TTMD

ISSN 1302-2415

Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat E-Dergisi • HVAC, Refrigeration, Fire Safety and Sanitary E-Journal

www.ttmd.org.tr



- Solunum Yapan Termal Manken: Havadan Bulaş Araştırmalarında Anahtar Bir Araç
- İki REHVA Ülkesinde Okul Havalandırması Uygulamalarının Karşılaştırılması: Çek Cumhuriyeti ve Hollanda
- Karmaşık Endüstriyel HVAC Sistemleri İçin CFD Dijital İkizleri
- VRF Enerji Yönetimi En İyi Uygulamaları
- HVAC Tasarım ve Analizinde Yapay Zekanın Pratik Uygulamaları

TEMMUZ - EYLÜL 2026
Sayı 151
Bilimsel Sektör Dergisi
Üç ayda bir elektronik ortamda yayımlanır.

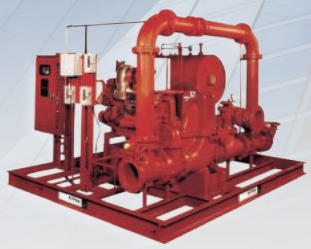
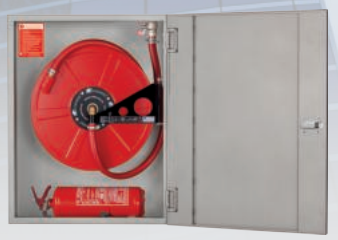
151

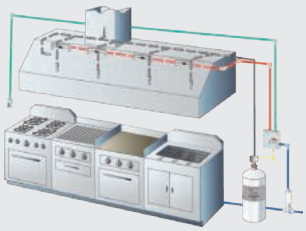
NORM® TEKNİK
Yangın Korunum Sistemleri

www.normteknik.com.tr

- Sprinkler Sistemleri
- Yangın Pompaları
- Gazlı Söndürme Sistemleri
- Yüksek Basınçlı Su Sisi Söndürme Sistemleri
- Yangın Dolapları
- Köpüklü Söndürme Sistemleri
- Mutfak Davlumbaz Söndürme Sistemleri
- Yangın Algılama ve İhbar Sistemleri
- Yangın ve Gaz Sızdırmaz Damper

YANGIN KORUNUM SİSTEMLERİNDE
GÜVENİLİR VE GÜÇLÜ ÇÖZÜM ORTAĞINIZ





NORMEKS® Yangın Dolapları
AC FIRE PUMP a xylem brand
apollo
CLA-VAL
FIRE FIGHTING SYSTEMS FAS S.p.A.
Kidde Fire Protection
Kidde Fire Systems
Panasonic
SCHRACK SECONET
SIEMENS
Victaulic
wozair HVAC SPECIALISTS



Havadan Suya

Isı Pompasının Mucidi Daikin'den Altherma

Evinizin ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyacını **%80'e varan enerji tasarrufuyla** tek başına karşılar.

Isıtma

Soğutma

Kullanım Sıcak Suyu

www.daikin.com.tr

19-22 EKİM 2027

İstanbul Fuar Merkezi
YEŞİLKÖY / İSTANBUL

ISK SODEX

ULUSLARARASI HVAC&R, YALITIM, POMPA, VANA, TESİSAT, SU ARITMA, YANGIN, HAVUZ VE GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ FUARI

Gerçek Bağlantılar, Güçlü İş Birlikleri

Deutsche Messe

Online Kayıt İçin
sodex.com.tr
#isksodex

DESTEKLEYENLER

İSİB TURKISH HVAC-R | ufi Üyesi | Türkiye

RESMİ HAVA YOLU

TURKISH AIRLINES

FUAR ALANI

ifm

EŞ ORGANİZATÖRLER / DESTEKLEYEN DERNEKLER

İSKAV | dosider | İSKİD | İZODER | TTMD | POMSAD | SOSİAD | MTMD | kbsd

BU FUAR 5174 SAYILI KANUN GEREĞİNCE TOBB (TÜRKİYE ODALAR VE BORSALAR BİRLİĞİ) DENETİMİNDE DÜZENLENMEKTEDİR.


ISK
SODEX
SAUDI
16–19 KASIM 2026
Riyadh International Convention
& Exhibition Center
Riyad, Suudi Arabistan
Şimdi Yerinizi Alın
sodexsaudi.com
#sodexsaudi
ORGANİZATÖR
Deutsche
Messe
Eş Zamanlı
27th EDITION
SAUDI
ELENEX
EŞ ORGANİZATÖRLER / DESTEKLEYEN DERNEKLER
İSKAV
dosider
İSKİD
İZODER
TTMD
POMSAD
SOSİAD
MTMD
kbsd

Gelecek nesiller için, verimli ve kullanıcı dostu **yaşam alanları tasarlıyoruz.**



VIESMANN

Değerli TTMD Üyeleri,



Dergimizin 151. sayısıyla sizlerle yeniden buluşmanın mutluluğunu yaşıyorum. TTMD olarak yaz aylarında hem dernek çalışmalarımızı sürdürdük hem de 2026-2027 döneminin hazırlıklarına başladık. Temsilciliklerimiz de bu dönemde aktifti. İzmir temsilciliğimizin Ege Üniversitesi ziyareti ve Bursa temsilciliğimizin üye buluşması, yaz boyunca farklı şehirlerde yürütülen çalışmalardan iki örnek.

Yeni döneme hazırlanırken **"Daha Etkin Bir TTMD"** çalıştayımızın hazırlıklarını da sürdürüyoruz. Çalıştayda TTMD Akademi, sempozyum, seminer ve webinarlarımız ile mentorluk programımızı üyelerimizle birlikte ele almak istiyoruz. Eğitimlerimizde sahadaki deneyimlere nasıl daha fazla yer verebileceğimizi, etkinliklerimizi daha çok meslektaşımıza nasıl ulaştırabileceğimizi ve genç meslektaşlarımızın bu çalışmalara katılımını nasıl artırabileceğimizi konuşacağız. Farklı şehirlerden ve uzmanlık alanlarından gelen üyelerimizin önerilerini yeni dönemin çalışma programına yansıtmayı hedefliyoruz.

Antalya'da düzenlenecek **COP31** için de hazırlıklarımız devam ediyor. Binaların nasıl ısıtıldığı, soğutulduğu ve havalandırıldığı, enerji tüketimini ve karbon salımını doğrudan etkiliyor. Bu sistemlerin gerçek işletme koşullarında nasıl çalıştığı da tasarım kararları kadar önemli. TTMD olarak COP31'de ve iklim değişikliğinin ele alındığı benzer etkinliklerde her zaman teknik birikimimizle öne çıkmak istiyoruz. Meslektaşlarımızın sahadaki deneyimini ve sonuçları ölçülebilen, farklı yapılara uyarlanabilecek çözümleri bu tartışmalara taşımayı mesleki sorumluluğumuzun bir parçası olarak görüyoruz.

TTMD'nin en büyük gücü, bilgisini paylaşan ve birlikte üreten üyeleri. Yaz boyunca dernek çalışmalarımıza emek veren ve yeni dönemin hazırlıklarına katkı sunan tüm meslektaşlarıma teşekkür ediyorum. Önümüzdeki dönemde derneğimizde ele almamızı istediğiniz konuları ve katkı sunmak istediğiniz çalışmaları bizimle paylaşmanızı isterim.

Keyifli okumalar dilerim.

Saygılarımızla,

Seçil İskender
TTMD 17. Dönem Yönetim Kurulu Başkanı

KÜNYE

TTMD
Türk Tesisat Mühendisleri Derneği

ISSN 1302 - 2415
www.ttmd.org.tr

TTMD
ISITMA, SOĞUTMA,
HAVALANDIRMA,
KLİMA, YANGIN VE SIHHİ
TESİSAT E-DERGİ
HVAC, Refrigeration, Fire
Safety & Sanitary E-Journal

TTMD Adına Sahibi
Seçil İskender

Dergi Yayın Yönetmeni
Prof. Dr. M. Zeki Yılmazoğlu

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Ozan Yavuz

Dergi Yayın Kurulu
Emre Özmen
Hamit Mutlu
Hüseyin Emre Öztürk
Melek Yıldız
Dr. Umut Barış Yılmaz

Danışma Kurulu
Abdullah Bilgin
Prof. Dr. Ahmet Arısoy
Akdeniz Hiçsönmez
Bahri Türkmen
Prof. Dr. Birol Kılkış
Prof. Dr. Bülent Yeşiltata
Cafer Ünlü
Ersin Gökbudak
Prof. Dr. Gülsu Ulukavak Harputlugil
Gürkan Arı
Prof. Dr. Halime Paksoy
Hüseyin Erdem
Kani Korkmaz
Dr. Kazım Beceren
Prof. Dr. Macit Toksoy
Meriç Sapçı
Dr. Muhyettin Sirer
Nevroz Karakuş
Prof. Dr. Nilüfer Eğrican
Numan Şahin
Ömer Kantaroğlu
Sarven Çilingiroğlu
Serdar Gürel
Yalçın Katmer

İletişim
TTMD Genel Merkezi:
Bestekar Caddesi Çimen Apt.
No:15/2 Kavaklıdere / Ankara
Tel: 0312 419 45 71 - 72
Faks: 0312 419 58 51
Web: www.ttmd.org.tr
E-posta: ttmd@ttmd.org.tr

Yapım
Doğa Ajans
Alinazım Sok. No: 30
Koşuyolu, Kadıköy-İstanbul
www.dogaajans.com.tr

TTMD E-Dergi, elektronik ortamda yayımlanmaktadır.

TTMD Yönetim Kurulu
Seçil İskender, Nermin Köroğlu Isın, Seçkin Tuncer Erdoğmuş, Murat Çakan, Yusuf Eren Gürdal, Ömer Faruk Eroğlu, Cem Gürel, Umut Barış Yılmaz, Gülmetan Savaş, Tanju Kılınçarslan, Melek Yıldız, Cem Cemal Yalçıner, Hüseyin Emre Öztürk

Temsilcilikler
Ankara - Mehmet Demir
İstanbul - Zafer Gözde Uzun
İzmir - Arslan Çağlayan Gürel
Adana - Mustafa Özdemir
Antalya - Türker Kaya
Bursa - Hüseyin Uludaş
Denizli - Ali Pala
Eskişehir - Ferhat Gül
Kayseri - Murat Karasakal
Kocaeli - Serkan Demir
Konya - Şamil Emrehan Öztürk
Samsun - Gökhan Koskos
Gaziantep - Mehmet Cihan Beyhan
Diyarbakır - İlhan Güler
Erzurum - Abdulkadir Bayrakçeken

Uluslararası İşbirlikleri
- IEA EBC TCP - International Energy Agency Energy in Buildings and Communities Technology Collaboration Programme
- IEA ECES TCP - International Energy Agency Energy Conservation Through Energy Storage Technology Collaboration Programme
- IEA SHC TCP - International Energy Agency Solar Heating Cooling Technology Collaboration Programme
- IBPSA - International Building Performance Simulation Association
- AEE - The Association of Energy Engineers
- ASHRAE - American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
- EHPA - European Heat Pump Association
- ISHRAE - Indian Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
- PHVACR - Pakistan HVACR Society
- REHVA - Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations

TTMD Dergisi Makale Yazım Kuralları
1. Değerlendirme için editöre iletilen makaleler yazarların istediği yazı ve referans formatında (your paper your way) ilk sunuş için hazırlanabilir.
2. Makalede sırasıyla Türkçe Başlık, Özet, Anahtar Kelimeler, İngilizce Başlık, Özet ve Anahtar kelimeler, Giriş, Metot, Sonuçlar, Değerlendirme, Bilgi, Semboller, Kaynaklar ve yazarların kısa özgeçmişleri (maksimum 50 kelime) yer almalıdır.
3. Makaleler ".doc" ya da ".docx" uzantılı olarak editöre iletilmelidir.
4. Makaleler değerlendirme kolaylığı açısından 1.5 satır boşluğu, tek sütun ve iki yana yaslı olarak hazırlanmalıdır.
5. Tablo başlığı tablonun üzerinde, şekil başlığı şeklin altında olmalıdır.
6. Değerlendirme için editöre gönderilen makaleler öncelikle editör kontrolünden geçmektedir. İçerik yönünden uygun bulunmayan makaleleri editör değerlendirmeye almama yetkisine sahiptir.
7. Editör içeriği uygun bulması halinde makaleyi hakemlere gönderecektir. Değerlendirmede single blind review sistemi kullanılmakta olup hakem bilgileri yazarlarla paylaşılmamaktadır.
8. Hakem raporu doğrultusunda kabul edilen makalelerin referansları yazar soyadına göre alfabetik olarak düzenlenmeli ve metin içinde yazar soyadı ve yayın yılı olarak belirtilmelidir.
9. Makaledeki resimler ve fotoğraflar yüksek kalitede olmak zorundadır.
10. Kabul edilen makalelere ait Telif Hakkı Devir formu sorumlu yazar ya da tüm yazarlar tarafından imzalandıktan sonra basıma alınacaktır.
11. Makaleler direkt olarak ttmd@ttmd.org.tr e-posta adresine gönderilebilir.
12. Yayınlanan makalelerin olduğu dergi sayısı sorumlu yazarın adresine posta yoluyla gönderilecektir.

TTMD Dergisi Makale Yazım Etik Kuralları
1. Makalelerin konusu, mekanik tesisat mühendisliği uygulamaları, projelendirme ve hedef kitlenin genel mesleki ilgisine yönelik konulardan seçilmelidir.
2. Makalelerde ciddi ve teknik bir dil kullanılmalı, genel ahlak kurallarına riayet edilmelidir.
3. Makalelerde geçerli dil Türkçe'dir. Teknik bir zorunluluk olmadıkça kullanılan kelimelerin yabancı dilde olmamasına özen gösterilmelidir.
4. Makalelerde belirli bir zümre, sınıf, kişi, şirket veya şirketler topluluğunun menfaati öne çıkarılamaz veya hedef gösterilemez. Bu konuda reklam veya propaganda yapılamaz.
5. Özellikle sistem veya cihaz tanıtımı yapılan makalelerde ürünün (veya sistemin) markası kesinlikle belirtilmediği gibi; imalatçı, uygulamacı vs. firmaların tanıtım ve reklamı da yapılamaz.
6. Makale başlıkları herhangi bir firmaya ait reklam sloganlarıyla aynı olamaz veya benzerlik göstermez.
7. Yayımlanması teklif edilen makaleler daha önce herhangi bir dergi veya kitapta yayımlanmamış olmalıdır.
8. Aynı makale, farklı tarihlerde de olsa, iki defa yayımlanamaz.
9. Makalelerde bilerek veya yönlendirme amacıyla yanlış bilgiler verilemez.
10. Makalede anlatılan konu yazarın sorumluluğundadır.

