır. Kamu sektörü de bu tür tesislerin artan kullanımını değerlendirmektedir. Kamu sektörü bu tesisleri iki şekilde değerlendirmektedir. Bir yandan sahipli ve işletilen tesisler olarak diğer yandan ortak kullanılan ortak yerleşim tesisler olarak değerlendirmektedir. Birinci seçenek birazdan değinilecek olan faktör veya faktörlerin önemli olduğu işletmeler tarafından kullanılmaktadır:

- Toplam mekân ve enerji gereksinimleri önemli miktardadır ve bu durum bu iş için bir tesisi işletmeyi ve ona sahip olmayı anlamlı ve değerli kılar,
- Tesis işletimi yoğun yönetim gerektirmektedir ve
- Fiziksel güvenlik önde gelen bir sorundur.

Diğer yandan ortak yerleşim bir veri merkezi inşa etmekle ilişkili maliyetlerin minimize edilmesi gerektiğinde cazip bir seçenektir. Özel ağ gereksinimlerine dayalı BT alt yapısı daha düşük maliyetlerle hızlı bir şekilde tesis edilebilir. Ayrıca, kuruma bağlı yeniden yerleşimler ağ sisteminin sekteye uğramadan veya diğer arızalar olmadan oluşabilir (Joshi ve Kumar, 2012, s.2).

Kamu ortak veri merkezlerinde iş ihtiyaçlarını desteklemek için gerekli yedeklilik seviyesini belirlemek gerekir. Aksi takdirde planlanmamış kesintilerde yaşanacak kayıplar beklenenin çok üzerinde olabilir. Kesinti sonucu ortaya çıkan potansiyel kayıplar yüksek seviyeli kullanılabilirlik ile ilişkili ek maliyetlerle dengeli olmalıdır. Düzenleyici kurumlar tarafından gerekli raporlar istenip, yaptırımlar uygulanabilir. Kamu ortak veri merkezi tasarımı yapılmadan önce oluşabilecek tüm riskler tahmin edilebilir ve ölçülebilir olmalıdır. Daha sağlam veri merkezi tesisleri inşasındaki masraflar, daha sonra tesisin düzgün bir şekilde çalışması ile fazlası ile çıkarılabileceği görülecektir.

Kamu ortak veri merkezleri ile mükerrer yatırımların önüne geçilecektir. Diğer yandan standartların belirlenmesi, yedeklilik, felaket kurtarma, iş sürekliliği ve bilgi güvenliği alanlarında ilerlemeler sağlayacaktır. BT altyapı maliyetleri, yazılım, donanım ve işletme giderleri azalacaktır. Kamu ortak veri merkezlerinde ortak kaynak kullanımı ve gereksinimlere göre kaynak ataması sayesinde tesislerde enerji verimliliği sağlanmış olacaktır. Daha az ama uzman çalışan istihdamı ile hizmet kalitesi ve sürekliliği elde edilecektir.

Burada kamu ortak veri merkezi kurulumunda dikkat edilecekler bazı hususlar bulunmaktadır. Bunlar; veri güvenliği ve gizliliği, ortak kullanılan kaynaklar ve veriler, hizmet sağlayıcıları ile paylaşılan bilgiler, siber riskler ve güvenlik standartları olarak sıralanabilir. Kamuya ait tüm verilerin ortak bir merkezde toplanması risklerin de ortak merkeze odaklanması sonucunu doğuracaktır. Ayrıca kamu ortak veri merkezi büyük bir organizasyon ihtiyacı doğuracaktır (Sezgin ve Akdemir, 2014).

5.2 Standardizasyon ve Teknik Düzenleme Boyutu

Günümüzdeki gelişmeler, veri merkezi sektöründe profesyonel kuruluşların kurulmasına yol açtı. Bu kuruluşlar genelde standardizasyon konuları üzerine yoğunlaşmışlardır. Dünya çapında bu standartlar kabul görmektedir. Veri merkezleri ile ilgili uluslararası düzeyde profesyonel sektör kuruluşlarının bir kısmı aşağıdaki tabloda listelenmiştir. (DCDA, 2012, s.58-63).

Tablo 5-1 Uluslararası sektör kuruluşları

Kuruluş Adı	Açıklama
	1993 yılında kuruldu.
	Amerikan Tesisat Mühendisleri Derneği 1894 yılında kuruldu.
	2007 yılında kuruldu.
	Association for Data Center Management 1980 yılında kuruldu.
	The Telecommunications Industry Association 1988 yılında kuruldu.
	Building Industry Consulting Service International 1974 yılında kuruldu.
	British Computer Society 1957 yılında kuruldu.
	The United States Environmental Protection Agency

Kaynak: DCDA

Bu uluslararası kuruluşların bazıları veri merkezi sektörüne bir kısım standartlar getirmişlerdir. Mevcut standartlardan bazıları şunlardır:

- Uptime Enstitünün Veri Merkezleri için Derecelendirmeleri
- ASHARE'in TC9.9 Kritik Tesisler için Standartları
- ANSI/TIA 942 Veri Merkezleri için Altyapı Standartları
- ANSI/BICSI 002 Veri Merkezi Tasarımı ve En İyi Uygulama Yöntemi
- EU(Avrupa Birliği) Veri Merkezleri için İş Etiği Kuralları

Veri merkezi piyasası ile ilgili düzenlemeler:

Dünyadaki veri merkezi piyasası ile ilgili düzenlemelerde bankacılık sektörü öncülük etmiştir. Veri güvenliliğinin çok önemli olduğu bu sektörde veri merkezlerine verilen önem de bu oranda artmıştır. Ülkemizde de Bankacılık Denetleme ve Düzenleme Kurulu'nun (BDDK) bankalara ait veri merkezlerinin Türkiye'de inşa edilmesi zorunluluğunu getirmesi Türkiye'de veri merkezi alanında büyük gelişmeler yaşanmasına neden olmuştur. Ayrıca finans veri merkezleri için de bazı standartlar getirilmiştir. Ancak ülkemizde BT sektörünün geneline bakacak olursak, ne özel sektörde ne de kamu alanında herhangi bir düzenleme bulunmamaktadır.

Veri merkezi piyasası ile ilgili uluslararası düzenlemelerden bazıları aşağıda sıralanmaktadır: (DCDA, 2012, s.64-67).

- Finans sektöründe; **SEC** (Securities and Exchange Commission) ve - **FED** (Federal Reserve, Federal Rezerv Sistemi) düzenlemeleri örnek olarak gösterilebilir.
- **Sarbanes-Oxley Act 2002**; Mali uygulama ve kurumsal denetim üzerine düzenlenmeleri içerir.
- **Basel II 2004 - Basel III** (Geliştirilmesi devam ediyor); İç süreçler, insanlar ve sistemler veya dış kaynaklı olayla ilgili hata veya yetersizliklerden kaynaklı kayıp riski olarak tanımlanan operasyonel riskler üzerine düzenlemeleri içerir.

- **Civil Contingencies Act 2004**; Yerel ve ulusal çapta Birleşik Krallık (UK) de acil durumlarda yapılması gereken planlamaları, hükümete bir büyük ölçekli acil durumda kullanmak için ek yetkiler üzerine düzenlemeleri içerir.
- **Carbon Reduction Commitment 2007**; Birleşik Krallık zorunlu karbon emisyonu azaltma planıdır. Kamu ve özel sektörde büyük olmayan enerji tüketen kuruluşlar için bu plan geçerlidir. 2020 yılına kadar karbon emisyon oranı yılda 1,2 milyon ton azaltılması planlanmaktadır.

Kamu ortak veri merkezi altyapı tasarımı fizibilite çalışmalarına başlamadan önce düzenlemelere değinmek gerekir. Bu düzenlemeleri fizibilite çalışmalarında göz önünde bulundurmak veri merkezi tasarımında aşağıda sıralanan etkileri ortaya çıkaracaktır:

- Yüksek güvenlik seviyeleri
- Yedeklilik ve esneklik seviyelerinin artması
- Düzenleyici Kurumlara daha fazla sorumluluk
- Daha sıkı denetim gereksinimleri
- Genişletilmiş depolama gereksinimleri
- Daha titiz hazırlanan sigorta teknik özellikleri
- Daha verimli çalışma gereksinimleri
- Daha hızlı işlem süreleri

Bütün bu düzenleyici baskıların BT işlemleri, BT yönetimi ve sistem mimarisi tasarımı üzerinde etkisi olmaktadır. Sırayla bunlar kamu veri merkezi için proje tasarım gereksinimleri olarak ele alınmalıdır. Kamu ortak veri merkezinde desteklenen donanım türü, nasıl bir donanımın yüklü ve güvenli olduğu, verilerin içeride ve dışarıda nasıl işlenip ağa bağlanacağı, ne tür güvenlik özelliklerinin kullanıcılar için önemli olduğu bilgileri bu düzenlemeler ile

değiştirilir. Böylelikle bu düzenlemeler veri merkezi altyapı tasarımını doğrudan etkiler.

Burada görülen düzenleyici kurumların risk yönetimi, felaket planlaması, güvenlik, kullanılabilirlik ve bunun gibi konuları hakkındaki kısıtlamaları uygulamaya koymalıdır. Bir veri merkezi tasarım projesi planlamasında ele alınacak rollerin ve standartların sayısı bu şekilde artacaktır.

5.3 Ülke İncelemeleri

Ülkemiz için yeni olan kamu veri merkezi yaklaşımı son yıllarda bilişim ve internet altyapısı olarak gelişmiş ülkelerde gündeme geldi. Öncelikle dünya çapında kurumlar (kamu, finans, teknoloji vb. sektörler) küçük ve orta ölçekli veri merkezlerini kapatıp bilişim sistemlerini büyük veri merkezlerine taşımak ile işe başladılar. Bu göç; fiziksel barındırma (kabin kiralama, kafes içi alan kiralama vs.), sunucu kiralama, işletim sistemi kiralama, uygulama kiralama gibi pek çok modelde gerçekleştirilmektedir.

Ülke uygulamalarında; ülkelerin inşa etmiş oldukları bu büyük merkezlerden ziyade, devletlerin inşa etmiş oldukları kamu entegre (ortak) veri merkezlerine değinilmektedir. Burada dünyada örnek pozisyonda 3 ülke (Güney Kore, Amerika Birleşik Devletleri ve İngiltere) bulunmaktadır. Özellikle bu 3 ülke arasında bu konudaki başarısı ile Güney Kore öne çıkmaktadır. Ülkelerin kamu entegre veri merkezi uygulamalarında, uygulamalara ait ayrıntılı teknik bilginin ötesinde, uygulamaların genel özellikleri ve ülkede gerçekleştirmiş oldukları kazanımları üzerinde durulmaktadır. Bu uygulamaları incelerken ülkemiz için hangi modelin daha iyi olacağı ile ilgili değerlendirmeler, sonuç ve öneriler bölümünde ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

5.3.1 Güney Kore

Güney Kore kamu entegre veri merkezi ve e-devlet hizmetlerinin gelişmişlik düzeyi açısından dünyaya örnek olmuş bir ülkedir. Birleşmiş Milletlerce (BM) 2 yılda bir yayımlanan e-devlet değerlendirme 2010 raporunda Güney Kore e-devlet hizmetlerinin gelişmişlik düzeyi ve vatandaşların e-devlet hizmetlerine katılımı yönünden üye ülkeler arasında ilk sırada yer almıştır (NIA, 2011).

