



Yapay Zekâ ile Sürdürülebilir Soğutma

Hasan ACÜL

Makine Mühendisi

SOSİAD Yayın Kurulu Başkan Yardımcısı

26 Haziran 2026



BİLGİDEN KARARA

Meslek hayatım boyunca gözlemlediğim dönüşüm...

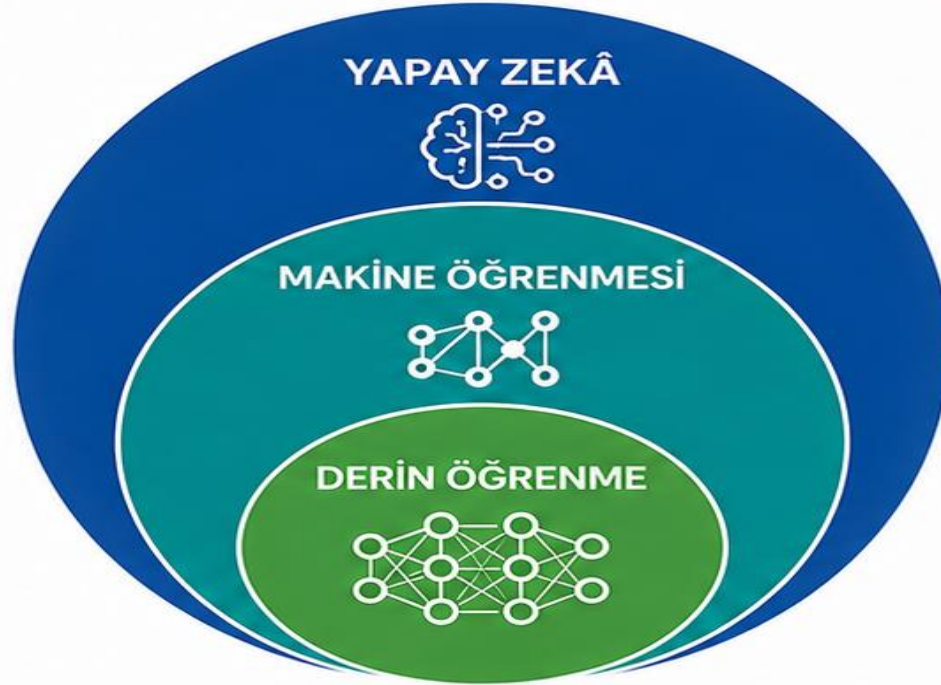


Peki bundan sonraki rekabet avantajı ne olacak?



Yapay Zekâ Nedir?

Veriden öğrenen, tahmin yapan ve karar desteği sağlayan sistemler



YAPAY ZEKÂ

İnsan benzeri karar verme ve problem çözme yeteneğidir.



MAKİNE ÖĞRENMESİ

Sistemlerin, açıkça programlanmadan verilerden öğrenme yeteneğidir.



DERİN ÖĞRENME

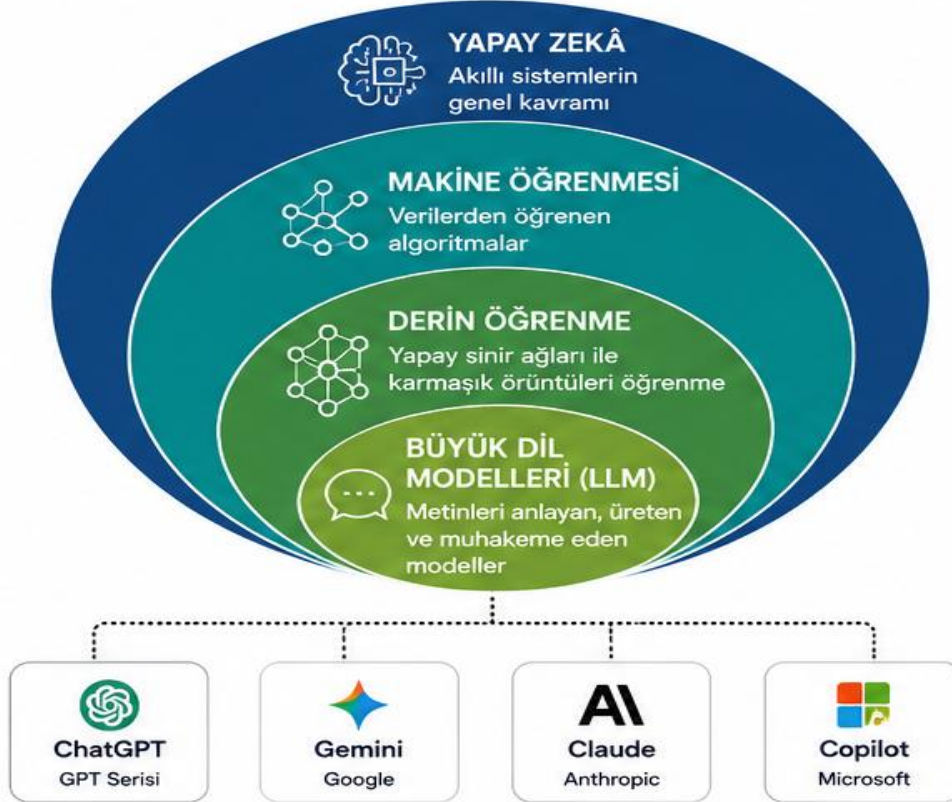
Yapay sinir ağlarıyla karmaşık ilişkileri öğrenme yöntemidir.