TTMD
Türk Tesisat Mühendisleri Derneği

DESTEKLEYİCİLERİMİZ

Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, kuruluşundan itibaren sektör paydaşlarıyla omuz omuza vererek büyük bir aile olarak faaliyetlerini sürdürmüş ve arkasında hissettiği bu güçle her zaman daha üretken olmayı ve sektöre daha etkin katkılar sunmayı sürdürebilmiştir. Geçmiş dönemlerde olduğu gibi şimdi ve gelecekte de derneğimize destek olan, sahip çıkan tüm firma, kurum, üniversite ve iş birliği içinde olduğumuz diğer sektörel sivil toplum kuruluşlarına

teşekkür ederiz.

TTMD ALTIN SPONSORLARIMIZ

ÇUKUROVAISI www.cukurovaisi.com
DOĞU
İZOCAM 60
KODSAN
meta mühendislik
NORM TEKNİK
PLT MÜHENDİSLİK
reflex Thinking solutions.
Tanpera

TTMD 2025-2026 DÖNEMİ SEMİNER/WEBİNARLARINI DESTEKLEYEN FİRMALAR

ARASCO	atlantik grup	BELIMO	BOSCH
ÇUKUROVAISI www.cukurovaisi.com	DOĞU	DUYAR Since 1965	Halton
İZOCAM 60	kayse®	KODSAN	meta mühendislik
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES	NORM TEKNİK	PAG PİK BORU	PLT MÜHENDİSLİK
reflex Thinking solutions.	Tanpera	VIESMANN	VOKSED

TTMD Genel Merkezi
Tel: 0554 582 88 99
E-Posta: ttmd@ttmd.org.tr

TTMD İstanbul Ofisi
Tel: 0546 908 53 74
E-Posta: ttmd.istanbul@ttmd.org.tr

TTMD İzmir Ofisi
Tel: 0546 832 99 35
E-Posta: ttmd.izmir@ttmd.org.tr

temmuz - eylül 2026

Başkandan 5

Bizden Haberler 10



TTMD, Uluslararası Katılımlı Yangın Sempozyumu ve Sergisi 2026'da Yer Aldı

TTMD İzmir'den Ege Üniversitesi'ne Ziyaret

TTMD Bursa Temsilciliği 2026 Yılı Kahvaltı Buluşması Yapıldı

Pompalarda Enerji Verimliliği ve Yeni Teknolojiler Anlatıldı



TTMD Çalıştayı 16-17 Ekim'de Şile'de Düzenlenecek

HVAC Pazarında Büyüme Beklentisi: Isı Pompaları ve Veri Merkezi Soğutması Öne Çıkıyor

Eurovent, Hava Perdesi Enerji Tasarrufunu Hesaplayan Yeni Aracını Kullanıma Sundu

ASHRAE ve UNEP, Sürdürülebilir Soğutma ve İklimlendirme İş Birliğini Yeniledi



REHVA, Revize Edilen EPBD'nin Etkin ve Zamanında Uygulanması Çağrısına Katıldı

EHPA'dan PFAS Kısıtlamalarına Dengeli Geçiş Çağrısı

Avrupa'da Bina Enerji Performansı İçin Ortak Veri Modeli Gerçek Binalarda Test Ediliyor



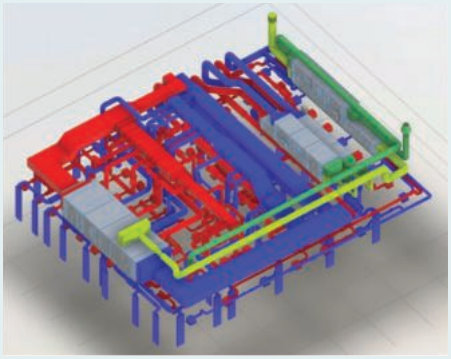
ACCA, Dış Mekân HVAC Ekipmanları İçin GFCI Bilgi Merkezi'ni Kullanıma Açtı

IEA HPT Project 60'tan Ticari Binalarda Isı Pompası Dönüşümünü Kolaylaştıracak Yeni Araç



Makale **34**

SOLUNUM YAPAN TERMAL MANKEN:
HAVADAN BULAŞ ARAŞTIRMALARINDA ANAHTAR
BİR ARAÇ



Makale **38**

Karmaşık Endüstriyel HVAC Sistemleri İçin
CFD Dijital İkizleri



Makale **42**

HVAC Tasarım ve Analizinde Yapay Zekanın Pratik
Uygulamaları



Makale **50**

İki REHVA Ülkesinde Okul Havalandırması Uygulamalarının
Karşılaştırılması: Çek Cumhuriyeti ve Hollanda



Makale **54**

VRF Enerji Yönetimi En İyi Uygulamaları

TTMD, Uluslararası Katılımlı Yangın Sempozyumu ve Sergisi 2026'da Yer Aldı

TMMOB'ye bağlı meslek odaları ile İzmir Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Dairesi Başkanlığı iş birliğiyle düzenlenen Uluslararası Katılımlı Yangın Sempozyumu ve Sergisi 2026, 17-18 Eylül tarihlerinde MMO Tepekule Kongre ve Sergi Merkezi'nde gerçekleştirildi.

İki gün süren sempozyumda, yangın güvenliğine ilişkin güncel konular; akademik çalışmalar, mevzuat ve saha deneyimi çerçevesinde ele alındı. Sempozyum süresince açık olan sergide ise yangın güvenliğine yönelik ürün, sistem ve teknolojiler sergilendi. Sergi alanında bulunan TTMD standı, çok sayıda sektör temsilcisi ve TTMD Üyesi tarafından ziyaret edildi.









TTMD İzmir'den Ege Üniversitesi'ne Ziyaret

Türk Tesisat Mühendisleri Derneği İzmir il Temsilciliği ile Ege Üniversitesi arasındaki ortak eğitim faaliyetleri kapsamında 22 Eylül 2026 tarihinde bir ziyaret gerçekleştirildi. Etkinlik kapsamında TTMD İzmir Temsilciliği Eğitim Komisyonu Başkanı Birol Yavuz, Makina Mühendisliği Bölümü Kariyer Planlaması dersinde 1.sınıf öğrencileri ile bir araya geldi.

TTMD tanıtımı, HVAC esasları ve disiplinleri, terminoloji ve HVAC Mühendisliği meslek etiği üzerine bilgilerin aktarıldığı etkinlik, sektörde öğrencileri bekleyen fırsatların paylaşılması ve öğrencilerden gelen soruların yanıtlanmasıyla son buldu.





AGON

Challenge for best solutions

Dünyanın önde gelen HVAC markalarının
Türkiye temsilcisi

Hava dağıtımından nem kontrolüne, projeniz için doğru çözüm.

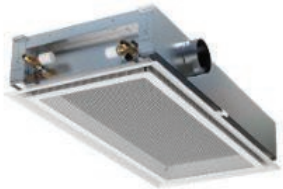
Tasarım aşamasından devreye almaya kadar uçtan uca proje desteği.



Difüzör



Yer Konvektörü



Chilled Beam



Hava Perdesi



Nemlendirici



Nem Alıcı



Hava Apareyi



Yangın Damperi

TEMSİL ETTİĞİMİZ MARKALAR

SWEGON · MADEL · KRANTZ · KAMPMANN · 2VV · ELSTEAM · STEAMOVAP · LAVAIR · DANVEX · VENTMANN · ACTIONAIR

www.agonmekanik.com

info@agonmekanik.com

TTMD Bursa Temsilciliği 2026 Yılı Kahvaltı Buluşması Yapıldı

TTMD Bursa Temsilciliği tarafından, TTMD üyeleri ve aileleri için düzenlenen "Kahvaltı Etkinliği" 26 Eylül 2026 tarihinde Sembol Ocakbaşı Restoran Bursa'da gerçekleştirildi. TTMD Bursa Temsilcisi Hüseyin Uludaş'ın karşılama konuşmasıyla başlayan etkinlikte, Hamit Mutlu TTMD'nin eğitimleri ve yapısı hakkında bilgi verirken, MMO Bursa Şubesi Tesisat Komisyonu Başkanı Emine Kaya ise TTMD ve MMO'nun ortak yürüttüğü seminerlere değindi. Kahvaltıda, organizasyonun gerçekleşmesine katkı veren TPS yetkililerine teşekkür edildikten sonra, Zeki Çelikbilek'in şiir dinletisi ve mesleki paylaşımları etkinliğe renk kattı.



Pompalarda Enerji Verimliliği ve Yeni Teknolojiler Anlatıldı



TTMD İzmir Temsilciliği'nin düzenlediği Pompalarda Enerji Verimliliği ve Yeni Teknolojiler konulu seminer 29 Eylül 2026 tarihinde İzmir MMO Şubesi'nde gerçekleştirildi. Oturum başkanlığını Ahmet Demir'in yürüttüğü seminere Can İleri konuşmacı olarak katıldı.

Sunumuna pompa tipleri, pompa eğrisi ve çalışma aralığı hakkında bilgi vererek başlayan Can İleri, çalışma noktasının pompa ömrüne etkisi, pompa performans değerlerinin değiştirilmesi gibi konulara değindikten sonra pompalarda enerji, güç ve verimlilik hesabı başlıklarında dinleyicileri bilgilendirdi. Pompalardan yeni teknolojileri, kavitasyon ve kuru çalışma konularını anlatan İleri, sunumunun son bölümünde kavitasyonu önlemek için yapılması gerekenleri anlattı. Katılımcılardan gelen soruların yanıtlandığı son bölümün ardından seminer tamamlandı.





Endüstriyel Alanlardaki

EN KARLI İŞ ORTAĞINIZ



ÇUKUROVAISI

www.cukurovaisi.com

TTMD Çalıştayı 16-17 Ekim'de Şile'de Düzenlenecek



Türk Tesisat Mühendisleri Derneği (TTMD), mekanik tesisat sektörünün karşılaştığı sorunların, çözüm önerilerinin ve sektörel iş birliklerinin ele alınacağı TTMD Çalıştayı'nı 16-17 Ekim 2026 tarihlerinde İstanbul Şile'de düzenleyecek. "Daha Etkin Bir TTMD'ye Doğru" temasıyla gerçekleştirilecek çalıştay iki gün sürecek.

Türk Tesisat Mühendisleri Derneği (TTMD), sektörün ortak gündeminin değerlendirilmesine yönelik düzenlediği çalıştaylarına 2026 yılında da devam ediyor. Bu yılki TTMD Çalıştayı, 16-17 Ekim tarihlerinde İstanbul Şile'de bulunan The Sign Değirmen Hotel & Spa'da gerçekleştirilecek.

"Daha Etkin Bir TTMD'ye Doğru" başlığıyla düzenlenecek etkinlikte, mekanik tesisat sektörünün karşılaştığı sorunlara yönelik çözüm önerilerinin geliştirilmesi, sektördeki fırsatların paylaşılması ve değerlendirilmesi, sektör içi iş birliklerinin güçlendirilmesi ve tesisat mühendisliğinin gelişimine katkı sağlayacak konuların ele alınması hedefleniyor.

TTMD Çalıştayı iki gün sürecek

Çalıştay programı 16 Ekim Cuma günü saat 14.30'da başlayacak. İlk günkü çalışmaların ardından saat 19.00'da "TTMD Çalıştay Akşamı" düzenlenecek ve program akşam yemeği ile devam edecek.

17 Ekim Cumartesi günü ise çalıştayın ikinci bölümü saat 09.00'da başlayacak. İki günlük etkinlik saat 18.00'de gerçekleştirilecek kapanışla sona erecek. Detaylı çalıştay programının katılımcılara ayrıca iletileceği belirtildi.

Son kayıt tarihi 30 Eylül

TTMD tarafından açıklanan bilgilere göre çalıştaya katılım için son kayıt tarihi 30 Eylül 2026 olarak belirlendi. Konaklamalı katılım bedeli tek kişilik oda için 6.750 TL, çift kişilik oda için ise 9.250 TL olarak açıklandı.

Kayıt, katılım ve etkinliğe ilişkin ayrıntılı bilgi TTMD üzerinden edinilebilecek.

HVAC Pazarında Büyüme Beklentisi: Isı Pompaları ve Veri Merkezi Soğutması Öne Çıkıyor

MarketsandMarkets tarafından Ağustos ve Eylül 2026'da yayımlanan üç araştırma, HVAC sektöründe önümüzdeki yıllarda önemli büyüme beklentilerine işaret ediyor. Enerji verimliliği, elektrifikasyon, bina karbonsuzlaştırması ve yapay zekâ altyapılarındaki gelişmeler, HVAC teknolojilerine yönelik talebi artıran başlıca faktörler arasında gösteriliyor. Özellikle veri merkezi soğutmasında %16,1 ve ısı pompası pazarında %13,7 yıllık bileşik büyüme öngörülüyor.

Avrupa HVAC Pazarı 2030'da 48,1 Milyar Dolara Ulaşabilir

MarketsandMarkets'in Eylül 2026 tarihli Avrupa HVAC Sistemleri Pazarı araştırmasına göre, pazarın 2025'teki 36,4 milyar dolarlık büyüklüğünden 2030'da 48,1 milyar dolara ulaşması bekleniyor. Bu tahmin, yıllık %5,8 bileşik büyüme oranına karşılık geliyor.

Klima sistemleri, VRF, chiller, soğutma kuleleri, ısı pompaları ve havalandırma teknolojilerini kapsayan pazarda, enerji verimliliği ve düşük karbonlu bina teknolojilerine geçişin yatırımları desteklemesi öngörülüyor.

Küresel Isı Pompası Pazarı 169 Milyar Doları Aşabilir

MarketsandMarkets'in Ağustos 2026 araştırmasına göre, küresel ısı pompası pazarının 2026'daki 88,81 milyar dolarlık büyüklüğünden 2031'de 169,04 milyar dolara ulaşacağı tahmin ediliyor. Beş yıllık dönem için yıllık bileşik büyüme beklentisi %13,7.

Enerji verimli ısıtma ve soğutma çözümlerine yönelik talep, binaların karbonsuzlaştırılması ve düşük karbonlu teknolojilere sağlanan kamu destekleri büyümenin temel unsurları arasında yer alıyor. Düşük GWP'li soğutucu akışkanlara geçiş ve fosil yakıtlı sistemlerin elektrikli alternatiflerle değiştirilmesi de pazarı destekliyor.

Veri Merkezi Soğutmasında %16,1 Büyüme Beklentisi

Üç araştırma arasında en yüksek büyüme beklentisi veri merkezi soğutmasında görülüyor.

MarketsandMarkets'e göre, küresel veri merkezi soğutma pazarının 2026'daki 13,23 milyar dolarlık büyüklüğünden 2033'te 37,62 milyar dolara ulaşması bekleniyor. Bu, yıllık %16,1 bileşik büyüme oranına karşılık geliyor.