Bireysel olarak işlev göstermiş olan veri merkezleri profesyonel ekipler tarafından entegre edilip yönetilmektedir. Ülke devlete ait 48 veri merkezini 2 ayrı şehre konumlandırarak şekilde tek bir veri merkezinde birleştirmiştir. Bu konuda en başarılı örnek olan Güney Kore, gereksiz yatırımlar, yetersiz güvenlik gibi nedenlerle tüm kamu kurumları bilişim sistemlerini büyük ölçekli iki veri merkezinde toplamış ve

- Güvenlik donanımı bulundurma oranını %65'den %100'e çıkarmış
- Arıza giderme süresini ortalama 67 dakikadan 0,09 dakikaya indirmiş
- En az %50 maliyet tasarrufu sağlamıştır.

Yedeklilik, felaket kurtarma merkezi, siber güvenlik, iş sürekliliği, kamu bulutu, işletme maliyeti ve kurumlar arası veri paylaşımı gibi konulara çözüm sağlanmıştır. Aşağıda Güney Kore kamu entegre veri merkezlerinin sağlamış olduğu özellikler hizmet tanımı kapsamında ele alınmakta ve ayrıntılı bilgiler verilmektedir (NCIA, 2013).

Hizmet tanımı:

- 47 tane devlet kurumunun 1.100 bilgi işlem sisteminden fazlası yönetim ve işletim için entegre olmuştur. Bu kadar büyük sayıda sistemler, sadece GİDC (Kamu Entegre Veri Merkezi) in entegre çalışması ve yönetimi için geliştirilmiş olan n-TOPS aracılığıyla, sistem aşaması ve operasyonunun gerçek zamanlı durum bilgisini sağlar.

- GİDC, korsanlık, virüs ve Ddos saldırıları gibi siber tehditlere karşı 8 katmanlı kapsamlı bir güvenlik çerçevesi görüntüler.
- Yangınlar, depremler, enerji kesintileri ve terör saldırıları gibi doğal veya yapay felaketler durumunda kurulmuş olan işi sürekliliği yönetim sistemi ve felaket kurtarma sistemiyle, bu veri merkezleri sorunsuz bir şekilde kilit hizmetler vermektedir.
- Binalar, elektrik yangın koruma, klima vb. dahil olmak üzere optimal işletme ve güvenlik altyapısı sağlanır. Aynen devlet kurumlarının birbirleriyle bağlantılı oldukları 'Ulusal Bilişim Ağı' üzerinden yüksek kaliteli iletişim hizmeti sunarken olduğu gibi.
- Devlet hem kendi amaçlarına yönelik kullanım için hem de paylaşım için her bir resmi kuruluşa sunulan BT kaynaklarının satın alımlarını yapar.

Güney Kore hükümeti veri merkezi konsolidasyon modeli ile yaklaşık 600 milyon dolar tasarruf sağlamıştır. Elde edilen bu başarı kamu entegre veri merkezi çalışmaları için diğer ülkeleri de teşvik etmektedir. Şekil 5.1 de Güney Kore'de kurulmuş olan bir kamu entegre veri merkezinin sunucularının bulunduğu BT alanının görüntüleri paylaşılmaktadır.

Şekil 5.1 Güney Kore'den bir kamu entegre veri merkezi



Kaynak: THEWHİR, 2011

5.3.2 Amerika Birleşik Devletleri

Amerika'daki gözlemlere göre, Birleşik devletler kurumları küçük veri merkezlerini kapatarak ve onları birleştirerek 1 milyar dolardan daha fazla para kazanmıştır. 24 federal kurum daha az yer kullanarak daha az kaynak harcayarak veri merkezlerini birleştirme girişimine katıldılar. Amerika Sayıştay tarafından yapılmış olan bir çalışmaya göre, bu girişim ile 2011 ve 2013 yılları arasında 1 milyar dolarlık bir tasarruf yapılmıştır. Amerikan hükümetinin farklı büyüklüklerde 9.000 e yakın veri merkezleri bulunmaktadır. Donanım, yazılım, personel ve malzemelerde dâhil olmak üzere maliyetlerden tasarruf ederek 2015 in sonuna kadar onların yarısını yani % de 44 lük bir bölümünü kapatmayı planlıyor. Şimdiye kadar veri merkezlerinin %10 nu kapatıldı (DCD, 2014).

Bu planı gerçekleştirmek için hükümet, Şubat 2010 da donanım, yazılım ve işletme maliyetini azaltmak, federal veri merkezlerin sayısını azaltmak, BT yatırımlarını daha verimli bilişim platformuna dönüştürmek için federal veri merkezlerini birleştirme girişimini başlattı. Ayrıca hükümet genel enerji kullanımını azaltarak yeşil BT kullanımını teşvik etti. Son olarak hükümetin BT güvenlik konumunu artırmak için çalışmalarda bulundu. Şubat ayına kadar devlet kurumları yaklaşık 640 veri merkezini kapatmışlardı ve Amerikan hükümetinin Data. gov web sitesine göre ekim 2013 ve kasım 2014 arasında 470 tesisin kapanması planlanmaktadır. Yapılan bir çalışmaya göre, savunma, içişleri ve hazine bakanlıklarında yapılan birleştirmeler sonucu yapılan tasarruf miktarı yaklaşık 850 milyon dolardır.

Ayrıca, FDCCI (Federal Data Center Consolidation Initiative- Federal Veri Merkezi Konsolidasyon Girişimi) bünyesinde yer alan 21 kurum 2015 mali yılının sonuna kadar ek bir 2.1 milyar dolar tasarruf yapmayı planlamaktadırlar. Bunu başarabilirlerse toplamdaki 3.3 milyar dolar tasarruf Yönetim ve Bütçe Dairesinin ilk 3.0 milyar dolarlık hedefinden 300 milyon dolar daha yüksek bir tasarruf miktarı olacaktır. Devlet kurumları 2017 yılına kadar toplamda 5.3 milyar dolar bir tasarruf planlamaktadırlar (DCD, 2014).

5.3.3 İngiltere

İngiltere’de CIO (Chief Information Officer- Bilişim Kurulu Başkanlığı) tarafından Haziran 2010 yılında gerçekleştirilen araştırma, merkezi hükümete bağlı 220 adet veri merkezi belirlemiştir. Daha geniş planda kamu sektöründe yüzlerce veri merkezi olduğunu tahmin etmektedir. Hükümet şimdilerde, 2020 yılına kadar veri merkezlerini optimum sayıda güvenli, verimli ve dayanıklı veri merkezine dönüştürüp sayılarını azaltmak için öneri vermeyi tasarlamaktadır. Yapılması düşünülen öneriler 2020 yılına kadar maliyetlerde yılda 300 milyon poundluk bir tasarruf sunma potansiyeli taşımaktadır. Güvenlik ve esnekliğin geliştirilmesi öneride önemli bir yer tutmaktadır. Kamu Sektöründeki BT hizmetlerinin taşınırken aksama riski azaltılmaktadır. Ayrıca % 75'e varan göre soğutma ve enerji tüketimini azaltılmaktadır (UK, 2010).

İngiltere’de kabine ofisi liderliğindeki ortak Devlet/Sanayi veri merkezi strateji ekibi 2010 yılında aşağıda sıralanan kararları almışlardır:

- Birleştirme ve modernleştirme için iş planı sadeleştirilmeli ve geliştirilmelidir.
- Erken faydalar sunacak aşamalı bir yaklaşım belirlenmelidir.
- Bilgi güvencesi topluluğu ile irtibatlı, gizliliği sağlamak için gerekli kontroller geliştiren ve başından itibaren bütünlük ve kullanılabilirlik yaklaşımı ile tasarım yapılmalıdır.
- Bu veri merkezlerini belirlemek için, kamu ve özel sektör paydaşlarının birbirleri ile irtibatlı olmalıdırlar. Bu irtibat ile hangi kurumların birleştirmede öncelikle yararlanması gerektiği belirlenmelidir.
- Merkezi ve yerel hükümet birimleri beraber hareket ederek, hangi veri merkezlerinin aynı işi yaptıkları belirlenmelidir.
- Eski ve yeni bilgileri birleştirerek en verimli ve en ekonomik bir strateji geliştirilmelidir.
- Sanayi ile beraber çalışılarak, birleşmeyi sağlayan alternatif yatırım ve ticari modeller belirlenmelidir.

5.4 Türkiye İncelemesi

Türkiye’de kamu kurumları genelde e-devlet gibi uygulamalara ayak uydurmak veya kendi uygulamalarını geliştirmek için veri merkezi altyapılarında iyileştirme yoluna gitmektedirler. İdari ihtiyaçlar, tasarruf imkânı, siber güvenlik ve enerji verimliliği gereksinimleri doğrultusunda, halen her kurumun kendisinin işletmekte olduğu veri merkezi altyapılarının tek bir çatı altında birleştirilerek Türkiye kamu ortak veri merkezinin kurulması önem arz etmektedir.

Yeni nesil veri merkezleri altyapısı; tasarım, elektrik, elektro-mekanik, enerji ve yedek enerji sistemleri, iklimlendirme, güvenlik, yangın sistemleri ve özel yapım teknikleri gibi birçok disiplinde farklı uzmanlıklar gerektirmektedir. Ayrıca veri merkezinin kurulumu sonrasında da ciddi bir işletim faaliyeti olmaktadır. Bu ihtiyaçlar profesyonel ekip ve çözümler ile giderilebileceğinden ve ülkemizde her kurumun kendi bünyesinde bu ekipleri bulundurması çok imkân dâhilinde olmamaktadır.

Konu ile ilgili olarak Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu (BYTK) 25. toplantısı 04.01.2013 tarihinde yapmış bir bölümü aşağıda belirtilen 104. kararı almıştır. Bu kararın tam metni Ek-1’de yer almaktadır.

Kamu kurumlarının veri merkezlerinin birleştirilmesine yönelik hukuki, teknik ve idari yapılanma modelinin oluşturulmasına ve Türkiye Kamu Entegre Veri Merkezinin kurulması çalışmalarının yapılmasına karar verilmiştir.