Yapay zekâ, **veriyi bilgiye; bilgiyi öngörüye; öngörüü karar desteğine** dönüştürür.



Yapay Zekâ Modelleri ve Arasındaki Farklar

ChatGPT, Gemini, Claude gibi sistemlerin arkasındaki teknoloji



MAKİNE ÖĞRENMESİ (Endüstriyel Yapay Zekâ)

- ✓ Sayısal veri ile çalışır.
- ✓ Tahmin, sınıflandırma ve optimizasyon yapar.
- ✓ Geçmiş veriden öğrenerek geleceği tahmin eder.
- ✓ Yapısal verilerle yüksek doğruluk sağlar.

SOĞUTMADA KULLANIM ALANLARI

- ⚡ Enerji tüketimi ve COP tahmini
- 📈 Kapasite ve performans tahmini
- 🔧 Arıza ve bakım tahmini
- ⚙️ Sistem optimizasyonu
- 🕒 Talep tahmini ve yük yönetimi



BÜYÜK DİL MODELLERİ (Üretken Yapay Zekâ - LLM)

- ✓ Metin, kod ve çoklu içerikle çalışır.
- ✓ İnsan benzeri dil anlama, üretme ve muhakeme yapar.
- ✓ Devasa metin verisi ile eğitilir.
- ✓ Soru cevaplama, özetleme, çeviri, kod yazma gibi üretken görevleri yapar.

KULLANIM ALANLARI

- 📄 Teknik doküman ve rapor üretimi
- 📄 Bilgiye hızlı erişim ve özetleme
- 🔧 Kod ve formül üretimi
- 📊 Senaryo oluşturma ve analiz
- 😊 Doğal dil arayüzleri ve asistanlar



ChatGPT, Gemini, Claude gibi sistemler birer **Büyük Dil Modeli (LLM)** uygulamasıdır.
Soğutma sektöründe kullanılan makine öğrenmesi modelleri ile **aynı ekosistemin farklı araçlarıdır.**





MAKİNE ÖĞRENMESİ MODELLERİ

Farklı problemler için farklı öğrenme yaklaşımları kullanılır.



1. DENETİMLİ ÖĞRENME (SUPERVISED LEARNING)

Etiketlenmiş verileri kullanarak tahminleme yapar.



Linear Regression

Doğrusal ilişkileri tahmin eder.



Decision Trees (Karar Ağaçları)

Veriden kural çıkarır.



Random Forest

Kararlı ve yüksek doğruluklu tahmin.



Gradient Boosting / XGBoost

Yüksek performanslı tahmin modelleri.



Support Vector Machines (SVM)

Sınıflandırma ve regresyon.



Yapay Sinir Ağları (ANN)

Karmaşık ilişkileri öğrenir.



KULLANIM ALANLARI

Performans tahmini, kapasite, COP, güç, basınç, arıza tahmini



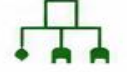
2. DENETİMSİZ ÖĞRENME (UNSUPERVISED LEARNING)

Etiketlenmemiş verilerdeki yapıları ve ilişkileri keşfeder.