Yapay zekâ, bulut bilişim ve yüksek performanslı bilgi işlem altyapılarının yaygınlaşması, veri merkezlerinde soğutma ihtiyacını artırıyor. Yüksek yoğunluklu sunucuların oluşturduğu ısının verimli biçimde uzaklaştırılması gerekliliği, geleneksel hava soğutmalı sistemlerin yanı sıra direct-to-chip ve immersion cooling gibi sıvı soğutma teknolojilerine ilgiyi artırıyor.

HVAC Sektöründe Yeni Büyüme Alanları

Araştırmalar, HVAC sektöründeki büyümenin farklı teknolojiler tarafından desteklendiğini gösteriyor. Avrupa HVAC pazarında istikrarlı büyüme beklenirken, ısı pompalarında elektrifikasyon ve karbonsuzlaştırma, veri merkezi soğutmasında ise yapay zekâ altyapılarının gelişimi öne çıkıyor.

Enerji verimliliği, düşük GWP'li soğutucu akışkanlar, akıllı kontrol sistemleri ve ileri soğutma teknolojilerinin önümüzdeki dönemde HVAC sektöründeki yatırımlar ve rekabet açısından belirleyici olması bekleniyor.



Eurovent, Hava Perdesi Enerji Tasarrufunu Hesaplayan Yeni Aracını Kullanıma Sundu

Eurovent, hava perdelerinin enerji tüketimi ve iç ortam konforu üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmek amacıyla yeni Air Curtain Calculator (Hava Perdesi Hesaplama Aracı) uygulamasını kullanıma sundu. Ücretsiz çevrim içi araç; mağaza sahipleri, bina profesyonelleri ve mevzuat düzenleyicilerinin hava perdelerinin sağlayabileceği enerji tasarrufunu hesaplamasına yardımcı oluyor.

Hava Perdelerinin Enerji Tasarrufu Potansiyeli Hesaplanabiliyor

Hava perdeleri, açık kapılarda hava bariyeri oluşturarak farklı ortamlar arasındaki hava alışverişini ve istenmeyen ısı transferini sınırlandırıyor. Doğru seçilip uygulandıklarında binaların enerji performansının iyileştirilmesine ve iç ortam koşullarının korunmasına katkı sağlayabiliyor.

Eurovent'in geliştirdiği yeni hesaplama aracı, kullanıcıların kapı açıklığı ve çevre koşullarına ilişkin bilgileri girerek hava perdesinin sağlayabileceği enerji tasarrufunu tahmin etmelerine olanak tanıyor.

Özel bir yazılım gerektirmeyen uygulama, hava perdelerinin doğru seçimini desteklerken enerji verimliliği değerlendirmelerini de kolaylaştırıyor.

Enerji Tasarrufu Finansal ve Karbon Eşdeğerleriyle Gösteriliyor

Eurovent Hava Perdeleri Ürün Grubu Sekreteri Massimiliano Ferrario, yeni aracın hem teknik profesyonellerin hem de uzman olmayan kullanıcıların enerji tasarrufu potansiyeline ilişkin ilk değerlendirmeyi gerçekleştirmelerine yardımcı olduğunu belirtti.

Eurovent Hava Perdeleri Ürün Grubu Başkanı Michael Hims ise aracın, TNO tarafından Eurovent üyesi Binnenklimaat için gerçekleştirilen testlerden elde edilen veriler temel alınarak geliştirildiğini açıkladı. Hims, Copernicus iklim verilerinin kullanılmasıyla aracın coğrafi kapsamının tüm Avrupa ülkelerine genişletildiğini belirtti. Uygulamanın gelişmiş modu, farklı hava perdelerinin etkilerinin karşılaştırılmasına olanak tanırken, tahmini tasarrufları finansal değerler ve karbon eşdeğerleri üzerinden gösteriyor.

Ticari ve Endüstriyel Uygulamaları Kapsıyor

Yeni hesaplama aracı, Eurovent'in hava perdesi teknolojilerinin doğru seçimi ve uygulanmasını desteklemeye yönelik çalışmalarının bir parçasını oluşturuyor.

Eurovent Hava Perdeleri ve Fanlı Isıtıcılar Ürün Grubu (PG-CUR); ticari binalar, endüstriyel tesisler ve soğuk hava depolarında kullanılan hava perdelerinin teknik performansı, sınıflandırılması ve doğru konumlandırılmasına yönelik çalışmalar yürütüyor.

Eurovent Air Curtain Calculator, Eurovent'in internet sitesi üzerinden ücretsiz olarak kullanılabiliyor.




YOĞUŞMAYA KARŞI YALITIM
TESİSATIN YARININA YATIRIM
İklimlendirme sistemlerinizde yoğuşma kontrolü sağlayan
İzocamflex ile tesisatınızın ömrünü uzatın. Enerji kayıplarını azaltarak
yarınlarınıza yatırım yapın.
İZOCAM

ASHRAE ve UNEP, Sürdürülebilir Soğutma ve İklimlendirme İş Birliğini Yeniledi

ASHRAE ile Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), sürdürülebilir soğutma ve iklimlendirme alanındaki iş birliğini yeni bir Mutabakat Zaptı (MoU) ile yeniledi. İki yıllık anlaşma; soğutucu akışkanların yaşam döngüsü yönetimi, enerji verimliliği, güvenlik, yapay zekâ uygulamaları ve gelişmekte olan ülkelerde teknik kapasitenin artırılmasına odaklanıyor.

2007 yılından bu yana iş birliği yürüten ASHRAE ve UNEP OzonAction, yeni anlaşmayla Montreal Protokolü ve Kigali Değişikliği'nin uygulanmasını desteklemeyi hedefliyor.



Soğutucu Akışkanların Yaşam Döngüsü Yönetimi Ön Planda

2026-2027 Çalışma Planı'nın temel başlıklarından biri, soğutucu akışkanların yaşam döngüsü yönetimi olacak.

Bu kapsamda soğutucu akışkanların üretim, ithalat, kullanım, servis, bakım, kaçakların önlenmesi ve kullanım ömrü sonundaki yönetim süreçleri ele alınacak. Çalışmalar, düşük Küresel Isınma Potansiyeline (GWP) sahip alternatiflere geçişin yanı sıra soğutucu akışkanların güvenli ve sürdürülebilir kullanımını destekleyecek.

Yapay Zekâ Destekli Mobil Saha Asistanı Geliştirilecek

Yeni iş birliğinin dikkat çeken projelerinden biri, soğutma ve iklimlendirme teknisyenleri için yapay zekâ destekli mobil saha asistanının geliştirilmesi olacak.

Proje kapsamında dijital teknolojilerin soğutucu akışkan yönetimi, sistem performansı ve teknik bilgiye erişim süreçlerinde nasıl kullanılabileceği araştırılacak. Böylece HVAC&R sektöründe servis ve bakım uygulamalarının dijitalleşmesine katkı sağlanması hedefleniyor.

Yanıcı Soğutucu Akışkanlar İçin Güvenlik Çalışmaları

ASHRAE ve UNEP, yanıcı soğutucu akışkanların güvenli kullanımı ve taşınmasına yönelik yeni teknik dokümanlar hazırlayacak.

Düşük GWP'li ve doğal soğutucu akışkanların yaygınlaşmasıyla birlikte teknisyenlerin güvenli uygulamalar konusunda eğitilmesi ve uluslararası standartlara erişiminin güçlendirilmesi öncelikli çalışma alanları arasında bulunuyor.

Gelişmekte Olan Ülkelerde Teknik Kapasite Artırılacak

Anlaşma kapsamında gelişmekte olan ülkelerde HVAC&R sektörünün teknik kapasitesinin güçlendirilmesi ve enerji verimli soğutma çözümlerinin yaygınlaştırılması amaçlanıyor.

ASHRAE bölümleri ile Montreal Protokolü'nün uygulanmasından sorumlu Ulusal Ozon Birimleri arasındaki iş birliğinin geliştirilmesi de planlanıyor.

Çalışmalarda yalnızca soğutucu akışkanların GWP değerleri değil, soğutma ve iklimlendirme sistemlerinin enerji tüketimi de dikkate alınacak.

ASHRAE-UNEP 2026-2027 Çalışma Planı

Ortaklığın yedinci çalışma planı olan 2026-2027 programı; yapay zekâ destekli saha araçları, yanıcı soğutucu akışkanlara yönelik teknik rehberler, eğitim materyalleri ve enerji verimliliği çalışmalarını kapsıyor.

ASHRAE–UNEP Portalı üzerinden sektör profesyonelleri ve Ulusal Ozon Birimleri için ortak teknik kaynaklara erişim de sağlanıyor.

Yeni iş birliği, düşük GWP'li soğutucu akışkanlara geçişi, güvenli servis uygulamalarını ve enerji verimli soğutma teknolojilerinin yaygınlaştırılmasını desteklemeyi hedefliyor.

Yangın korunum sistemlerinde dünya liderinden eşsiz çözümler ve ürün yelpazesi...

Tyco Yangından Korunum Ürünleri artık Johnson Controls çatısı altında. Kapsamlı yangın korunum sistemlerimiz ile hala bildiğiniz ve güvendiğiniz sektör lideriyiz. Onlarca yıllık tecrübe, küresel liderlik ve yenilikçi bina güvenliği çözümleriyle bilinen Johnson Controls ile gelecek, daha güvenli ve aydınlık olacaktır.







ANSUL | AquaMist | Grinnell | iFlow technology | SABO FOAM | HYGOOD | SAPPHIRE suppression systems | SKUM | tyco

Yangın söndürme sistemleri hakkında en son bilgiler ve yenilikçi ürünler için **http://www.johnsoncontrols.com** internet adresinden veya **+90 (0) 312 840 01 00** nolu telefondan bize ulaşın.

Johnson Controls

© 2019 Johnson Controls. All rights reserved.

REHVA, Revize Edilen EPBD'nin Etkin ve Zamanında Uygulanması Çağrısına Katıldı

REHVA, bina ve enerji sektöründen 26 kuruluşla birlikte, Avrupa Komisyonu'nun revize edilen Binaların Enerji Performansı Direktifi'nin (EPBD) ulusal mevzuatlara aktarılmasına yönelik girişimini destekledi. Kuruluşlar, direktifin yalnızca mevzuata aktarılmasının değil, etkin şekilde uygulanması ve denetlenmesinin de gerekli olduğunu vurguladı.

Avrupa Komisyonu 27 Ülkeye İhtar Gönderdi

Avrupa Komisyonu, 15 Temmuz 2026'da revize edilen EPBD (AB) 2024/1275 hükümlerini ulusal mevzuatlarına eksiksiz aktarmadıkları gerekçesiyle 27 AB üyesinin tamamına resmi ihtar mektubu göndererek ihlal süreci başlattı. Üye ülkelerin direktifi 29 Mayıs 2026'ya kadar ulusal hukuklarına aktarmaları gerekiyordu. REHVA ve diğer kuruluşlar, sürecin geciktirilmeden tamamlanması gerektiğini belirtti.

Binalar AB Enerji Tüketiminin %40'ını Oluşturuyor

Avrupa Birliği'nde binalar, nihai enerji tüketiminin yaklaşık %40'ından ve doğal gaz tüketiminin yaklaşık yarısından sorumlu. Konutlarda tüketilen enerjinin yaklaşık %80'i ise ısıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyuna harcanıyor.

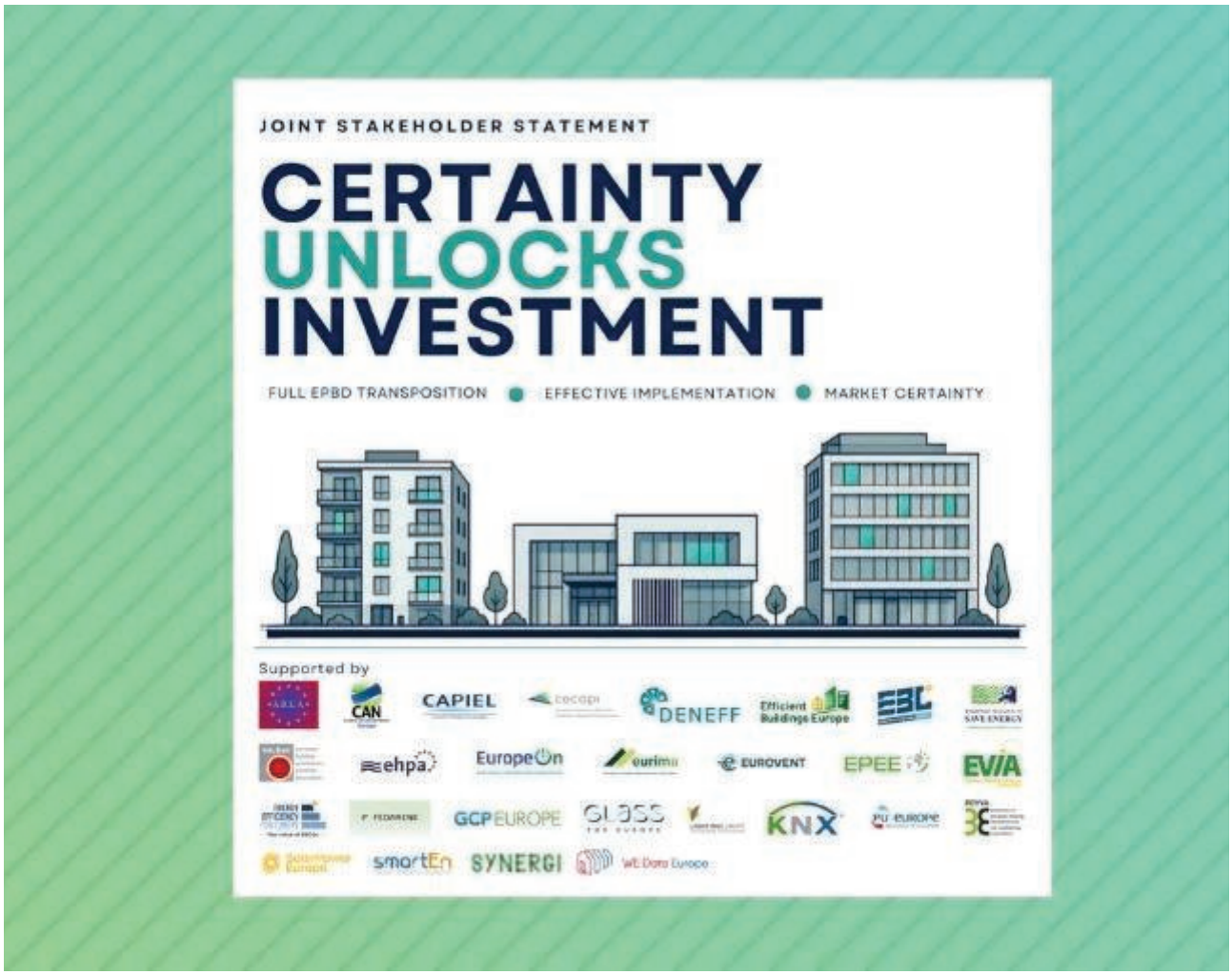
EPBD, bina teknik sistemlerinde enerji verimliliğini artırmayı, enerji tüketimini azaltmayı ve iç ortam konforunu iyileştirmeyi hedefliyor.