Kararın gerekçesinde ise Güney Kore’nin 48 merkezî kamu idaresinin bilgi sistemlerini tek bir veri merkezinde birleştirildiği, ABD’nin bulut bilişim ve ortak veri merkezi yaklaşımlarıyla 2015 yılına kadar 800’den fazla kamu veri merkezini kapatmayı planladığı hususları yer almaktadır

BYTK'nın bu kararının yanında Kalkınma Bakanlığı tarafından hazırlanan 2014-2018 **Bilgi Toplumu Stratejisi ve Eylem Planı** Taslağında

112. *Kamuda ortak veri merkezleri ve kamu bulutuna geçiş konusunda dünya genelinde kayda değer bir eğilim gözlenmektedir. Ülkeler güvenlik ve tasarruf gibi avantajları sebebiyle mevcut durumda çok sayıda olan veri merkezlerini birleştirmeye yönelmiştir. Güney Kore, ABD ve İngiltere ortak veri merkezleri konusunda başarılı örnekler olup yenilikçi uygulamalar gerçekleştirmektedir. Kamu bulutu konusunda çalışma yapan ülkeler yönetim yapısının, önceliklerin ve yol haritasının belirlenmesi, özel sektörle işbirliği modelinin oluşturulması, güvenlik ve mevzuat uyumlaştırması konularına odaklanmaktadır. Bulut bilişim hizmetinin tedarik yöntemi konusunda dünya örneklerine bakıldığında; Hollanda ve Güney Kore'de kamuya özel bulut kullanımının tercih edildiği, ABD ve İngiltere'de ise bulut hizmetinin belirli koşullar altında özel sektörden sağlandığı görülmektedir.*

...

297. *Gerekli hazırlık çalışmaları tamamlandıktan sonra kamu bulutu hayata geçirilecektir. Bu kapsamda, öncelikli olarak kamu veri merkezlerinin bütünleştirilmesi çalışmaları tamamlanacak, sanallaştırma ve bulut bilişim altyapı ve uygulamaları için usul ve esaslar belirlenecek, gerekli teknik, idari ve yasal altyapı oluşturulacak ve kamu uygulama platformu hayata geçirilecektir.*

ifadeleri yer almaktadır (KALKINMA BAKANLIĞI, 2014).

Türkiye'de kamu ortak veri merkezi kurulması çalışmaları Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı sorumluluğunda yürütülmektedir. Konu ile ilgili çalışmalar; Başbakanlık, Kalkınma Bakanlığı, TÜBİTAK ve TÜRKSAT ile beraber yürütülmektedir. TÜRKSAT tarafından fizibilite çalışmaları sürdürülen Konya Kozağaç ulusal veri merkezinin Tier 3 sertifikalı olması planlanmaktadır (Şekil 5.2).

Şekil 5.2 Kurulması planlanan ulusal veri merkezi görünümü



Kaynak: TÜRKSAT, 2014

Burada konunun bilgi teknolojileri, düzenleme ve standardizasyon boyutları da dikkate alındığında Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunun (BTK) çalışmalara iştirak etmesinin yararlı olacağı değerlendirilmektedir. Daha geniş çerçevede ise ilgili kamu kurum ve kuruluşlarıyla gerekli işbirliği ve koordinasyonu sağlayacak, yapılacak çalışmaları koordine edecek, kamu ortak veri merkezinin işletilmesi ve yönetilmesi görevlerini üstlenecek bir birime ihtiyaç duyulmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Son beş yılda sunucu ve veri merkezi sayısında muazzam artışlar gerçekleşmiştir. Dünyanın önde gelen kuruluşları BT hizmetlerini barındırmak; bir manada mevcut hedeflerinin güvenlik, bütünlük ve kullanılabilirlik optimizasyonunu sağlamak için veri merkezlerine bağlanmaktadır. Aynı zamanda bu kuruluşlar sahip oldukları verilerin; erişimi, güvenliği, depolanması, iletimi ve yönetiminin sağlanması için gelişmiş veri merkezi altyapılarına ihtiyaç duymaktadırlar. İhtiyaç duyulan veri merkezi altyapısı; yapı ve inşaat işleri, mekanik ve elektrik altyapı donanımları gibi çok çeşitli disiplin dallarını kapsamaktadır. Bu açıdan günümüzde veri merkezi yöneticisi tecrübelerini ısı transferi, akışkanlar dinamiği, termodinamik, enerji sistemleri, bilgisayarlı modelleme, metroloji (ölçüm bilim) ve veri edinim ve işleme ile ilgili kavramsal bilgi ile desteklemek zorundadır.

Veri merkezlerinin tarihi gelişimi incelendiğinde, çok kısa zaman aralıklarında tesislerin inanılmaz boyutta değişiklik gösterdiği görülmektedir. Beş on yıl içerisinde kocaman odaları kaplayan sunuculardan, mikro boyuttaki işlemcilerle gerçekleşen geçiş değişimin boyutunu göstermektedir. Özellikle internet ile birlikte bu değişim çok daha hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Burada sektörde ayakta kalmak için yeni nesil teknolojileri takip ederek, sürekli araştırma ve geliştirme faaliyetlerinde bulunarak hızlı bir şekilde uygulamaya geçmenin gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Yeni nesil veri merkezi altyapı tasarımına başlamadan önce dikkat edilmesi gereken hususlardan biri fizibilite çalışmalarıdır. Fizibilite çalışmaları; tasarım gereksinimleri, tasarım ve proje süreci, yer seçimi ve çevre koşulları, kaynakların kullanılabilirliği ve coğrafi etkilerin her birinin değerlendirilerek yapılması gerekmektedir. Burada düzenleyici kurumlar tarafından; risk yönetimi, felaket planlaması, güvenlik, kullanılabilirlik ve bunun gibi konulara ilişkin kıstasların ortaya koyulmasının yararlı olacağı değerlendirilmektedir.

Veri merkezi enerji altyapısında ele alınması gereken ilk konu şebeke sağlayıcıları ve şebeke kapasitesi olmalıdır. Burada şebeke beslemesinin yedekli olması veri merkezi iş sürekliliği için çok önemlidir. Mevcut şebeke hatları incelenmeli, yedekli yapının mümkün olup olmadığı proje aşamasında belirlenmelidir. Gerekirse veri merkezi tesisinin kurulacağı lokasyondan sorumlu şirket ile irtibata geçip, yedekli yapı sağlanmalıdır.

Doğal kaynaklardan soğutma uygulamalarını içeren serbest soğutma sistemi yeni nesil veri merkezlerinde verimi arttırmak için kullanılması gereken soğutma tekniklerinin başında gelmektedir. Bu sistemleri kurarken dikkat edilmesi gereken çeşitli hususlardan bahsetmek mümkündür. Hava taraflı serbest soğutma sistemi kurulacak ise; tesisin kurulacağı bölgenin iklim koşulları, hava kalitesi, nem durumu önemlidir. Bölgedeki sıcaklık değerlerinin yıllık tekrar edilme sıklıkları bilinmelidir. Mevsimsel hava değişikliklerine göre entegre soğutma sistemlerinin kullanımı da uygun olabilir. Su taraflı serbest soğutma sistemi kurulacak ise; suyun geldiği kaynağın veri merkezine olan mesafesi önemlidir. Serbest soğutma sistemleri düşük nemli kuru iklimlerde iyi performans göstermelerine rağmen, çok soğuk iklimlerde iyi performans göstermezler. Çünkü kulelerdeki buz oluşumunu engellemek için ek mekanizmalara ihtiyaç duyulmaktadır Serbest soğutma üzerine yapılan araştırmalar bu sistemi kullanmanın büyük bir yararı olduğu ve bu şekilde soğutma maliyetleri üzerinde önemli tasarruflar yapabileceğini ortaya koymaktadır.

Daha yüksek işletme verimliliği ve daha düşük toplam maliyetlere ulaşmak için havayla soğutulan BT donanımında soğuk/sıcak hava muhafaza koridorları gibi yüksek verimlilikte hava soğutma sistemleri önerilmektedir. Koridor muhafazaları kullanarak sıcak ve soğuk havanın ayırımı mevcut yeni nesil veri merkezlerinde sıklıkla kullanılan enerji verimliliği stratejisidir. Bu strateji soğuyan hava kaynağını sıcak hava çıkışından ayırmak ve soğuk hava beslemesinin sıcak havayla karışmasını önleme temeline dayanır. Tek bir

sıcaklık kontrolünden daha iyi işleyen bu stratejiyle, soğuk besleme havasını sıcak dönüş havasından tamamıyla ayırmak gerekmektedir.

Enerji verimliliği günümüzde veri merkezleri ve yerleşik alanlarda odak haline gelen bir konudur. Bu çalışmada da enerji verimliliği konusu özellikle yeni nesil veri merkezlerinde enerji verimliliğinin artırma noktasında, güncel teknolojiler ışığında tüm ayrıntıları ile değerlendirilmektedir. Burada işletmecilerin temel odak noktası olarak enerji verimliliğinden ziyade güvenilirliği ön plana çıkarması veri merkezlerinin verimsiz enerji tüketimine neden olmaktadır. Bu yüzden, veri merkezlerinin çoğu en kötü senaryoya göre tasarlanmakta ve mekanik bileşenler daha sonra hem yatırım hem de işletme maliyetlerini arttıracak şekilde normalden fazla büyüklükte seçilmektedir.

Veri merkezi altyapı tasarımında öncelikle tesis için enerji verimliliği hesaplanmalıdır. Burada veri merkezi ölçüm sistemleri kullanılabilir. Daha sonra enerji kayıplarının nedenleri ortaya konmalıdır. Burada enerji kayıplarının çoğu soğutma evresinde gerçekleştiği için özellikle bu evrenin üzerinde durulmalıdır. Ayrıca BT donanımında yaşanan kayıplar da göz ardı edilmemelidir. Bütün bu adımlar atılırken aynı zamanda veri merkezlerinde meydana gelen enerji kesintilerinin etkileri de hesaba katılmalıdır. Yapılan çalışmalar, veri merkezi kesintilerinde özellikle finansal hizmetler, telekomünikasyon, imalat ve enerji şirketleri gibi endüstrinin lider sektörlerinde BT kesintisi esnasında gelir kaybının yüksek oranda olduğunu ortaya koymaktadır. Kesintiler sadece kurumların imajını zedelemekle kalmayıp, aynı zamanda doğrudan para kaybı ve insan hayatı için risk anlamına gelebilmektedir.

Veri merkezlerinde enerji verimliliği kabul edilebilir BT sıcaklıklarını artırılması ile sağlanabilir. Kabul edilebilir BT sıcaklığını arttırmak boş alan sıcaklığını doğrudan etkileyecektir. Artan boş alan sıcaklığını her hangi bir soğutma türü için enerji verimliliğinde bir iyileşme sağlayacaktır. Soğutma sistemlerinin enerji verimini arttırmak için gelecek vaat eden soğutma stratejileri

kullanılabilir. Yeni nesil veri merkezi tasarımcıları ve sahipleri için veri merkezi performansını tahmin edebilecek simülasyon araçlarına sahip olmak çok önemlidir. Soğutma sistemlerinde enerji verimliliği için termal analiz yaklaşımı olarak CFT modelleme çabalarının da yararlı sonuçlar verdiği değerlendirilmektedir. Soğutma sistemlerinin enerji verimini arttırmak için uygulanabilecek stratejilerin bir benzeri enerji beslemesi için de geçerlidir. Enerji depolama aygıtlarının gelişmiş kullanımı, doğru akım kurulumu ve tesis içi elektrik üretimi gibi stratejiler kullanılarak, veri merkezinde kullanılan güç sistemlerindeki enerji tüketimi çok aşağı seviyelere düşürülmesi mümkün olabilmektedir.