K-Means (K-Ortalamlar)

Veriyi gruplara ayırır.



Hierarchical Clustering

Hiyerarşik gruplama yapar.



PCA (Temel Bileşen Analizi)

Veriyi daha düşük boyuta indirir.



Apriori Algorithm

Birliktelik kurallarını keşfeder.



KULLANIM ALANLARI

Müşteri segmentasyonu, veri keşfi, boyut indirgeme, ilişki analizi



3. PEKİŞTİRMELİ ÖĞRENME (REINFORCEMENT LEARNING)

Deneme-yanılma ile çevreyle etkileşerek en iyi kararları öğrenir.



Q-Learning (Q-Öğrenme)

En iyi eylem sırasını öğrenir.



Deep Q-Networks (DQN)

Derin sinir ağları ile güçlendirilmiş öğrenme.



KULLANIM ALANLARI

Sistem optimizasyonu, enerji yönetimi, otonom kontrol



Makine öğrenmesinde “en iyi model” yoktur;
en iyi problem için **en uygun model** vardır.





SOĞUTMA ENDÜSTRİSİNDE EN YAYGIN KULLANILAN MAKİNE ÖĞRENMESİ MODELLERİ



1. RANDOM FOREST



PERFORMANS TAHMİNİ

Kapasite, COP, güç, basınç kaybı, arıza tahmini



2. GRADIENT BOOSTING / XGBOOST



ENERJİ OPTİMİZASYONU

Set noktası, yük dağılımı, sistem optimizasyonu



3. YAPAY SİNİR AĞLARI (ANN)



DİJİTAL İKİZ

Karmaşık termodinamik ilişkiler, yüksek doğruluklu performans tahmini



4. LINEAR REGRESSION



BASİT PERFORMANS TAHMİNİ

Kapasite ve güç tahminleri



5. SUPPORT VECTOR MACHINES (SVM)



ARIZA TESPİTİ

Sınıflandırma, anomali tespiti, kalite kontrol



6. REINFORCEMENT LEARNING



OTONOM KONTROL

Chiller kontrolü, gerçek zamanlı optimizasyon, akıllı karar verme



Bugün soğutma sektöründe en başarılı sonuçlar, **ağaç tabanlı makine öğrenmesi modelleri** (Random Forest, Gradient Boosting ve XGBoost) ile elde edilmektedir.



SOĞUTMADA YAPAY ZEKÂNIN KULLANILDIĞI ALANLAR

Yapay zekâ, ürün tasarımından işletmeye kadar tüm yaşam döngüsünü dönüştürüyor.

1 ENERJİ VERİMLİLİĞİ



GERÇEK DÜNYA ÖRNEĞİ

Google, veri merkezlerinde yapay zekâ ile soğutma enerjisinde %40'a varan tasarruf elde etti.



2 PERFORMANS TAHMİNİ



TEST YAPILMADAN

- Kapasite tahmini
- Basınç kaybı tahmini
- Güç tüketimi tahmini

Makine öğrenmesi modelleri ile yüksek doğrulukta tahminler.

Random Forest
Gradient Boosting

Sonuçlar: TESKON Bildirisi

3 TAHMİNE DAYALI BAKIM



- Kompresör arızaları
- Fan arızaları
- Pompa arızaları

ARIZA OLUŞMADAN UYARI

Planlanmamış duruşlar azalır, işletme sürekliliği ve güvenilirlik artırılır.

ENDÜSTRİ 4.0 İLE TAM ENTEGRASYON
Sensörler • IoT • Analitik • AI

4 DİJİTAL İKİZ (DIGITAL TWIN)



- Soğuk hava depoları
- AVM merkezi sistemleri
- Veri merkezleri
- Endüstriyel tesisler

Gerçek sistemin sanal kopyası ile senaryo analizi, optimizasyon ve daha iyi kararlar.

5 ÜRÜN VE SİSTEM TASARIMI VE SEÇİMİ



- Evaporatör seçimi
- Kondenser seçimi
- Chiller seçimi

GİRİDİ

- Kapasite
- Gaz
- Ortam sıcaklığı
- Diğer parametreler

ÇIKTI

En uygun ürün



Bugünkü seçim yazılımları, gelecekte yapay zekâ destekli hale gelecek; öneri sunan, öğrenen ve kendini geliştiren akıllı sistemlere dönüşecek.