Ortak Standartlar ve Etkin Denetim Vurgusu

Ortak bildiride, direktifin eksiksiz uygulanması için açık teknik rehberler, uygunluk denetimleri, eğitim programları ve yeterli idari kapasite oluşturulması çağrısında bulunuldu.

REHVA ayrıca, binaların enerji performansının ortak ve karşılaştırılabilir yöntemlerle değerlendirilmesini sağlayan uyumlaştırılmış EPB standartlarının önemine dikkat çekti.

Kuruluş, Avrupa Komisyonu ve üye ülkelere teknik uzmanlık, eğitim materyalleri ve uygulama araçlarıyla destek vermeye hazır olduğunu açıkladı.



KSB ALL IN ONE

SİSTEMİNİZİ AKILLANDIRAN GÜÇ

KONFOR, VERİM, TEKNOLOJİ TEK NOKTADA BULUŞUYOR



ÖZELLİKLER

- Akıllı Mod Kontrolü
- Mahal Isıtma Entegrasyonu
- Legionella Koruma Modu
- Ek Elektrikli Isıtma Bağlantısı
- Bakım Modülü
- Alternatif Isı Kaynakları ile Tam Uyum
- Kompakt Modüler Yapı
- Programlanabilir Konfor Yönetim

KODSAN 40. yıl

kodsan.com.tr

info@kodsan.com.tr | 0(312) 267 0767

EHPA'dan PFAS Kısıtlamalarına Dengeli Geçiş Çağrısı

Avrupa Isı Pompası Birliği (EHPA), Avrupa'da fosil yakıtlı ısıtma sistemlerinin yerini ısı pompalarının almasının; karbonsuzlaşma, enerji güvenliği ve sanayi rekabetçiliği hedeflerine ulaşılması açısından kritik önem taşıdığını belirterek, PFAS (per- ve polifloroalkil maddeler) kısıtlamalarına ilişkin dengeli bir yaklaşım çağrısında bulundu.

EHPA'nın değerlendirmesine göre, kamuoyunda zaman zaman "sonsuz kimyasallar" (forever chemicals) olarak da adlandırılan PFAS maddelerine yönelik önerilen kısıtlamalar, çevresel etkilerin azaltılması ile Avrupa'nın enerji dönüşümünü hızlandıracak ısı pompalarının yaygınlaştırılması arasında doğru dengeyi kurmalı.

Birlik, PFAS emisyonlarının azaltılması hedefini desteklediğini ve uzun vadede flor içermeyen (non-polyfluorinated) soğutucu akışkanlara geçiş konusunda kararlılığını sürdürdüğünü vurguladı.

Bununla birlikte EHPA, bazı ısı pompası uygulamalarında uygun alternatiflerin henüz teknik açıdan uygulanabilir, ekonomik olarak rekabetçi veya güvenlik ve performans gerekliliklerini karşılayacak ölçekte erişilebilir olmadığını ifade etti.

Bu nedenle PFAS kısıtlamalarının, hem çevresel hedefleri destekleyecek hem de fosil yakıtlı ısıtma sistemlerinin ısı pompalarıyla değiştirilmesini kesintiye uğratmayacak şekilde uygulamaya özel olarak tasarlanması gerektiği belirtildi.

EHPA, bugün için uygulanabilir alternatiflerin bulunmadığı alanlarda hedefe yönelik istisnaların (derogasyonların) tanınmasının önemine dikkat çekerken, aynı zamanda sektörün yeni nesil soğutucu akışkan teknolojilerine yönelik inovasyon çalışmalarının ve dönüşüm sürecinin teşvik edilmeye devam edilmesi gerektiğini kaydetti.

Birlik, Avrupa'daki 300'den fazla üretim tesisiyle yaklaşık 433 bin doğrudan ve dolaylı istihdam sağlayan ısı pompası üretim sektörünün, flor içermeyen soğutucu akışkanlara geçiş konusunda halihazırda öncü rol üstlendiğini de vurguladı.

EHPA'ya göre dengeli bir geçiş politikası, Avrupa'nın temiz ısıtma teknolojilerindeki sanayi liderliğini korurken, inovasyonu destekleyecek ve kıtanın küresel rekabet gücünü daha da güçlendirecek.



meta
mühendislik

Su ve Atık Su Arıtma Sistemleri

Daha temiz bir dünya için çalışıyoruz

Dünyanın her noktasında **endüstriyel, ticari ve evsel kullanım** için **yüksek kaliteli** su ve atık su arıtma çözümleri sunuyoruz.

25
yıllık tecrübe

15+
sektör

1000+
tamamlanmış proje

23+
ülke

Ürünlerimiz hakkında bilgi almak için **www.metamuhendislik.com**'u ziyaret edebilirsiniz.

Avrupa'da Bina Enerji Performansı İçin Ortak Veri Modeli Gerçek Binalarda Test Ediliyor

Avrupa Birliği destekli iEPB projesi, binaların enerji performansına ilişkin farklı değerlendirme araçlarının ortak veri altyapısıyla çalışmasını sağlayacak yeni yaklaşımını İspanya, Avusturya ve Hollanda'daki gerçek binalarda test ediyor. Sistem, bina verilerinin tekrar tekrar toplanmasını önleyerek değerlendirme süreçlerini kolaylaştırmayı hedefliyor.

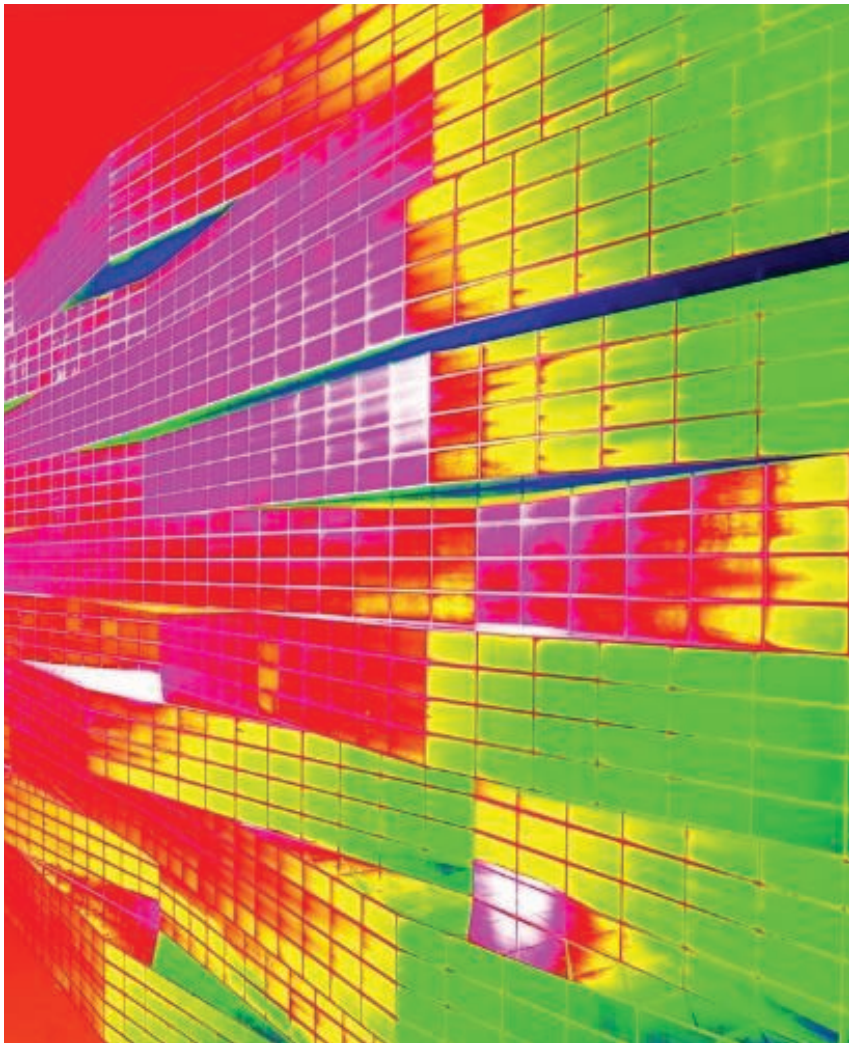
Bina Enerji Performansı Verileri Ortak Altyapıda Birleştiriliyor

LIFE Clean Energy Transition programı kapsamında desteklenen iEPB (Integrated Energy Performance of Buildings Assessments) projesi, Enerji Performans Sertifikaları (EPC), Akıllı Hazırlık Göstergesi (SRI) ve bina renovasyon pasaportlarının ortak verilerden yararlanmasını amaçlıyor.

Geliştirilen iEPB veri modeli, mevcut ulusal değerlendirme sistemlerinin yerine geçmek yerine farklı yazılımlar arasında veri alışverişini mümkün kılacak ortak bir yapı oluşturuyor. Böylece bina bilgilerinin bir kez toplanarak farklı enerji performansı değerlendirmelerinde kullanılması hedefleniyor.

Üç Avrupa Ülkesinde Pilot Uygulamalar Yürütülüyor

Proje kapsamında İspanya, Avusturya ve Hollanda'da gerçek bina verileriyle testler gerçekleştiriliyor.



Apartmanlar, okullar, spor salonları, oteller ve restoranlar gibi farklı yapı türleri pilot çalışmalara dahil ediliyor.

Haziran 2026 itibarıyla ortak veri modelinin Avusturya ve İspanya'daki bazı ulusal enerji performansı yazılımlarında uygulanmaya başladığı, Hollanda'daki entegrasyon çalışmalarının ise sürdüğü bildirildi.

Proje kapsamında farklı yazılımlara entegre edilebilecek bağımsız bir SRI hesaplama motoru da geliştirildi.

Bina Verileri Tek Platformda Yönetilecek

Geliştirilmekte olan iEPB web uygulaması, bina verilerinin toplanmasını, yönetilmesini ve enerji performansı değerlendirmelerinin ortak bir dijital ortamda görüntülenmesini sağlayacak.

Platformun bina sahipleri, teknik uzmanlar, yöneticiler ve kamu otoriteleri tarafından kullanılabilmesi planlanıyor.

HVAC Sistemlerinin Değerlendirilmesine Katkı Sağlayabilir

Ortak veri modelinin enerji performansı değerlendirmelerinde maliyetleri ve idari yükü azaltması, veri tutarlılığını artırması ve bina renovasyon süreçlerini desteklemesi bekleniyor.

HVAC sektörü açısından proje; ısıtma, soğutma, havalandırma ve bina otomasyonu sistemlerine ilişkin teknik verilerin enerji performansı değerlendirmelerine daha bütünleşik biçimde dahil edilmesine katkı sağlayabilir.

SRI'nin ortak veri altyapısına entegre edilmesiyle akıllı bina teknolojilerinin enerji verimliliğindeki rolünün daha kapsamlı değerlendirilmesi hedefleniyor.

ACCA, Dış Mekân HVAC Ekipmanları İçin GFCI Bilgi Merkezi'ni Kullanıma Açtı

ACCA, Dış Mekân HVAC Ekipmanları İçin GFCI Bilgi Merkezi Oluşturdu

Air Conditioning Contractors of America (ACCA), ABD'de dış mekân HVAC ekipmanlarına yönelik GFCI korumasındaki geçici muafiyetin 1 Eylül'de sona ermesinin ardından sektör profesyonellerine rehberlik etmek amacıyla yeni bir GFCI Bilgi Merkezi oluşturdu. Düzenleme, özellikle inverter ve tek hızlı HVAC sistemlerinde yaşanan istenmeyen devre kesintileri nedeniyle önem taşıyor.

Dış Mekân HVAC Ekipmanlarında GFCI Muafiyeti Sona Erdi

ABD Ulusal Elektrik Kodu (NEC), dış mekân HVAC ekipmanlarında belirli koşullarda GFCI (Toprak Kaçağı Devre Kesici) koruması gerektiriyor. Teknik sorunların çözümü için tanınan geçici muafiyetin 1 Eylül'de sona ermesiyle düzenleme yeniden gündeme geldi.

ACCA'ya göre yaklaşık 22 ABD eyaleti söz konusu gerekliliği erteledi veya uygulamadan çıkardı. Diğer bölgelerde ise ilgili HVAC ekipmanlarında GFCI koruması gerekebiliyor.

İnverter Sistemlerde İstenmeyen Devre Kesintileri

ACCA, bazı inverter kontrollü ve tek hızlı HVAC sistemlerinde elektriksel arıza bulunmasa bile GFCI cihazlarının devreyi kesebildiğine dikkat çekiyor.

Bu soruna yönelik yüksek frekanslı GFCI teknolojileri potansiyel çözüm olarak değerlendirilse de farklı HVAC ekipmanlarında kapsamlı saha testlerinin henüz tamamlanmadığı belirtiliyor.

ACCA ve diğer sektör kuruluşları, teknik sorunların değerlendirilmesi için National Fire Protection Association'dan (NFPA) ek süre talep ediyor.

GFCI Bilgi Merkezi Teknik Kaynaklar Sunuyor

ACCA'nın oluşturduğu GFCI Resource Center, HVAC profesyonellerine güncel düzenlemeler ve teknik gelişmeler hakkında bilgi sağlıyor.

Platformda NEC Bölüm 210.8(F), yüksek frekanslı GFCI teknolojileri, ACCA'nın NFPA'ya sunduğu görüşler ve AHRI tarafından hazırlatılan araştırma raporu yer alıyor.

Ayrıca HVAC yüklenicileri, sahada karşılaştıkları GFCI sorunlarını anket aracılığıyla bildirebiliyor. Merkez, elektrik güvenliğine yönelik eğitim kaynakları da sunuyor.

ACCA'dan Sektöre Bilgilendirme Çalışmaları

ACCA, düzenlemenin sektöre etkilerini değerlendirmek amacıyla 23 Eylül'de ücretsiz bir "Codes and Coffee" webinarı düzenleyeceğini de duyurdu.

Webinarda ACCA, AHRI ve HARDI temsilcilerinin katılımıyla GFCI muafiyetinin sona ermesi, teknik sorunlar ve düzenlemeye yönelik çalışmaların ele alınması planlandı.