Yeni nesil veri merkezlerinin enerji verimliliğini arttırmak üzere yapılan bir başka strateji tesisin ofis veya konut gibi diğer yerlerinde sunuculardan gelen atık ısıyı kullanmaktır. Konu üzerine yapılan çalışmalar ısının yeniden kullanımını en çok gelecek vaat eden ve ekonomik anlamda faydalı teknoloji olarak kabul etmektedirler. Uluslararası bazı şirketlerin konu ile ilgili uygulamaları bulunmaktadır. Diğer yandan; yeşil veri merkezi çözümleri olarak; konteyner şeklinde modüler veri merkezleri, sanallaştırma, bulut bilişim ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gibi enerji verimliliği hususunda öne çıkan güncel yaklaşımların veri merkezi altyapı tasarımında kullanılmaları önerilmektedir.

Güncel yaklaşımlar ve incelenen uluslararası sektör uygulamaları ile ülke örnekleri ışığında, ülkemiz için kamu ortak veri merkezi konusunda üç ana başlık altında önerilen hususlar şunlardır:

- ✓ Kamu ortak veri merkezi altyapı tasarımında gereksinimler sağlanmalı ve son teknolojiler kullanılmalıdır.
- ✓ Kamu ortak veri merkezi için düzenleme ve standardizasyon çalışmaları yapılmalıdır.
- ✓ Kamu ortak veri merkezi için tasarım ve proje sürecinde uygun lokasyon veya lokasyonlar belirlenmelidir.

Her ana başlığa ilişkin yapılan öneriler aşağıda detaylarıyla ve sıra ile verilmektedir.

- ✓ **Kamu ortak veri merkezi altyapı tasarımında gereksinimler sağlanmalı ve son teknolojiler kullanılmalıdır.**

Yeni nesil veri merkezi altyapısında **enerji ve güvenilir soğutma** olmak üzere iki ana unsur bulunmaktadır. Bu iki unsur ayrıntılı bir şekilde ele almadan kamu veri merkezi tasarımı yapılmamalıdır. Ayrıca BT taleplerinin muhtemel artışları ve işletme ile ilgili süreçler de dikkate alınarak tasarıma başlanmalıdır. Kamu ortak veri merkezinde bulunan tüm donanım gereksinimleri; ilgili işletmenin esnek çalışma koşullarına **uygun enerji, soğutma**, yangın söndürme, güvenlik ve ağ alt yapısına sahip olmalıdır. Bu gereksinimler; işletmenin günlük BT işlerinden çok daha yüksek seviyede esneklikte ve **7/24 hizmet** verebilecek kapasitede olmalıdır. Kamu ortak veri merkezi tasarımında hizmet verilen iş koluna ait **risk profiline** de yansıtılması önerilmektedir.

Kamu ortak veri merkezinde; son teknolojiler, enerji verimliliği, dünya uygulamaları ve güncel yaklaşımlar ışığında altyapı tasarımında yer alması gereken hususlar şunlardır:

- Enerji beslemesi yedekli olmalı ve **en az iki farklı iletim hattından** beslenmelidir. Daha ileri seviyede, veri merkezine gelen iletim hatları farklı kaynaklardan beslenmelidir.
- Veri merkezi enerjisini kendi **bünyesindeki yenilenebilir enerji** kaynağından sağlamalıdır. Burada da enerji beslemesi yedekli yapıda olmalıdır.
- Veri merkezi güç sistemlerinde enerji verimliliği için; **doğru akım, kojenerasyon tesisleri, çip seviye paketleme ve modüler UPS** teknolojileri kullanılmalıdır.

- Veri merkezi için hayati önem taşıyan soğutma sistemlerinde enerji verimliliği için **serbest soğutma sistemleri** kullanılmalıdır. Burada kurulacak kamu ortak veri merkezi lokasyonun serbest soğutma sistemleri için uygun olması gerekmektedir.
 - Veri merkezinde enerji verimliliği için ayrıca; kabul edilebilir **BT sıcaklıklarını artırılması, CFT simülasyon araçları ve ısının yeniden kullanımı** gibi güncel yaklaşımlardan yararlanılmalıdır.
 - Kamu ortak veri merkezi için enerji verimliliği hesaplanmalıdır. Burada veri merkezi ölçüm sistemleri kullanılabilir. **PUE değerinin 1.1-1.2** seviyelerinde olması hedeflenmelidir.
- ✓ **Kamu ortak veri merkezi için düzenleme ve standardizasyon çalışmaları yapılmalıdır.**

Kamu ortak veri merkezleri ile ilgili üzerinde durulması gereken diğer önemli bir konu da; veri merkezi piyasası ile ilgili düzenlemelerdir. Çalışmanın 5.2.1 bölümünde de değinildiği gibi, ülkemizde de BDDK bankalara ait veri merkezleri için bazı standartlar getirmiştir. Ancak ülkemizde BT sektörünün geneline bakıldığında, ne özel sektörde ne de kamu alanında herhangi bir düzenlemenin olmadığı görülmektedir. Konu ile ilgili uluslararası düzenlemeler bulunmaktadır. Geneli itibari ile finans sektörünü ilgilendiren düzenlemeler olmak ile beraber, ülkemizde kurulması planlanan kamu ortak veri merkezi için kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

Bu bağlamda ülkemizde yapılacak düzenlemenin;

1. İstisnai (TSK, Emniyet ve MİT gibi ulusal güvenlik konusunda kritik kurumlar) kurumlar dışında, **tüm kamu kurumlarının** kurulacak kamu ortak veri merkezinde yer alması,

2. İlgili kamu kurum ve kuruluşlarıyla gerekli işbirliği ve koordinasyonu sağlayacak, eylem planlarını hazırlayacak ve yapılacak çalışmalarını koordine edecek **Güney Kore örneğindeki gibi bir birimin kurulması**,
 3. Kamu ortak veri merkezine geçiş sürecinde **bilgi güvenliğinin sağlanması**,
 4. Ulusal ve uluslararası **standartlara** uyulması,
 5. Hizmet kalitesinin ve sürekliliğinin sağlanması aynı zamanda **kullanıcı odaklı ve erişilebilir olması**,
 6. Mükerrer yatırım ve çalışmaların önlenmesi ve **birlikte çalışabilirlik** ilkelerine riayet edilmesi,
 7. Kamu kurum ve kuruluşlarının yürütülen **teknik ve idari çalışmalara üst düzeyde katılımının** sağlanması,
- ilkeleri doğrultusunda hazırlanmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

- ✓ **Kamu ortak veri merkezi için tasarım ve proje sürecinde uygun lokasyon veya lokasyonlar belirlenmelidir.**

Öncelikle kamuya ait tüm verilerin ortak bir merkezde toplanması risklerin de tek bir noktada toplanması sonucunu doğuracağından, kurulması planlanan veri merkezi **sadece bir lokasyonda değil birkaç lokasyonda** konumlandırılmalıdır. Aynı lokasyonda yer alacak kurumlar risk faktörleri göz önünde bulundurularak belirlenmelidir. Örneğin güvenlik veya sağlık alanında hizmet veren bir kurum ile kültür veya spor alanında hizmet veren başka bir kurumun risk faktörü farklılık arz edecektir. Bunun yanında hizmet alanları ortak veya benzer olan kurumlar aynı lokasyonda konumlandırılabilirler. Örneğin ekonomi alanında hizmet veren bir kurum ile maliye alanında hizmet veren başka bir kurum aynı lokasyonda konumlandırılabilir.

Kurulması planlanan kamu ortak veri merkezi lokasyonunun tespitinde bu çalışmanın 2.1.1 ve 2.1.2 bölümlerinde ayrıntıları ile ele alınan yer seçiminde dikkate alınması gereken faktörler ve özellikle Amerika'nın kuzey doğusunda

Quincy veri merkezi çiftliği kurulurken dikkate alınan seçim kriterleri bu çerçevede değerlendirildiğinde;

- Doğal veya çevresel riskler (Deprem, sel, fırtına ve patlamalar)
- Enerji temini (İletim hatları ve yenilenebilir enerji)
- İletişim altyapısı (Fiber hatlar)
- İklim koşulları (Ortalama sıcaklık değerleri)
- Ulaşım kolaylığı
- Gelecekteki büyüme (Komşular)

gibi faktörler önerilecek lokasyonlar için bize yol gösterici olacaktır.

Kamu ortak veri merkezi için önceki bölümde de değinildiği üzere, TÜRKSAT tarafından Konya Kozağaç lokasyonunda fizibilite çalışmaları devam etmektedir. Burada ortak veri merkezleri ve felaket kurtarma merkezleri için Konya veya Ankara Gölbaşı lokasyonları ön plana çıkmaktadır. Bu lokasyonlar yukarıdaki faktörler çerçevesinde doğru bir seçim olsa da **bütün merkezleri yakın bölgelerde kurmak risk doğuracaktır.**

Sonuç olarak aşağıda ayrıntıları ile ele alınan yer seçim faktörleri dikkate alınarak hazırlanan Ek- 2/A ve Ek- 2/B sırası ile yer alan **Eskişehir, Kayseri** ve **Konya** illeri karşılaştırma tablosu ve puanlama kriterleri tablosu incelendiğinde kurulacak kamu ortak veri merkezi için uygun lokasyon olarak **Eskişehir'in** öne çıktığı görülmektedir. **Eskişehir'i** sırasıyla **Kayseri** ve **Konya** izlemektedir.

- Enerji temini (İletim hatları ve yenilenebilir enerji)

Ek- 3/A ve Ek- 3/B de sırası ile yer alan Türkiye Enterkonnekte Sistem Haritası ve Türkiye Elektrifikasyon Şeması ayrıntılı olarak incelendiğinde Eskişehir'in **iletim hatlarının kesiştiği bir lokasyonda** yer aldığı görülmektedir. Özellikle Eskişehir'in çok yakın bir konumda bulunan **GÖKÇEKAYA** merkezinde üç farklı 380 kV iletim hattının, **Eskişehir-2** merkezinde ise beş farklı 154 kV iletim

hattının kesiştiği görülmektedir. **Eskişehir**'i sırasıyla **Kayseri** ve **Konya** izlemektedir. Farklı üretim kaynaklarından gelen iletim hatlarının Eskişehir'de kesişmesi enerji beslemesinin **yedekliliği ve sürekliliği** açısından önemli bir avantaj olarak değerlendirilmektedir.