Yapay zekâ, yalnızca işletmeyi değil; tasarım, seçim, performans analizi ve bakım süreçlerini de dönüştürüyor.

PERFORMANS TAHMİNİ (KAPASİTE)

Makine Öğrenmesi ile Daha Doğru, Daha Hızlı, Daha Güvenilir Tahminler

1. MEVCUT MODEL YAKLAŞIMI

GİRDİ KAYNAKLARI



YAZILIM

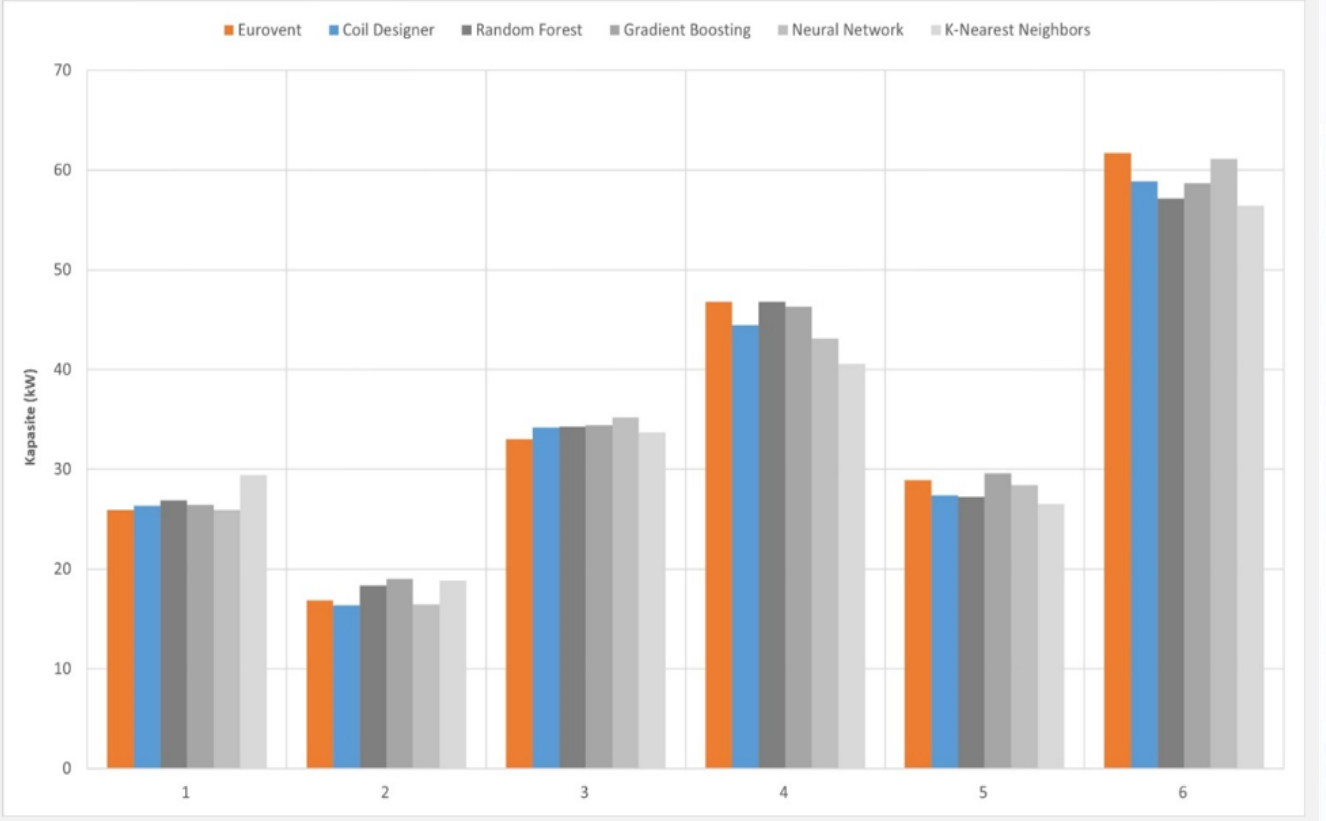


TEST VERİLERİ



Mevcut yaklaşımlar, mühendislik deneyimi ve genel kabullerle oluşturulan hesaplama modellerine dayanır. Test verileri ile kontrol edilerek sonuçların doğruluğu değerlendirilir.