IEA HPT Project 60'tan Ticari Binalarda Isı Pompası Dönüşümünü Kolaylaştıracak Yeni Araç

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) Isı Pompası Teknolojileri Teknoloji İşbirliği Programı (HPT TCP) kapsamında yürütülen Project 60, mevcut ticari ve kamu binalarında ısı pompası dönüşümünü kolaylaştırmak amacıyla geliştirilen yeni çevrim içi rehberini tanıttı.

18 Haziran 2026'da düzenlenen kapanış webinarında sunulan etkileşimli araç, özellikle ilk kez ısı pompası yatırımı yapacak bina sahipleri ve işletmecilerinin dönüşüm sürecindeki ilk kararlarını desteklemeyi hedefliyor.

Isı Pompası Yatırımları İçin Üç Aşamalı Rehber

"Büyük Ölçekli Ticari Binalarda Isı Pompası Sistemlerinin Dönüştürülmesi" projesi kapsamında geliştirilen web tabanlı araç, profesyonel sistem tasarımının yerine geçmeden yatırımcıları tedarikçilerle yapılacak görüşmelere hazırlamayı amaçlıyor. Üç aşamalı rehber, öncelikle temel sorularla uygun olmayan seçenekleri eliyor. Ardından değerlendirilebilecek sistemleri sıralıyor ve gerçek dönüşüm projelerinden örnekler sunuyor.

Ticari Binalarda Dönüşümün Önündeki Engeller

Webinarda proje bulgularını paylaşan Birleşik Krallık Alternatif Delegesi Roger Hitchin, ticari ve kamu binalarındaki ısıtma sistemlerinin dönüşümünde pazarın parçalı yapısına ve güvenilir veri eksikliğine dikkat çekti.

Proje kapsamında kurulum maliyetleri, ölçülmüş performans verileri ve ayrıntılı işletme bilgileri gibi alanlarda bilgi eksikliklerinin devam ettiği belirtildi.

Farklı İklim Koşulları Dönüşüm Kararlarını Etkiliyor

Natural Resources Canada'dan Frédéric Genest, ısı pompası dönüşümlerinde iklim koşulları, enerji fiyatları, karbon yoğunluğu ve yerel düzenlemelerin önemini vurguladı.

Kanada'daki farklı iklim bölgelerinden örnekler sunan Genest, uluslararası uygulama verilerinin artırılmasının gelecekteki çalışmalar açısından önemli olduğunu belirtti.

Rehberin Geliştirilmesi Devam Edecek

2025 yılı sonunda tamamlanan Project 60'ın nihai raporu ve çevrim içi rehberi yayımlandı. Aracın uzun vadeli bakımının Heat Pump Centre tarafından yürütülmesi planlanıyor.

Gelecek dönemde daha fazla ülkeden örnek uygulamaların eklenmesi, bölgesel ihtiyaçlara yönelik sürümlerin geliştirilmesi ve kullanıcı geri bildirimleri doğrultusunda rehberin güncellenmesi hedefleniyor.



https://pltmekanik.com

PLT MÜHENDİSLİK

- **Mekanik Tesisat**
  - → Arıtma Sistemleri
  - → Mekanik Sistem Otomasyonu
  - → Mekanik Tesisat Çözümleri
  - → Mekanik Tesisat İzolasyonu
  - → Isıtma - Soğutma Sistemleri
  - → Sıhhi Tesisat
- **Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri**
  - → Havalandırma Tesisatı
  - → Merkezi Klima Sistemleri (VRV, VRF, Multi Sistemler)
  - → Hassas Klima Sistemleri
- **Yangından Korunma Tesisatı**
  - → Yangın Algılama ve İhbar Sistemleri
  - → Duman Tahliye Sistemi
  - → Gazlı Söndürme Sistemleri
- **Endüstriyel Mekanik Tesisat**
  - → Endüstriyel Proses Sistemleri
  - → Basınçlı Hava Tesisatı
  - → Buhar Tesisatı
  - → Kızgın Su Tesisatı
  - → Endüstriyel Gaz Tesisatları (Azot, Argon, Helyum vb.)
  - → Endüstriyel Toz, Talaş ve Yağlı Buhar Emiş Sistemleri
  - → Tekstil Klima Sistemleri
- **Mühendislik, Danışmanlık ve Müşavirlik Hizmetleri**
  - → Test, Ayar ve Devreye Alma (TAD)
  - → Proje ve Sistem Tasarımı
  - → Mühendislik ve Müşavirlik Hizmetleri









TSE ISO 9001 14001 45001 CE

ÖZDİLEK HOLDİNG · TEI · ETİ · sütaş · İGSAŞ · YILDIZENTEGRE

GEMLİK GÜBRE · BOSCH · BAYER · WYNDHAM GRAND · HAYAT HASTANESİ · tek süt

Banvit · YILDIZLAR YATIRIM HOLDİNG · ZSR · eker · arçelik · LG · KARESİ POLYESTER



ISK Sodex Saudi 16-19 Kasım 2026

Detaylı bilgi:
https://www.sodex.com.tr/tr/isk-sodex-saudi



17. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi 05-07 Mayıs 2027

Detaylı bilgi:
https://mmo.org.tr/etkinlik/17-ulusal-tesisat-muhendisligi-kongresi-ve-sergisi



ISK Sodex 19-22 Ekim 2027

Detaylı bilgi:
https://www.sodex.com.tr/tr

reflex GROUP

Yeni Kurumsal Yapımızla Yolumuza Devam Ediyoruz

Yıllardır **Nema Winkelmann** olarak tanıdığınız şirketimiz, artık **reflexGroup Düzce** çatısı altında faaliyetlerine devam ediyor. Reflex, Nema ve Elbi markalarının gücünü bir araya getiren bu yeni yapılanmayla, müşterilerimize daha güçlü, entegre ve sürdürülebilir çözümler sunmayı hedefliyoruz.

- Güçlü Kurumsal Yapı
- Entegre Yaklaşım
- Sürdürülebilir Çözümler



AI tarafından oluşturulmuştur

grow together

Markalarımız:

reflex Thinking solutions.

elbi

nema

www.reflexgroup.de/tr

TTMD
Türk Tesisat Mühendisleri Derneği

TTMD Üyelik Ayrıcalıkları

Bunları biliyor muydunuz?

Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, değer yaratırken Üyelerine özel ayrıcalıklar da sunmaktadır.

1- Üyelere Özel Avantajlar

- **TTMD Yayınları:** TTMD Üyeleri, TTMD'nin bünyesinde bulunan özgün yayınlara indirimli sahip olabilmektedir.
- **Ücretli Eğitimler:** Türkiye'de sadece TTMD'nin eğitimini verdiği Alarko Carrier HAP Eğitimi TTMD Üyelerine indirimli olarak verilmektedir. Başta İstanbul olmak üzere TTMD Temsilciliklerinde 70'in üzerinde düzenlenen kurslarda 500'ün üzerinde mezun, hem program bilgisine, hem de programın ömür boyu kullanım lisansına sahip olmuştur. TTMD Akademi bünyesinde HVAC Tasarım Esasları Kursu ve HVAC Sistemleri ve Donanımı Kursu düzenlenmektedir.
- **ISK SODEX Fuar Alanı:** Türkiye'nin ısıtma, soğutma, klima, havalandırma, yalıtım, pompa, vana, tesisat, su arıtma ve güneş enerjisi sistemleri alanlarında en büyük fuarı olan ISK SODEX iki yılda bir TTMD'nin eş organizatörlüğünde düzenlenmektedir. Bu fuara katılmak isteyen TTMD Üyeleri, fuar alanındaki stantlarda indirime sahip olmaktadır.
- **TTMD Sempozyumu:** İki yılda bir gerçekleşen Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu'nda TTMD Üyelerine özel kayıt şartları sağlanmaktadır.

2- Teknik Bilgi Paylaşımı

- **Seminerler:** Bilgi paylaşımı ve eğitimi kendisine kuruluş amaçlarından biri olarak belirleyen TTMD, 15 ayrı Temsilciliğinde düzenli olarak eğitim seminerleri vermektedir. Ücretsiz olarak gerçekleştirilen bu seminerler, TTMD üyelerini ve tüm sektör paydaşlarını bir araya getirme şansı yaratmaktadır. TTMD Üyeleri seminerlerden sürekli haberdar olurlar.
- **TTMD Sempozyumları:** TTMD düzenli olarak her iki yılda bir "Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu" düzenleyerek alanında uzman çok sayıda bilim insanını ve sektör paydaşını bir araya getirmektedir. Sempozyuma gönderilen bildirilerin, uluslararası akademik hakem heyetinden geçmesiyle en sağlıklı ve kaliteli bilgilerin sektöre ulaşması sağlanır.
- **Çalıştay:** Yılda bir farklı tema ile düzenlenen çalıştaylarla, ihtiyaçlar, sorunlar ve çözüm önerileri sorgulanmakta; sektöre, politika yapıcılara ve karar vericilere katkı sağlayıcı somut çıktılar üretilmektedir. Elde edilen sonuçlar her yıl üyelerle ve sektörle paylaşılmakta, bu sayede farkındalık ve sürdürülebilir bilgi üretimi sağlanmaktadır.
- **TTMD Yayınları:** TTMD kuruluşundan günümüze çok sayıda basılı kitap ve dergi yayımlamıştır. Alanında uzman isimlerin yazdığı özgün ve çeviri kitapların yanı sıra TTMD, dergisi ile sektörün gelişimine katkıda bulunmaktadır. 2019 yılı itibariyle TTMD Dergisi, e-dergi formatında çağın gereklerini karşılayacak şekilde yayımlanmaya devam etmekte; eğitici makaleler ve dergi ekleriyle bilgi paylaşmaktadır. Uluslararası işbirliği sürdürülen ASHRAE ve REHVA Yayınlarının tercümeleri TTMD tarafından tesisat sektörüne kazandırılmıştır. TTMD üyeleri tüm bu yayınlara öncelikli ve indirimli sahip olmaktadır. Ankara, İstanbul ve İzmir'deki TTMD ofislerinin yanı sıra bu yayınlara web sitesi üzerinden de erişilebilmektedir.

3- Komiteler

TTMD Üyeleri birçok komite içinde görevler üstlenerek bilgi üretimine katkıda bulunabilir. Hali hazırda çalışmalarını sürdüren, Bina Enerji Performansı Simülasyonları (IBPSA Türkiye), Dijitalleşme, Enerji Mühendisliği (AEE Türkiye), Enerji Depolama ve Isı Pompası, İç Çevre Kalitesi, BİD (Commissioning), COVID-19, Eşitlik, Su Teknik Komitelerinde yer alan Üyeler, dernek içinde daha etkin görevler üstlenebilir. Komiteler hakkında geniş bilgi, TTMD web sitesinde yer almaktadır.

TTMD
Türk Tesisat Mühendisleri Derneği

TTMD Üyelik Ayrıcalıkları

4- Dijital Yaşam

- **TTMD Portal:** Dijital çağı yakından takip eden TTMD, Üyeleri ile olan iletişimini TTMD Portal üzerinden sağlamaktadır. Portala giriş yapan TTMD Üyeleri, TTMD'nin dijital veri arşivine ulaşabilir, TTMD Dergilerini elektronik ortamda okuyabilir, geçmiş dönemlere ait seminer sunumlarına erişebilirler. TTMD Temsilciliklerinde günümüze kadar yapılan yüzlerce seminerin sunumu, yalnızca TTMD Üyeleri için arşivlenerek portal üzerinden paylaşıma açılmıştır. Ayrıca TTMD Üyeleri; portalda bilgilerini güncelleyebilir, aidat, vb. gibi işlemleri de yapabilir. https://portal.ttmd.org.tr
- **TTMD Sosyal Medya Hesapları:** Çağımızın etkili iletişim yolu olan sosyal medyada TTMD'yi takip ederek en güncel haber, etkinlik ve duyurulardan haberdar olabilirsiniz. TTMD'yi Facebook, Instagram, Linkedin, Twitter ve Youtube üzerinden "ttmdtr" rumuzu ile takip edebilirsiniz.



- **TTMD Web Sitesi:** Sürekli güncellenen içerik ve haberleriyle TTMD web sitesini takip edebilir, TTMD e-dergisine ulaşabilirsiniz. TTMD geçmiş dönem tüm dergileri pdf olarak web sitesinden ücretsiz yayımlamaktadır. http://ttmd.org.tr/
- **TTMD Youtube Kanalı:** 50'den fazla video ve 75 saatten fazla içeriğin yer aldığı Kanalımızda; 2014-2016-2018 yıllarına ait TTMD Sempozyum görüntüleri, 2017-2018-2019 Çalıştayları, TTMD Eğitim seminerleri, toplantılar ve 25.Yıl Galası gibi çok sayıda video izlenebilmektedir. TTMD, YouTube Kanalı ile geçmiş ve gelecek görsel arşivini sektörün yararına sunmaya devam etmekte ve sürekli yeni içerikler ekleyerek güncellemektedir.

5- TTMD Sosyal Ağ

Tesisat sektöründe öncü ve çatı dernek olan TTMD, sosyal etkinliklerinde çok sayıda saygın ve nitelikli meslektaşını bir araya getirmektedir. Bu sayede sosyal ağınız ve mesleki çevreniz genişleyerek yeni işbirlikleri geliştirme fırsatını yakalayabilirsiniz. TTMD her yıl geleneksel hale getirdiği "Boğaziçi Buluşması", "Yeni Yıl Kutlaması", "Bowling Turnuvası" gibi etkinliklerle üyelerine sadece teknik bilgi değil, aynı zamanda sosyal bir aile ortamı da sunmaktadır.

6- Uluslararası İlişkiler

- **IEA, REHVA, CLIMAMED, ASHRAE vb. uluslararası bağlantılar:** TTMD, ASHRAE (American Society of Heating and Refrigeration Engineers), ISHRAE (IndianSociety of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers), PHVACR (Pakistan HVACR Society) ile işbirliği içinde olup, 2005 yılında REHVA (Federation of European Heating and Air Conditioning Association), 2009 yılında CLIMAMED (Joint Organization of HVAC&R Associations of France, Italy, Portugal, Spain) ve 2021 EHPA (European Heat Pump Association yılında üyesi olmuştur. 2018 yılından itibaren IBPSA Türkiye ve 2019 yılından itibaren AEE Türkiye TTMD tarafından temsil edilmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı Güneşle Isıtma Soğutma (IEA SHC TCP), Uluslararası Enerji Ajansı Binalarda ve Topluluklarda Enerji (IEA EBC TCP) ve Uluslararası Enerji Ajansı Enerji Depolama ile Enerji Tasarrufu (IEA ECES TCP) Teknoloji İşbirliği Programları Çalışma Gruplarında da görev alabilirler. İşbirliği kurulmuş uluslararası kurumların üyeleri ile işbirliklerini geliştirmek mümkün olduğu gibi; üyeleri için sunulan olanaklardan, yayınlarını alırken ve faaliyetlerine katılırken bu kurumların üyeleri gibi TTMD Üyeleri de yararlanabilmektedirler.