Ayrıca Ek- 4/A da yer alan Türkiye Elektrik Üretim Haritası incelendiğinde Eskişehir ve çevresinde **hidroelektrik, termik ve yenilenebilir enerji** kaynaklarının yoğunluğu da görülmektedir. **Eskişehir**'i sırasıyla **Kayseri** ve **Konya** izlemektedir. Yenilenebilir enerji kaynağı olarak, özellikle Eskişehir ve çevresinde yoğun bir şekilde bulunan **Jeotermal kaynaklar** kullanılabilir. Bölgedeki jeotermal kaynakların enerji potansiyelleri yüksek seviyededir.

- İletişim altyapısı (Fiber hatlar)

Ek- 4/B de yer alan Türk Telekom Omurga Fiber Ağı Türkiye Haritası incelendiğinde benzer şekilde enterkonnekte sistemde olduğu gibi, fiber ağ haritasında da farklı üç taraftan gelen **iletişim hatlarının Eskişehir 'de kesiştiği** görülmektedir. Burada **Konya** dört düğüm noktası ile Eskişehir'den daha avantajlı, **Kayseri** ise üç düğüm noktası ile Eskişehir ile aynı pozisyonadadır. Kamu ortak veri merkezi için iletişim altyapısı hayati önem arz ettiğinden bu durumun iletişim sürekliliği ve kalitesi açısından çok önemli avantajlar sağlayacağı açıktır.

- İklim koşulları (Ortalama sıcaklık değerleri)

Ek- 5/A da yer alan 60 (altmış) yılı kapsayan **Eskişehir** ili ortalama aylık sıcaklık değerleri ayrıntılı olarak incelendiğinde, Eskişehir'de yılın yaklaşık **dokuz on ayı ortalama sıcaklık değerinin 20°C'nin altında** olduğu görülmektedir. Ayrıca yılın sadece **üç ayında 25°C'nin üzerinde** ortalama en yüksek sıcaklık değerlerinin ölçüldüğü görülmektedir.

Ek- 5/B de yer alan Eskişehir ili Isıtma ve Soğutma Gün dereceleri incelendiğinde nerede ise yılın 300 gününden fazla sıcaklık değerinin **22°C'nin altında** olduğu görülmektedir. Bu değerler **Kayseri** için yaklaşık aynı, **Konya** için ise daha yüksek seviyelerdedir. Özellikle kamu ortak veri merkezi enerji verimliliği açısından hayati önem taşıyan soğutmada kullanılan serbest soğutma sistemleri açısından değerlendirildiğinde Eskişehir'in çok uygun bir lokasyon olduğu değerlendirilmektedir.

- Ulaşım kolaylığı, gelecekteki büyüme ve kalifiye eleman temini

Ek- 6/B de yer alan Türkiye Demiryolları güzergâhları incelendiğinde son yıllarda ulaşım kolaylığı getiren yüksek **hızlı tren hatlarının Eskişehir'de kesiştiği** görülmektedir. Bu hatlar vasıtasıyla Türkiye'nin dört büyük ili **İstanbul, Ankara, İzmir ve Bursa'dan** Eskişehir'e çok hızlı bir şekilde ulaşım sağlanmaktadır. Aynı zamanda konum olarak Eskişehir bu dört büyük şehrin ortasında bulunduğundan Ek- 6/A da görüldüğü üzere karayolu ulaşımı da hızlı gerçekleşmektedir. **Eskişehir'i** sırasıyla **Konya** ve **Kayseri** izlemektedir.

Ayrıca kamu ortak veri merkezinin gelecekteki büyümesi düşünüldüğünde Eskişehir ve çevresinde düz geniş alanlar bulunmaktadır. Son olarak kalifiye eleman temininde gerek illerde bulunan üniversiteler ve sanayi gerekse illerin gelişmişlik düzeyleri kapsamında **her üç il** de aynı düzeydedir.

- Doğal veya Çevresel Riskler (Deprem, sel, vb.)

Ek- 7/A ve Ek- 7/B de sırası ile yer alan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası ve Türkiye Sel Olaylarının Dağılımı Haritası ayrıntılı olarak incelendiğinde Eskişehir'in büyük bir doğal risk faktörü taşımadığı görülmektedir. Kamu ortak veri merkezi için büyük bir risk teşkil eden **sel olayları Eskişehir ve çevresinde hiç görülmemektedir. Eskişehir'i** sırasıyla **Kayseri** ve **Konya** izlemektedir.

Belki de Eskişehir lokasyonu için akla takılan tek soru işareti deprem riskidir. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında Eskişehir çevresinin **ikinci ve üçüncü derecede deprem bölgesinde** olduğu görülmektedir. Bu konuda **Konya'nın** çok daha avantajlı olduğu görülmektedir. **Kayseri'nin de üçüncü derecede deprem bölgesinde** olduğu görülmektedir. Günümüzde gelişen depreme dayanıklı teknolojiler ve dünya uygulamaları düşünüldüğünde bu risk faktörünün azaltılabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

AKIN Gökhan, 2010, Sistem Odaları İklimlendirme Sistemleri, Trakya Üniversitesi, Edirne, s.1

AMD, Andrew Feldman, 2014, Changing Infrastructure Landscape, Open Compute Summit

ANSI/BICSI 002, 2011, Approved American National Standard, Subcommittee, Data Center Design and Implementation Best Practices, Bicsi Publications, Florida

ASETEK, 2014, How Liquid Cooling Works, Data Center Liquid Cooling, <http://asetek.com/data-center/technology/how-liquid-cooling-works.aspx>, (26/03/2015)

ASHRAE Technical Committee (TC) 9.9, 2011, Thermal guidelines for data processing environments— expanded datacenter classes and usage guidance, Atlanta

ASHRAE, 2009, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings, Atlanta

ATWOOD Don, MİNER John G., 2008, Reducing Data Center Cost with an Air Economizer, INTEL, USA

AVCI Kemal, 2013, Elektromanyetik Teori, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu

BALODIS Rihards, OPMANE Inara, 2012, Reflections on the History of Computing, Springer, South Carolina

BANERJEE Ayan vd., 2011, Integrating cooling awareness with thermal aware workload placement for HPC data centers, ELSEVIER, Informatics and Systems, Arizona, s. 134-150

BARROSO Luiz André, HÖLZLE Urs, 2009, The datacenter as a computer: An introduction to the design of warehouse-scale machines, Morgan & Claypool Publishers, California

BASH Cullen E., PATEL Chandrakant D., SHARMA Ratnesh K., 2006, Dynamic thermal management of air cooled data centers. In: Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronics Systems, IEEE, s.452

BAYRAM Yasemin, 2007, PIC Kontrollü Kesintisiz Güç Kaynağı Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi, S.D.Ü., Isparta, s.7

BELADY Christian L., 2007, In the data center, power and cooling costs more than the IT equipment it supports, Electronics Cooling, <http://www.electronics-cooling.com/2007/02/in-the-data-center-power-and-cooling-costs-more-than-the-it-equipment-it-supports/>, (26/03/2015)

BRADY Gemma A. vd., 2013, A case study and critical assessment in calculating power usage effectiveness for a data centre, ELSEVIER, Energy Conversion and Management, Leeds, s.155-161

BROCADE , 2010, Data center industry trends and vision: evolution toward data center virtualization and private clouds, Brocade Communications Systems Inc., Technical Brief

BRUNSCHWILER Thomas vd. , 2009, Toward zero-emission data centers through direct reuse of thermal energy, IEEE, IBM Journal of Research and Development, s.1-13

BS, 2008, British Standards, 2008, Code of practice for fire safety in the design, management and use of buildings, BSI

CAO Sunliang, HASAN Ala, SİRÉN Kai, 2013, On-site energy matching indices for buildings with energy conversion, storage and hybrid grid connections, Energy and Buildings, ELSEVIER, Aalto

CARR Nicholas G., 2005, The End of Corporate Computing, MIT Sloan Management Review, Massachusetts, s.67-73

CHEN Yuan vd., 2010, Integrated management of application performance, power and cooling in data centers, Network Operations and Management Symposium (NOMS), 2010 IEEE, s. 615-622

CIO, 2009, <http://www.cio.com/article/2425545/data-center/data-center-definition-and-solutions.html#green>, (24/03/2015)

COLO&CLOUD, 2013, Quincy Data Centers, Colo and Cloud, <http://www.colorandcloud.com/editorial/quincy-wa-big-data-centers-leverage-abundant-inexpensive-renewable-energy/>, (26/03/2015)

ÇALIŞKAN Murat, 2014, Sanallaştırma Teknolojilerinin Saldırı Tespit Ve Önleme Sistemlerinin Performansı Üzerine Etkisi, Hava Harp Okulu, İstanbul, s. 23

DAI Jun, DAS Diganta, PECHT Michael, 2012, Prognostics-based risk mitigation for telecom equipment under free air cooling conditions, Applied Energy, ELSEVIER, Maryland, s.423-429

DATACOM, 2009, Best Practices for Datacom Facility Energy Efficiency, Subcommittee, Ashrae, Atlanta

DCD, 2014, US Data Center Dynamics, <http://www.datacenterdynamics.com/design-strategy/us-government-saves-us11bn-by-shutting-data-centers/89651.fullarticle>, (29/03/2015)

DCDA, 2012, Data Center Design Awareness, Laban John, DCP Professional Development, İstanbul

DCK, 2014, Special Report: Data Centers & Renewable Energy, Data Center Knowledge, <http://www.datacenterknowledge.com/special-report-data-centers-renewable-energy/>, (28/03/2015)

DCK, 2015, Data Centers That Recycle Waste Heat, Data Center Knowledge, <http://www.datacenterknowledge.com/data-centers-that-recycle-waste-heat/>, (29/03/2015)

DEMETRIOU Dustin W., KHALIFA H. Ezzat, 2013, Expanded Assessment of a Practical Thermally Aware Energy-Optimized Load Placement Strategy for Open-Aisle, Air-Cooled Data Centers, *Electron. Packag.*, s. 135

DOE, 2008, Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy, <http://energy.gov/science-innovation/energy-efficiency>, (24/03/2015)

DOE, 2011, Data Center Air-Management (AM) Tool, U.S. Department of Energy, <http://hightech.lbl.gov/dc-assessment-tools/am-collection-guide.pdf>, (27/03/2015)

DPR, 2014, Facebook Forest City Data Center, DPR Construction, <http://www.dpr.com/projects/forest-city-data-center>, (29/03/2015)

DYER D., 2006, "Current trends/challenges in datacenter thermal management—a facilities perspective," presentation at IThERM, San Diego

EBRAHIMI Khosrow, JONES Gerard F., FLEISCHER Amy S., 2014, A review of data center cooling technology, operating conditions and the corresponding low-grade waste heat recovery opportunities, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, s. 622-638

EC, 29 Ekim 2007, Code of Conduct on Data Centres Version 0.7, European Commission Renewable Energies Unit, Subcommittee, Strasbourg

ECOS, 2012, Canadian Market Analysis for Servers and Data Centres, Subcommittee, Natural Resources Canada, Colorado