2. MAKİNE ÖĞRENMESİ MODELLERİ İLE KARŞILAŞTIRMA



DAHA YÜKSEK DOĞRULUK
Test sonuçlarına mevcut modele göre daha yakın tahminler



DAHA HIZLI TAHMİN
Geleneksel yöntemlere göre daha kısa sürede sonuç



GENİŞ VERİ KAYNAĞI
Büyük veri kullanımı ile daha genel geçerli modeller



SÜREKLİ İYİLEŞEN MODEL
Yeni test verileri ile performans sürekli artan sistem



Google DeepMind

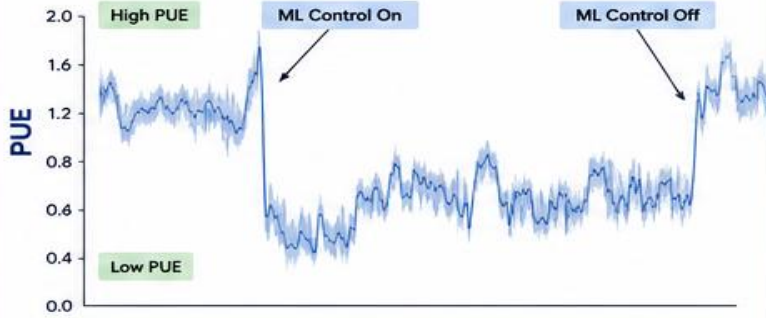
Yapay Zekâ ile %40 Soğutma Enerjisi Tasarrufu

2016 – Google Data Center Uygulaması

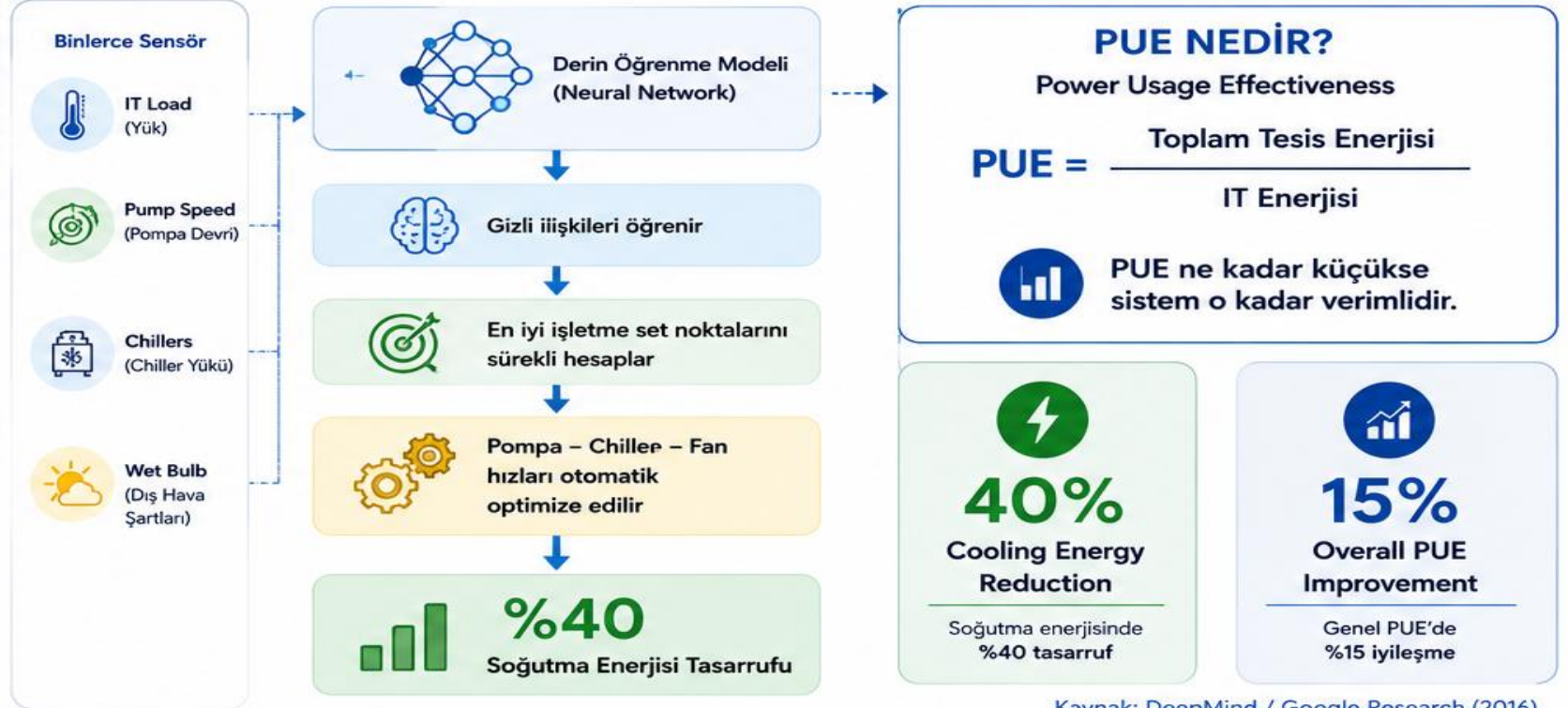
deepmind.google/blog/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-by-40