7- TTMD E-Dergi ve Duyurular

TTMD e-dergisi ve düzenli olarak yaptığı duyurular ile Üyelerini bilgilendirmekte; Derneğin etkinliklerinden ve sektörü ilgilendiren gelişmelerden Üyelerini haberdar etmektedir.

8- AB Projeleri

TTMD çok sayıda AB projesi tamamlayarak yeni proje çalışmalarını sürdürmekte, bu sayede bilgi üretimi ve transferi için en doğru adımları atarak sektörü ileri taşımaktadır. Projelerde uzmanlıkları çerçevesinde Üyelerimiz de görev alabilmektedir.

SOLUNUM YAPAN TERMAL MANKEN: HAVADAN BULAŞ ARAŞTIRMALARINDA ANAHTAR BİR ARAÇ

MAKALE EDİTÖRYAL BİLGİLERİ
Yazarlar: Peter V. Nielsen, Chen Zhang, Wenhui Yuan (Yapılı Çevre Departmanı, Aalborg Üniversitesi, Danimarka - pvn@civil.aau.dk)
Yayın: REHVA European HVAC Journal, Ekim 2026, Cilt 63, Sayfa 58-61
Anahtar Kelimeler: Solunum yapan termal manken, havadan bulaşma, çapraz enfeksiyon, iç hava kalitesi, insan maruziyeti

1. GİRİŞ VE TARİHÇE

Araştırmalarda termal manken kullanımı uzun bir geçmişe sahiptir. Termal mankenlerin gelişimi 1940'larda başlamış ve ilk prototip 1941 yılında ABD Ordusu tarafından oluşturulmuştur [1]. Bakırdan yapılan bu ilk model, askeri giysilerin termal yalıtım performansını değerlendirmek amacıyla kullanılan tek bölgeli, basit bir tüm vücut tasarımına sahipti. 1960'lardan itibaren termal mankenlere olan ilgi istikrarlı bir şekilde artmıştır. Danimarka'nın ilk termal mankeni 1967 yılında geliştirilmiştir [2]. İnsan vücudunun bir test modeli olarak bu manken, farklı çevresel koşullar altında hem tüm vücut hem de bölgesel ısı değişimini ölçerek termal konforun değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Termal mankenler kısa sürede uyku tulumları, iş kıyafetleri, spor giysileri ve askeri üniformalar gibi ürünlerin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi için değerli araçlar haline gelmiştir.

Solunum fonksiyonuna sahip bir manken 1992 yılında Aalborg Üniversitesi'nde geliştirilmiştir. Bu inovasyon; insan solunumu, termal sınır tabakası ve bunların havalandırma sistemleri, doğal havalandırma, ısı kaynakları ile soğuk yüzeyler gibi oda hava akışlarıyla olan karmaşık etkileşimlerinin incelenmesini mümkün kılmıştır. Mankene, insan solunumunu simüle eden yapay bir akciğere bağlı ağız ve burun açıklıkları monte edilmiştir. Manken, termal konfor araştırmalarını destekleme amacını yansıtacak şekilde 'Comfortina' olarak adlandırılmıştır (Şekil 1).

Solunum fonksiyonu, termal mankenlerin kabiliyetlerini önemli ölçüde genişletmiştir. Bu özellik, sıcaklık katmanlaşması ve düzensiz kirletici konsantrasyonları içeren ortamlar da dahil olmak üzere gerçekçi iç mekan koşullarında insanların havadan yayılan kirleticilere maruz kalma seviyelerinin ölçülmesini sağlamıştır. Bu yetenekleri gösteren ilk deneysel sonuçlar 1994 yılında yayımlanmış ve o tarihten bu yana solunum yapan termal mankenler; pasif içicilik, havadan bulaşan hastalıkların taşınması, havalandırma performansı ve iç mekan kirleticilerine insan maruziyeti konularını incelemek amacıyla yaygın şekilde kullanılmaktadır [3].



Şekil 1. Pasif içicilik ve hava yoluyla bulaşma üzerine yapılan çalışmada Comfortina ve bir AAU mankeni [4].

2. PASİF İÇİCİLİĞE MARUZ KALMA

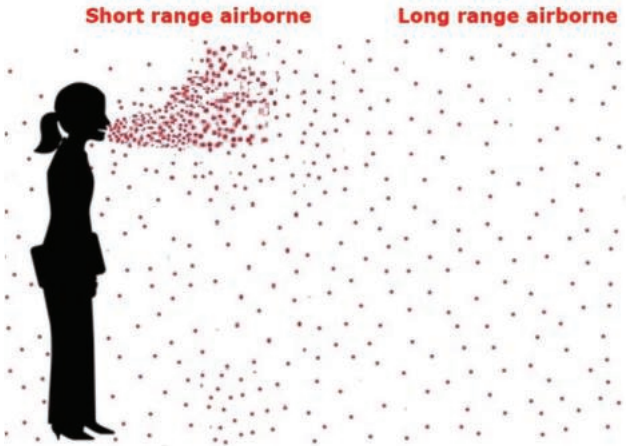
Danimarka'da 2007 yılında kapalı ortak alanlarda sigara içilmesi kısıtlanmadan önce, pasif içiciliğin sonuçlarını havalandırma yoluyla azaltmaya büyük ilgi duyulmaktaydı. Biri sigara içen, diğeri içmeyen kişiyi temsil eden iki manken kullanılarak dumanın dağılımı incelenmiş ve kişisel maruziyet miktarı belirlenmiştir. Deneyler, özellikle kötü havalandırılan alanlarda kişilerin birbirine yakın bulunması durumunda maruziyetin önemli ölçüde arttığını göstermiştir. Bu deneyden elde edilen sonuçlar, SARS ve COVID-19 gibi salgınların anlaşılmasında önemli adımlar olmuştur.

3. YAKIN MESAFEDEKİ İNSANLAR ARASINDA ÇAPRAZ ENFEKSİYON RİSKİ

2002 yılındaki SARS pandemisi, insanlar arasındaki havadan bulaşma mekanizmalarının daha iyi anlaşılması gerekliliğini ortaya koymuştur. Solunum yapan termal mankenler bu süreçte değerli bir deneysel araç haline gelmiştir. Bu mankenlerin önemi, kısa mesafeli havadan bulaşmayı incelemek için yaygın şekilde kullanıldıkları COVID-19 pandemisi sırasında daha da belirginleşmiştir.

Pandeminin başlangıcında, COVID-19'un öncelikli olarak büyük solunum damlacıkları ve kontamine yüzeyler aracılığıyla yayıldığına yaygın olarak inanılıyordu. Ancak çeşitli salgın incelemelerinden elde edilen kanıtlar, havadan bulaşmanın da önemli bir rol oynadığını gösterdi. Solunum yapan termal mankenler, dışa verilen aerosollerin gerçekçi oda hava akışı koşulları altındaki taşınımını görselleştirmek ve nicelleştirmek için benzersiz bir imkan sunmuş, böylece enfeksiyon mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmuştur.

Şekil 2'de gösterildiği üzere, virüs taşıyan aerosollerin konsantrasyonu enfekte bir kişiye en yakın konumda en yüksek seviyededir ve aerosoller oda havasıyla seyreltildikçe mesafe arttıkça hızla azalır. Ayrıca havalandırmanın artırılmasının uzun mesafelerdeki aerosol konsantrasyonunu düşüreceği gösterilmiştir.



Şekil 2. Virüs yüklü aerosollerin kısa ve uzun mesafede dağılımı.

Havalandırılan bir odada birbirine yakın konumlandırılmış kişiler arasındaki çapraz enfeksiyon riskini etkileyen parametreler; mesafe, yönelim, boy farkları, pozisyonlar, hareketler ve insan sayısı olarak özetlenebilir. Ağız ve burun geometrisi, solunum aktiviteleri (konuşma, öksürme, hapşırma gibi), insanların aktivite seviyesi ve yüz maskeleri de çapraz enfeksiyon riskini etkileyen önemli parametrelerdir [5].

Bölgesel hava sıcaklığı, sıcaklık gradyanları, hava hızı ve türbülans seviyesi gibi çevre değişkenleri solunum fonksiyonlu mankenlerle incelenebilir. Bu durum enfeksiyon dinamiğinin daha iyi anlaşılmasını sağlamış ve havadan bulaşmanın COVID-19 pandemisinde baskın bir yol olduğunun kabul edilmesini desteklemiştir [6].

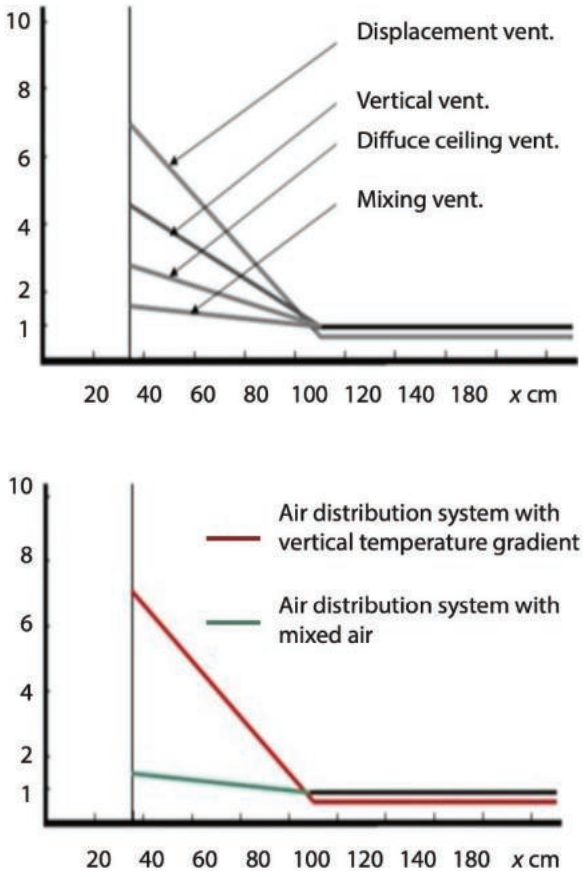
Yüz maskeleri tartışmasında da mankenler rol oynamıştır. Maskeler damlacık ve aerosolleri filtrelemenin yanı sıra, dışa verilen hava akışının yönünü ve momentumunu değiştirir. Başka bir kişiye doğru doğrudan yoğunlaşmış bir solunum jeti oluşturmak yerine, verilen hava yeniden yönlendirilir ve dağıtılır; böylece partikül filtrasyonu dikkate alınmadan önce bile kısa mesafeli maruziyet azaltılmış olur [7].

Aerosol, virüs veya bakteri gibi ince havada asılı partikülleri simüle etmek için genellikle iz gazı veya duman kullanılır. Solunum yapan termal mankenler, damlacık enfeksiyonu gibi büyük damlacıkların taşınmasını incelemek için de kullanılabilir. Örneğin, 10 ile 30 µm arasında boyutlara sahip 'Arizona Road Dust' olarak bilinen kalibre edilmiş tozlar damlacık taşınımını incelemek için kullanılmıştır. Bu deneyler, 30 µm boyutundaki partiküllerin, odadaki havalandırma ve ısı salınımının sağladığı akışla harekete karışarak iç mekanlarda uzun süre havada asılı kalabileceğini göstermiştir.

İnsanlar gıda, içecek ve hava yoluyla mikroplastiklere maruz kalma potansiyeline sahiptir. İlk iki yol bilimsel olarak büyük ilgi görmüşken, solunum yoluyla maruziyet çok daha az anlaşılmıştır. Son zamanlarda, solunum yapan termal mankenler gerçekçi iç mekan koşullarında farklı boyutlardaki iç mekan mikroplastiklerine insanların maruz kalmasını incelemek amacıyla kullanılmıştır [8].

4. ODA HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ VE HAVADAN ENFEKSİYONA ETKİSİ

Solunum yapan termal manken, havalandırma sistemlerinin havadan enfeksiyon riski üzerindeki etkisini değerlendirmede önemli bir araç haline gelmiştir. Şekil 3'te yakın veya uzak mesafede ayakta duran iki kişi için farklı hava dağıtım stratejilerinin performansları karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, kişiler tarafından oluşturulan hava akışı ile oda havalandırması arasındaki etkileşimin, özellikle yakın alanda (kişiler arasında 1 metreden az mesafe) kişisel maruziyet üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.



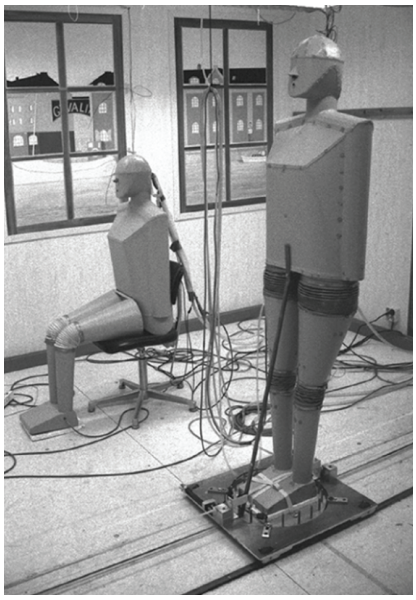
Şekil 3. Aynı boydaki iki kişinin, hareketsiz bir şekilde birbirlerine dönük durdukları tipik maruziyet durumları. (Ölçümler, farklı hava dağıtım sistemleriyle donatılmış bir odada gerçekleştirilmiştir. Bu görsel, hem kişilerin hem de seçilen havalandırma sisteminin birleşik etkisinin bir sonucunu yansıtmaktadır. Dikey eksenler, iki kişi arasındaki çapraz bulaşma riskini göstermektedir.)

Karışımlı havalandırma (mixing ventilation) genel olarak yakın bölgede en düşük çapraz enfeksiyon riskini sağlarken, deplasmanlı havalandırma (displacement ventilation) bazı durumlarda uzak mesafelerde düşük bir etki oluşturabilir.

5. GELECEK ÇALIŞMALAR VE GELİŞİM ALANLARI

Son gelişmeler solunum yapan termal mankenlerin kabiliyetlerini daha da genişletmiştir. Şekil 4'te gösterildiği gibi hareketli mankenler, yürüme ve diğer insan hareketlerinin hava akış desenlerini, kirletici taşınımını ve kişisel maruziyeti nasıl etkilediğini incelemeyi mümkün kılmaktadır. Şekil 5'teki gibi anatomik olarak gerçekçi iç solunum yollarına sahip mankenler ise solunum yolu içindeki aerosol taşınımı, birikimi ve solunmasının daha detaylı incelenmesine olanak tanır.