EPA, 2007, Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency Public Law s.109-431, U.S. Environmental Protection Agency, Washington

ERKAYA Halil, 24–26 Nisan 2009, TMMOB Diyarbakır Kent Sempozyumu, TMMOB, Diyarbakır

EU, 2014, The RenewIT project , The European Parliament and of the Council , <http://www.renewit-project.eu/>, (29/03/2015)

GAO Jim, 2014, Machine Learning Applications for Data Center Optimization, Google, Indian Institute of Technology, Kanpu

GILBERT Peter, RAMAKRISHNAN Kaushik, DIERSEN Ronald, 2013, From data center metrics to data center analytics: how to unlock the full business value of DCIM, CA technologies : white paper, Atlanta

GOIRI Íñigo vd., 2012, Energy-efficient and multifaceted resource management for profit-driven virtualized data centers, Future Generation Computer Systems, ELSEVIER, Barcelona, s.718-731

GÓMEZ Rodriguez vd., 2009, Dynamic management of ICT service infrastructures for energy efficiency optimization , IEEE, Latin America Transactions, s.429-434

GOOGLE, 2009, Efficient Data Center Summit 2009, <http://www.google.com/about/datacenters/efficiency/external/2009-summit.html>, (29/03/2015)

GOOGLE, 2014, A central cooling plant in Google's Douglas County, Georgia data center, <http://www.wired.com/2012/10/ff-inside-google-data-center/>, (29/03/2015)

GREENBERG Steve vd., 2006, Best practices for datacenters: lessons learned from benchmarking 22 datacenters, 2006 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, California, s.76-87

HAMANN Hendrik F., 2008, Rapid Three-Dimensional Thermal Characterization of Large-Scale Computing Facilities, IEEE, s.444-448

HARRISON Jim, 2012, Data Centres: An Introduction to Concepts and Design, CIBSE, London

IBM, 2007, IBM Project Big Green, <https://www-03.ibm.com/press/us/en/photo/21514.wss>, (29/03/2015)

IBM, 2011, IBM Greens the Data Center via Centralized Monitoring, <http://www.ibm.com/software/tivoli>, (29/03/2015)

IEEE, 2008, PATTERSON Michael K, The effect of data center temperature on energy efficiency. In: Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, ITherm 2008. 11th Int. Conferen., Orlando, s. 1167-1174

INTERXION, 2013, Stockholm Data Centre, Interxion, http://www.interxion.com/globalassets/documents/location-factsheet/location_factsheet_stockholm-online.pdf, (26/03/2015)

ITRS, 2011, ITRS Reports, International Technology Roadmap for Semiconductors, <http://www.itrs.net/reports.html>, (28/03/2015)

JAMES Calvert, 2001, Inside Transformers , Denver University, Denver

JOSHI Yogendra, KUMAR Pramod, 2012, Energy efficient thermal management of data centers, Springer Science & Business Media, London

KALKINMA BAKANLIĞI, 2014, Bilgi Toplumu Stratejisi ve Eylem Planı 2014-2018, Kalkınma Bakanlığı, Ankara

KANT Krishna, 2009, Data center evolution: A tutorial on state of the art, issues and challenges, Computer Networks, s. 2939-2965

KONTORINIS Vasileios, 2012, Managing distributed ups energy for effective power capping in data centers, Computer Architecture (ISCA), 2012 39th Annual International Symposium on. IEEE, s. 488-499

KOOMEY Jonathan G., SEZGEN Osman , STEINMETZ Robert, 2005, Estimating Total Power Used by Data Centers in California, LBNL, California

KOOMEY Jonathan G., 2007, Estimating Total Power Consumption by Servers in the U.S. and the World, LBNL, Stanford

KUROWSKI K. vd., 2013, DCworms – A tool for simulation of energy efficiency in distributed computing infrastructures, Simulation Modelling Practice and Theory, s. 135-151

LAJEVARDI Babak, HAAPALA Karl R, JUNKER Joseph F., 2014, Real-time monitoring and evaluation of energy efficiency and thermal management of data centers, ELSEVIER, Oregon

LBNL, 2015, Self - benchmarking Guide for Data Center Infrastructure : Metrics, Benchmarks, Actions, NYSERDA, Subcommittee, <http://hightech.lbl.gov/benchmarking-guides/data.html>, (27/03/2015)

LEE Kuei-Peng, CHEN Hsiang-Lun, 2013, Analysis of energy saving potential of air-side free cooling for data centers in worldwide climate zones. Energy and Buildings, ELSEVIER, Taipei, s.103-112

LIU Zhenhua vd., 2012, Renewable and cooling aware workload management for sustainable data centers, ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review, California, s.175-186

LIU Zhenhua vd., 2013, Data center demand response: Avoiding the coincident peak via workload shifting and local generation, ELSEVIER, Performance Evaluation, California, s. 770-791

LINTNER William, TSCHUDI Bill, VANGEET Otto, 2011, Best Practices Guide for Energy-Efficient Data Center Design, FEDERAL ENERGY MANAGEMENT PROGRAM, s. 17-20

LOENEN Van, 2006, Developing Geographic Information Infrastructure The Role of Information Policies, Delft University of Technology Doktora Tezi, Delft

LUXFORD Hollie, 2014, DCD, Google , Data Center Dynamics İstanbul, İstanbul, (24/03/2015)

MARCİNİCHEN Jackson Braz vd., 2014, Dynamic flow control and performance comparison of different concepts of two-phase on-chip cooling cycles. Applied Energy, 2014, 114, ELSEVIER, s.179-191

MARWAH Manish vd., 2010, Quantifying the Sustainability Impact of Data Center Availability, ACM SIGMETRICS Review 37.4, California, s.64-68

MAYFLEX, 2014, Data Centre solutions,
<http://www.mayflex.com/DataCentreSolutions/>, (19/03/2015)

MEGEP, 2007,3, Mesleki Eğitim Ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi İnşaat Teknolojisi, M.E.B., Ankara

META GROUP, 2011, The Value of Availability, The Meta Group,
http://www.availabilitydigest.com/public_articles/0606/value_of_availability.pdf, (27/03/2015)

MGM, 2015, Eskişehir Ortalama Aylık Sıcaklık Değerleri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü,
<http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ESKISEHIR>, (30/03/2015)

MICROSOFT, 2010, Pre-assembled components trump datacenter containers, ZDNet, <http://www.zdnet.com/i/story/60/23/006977/microsoft-container.png>, (29/03/2015)

MICROSOFT, 2012, Microsoft datacenters, Cloud-scale datacenters,
<http://www.microsoft.com/en-us/server-cloud/cloud-os/global-datacenters.aspx>, (29/03/2015)

MTA, 1997, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, T.C. BAŞBAKANLIK AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI,
<http://www.deprem.gov.tr/sarbis/shared/depremlaritalari.aspx>, (30/03/2015)

NARİN Müslüme, AKDEMİR Sevim, 2006, Enerji Verimliliği ve Türkiye, UEK-TEK 2006 Uluslararası Ekonomi Konferansı, Türkiye Ekonomi Kurumu, Ankara

NCIA, 2013, Güney Kore'de E—Devlet: En iyi Uygulamalar Kitapçığı, Government Integrated Data Center, MSPA(Ministry of security and public administration), Seul, s.13

NIA, Subcommitted, 2011, e Government of Korea Best Practices, Government Integrated Data Center, Seul

NRC, 2003, Government Data Centers: Meeting Increasing Demands, National Research Council, National Academies, Washington

ORO Eduard vd., 2015, "Energy efficiency and renewable energy integration in data centres. Strategies and modelling review" ,Renewable and Sustainable Energy Reviews, 42 (2015):430 ELSEVIER, Barcelona

PATEL Chandrakant D., 2002, Thermal Considerations in Cooling Large Scale High Compute Density Data Centers, Hewlett - Packard Laboratories, California

PATTERSON Michael K., 2009, Energy-efficiency through the integration of information and communications technology management and facilities controls, InterPACK conference IPACK2009, California

PATTERSON Michael K., 2012, Energy efficiency metrics. In: Energy Efficient Thermal Management of Data Centers, Springer, Oregon, s.237-271

PATTERSON Michael K., FENWICK Dave, 2008, "The state of datacenter cooling," Intel Corporation White Paper, Intel Corporation, s.4-7

PEARCE Michael, ZEADALLY Sherali, HUNT Ray, 2013, Virtualization: Issues, security threats, and solutions, ACM Comp. Surveys (CSUR), s.1-39

PG&E, 2006, High Performance Data Centers, Pacific Gas and Electric Company, A Design Guidelines Sourcebook, http://hightech.lbl.gov/documents/DATA_CENTERS/06_DataCenters-PGE.pdf, (28/03/2015)

PRAIRIEBUNKERS, 2014, Prairie Bunker's Data Center, <http://prairiebunkers.com/>, (29/03/2015)

RAMBO Jeffrey , JOSHI Yogendra , 2007, Modeling of data center airflow and heat transfer: State of the art and future trends, Energy Efficient Thermal Management of Data Centers, Springer, s.193-225

RASMUSSEN Neil, TORELL Wendy, 2013, Comparing Data Center Power Distribution Architectures, Schneider electric; white paper 129; 2013

RATH John, 2011, Data Center Strategies, Data Center Knowledge, Ohio

SALİM M., TOZER R., 2010, Data Center Air Management Metrics-Practical Approach.. Proceeding of Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems (ITherm), IEEE, New York, s.1-8

SAUCIUC Loan, 2005, Thermal performance and key challenges for future CPU cooling technologies, ASME 2005 Heat Transfer Summer Conference. American Society of Mechanical Engineers, San Francisco, s. 353-364

SCHEIHING Paul, 2009, Energy Efficiency and Renewable Energy, DOE Data Center Energy Efficiency Program,U.S. Department of Energy, Washington

SEZĞİN Onur, AKDEMİR Görkem, 2014, E-Devlet ve e-Dönüşüm, Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Ankara

SHEHABİ Arman, TSCHUDİ William, GADGİL Ashok, 2007, Data Center Economizer Contamination and Humidity Study, LBNL, California

SIRIWARDANA Jayantha vd., 2012, Minimizing the thermal impact of computing equipment upgrades in data centers, Energy and Buildings, ELSEVIER, Australia s. 81-92

SIRIWARDANA Jayantha, JAYASEKARA Saliya, HALGAMUGE Saman K., 2013, Potential of air-side economizers for data center cooling: A case study for key Australian cities, Applied Energy, ELSEVIER, Melbourne, s.207-219

SOMANI Ankit, 2008, Advanced thermal management strategies for energy efficient data centers, Doctoral dissertation, Georgia Institute of Technology, Georgia, s. 6-8

SPAFFORD George, 2009, Greening the Data Center: opportunities for improving data center energy efficiency, IT Governance Publishing, s.11

TANG Cheng-Jen vd., 2014, A load control method for small data centers participating in demand response programs, Future Generation Computer Systems, Taiwan s. 232-245