Makine Öğrenmesi Kontrolü PUE'yi Düşürüyor



✓ ML Control On: PUE düşüyor → Daha verimli operasyon



Kaynak: DeepMind / Google Research (2016)



**BU BİZE
NE SÖYLÜYOR?**

Yapay zekâ kontrol etmiyor.
Önce öğreniyor, sonra öneriyor, sonra optimize ediyor.

“

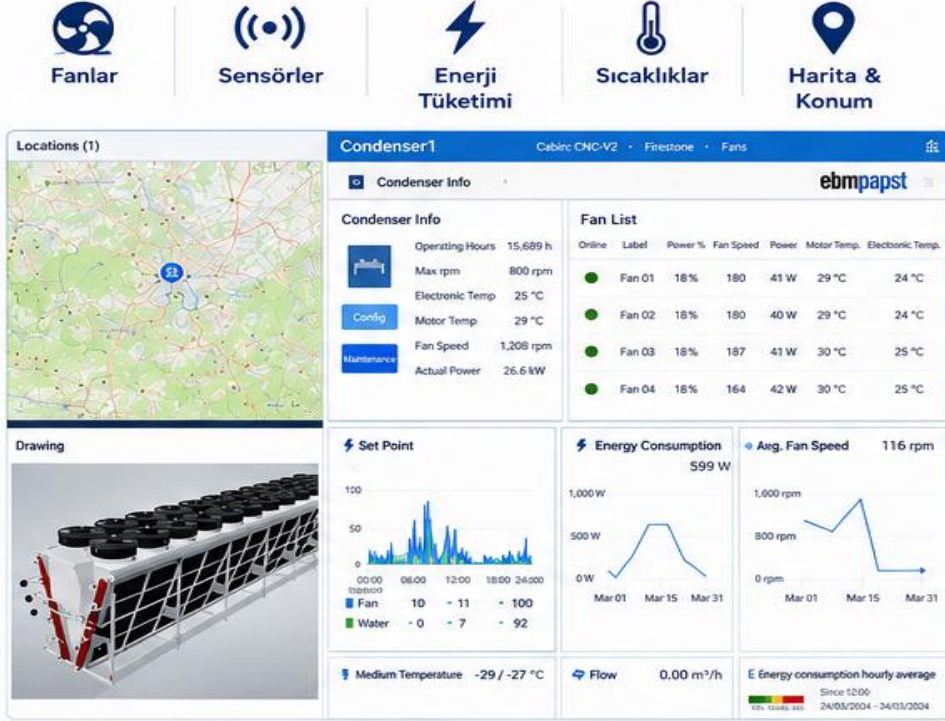
Yapay zekâ yeni bir chiller icat etmedi;
aynı tesisi daha akıllı çalıştırdı.

”

TAHMİNİ DAYALI BAKIM (PREDICTIVE MAINTENANCE)

Yapay zekâ ile arızayı oluşmadan önce tahmin etmek

1. SİSTEM SÜREKLİ İZLENİYOR



Sisteminiz sürekli izlenir, veriler toplanır ve normal çalışma davranışı öğrenilir.