Binalar giderek sağlık, dayanıklılık ve enerji verimliliğine odaklandıkça, solunum yapan termal mankenler iç çevre kalitesi, havalandırma ve havadan bulaşma araştırmalarında temel bir deneysel araç olmaya devam edecektir.



Şekil 4. Bir hareketli plaka üzerine yerleştirilmiş 'hareket eden' manken [9].



Şekil 5. Solunumu simüle eden iç hava yollarına sahip manken.

Ancak daha fazla gelişme için hala önemli bir alan bulunmaktadır. Mevcut çalışmaların çoğu basitleştirilmiş yüz geometrisine ve solunum özelliklerine sahip özdeş mankenler kullanmıştır; oysa gerçek insanlar boy, vücut şekli, solunum kalıpları ve solunum aktiviteleri açısından önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu nedenle gelecekteki solunum yapan termal mankenler; detaylı ağız ve burun geometrisi, değişken solunum hızları ve konuşma, öksürme, hapşırma gibi farklı solunum aktivitelerini içeren daha gerçekçi anatomik özellikleri bünyesinde barındırmalıdır. Ayrıca insan hareketlerinin ve çoklu insanlar arasındaki etkileşimlerin geliştirilmiş simülasyonu, kısa mesafeli havadan bulaşmanın daha gerçekçi şekilde incelenmesini sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR VE FİNANSAL DESTEK

Bu proje, Danimarka Bağımsız Araştırma Fonu (Independent Research Fund Denmark) tarafından REACT projesi (No. 3105-00106B) kapsamında finansal olarak desteklenmiştir.

Kaynaklar

[1] I. Holmér, Thermal manikin history and applications, Eur. J. Appl. Physiol. 92 (2004) 614–618. https://doi.org/10.1007/s00421-004-1135-0.

[2] Korsgaard, V., & Madsen, T. L. (1967). En mannequin til bestemmelse af indendørsklimaets termiske virkninger på mennesket (in Danish). VVS, (9), 407-412.

[3] CE Hyldgaard, Humans as a Source of Heat and Air Pollution, Roomvent '94, June 15-17, 1994, Cracow, Poland.

[4] E Bjørn & PV Nielsen, Exposure due to Interacting Air Flows Between two Persons, Roomvent '96, Yokohama, Japan, July 17-19, 1996.

[5] Nielsen, PV & Xu, C 2021, 'Multiple airflow patterns in human microenvironment and the influence on short-distance airborne cross-infection – A review', Indoor and Built Environment. https:// doi.org/10.1177/1420326X211048539

[6] Morawska, L., Allen, J., Bahnfleth, W., Bluyssen, P. M., Boerstra, A., Buonanno, G., Cao, J., Dancer, S. J., Floto, A., Franchimon, F., Greenhalgh, T., Haworth, C., Hogeling, J., Isaxon, C., Jimenez, J. L., Kurnitski, J., Li, Y., Loomans, M., Marks, G., ... Yao, M. (2021). A paradigm shift to combat indoor respiratory infection. Science,372(6543), 689-691. https://doi. org/10.1126/science.abg2025

[7] C Zhang, PV Nielsen, L Liu, ET Sigmer, S Mikkelsen & RL Jensen, The source control effect of personal protection equipment and physical barrier on short-range airborne transmission, Building and Environment Volume 211, 1 March 2022, https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108751

[8] Vianello A, R L Jensen, L Liu & J Vollertsen 2019, Simulating human exposure to indoor airborne microplastics using a Breathing Thermal Manikin, Scientific Reports, https://doi.org/10.1038/s41598-019- 45054-w

[9] Bjørn, E & Nielsen, PV, 2002, Dispersal of Exhaled Air and Personal Exposure in Displacement Ventilated Rooms, Indoor Air Online, vol. 12, no. 3, pp. 147-164. https://doi.org/10.1034/j.1600-0668.2002.08126.x

TEKNİK MAKALE | REHVA EUROPEAN HVAC JOURNAL (EKİM 2026)

Karmaşık Endüstriyel HVAC Sistemleri İçin CFD Dijital İkizleri

Dr. Kiril G. Naydenov (Yaşam Bilimleri ve İlaç Yöneticisi, Ramboll)
Dr. Jens Chr. Bennetsen (İleri CFD Simülasyonları Mükemmeliyet Merkezi Başkanı, Ramboll)
Mads Bergmann Andersen (Baş Uzman, İleri CFD Simülasyon Departmanı)
Guillaume Cnapelynck (CFD Mühendisi, İleri CFD Simülasyon Departmanı)

Anahtar Kelimeler: Havalandırma, dijital ikiz, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD), farmasötik (ilaç) tesisleri, resirkülasyon üniteleri, damper otoritesi, kanal basınç kaybı, devreye alma (commissioning), sistem testi

Özet: Dış hava ve resirkülasyon ünitelerinin birbirine bağlandığı havalandırma sistemleri, klasik tasarım yöntemlerinin ötesinde sistem düzeyinde etkileşimler üretir. Bu makale, tasarım aşamasındaki bir CFD dijital ikizinin devreye alma risklerini nasıl azaltabileceğini, gizli etkileri nasıl ortaya çıkarabileceğini, sistem boyutlandırmasını doğrulayabileceğini ve ölçülebilir sermaye (CapEx) ve işletme (OpEx) maliyet tasarrufları sağlayabileceğini göstermektedir.

Giriş ve Arka Plan

Farmasötik (ilaç) HVAC tasarımı yıllar içinde gelişmiştir. Tarihsel olarak tesisler, geniş şaftlar ve düşük kanal hızlarında %100 dış hava ile çalışan, her alan/bölge için dedicated (tahsis edilmiş) tek geçişli sistemler kullanırdı. Resirkülasyon (iç havanın yeniden sirkülasyonu), süreçlerin zararlı maddeler içermediği veya kirleticilerin dönüşten önce güvenilir şekilde filtrelenebildiği durumlarda pratik olup enerji tasarrufu sağlar.

Yaşam bilimleri ve ilaç tesisleri, ISO 14644-3 (2019) standardında belirtilen kalifikasyonu desteklemek için kontrollü hava akışları gerektirir. Resirkülasyonlu sistemlerde, birden fazla fan eğrisi ve paylaşılan kanal basınçları, her ünitenin çalışma noktasının tüm şebekeye bağımlı olması anlamına gelir. Hava akışı göçü (flow migration), damper doygunluğu (damper saturation) ve dalgalanan basınçlar bu nedenle devreye alma (commissioning) sürecini, süreç bütünlüğünü ve ürün güvenliğini riske atabilir.

Devreye alma işlemi, yinelemeli (iteratif) ayarlama ve debi düzenlemesi gerektirir. Birbirine bağlı (bağlaşımlı) sistemlerde yapılan her bir ayarlama tüm şebekeyi etkiler; bu da sıklıkla tekrarlanan ölçüm ve dengelemeleri veya fanlar görevi karşılayamazsa yeniden tasarımı gerektirir. Bu durum devreye alma süresini haftalardan aylara uzatabilir ve kalifikasyon takvimlerini tehlikeye atar.

CFD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği), aşırı boyutlandırmayı (overdesign) azaltabilir. Ramboll tarafından yapılan çalışmalar hava değişim oranlarını, havalandırma yollarını ve filtrasyonu optimize etmiştir; örneğin bir depo modernizasyon projesinde iki klima santrali (AHU) ve birkaç ısı pompası sistemden çıkarılarak yaklaşık 1.3 milyon $ CapEx (İlk Yatırım Maliyeti) ve 80 bin $/yıl OpEx (İşletme Maliyeti) tasarrufu sağlanırken CO_2 emisyonları azaltılmıştır. CFD, uzun süredir oda ve ekipman performansını değerlendirmektedir ve artık yapılı çevre dijital ikizlerini desteklemektedir (Nielsen, 2015; Zhang et al., 2023).

ISO 23247-1 (2021), dijital ikizi 'izlenebilir bir üretim unsurunun fiziksel muadili ile senkronize edilmiş, amaca uygun dijital bir temsili' olarak tanımlar.

Bu makale, klima santrallerinin (AHU), resirkülasyon ünitelerinin, kanalların, damperlerin ve terminallerin yeterince

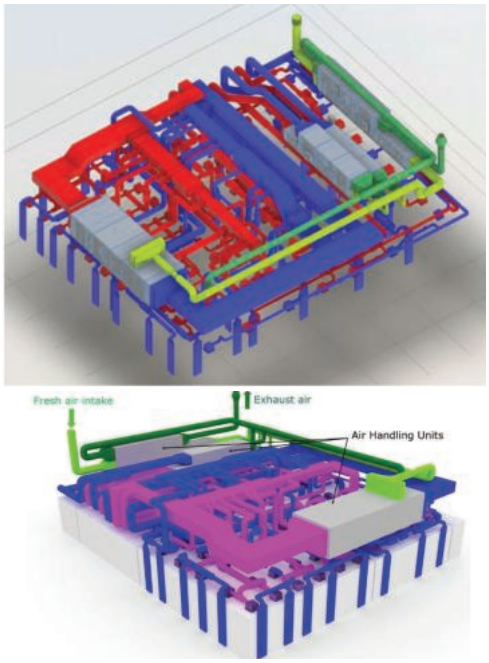
incelenmemiş sistem düzeyindeki bağlaşımını (coupling) ele almaktadır. Bu çalışmada, terim, tasarım aşaması anlamında kullanılmaktadır: Aynı fiziksel geometrinin bir ağ temsili ile bir CFD temsili arasında çift yönlü olarak bağlanan, hedeflenen havalandırma sisteminin amaca uygun bir dijital temsili.

Metodoloji

Metodoloji, bir ilaç üretim tesisinin bir bölümüne odaklanmaktadır. Sistem düzeyindeki CFD ikizi; 3D havalandırma geometrisini, fan eğrilerini, filtre kayıplarını, damperleri ve kontrolleri emiş/egzoz, kanal şebekesi ve oda akışları ile bağlar. Fan/damper çalışma noktalarını, basınç düşüşü davranışını, AHU debi yönlendirmesini ve terminal debilerini tolerans dahilinde tutmak için gerekli dengeleme veya yerleşim değişikliklerini tahmin eder. Ekipmanların her biri, üretici verileriyle performans eşleşmesi üzerinden doğrulamadan geçirilmiştir.

BIM/CAD geometrisi ve HVAC yerleşimleri, doğrulanmış tedarikçi ekipman verileriyle birleştirilir. Doğrulanmış bileşenler, bağlaşımlı bir HVAC şebekesine ve tüm binayı kapsayan CFD modeline entegre edilerek saha testlerinden önce çalışma koşullarının, ekipman etkileşimlerinin, hava akışı dağılımının, basınç kayıplarının ve devreye alma senaryolarının simülasyonuna olanak tanır.

Model düzenek (mock-up), EU GMP Derece C, D ve NC (Temiz Olmayan) alanlara hizmet eden bir ana klima santrali (AHU) ve üç resirkülasyon ünitesinden oluşmaktadır (Şekil 1). Ön dengeleme simülasyonu; nominal çalışmayı, oda koşulu değişikliklerini, kontrollü AHU debi transferini ve damper düzenlemelerini kapsar. CFD'de ağırlıklı olarak sürekli rejim (steady-state) kullanılmış, gereken yerlerde zamana bağlı (transient) Star-CCM+ 2602 simülasyonları ile desteklenmiştir. RANS k-ω SST modeli emiş/egzoz, tüm kanal şebekesi, damperler, difüzörler, menfezler ve kapı açıklıklarını çözer. 100-270 milyon hücreli polihidral ağlar (mesh), beş prizma katmanı, $y^+ \approx$ 30-100 ve 1.5 sıklaştırma oranı içerir. Değişken debili durumlar minimum, tasarım ve maksimum debileri kapsar.



Şekil 1: HVAC Sistem Tasarımı - Sol: HVAC sistemini içeren 3D BIM modeli. Sağ: CFD model uyarlaması (Taze hava emişi, egzoz havası ve klima santralleri gösterilmektedir).

Bulgular ve Tartışma

Parametrik çalışmadan önce model, simüle edilen şebekenin fiziksel sistem davranışını tasarım aşaması toleransları dahilinde yeniden ürettiğini onaylamak için bir tutarlılık kontrolünden geçirilmiştir. Simüle edilen mahalle ait hava akış hızları, mekanik çizelge tasarım değerleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 2 ve Şekil 3). Belirtilen akış hızları ve oda basınçları yakınsayana kadar yinelemeli orantılı bir hata düzeltme algoritması uygulanmıştır. Tüm sonuçlar hava akış hızları için %10'luk dengeleme toleransının oldukça içerisinde kalmış, topoloji veya sınır koşulu hatalarına işaret eden hiçbir sistematik sapma görülmemiştir.

Damper karakteristikleri üretici verilerine karşı doğrulanmıştır. Simüle edilen kanat açısı-basınç düşüşü ilişkileri, kanat açısının 30° ile 50° arasında olduğu durumlarda (90° tam kapalıyı temsil eder) yayınlanmış kayıp eğrileri ile karşılaştırılmıştır. 200 mm'lik bir kanal için en büyük mutlak fark

Tablo 1: Tasarım Aşaması CFD Dijital İkizi Olan ve Olmayan Durumlar İçin Tahmini Devreye Alma (Commissioning) Emeği Karşılaştırması

Not: CFD dijital ikizinin devreye alma aşamasının başında hazır olduğu varsayılmıştır. Dengeleme süresi kabulleri: Difüzör 10 dk; Terminal Damperi 15 dk; Branşman Damperi 15 dk; Yönetim/İdari işler toplam 4-5 saat. (Örnek sistem: 20.000 m^3/h süit, 100 difüzör, 50 damper, 20 branşman, 10 mahal).

DEĞERLENDİRME KALEMİ (ITEM)	DİJİTAL İKİZ OLMADAN	DİJİTAL İKİZ İLE (TAHMİNİ)
Yineleme (İterasyon) Sayısı (Varsayılan)	5 - 10	2 - 5
Sistemik Yeniden Başlatmalar (Restarts)	2 - 5	≈ 0
Dengeleme Emeği / Süresi	10 iş günü	5 iş günü
Yeniden Tasarım + Montaj + Yeniden Dengeleme	+ 5 - 60 gün	Nadir gereklidir
TOPLAM GERÇEKÇİ EMEK / SÜRE	**15 - 70 iş günü**	**5 iş günü**

12.6 Pa, durumlar arasındaki ortalama fark ise 4.9 Pa olarak bulunmuştur. Üretici test düzenlemesinin ayrıntıları bilinmediğinden bir miktar sapma beklenmektedir.