TANG Qinghui, GUPTA Sandeep , VARSAMOPOULOS Georgios, 2007, Thermal-aware task scheduling for data centers through minimizing heat recirculation, 2007 IEEE International Conference on, Arizona, s. 129-138

TDK, 2015, Türk Dil Kurumu,
http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&kelime=TASARIM,
(19/03/2015)

TELCORDIA, 2012, Issued: February 2012 Telcordia Network and Product Integrity 2012 Catalog of Offers, ERICSSON

THE GREEN GRID, 2009, ERE: A Comprehensive Examination of the Metrics, Subcommittee, ASHRAE Datacom Series, Atlanta

THE GREEN GRID, 2011, PUE: A Comprehensive Examination of the Metrics, Subcommittee, ASHRAE Datacom Series, Atlanta

TIA, 2012, Compilation of Definition of Terms, Subcommittee, Telecommunications Industry Association, Virginia

TON My, FORTENBERY Brian , 2008, DC Power for Improved Data Center Efficiency, LBNL, Colorado

TON My, FORTENBURY Brian, 2005, High Performance Buildings: Data Centers Uninterruptible Power Supplies (UPS) , Lawrence Berkeley National Laboratories and EPRI, Oregon

TORUN Nazlıgöl, 2001, Mikrodenetleyici Kontrollü Hat Etkileşimli Kesintisiz Güç Kaynağı Tasarımı, Gazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, s.63

TSCHUDI William, XU Tengfang, SARTOR Dale, 2003, High Performance Data Centers: A Research Roadmap, LBNL-53483, California

TURNER IV W. Pitt vd., 2008, Tier Classifications Define Site Infrastructure Performance, The Uptime Institute, New York

TÜRKSAT, 2014, BTYK'nın 25. Toplantısında Alınan 2013/104 Nolu Karar, UDH, Ankara

UDDIN Mueen vd., 2013, Implementation of virtualization in data centres to increase proficiency and performance, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Malaysia, s. 283-290

UK, 2010, Data centre consolidation, Cabinet Office, <https://www.gov.uk/government/publications/data-centre-consolidation>, (29/03/2015)

URGAONKAR Rahul vd. , 2011, Optimal Power Cost Management Using Stored Energy in Data Centers, Proceedings of the ACM sigmetrics, New York

WANG Di vd., 2012, Energy Storage in Datacenters: What, Where, and How much?, ACM DL, Pennsylvania

WARD E. M. vd. , 2012, A simplified thermodynamic model for waste heat utilization from a containerized data center experimental platform, In: Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems (ITherm), 13th IEEE Intersociety Conference on. IEEE, 2012, s.521-529

WCRE, VOS D., 2013, 8th International Renewable Energy Storage Conference and Exhibition(IRES 2013), World Council for Renewable Energy, <http://www.wcre.de/index.php/presse/press-releases-mainmenu-15/181-8th-international-renewable-energy-storage-conference-and-exhibition-ires-2013>, (28/03/2015)

WOODRUFF J. Zachary vd., 2014, Environmentally opportunistic computing: A distributed waste heat reutilization approach to energy-efficient buildings and data centers, Energy and Buildings, ELSEVIER, Indiana, s.41-50

ZHANG Hainan, 2014, Free cooling of data centers: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, ELSEVIER, Beijing, s.171-182

ZHENG Xinying, CAI Yu, 2011, Energy-aware load dispatching in geographically located internet data centers, Sustainable Computing: Informatics and Systems, s. 275-285

ZIMMERMANN Severin vd., 2012, Aquasar: A hot water cooled data center with direct energy reuse, ELSEVIER, Energy, Zurich, s. 237-245

EKLER**Ek- 1 BTYK'nın 25. Toplantısı 104. Kararı*****Ulusal Veri Merkezi Çalışmalarının Yapılması [2013/104]*****KARAR**

Kamu kurumlarının veri merkezlerinin birleştirilmesine yönelik hukuki, teknik ve idari yapılanma modelinin oluşturulmasına ve Türkiye Kamu Entegre Veri Merkezi'nin kurulması çalışmalarının yapılmasına karar verilmiştir.

SORUMLU KURULUŞLAR

- Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı

İLGİLİ KURULUŞLAR

- Başbakanlık
- Kalkınma Bakanlığı
- TÜBİTAK
- TÜRSAT

GEREKÇE

Ülkemizde kurumlar e-Devlet hizmetlerini verebilmek için kendi altyapılarını geliştirmektedir.

Dünyadaki örnekler incelendiğinde veri merkezlerinin birleştirilmesine dair eğilim gözlemlenmektedir.

Güney Kore'nin 48 merkezi kamu idaresinin bilgi sistemleri 2 ayrı şehre konumlandırılacak şekilde tek bir veri merkezinde birleştirilmiştir. Bu sayede yedeklilik, felaket kurtarma merkezi, siber güvenlik, iş sürekliliği, kamu bulutu, etkin işletme maliyeti, kurumlar arası veri paylaşımı gibi hususların tamamına çözüm sağlanmıştır.

ABD, bulut bilişim ve ortak veri merkezi yaklaşımlarıyla 2015 yılına kadar 800'den fazla veri merkezini kapatmayı planlamaktadır¹. Bu kapsamda 2015 yılı sonunda 3 Milyar ABD Doları tasarruf edilmesi öngörülmektedir.

İdari ihtiyaçlar, tasarruf imkânı ve siber güvenlik gereksinimleri doğrultusunda, halen her kurumda müstakil olarak işletilmekte olan veri merkezlerinin tek bir çatı altında birleştirilerek Türkiye Kamu Entegre Veri Merkezi'nin kurulması önem arz etmektedir.

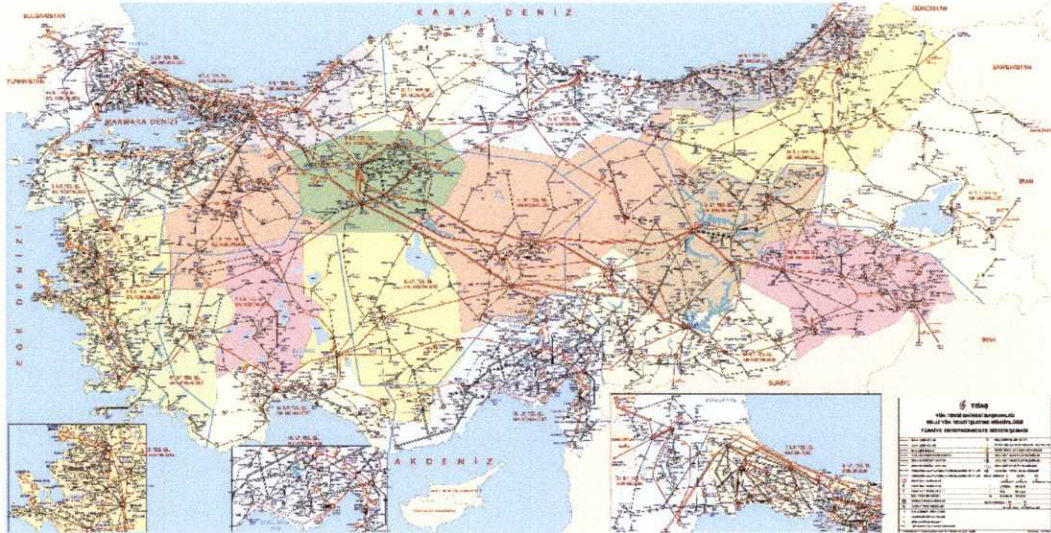
Ek- 2/A Kamu Ortak V. M. Uygun Lokasyon Karşılaştırma Tablosu

LOKASYON	İLETİM HATLARI 20 P	FİBER HATLAR 20 P	YENİLE. ENERJİ 10 P	İKLİM KOŞUL 10 P	ULAŞIM KOLAY 10 P	KALİFİYE ELEMAN 10 P	DEPREM 10 P	SEL 10P	TOP. PUAN 100 P
ESKİŞEHİR	19 P	12 P	8 P	8 P	10 P	8 P	3 P	9 P	77 P
KAYSERİ	17 P	12 P	6 P	8 P	5 P	8 P	6 P	7 P	69 P
KONYA	14 P	16 P	4 P	6 P	6 P	8 P	9 P	5 P	68 P

Ek- 2/B Kamu Ortak V. M. Uygun Lokasyon Puanlama Kriterleri

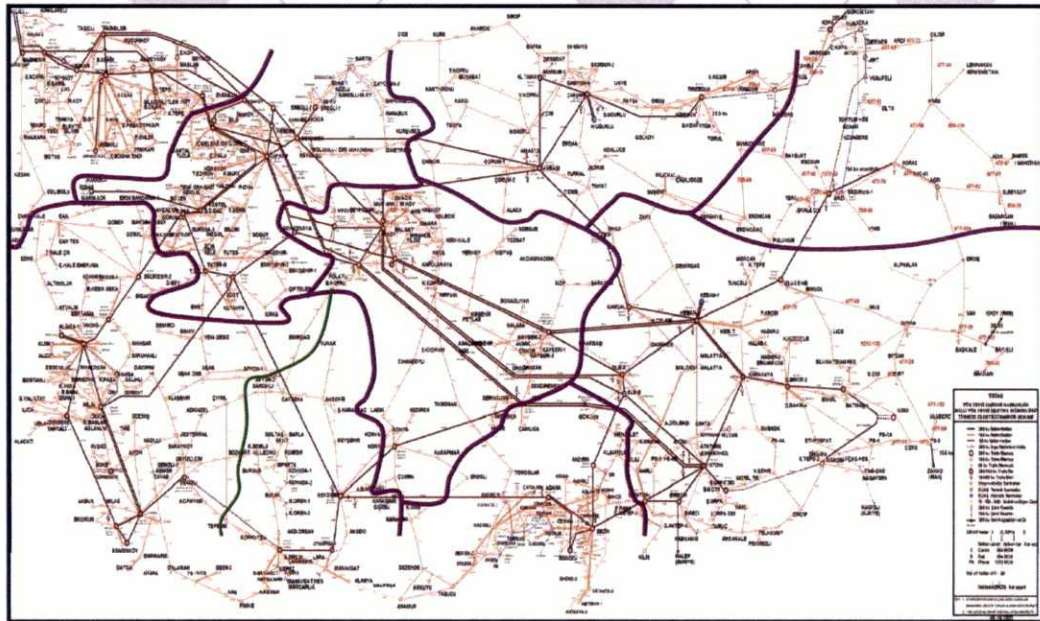
İLETİM HATLARI 20 P	FİBER HATLAR 20 P	YENİLE. ENERJİ 10 P	İKLİM KOŞUL 10 P	ULAŞIM KOLAY 10 P	KALİFİYE ELEMAN 10 P	DEPREM 10 P	SEL 10P
380 KV= 2 P 154 KV= 1 P	DÜĞÜM= 4 P	YEK.= 2 P	20 C= 2 P	ANK=5 P İST= 4 P İZM,BUR=1	ÜNİ, SAN, T ELM = 1 P	DRC= 3 P	OLY= 1
G.KAY2*3=6 ESK3 2*2=4 ESK3 1*4=4 ESK2 1*5=5 = 19P	ESK 4*3=12 =12P	ESK 2*4=8 =8P	ESK =8P	ESK =10P	ESK =8P	ESK =3P	ESK 52 =9P
KAP 2*5=10 KYS2 1*4=4 KYS3 1*3=3 =17P	KYS 4*3=12 =12P	KYS 2*3=6 =6P	KYS =8P	KYS =5P	KYS =8P	KYS =6P	KYS203 =7P
KNY4 2*2=4 KNY4 1*6=6 KNY3 1*2=2 KNY2 1*2=2 =14P	KNY 4*4= 16 =16P	KNY 2*2= 4 =4P	KNY =6P	KNY =6P	KNY =8P	KNY =9P	KNY433 =5P