2. YAPAY ZEKÂ İLE ANALİZ VE TAHMİN



SENSÖR VERİLERİ

- Sıcaklık
- Güç Tüketimi
- Fan Devri
- Titreşim
- Basınçlar



MAKİNE ÖĞRENME Sİ MODELLERİ

- Random Forest
- Gradient Boosting
- Neural Network



ANORMALLİK TESPİTİ

- Normalden sapmaları algılar



ARIZA OLASILIĞI HESAPLAMA

- Arıza olasılığı ve kalan süre tahmini

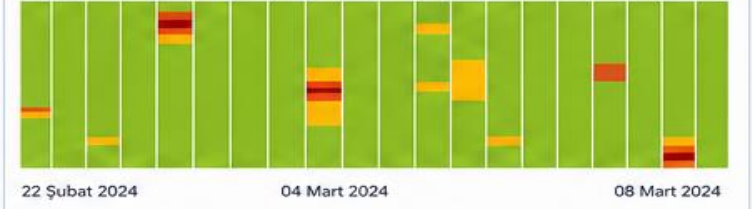


BAKIM PLANI VE ÖNERİ

- Ne zaman, hangi parçaya müdahale edilmeli?

3. ANOMALİK TESPİTİ VE UYARI

ANOMALİK SEVİYESİ ZAMAN ÇİZELGESİ



UYARI: YÜKSEK ANOMALİK

3 hafta sonra Fan

olasılığı

%92

Arızası



BAKIM PLANLA

Doğru zamanda müdahale et, plansız duruşu önle.



KAZANIMLAR



PLANSIZ DURUŞ AZALIR

Üretim kayıpları minimuma iner.



BAKIM MALİYETİ DÜŞER

Gereksiz bakım önlenir, kaynaklar verimli kullanılır.



ENERJİ VERİMLİLİĞİ ARTAR

Sistem optimum koşullarda çalışır, enerji tasarrufu sağlanır.



EKİPMAN ÖMRÜ UZAR

Erken müdahale ile aşınma ve hasar önlenir.



ÜRETİM KAYBI AZALIR

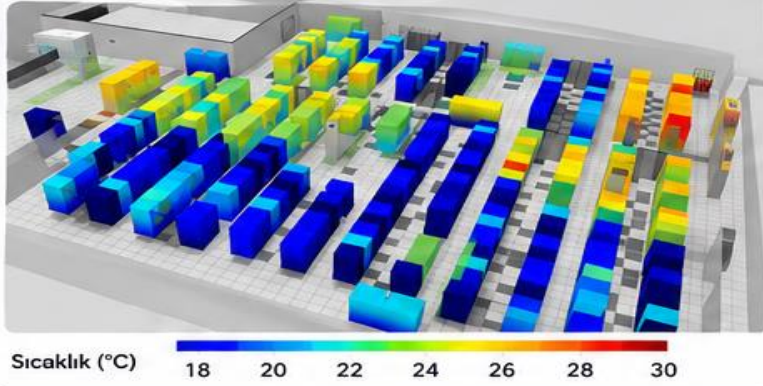
Kesintisiz ve güvenilir operasyon sağlanır.



DİJİTAL İKİZ (DIGITAL TWIN)

Fiziksel sistemi gerçek zamanlı olarak sanal ortamda izlemek ve optimize etmek

3B MODEL & SİMÜLASYON (CFD)



FİZİKSEL TESİS (GERÇEK DÜNYA)



GERÇEK ZAMANLI İZLEME & SICAKLIK DAĞILIMI



1. VERİ TOPLAMA (GERÇEK ZAMANLI)

- Chiller
- AHU / CRAH
- Fanlar
- Pompalar
- Sıcaklık Sensörleri
- Nem Sensörleri
- Enerji Sayaçları
- Basınç Sensörleri
- ...

Gerçek Zamanlı Veri Akışı

2. DİJİTAL İKİZ



3. İŞLETME KARARLARI & OPTİMİZASYON

- Gerçek zamanlı izleme**
Sistemin anlık durumu dijital ortamda izlenir.
- Senaryo analizi**
Farklı senaryolar sanal ortamda test edilir.
- Enerji optimizasyonu**
Enerji tüketimi minimuma indirilir.
- Kapasite planlaması**
Doğru kapasite ve yerleşim planları yapılır.
- Arıza tahmini**
Arızalar oluşmadan önce tahmin edilir.
- Sanal devreye alma**
Yeni sistemler sanal ortamda test edilir.