Ek- 3/A Türkiye Enterkonnekte Sistem Haritası



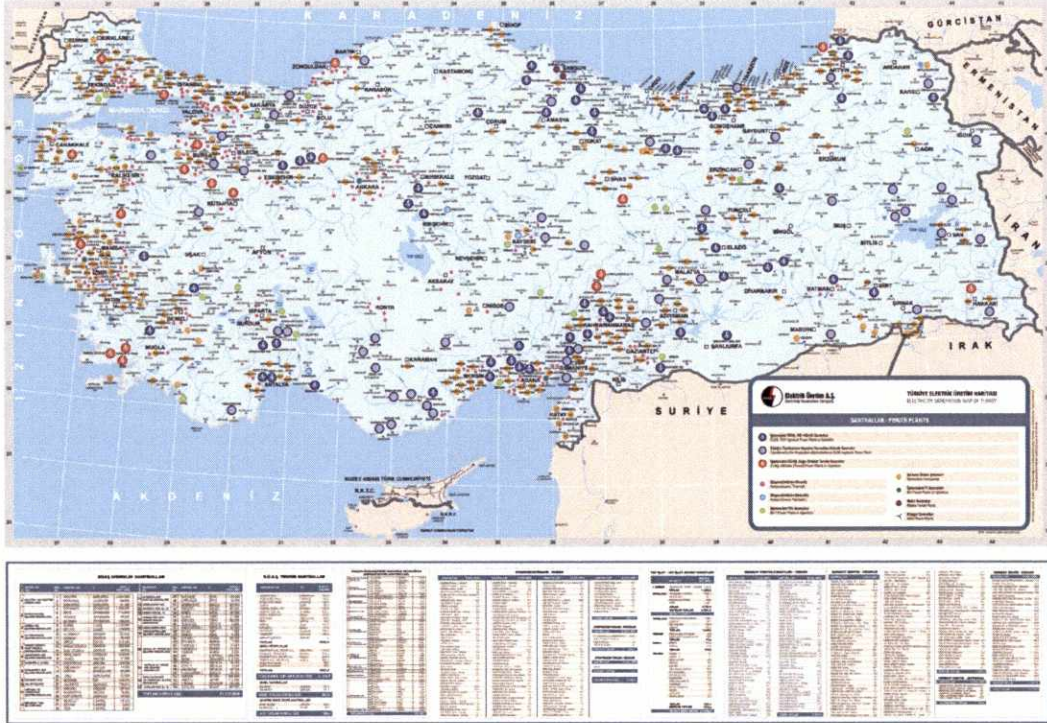
Kaynak: TEİAŞ,2011

Ek- 3/B Türkiye Elektrifikasyon Şeması



Kaynak: TEİAŞ,2011

Ek- 4/A Türkiye Elektrik Üretim Haritası



Kaynak: EÜAŞ,2010

Ek- 4/B Türk Telekom Omurga Fiber Ağı Türkiye Haritası



Kaynak: Türk Telekom, 2015

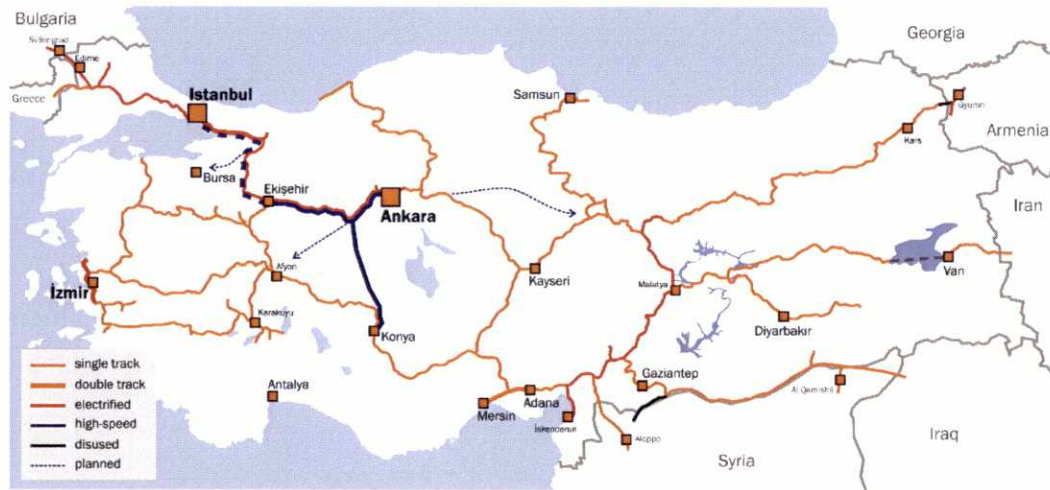
Kaynak: MGM,2015

Ek- 6/A Türkiye Karayolları Haritası



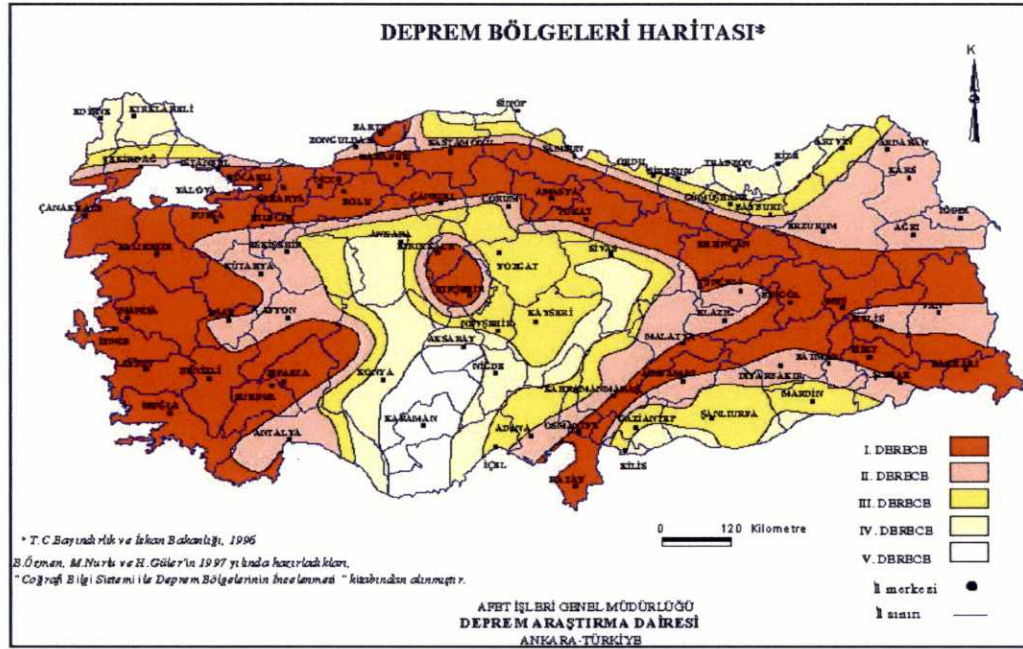
Kaynak: KGM,2015

Ek- 6/B Türkiye Demiryolları Güzergâhları



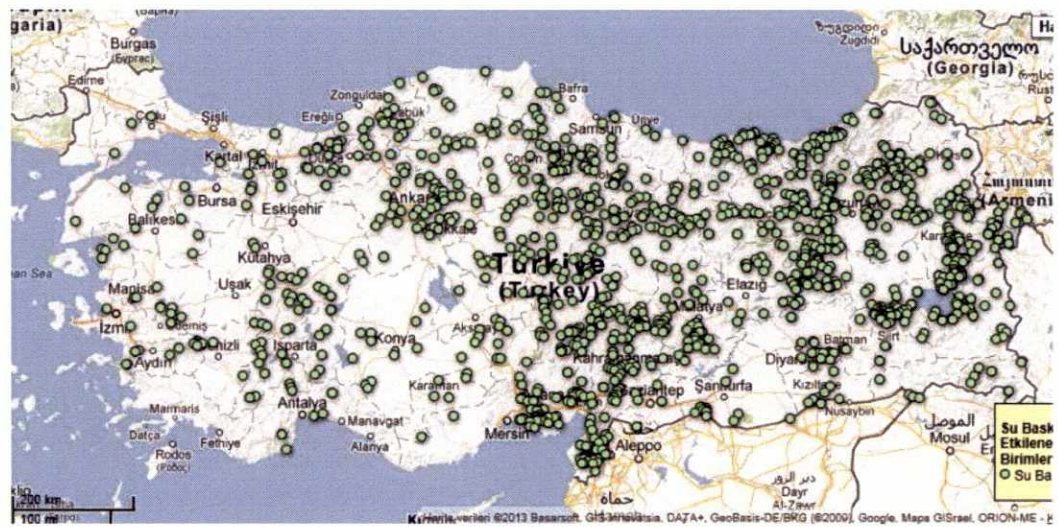
Kaynak: TCDD,2015

Ek- 7/A Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası



Kaynak: MTA, 1997

Ek- 7/B Türkiye Sel Olaylarının Dağılımı Haritası



Kaynak: AFAD, 2012

ÖZGÜNLÜK BİLDİRİM

Uzmanlık tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlardan her seferinde değinme yaparak yararlandığımı ve Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu Personel Yönetmeliğine uygun olarak hazırladığımı belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

02.04.2015

Ömer GÜLTEKİN

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Erzurum'da doğdu. İlköğrenimini Erzurum'da, orta öğrenimini Bursa'da tamamladı. 2004 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2004-2007 yılları arasında özel sektörde çalıştı. 2009 yılında Dumlupınar Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Lisansını başarı ile tamamladı. Aynı bölümde Doktora öğrenimine devam etmektedir. 2009-2012 yılları arasında ise İçişleri Bakanlığı NVİ Genel Müdürlüğü Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığında Mühendis olarak çalıştı. 2012 yılı Ocak ayında Teknik Uzman Yardımcısı olarak başladığı Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunda halen Tüketici Hakları Dairesi Başkanlığında çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.