SENSÖR VERİLERİ
Gerçek zamanlı kestirimsel veri

+

FİZİKSEL MODEL
Sistemin matematiksel ve fiziksel temsili

+

YAPAY ZEKÂ
Makine öğrenmesi ile öğrenme ve tahmin

+

SİMÜLASYON
CFD, termal ve akış simülasyonları

=

GERÇEK ZAMANLI SANAL TESİS
Sistemin dijital ikizi

SOĞUTMA SEKTÖRÜNDE DİJİTAL İKİZ UYGULAMALARI

Veri Merkezleri

Soğuk Hava Depoları

Market Soğutma Sistemleri

Endüstriyel Chiller Santralleri

Hastaneler

AVM ve Ticari Binalar



Dijital İkiz sayesinde fiziksel tesise müdahale etmeden geleceği görebilir, daha verimli, güvenilir ve sürdürülebilir işletme sağlarız.



YAPAY ZEKÂ SOĞUTMA ENDÜSTRİSİNİ NASIL DEĞİŞTİRECEK?

Yapay zekâ, soğutma sektöründe verimlilikten inovasyona uzanan uçtan uca dönüşüm yaratacak.

1 DAHA YÜKSEK ENERJİ VERİMLİLİĞİ



Gerçek zamanlı veri analizi ve öğrenen algoritmalar ile sistemler her koşulda en verimli şekilde çalışır.

- ✓ Enerji tüketimi azalır
- ✓ İşletme maliyetleri düşer
- ✓ Karbon salımı azalır



Daha az enerji, daha sürdürülebilir bir dünya.

2 DAHA GÜVENİLİR VE KESİNTİSİZ İŞLETME



Tahmine dayalı bakım ile arızalar oluşmadan tespit edilir, plansız duruşlar önlenir.

- ✓ Arıza riski azalır
- ✓ Sistem ömrü uzar
- ✓ İş sürekliliği sağlanır



Doğru bakım, doğru zamanda.

3 AKILLI OPERASYON VE OTOMASYON



Yapay zekâ destekli kontrol ile sistemler otonom şekilde karar alır ve kendini optimize eder.

- ✓ Otomatik optimizasyon
- ✓ Dinamik set değer yönetimi
- ✓ İnsan hatası azalır



Daha akıllı sistemler, daha az müdahale.

4 DİJİTAL İKİZ İLE SÜREKLİ İYİLEŞTİRME



Dijital ikiz teknolojisi ile sanal ortamda test, analiz ve senaryo çalışmaları yapılır.

- ✓ What-if senaryoları
- ✓ KPI takibi ve optimizasyon
- ✓ Sürekli iyileştirme döngüsü



Gerçek dünyayı anlamak, geleceği daha iyi yönetmek.

5 DAHA İYİ TASARIM VE DOĞRU SEÇİM



Yapay zekâ destekli mühendislik ile doğru ürün ve sistem seçimi daha hızlı ve daha isabetli olur.

- ✓ Doğru kapasite seçimi
- ✓ En uygun konfigürasyon
- ✓ Daha yüksek proje başarısı



Doğru seçim, uzun vadeli kazanç.

6 YENİ İŞ MODELLERİ VE HİZMETLER



Veri ve yapay zekâ, yeni değer önerileri ve servis modellerinin önünü açar.

- ✓ Uzaktan izleme ve yönetim
- ✓ Performans bazlı hizmetler
- ✓ Veri odaklı katma değer



Yeni değerler, yeni fırsatlar.

7 DAHA SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR GELECEK



Verimlilik, güvenilirlik ve düşük karbon hedefleriyle sektörün sürdürülebilir dönüşümü hızlanır.

- ✓ Çevresel etki azalır
- ✓ Regülasyonlara uyum kolaylaşır
- ✓ Gelecek nesillere daha iyi bir dünya bırakılır



Sürdürülebilirlik, artık bir tercih değil; bir zorunluluk.



Yapay zekâ, soğutma endüstrisinde **verimliliği artırır, maliyetleri düşürür, güvenilirliği yükseltir** ve **daha akıllı, daha sürdürülebilir** bir geleceği mümkün kılar.



26 HAZİRAN
DÜNYA SOĞUTMA GÜNÜ
#coolintelligence