Ana AHU ve resirkülasyon fanlarının çalışma noktaları da katalog fan eğrileri ile karşılaştırılmıştır. Simüle edilen tüm yük durumları kararlı çalışma bölgeleri ve tasarım sınırları içerisinde kalmıştır.

Bu nedenle model; sistemik eğilimleri, hassasiyetleri ve arıza modlarını değerlendirmek için uygun kabul edilmiştir.

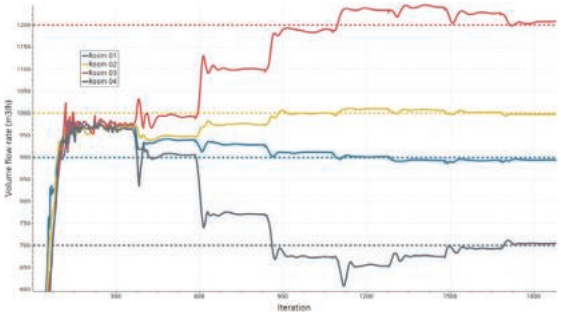
Her tasarım aşaması aracı gibi, bu modelin de okuyucunun sonuçları yorumlarken aklında tutması gereken sınırları vardır. Örneğin basınç kayıpları yayınlanmış bağlantı parçası katsayılarından ve üretici açı verilerinden hesaplanır, her bir kanal içindeki akış tam gelişmiş (fully developed) olarak kabul edilir. Düzensiz hız profilleri tam olarak yakalanamaz ve nicelleştirilmesi için CFD gerektirir. Fan ve damper davranışı nominal koşullardaki katalog verilerinden alınmıştır. Bu nedenle model düzenek simülasyonu gerçek kurulumun olacağından daha 'basitleştirilmiş' şekilde yakınsar. Filtre kirlenmesi ve kanal sızıntısı mevcut simülasyonun parçası değildir. Kontrol mantığı kademeli sürekli rejim formunda temsil edilmektedir. Model; eğilimlerin, hassasiyetlerin ve arıza modlarının güvenilir bir göstergesidir ve devreye almadan önce saha ölçümlerini tamamlamayı amaçlar.

Devreye Alma ve Dengeleme Emeği Üzerindeki Etki

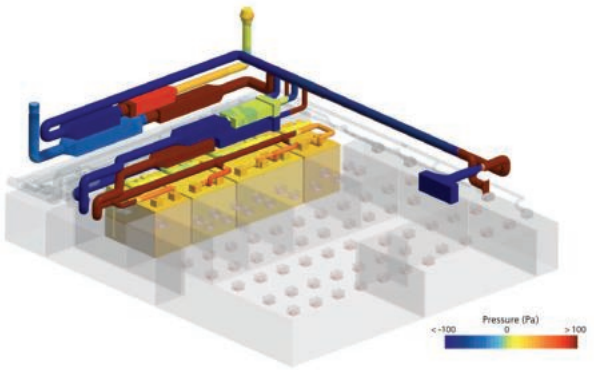
Birbirine bağlı çok üniteli konfigürasyonların devreye alınması doğası gereği yinelemelidir. Yapılan her bir ayarlama şebeke boyunca yayılır. Standart orantılı dengeleme kullanılarak 20.000 m^3/h'lik bir alan (400 m^3/h'de 100 difüzör; 50 damper; 20 branşman; 10 mahal) için örnek bir hesaplama Tablo 1'de gösterilmiştir. Her yineleme tüm difüzörlerin ölçümünü içerir.

Standart yinelemeler damperlerin %25-40'ını yeniden ayarlar; bir resirkülasyon ünitesi veya ana AHU referans noktasına gerekli debiyi ve fark basıncını sağlayamadığında sistemik yeniden başlatmalar tetiklenir. Devreye alma emeği üzerindeki karşılaştırma, CFD tabanlı Dijital İkiz yaklaşımını kullanmanın hem zaman hem de ilişkili maliyet açısından önemli bir fayda sağladığını göstermektedir.

Hesaplama; her iki duruma da benzer ek yükler getiren kalibrasyon, BMS ayarı, dokümantasyon ve kalifikasyon yeniden testlerini içermemektedir.



Şekil 2: Tasarlanan ve Elde Edilen Hava Debi Değerlerinin Karşılaştırması - Farklı odalardaki (Oda 01, 02, 03, 04) hacimsel hava debilerinin (m^3/h) yinelemeler (iterations) boyunca tasarım hedeflerine yakınsaması.



Şekil 3: Tasarım Optimizasyonu Sırasında Basınç Dağılımı - Belirli bir oda ile istenen debiyi elde etmek için basınç dağılımı. Odalarda istenen basınçlar elde edilmiştir. Dağıtım kanalı boyunca basınç dağılımı; dirseklerde ve T-bağlantılarda lokal kayıplar gösterilmektedir.

Sonuç

Sunulan metodoloji, ana dış hava klima santrallerinin (AHU) farklı şekilde sınıflandırılmış alanlara hizmet eden dağıtılmış resirkülasyon üniteleri ile bağlaşımlı olduğu tesisler için uygundur. Tasarım marjlarının kısıtlı olduğu, geç değişikliklerin meydana geldiği veya kalifikasyon takvimlerinin sıkışık olduğu durumlarda en değerlidir. Düşük ile orta karmaşıklıktaki tek geçişli dedicated (tahsisli) sistemler için daha az değerlidir.

Kavram kanıtlama (proof of concept) çalışması, sistem düzeyindeki CFD'nin nicel ön dengeleme çıktıları sağlayarak devreye alma sürecini kısalttığını ve risklerini azalttığını göstermektedir. Canlı proje doğrulamasına tabi olmakla birlikte, CFD dijital ikizleri uygulamayı tamamlar; termal koşulları, iç hava koşullarını ve hedeflenen tesis performansını korurken doğru boyutlandırılmış tesis kurulmasını ve daha düşük CapEx, OpEx ve enerji optimizasyonu kanıtlarını mümkün kılar.

Teşekkür ve Bildirimler

Bu çalışma, Ramboll Yaşam Bilimleri ve İlaç birimi ile Ramboll CFD Mükemmeliyet Merkezi arasındaki iş birliği ile gerçekleştirilmiştir. Yazarlar her iki birimin finansal desteğini şükranla karşılar.

İlk taslağın yapılandırılmasını ve dilbilgisi kontrolünü bir yapay zeka asistanı desteklemiştir; tüm teknik içerik ve sonuçlar yazarların kendisine aittir.

Kaynakça

1. Nielsen, P. V. 2015. "Fifty years of CFD for room air distribution", Building and Environment, 91.
2. Jiaying Zhang et al. 2023. "Predictive control of HVAC by multiple output GRU-CFD integration approach to manage multiple IAQ for commercial heritage building preservation", Building and Environment, 245.
3. ISO 23247-1:2021, "Automation systems and integration - Digital twin framework for manufacturing - Part 1: Overview and general principles", ISO, 2021.
4. ISO 14644-3:2019, "Cleanrooms and associated controlled environments - Part 3: Test methods", 2019.

Her İklim Koşulunda Veri Merkezlerinde
Üstün Performans!

Fanwall, tek bir gövdede 600 kW'a kadar soğutma kapasitesi sağlayarak veri merkezleri için güvenilir ve etkili bir çözüm sunar.

Veri merkezlerinizin ihtiyaç duyduğu yüksek soğutma performansını her mevsimde sağlayan çözüm için Systemair'e güvenin.

Detaylı bilgi için web sitemizi inceleyin.



systemair

TEKNİK MAKALE / ASHRAE JOURNAL

HVAC Tasarım ve Analizinde Yapay Zekanın Pratik Uygulamaları

Yazan: Jacob Potoczak, Üye ASHRAE (Argen Labs Kurucusu ve CEO'su, New York)

Yapay zeka (AI), ticari mühendislik disiplinlerinin genelinde giderek daha fazla kullanılmaktadır ve HVAC tasarımı da bunun bir istisnası değildir. Bu makale, yapay zeka araçlarının temel HVAC mühendisliği görevlerine pratik entegrasyonunu incelemektedir. Yapılandırılmış bir vaka çalışması, çok amaçlı bir üniversite laboratuvar binası için yapay zeka destekli bir iş akışını göstermekte, kritik sınırlamaları, model şeffaflığını, varsayım bağımlılığını ve veri yönetişimini ele almakta ve mühendislik firmaları için uygulama hususlarının ana hatlarını çizmektedir. Süreç boyunca vurgu, yapay zeka bir artırma ya da iyileştirme (augmentasyon) aracı olarak tutulmaktadır: Lisanslı makine mühendisi, tüm mühendislik kararlarının ve nihai teslimatların sorumluluğunu elinde tutar.

Arka Plan

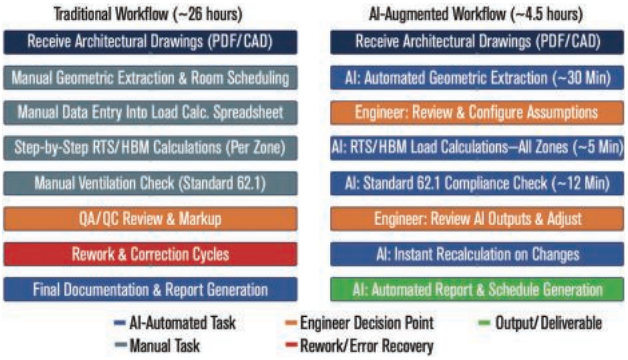
Modern HVAC tasarım projelerinin karmaşıklığı önemli ölçüde artmıştır. Binalar artık entegre enerji sistemleri, talep kontrollü havalandırma, değişken soğutucu akışkan debisi (VRF) şebekeleri ve ayrıntılı devreye alma (commissioning) gereksinimleri içermektedir. Eş zamanlı olarak tasarım takvimleri daralmış ve teslimat kalitesi beklentileri yükselmiştir. Yapay zeka, mühendislere sonuçlara yönelik mesleki sorumluluktan vazgeçmeden tasarım iş akışının en yoğun emek gerektiren, kural tabanlı unsurlarını otomatikleştirmek için bir araç sunmaktadır.

HVAC tasarımıyla ilgili yapay zeka araçları birkaç teknoloji kategorisini kapsamaktadır. Bilgisayarlı görü ve optik karakter tanıma (OCR); kat planlarının ve ekipman programlarının PDF, CAD ve bina bilgi modellemesi (BIM) kaynaklarından otomatik olarak ayrıştırılmasını sağlar. Makine öğrenimi regresyon modelleri, bina geometrisi ve yapı parametrelerinden en yüksek soğutma ve ısıtma yüklerini tahmin edebilir. Kural tabanlı uzman sistemler; tasarımları yönetmelikleri eşiklerine göre otomatik olarak denetlemek için ASHRAE Standart 62.1 ve ASHRAE/IES Standart 90.1 gibi standartları kodlar. Büyük dil modelleri (LLM'ler) şartname taslağı hazırlamaya ve rapor oluşturmaya yardımcı olur.

HVAC Tasarım İş Akışında Yapay Zeka Entegrasyonu

Mimari çizimler tipik olarak yaygın BIM ve CAD platformlarından PDF çıktısı olarak sağlanır. Burada açıklanan iş akışı (Şekil 1), ticari olarak temin edilebilen yazılım araçlarının ve yapılandırılmış otomasyon iş akışlarının bir kombinasyonunu yansıtır. Bu uygulama için özel olarak hiçbir tescilli yapay zeka modeli geliştirilmemiştir; yaklaşım, standart mühendislik süreçlerine entegre edilmiş mevcut yapay zeka tabanlı platformlardan yararlanır.

Yapay zeka yardımı tasarım aşamasına göre organize edilebilir: Ön tasarımlarda geometri ve doluluk parametrelerinin çıkarılması; tasarım geliştirme aşamasında hızlı yük analizinin çalıştırılması; inşaat belgelerinde ise model uyumluluğunun kodlara göre kontrol edilmesi. Tüm aşamalarda yapay zeka, yapılandırılmış tasarım verilerinden dokümantasyon ve raporlar üretebilir.



Şekil 1: Geleneksel HVAC İş Akışı (~26 Saat) ile Yapay Zeka Destekli İş Akışının (~4.5 Saat) Karşılaştırması

- Mimari Çizimlerin Alınması (PDF/CAD)
- Geometri Çıkarımı: Geleneksel Manuel -> Yapay Zeka Otomatik Oturum (~30 dk)
- Varsayımların Yapılandırılması: Mühendis İncelemesi ve Ayarı
- Yük Hesaplaması (RTS/HBM): Geleneksel Bölge Başına Adım Adım -> Yapay Zeka Tüm Bölgeler (~5 dk)
- Havalandırma Uygunluk Kontrolü (Standart 62.1): Geleneksel Manuel -> Yapay Zeka Otomatik Kontrol (~12 dk)
- Kalite Kontrol (QA/QC) ve Düzeltmeler: Mühendis Yapay Zeka Çıktılarını İnceleme & Anında Yeniden Hesaplama
- Nihai Dokümantasyon: Otomatik Rapor ve Program Oluşturma

Mimari Çizimlerden Otomatik Veri Çıkarımı

HVAC tasarımındaki ilk darboğaz bina verilerini toplamaktır. Yeni inşaatlar için mimari çizimler genellikle bir BIM veya CAD platformundan PDF çıktısı olarak gelir. Renovasyon çalışmaları için taranmış mavi baskılar (blueprints) veya eski DWG dosyaları yaygındır. Her iki durumda da mühendis, herhangi bir analize başlamadan önce oda sınırlarını belirlemeli, boyutları çıkarmalı, cephe elemanlarını kataloglamalı ve bina kabuğu (envelope) inşaat verilerini derlemelidir. 200.000 ft^2 (18.581 m^2) karma kullanımlı bir bina için bu veri toplama adımı iki ila üç gün mühendislik süresi gerektirebilir.

Yapay zeka belge işleme araçları bu göreve bilgisayarlı görüyü uygular. Mimari çizimler üzerinde eğitilmiş bir evrişimli sinir ağı (CNN); oda çokgenlerini belirleyebilir, boyut dizelerini okuyabilir, kapı ve pencere sembollerini tespit edebilir ve başlık bloğu (title block) meta verilerini manuel müdahale olmaksızın ayrıştırabilir. Yayınlanan vaka çalışmaları, taranmış inşaat çizimlerinin yapay zeka destekli indekslenmesinin, yapay zeka tüm sayfalarda aynı algılama mantığını tutarlı bir şekilde uyguladığı için gelişmiş tutarlılıkla manuel yöntemlerden yaklaşık üç kat daha hızlı çıkarım verimliliğine ulaştığını bildirmektedir.

Pratikte çıktı yapılandırılmış bir veri setidir: Mimari çizim referanslarına anahtarlanmış isimlere, taban alanlarına, tavan yüksekliklerine ve bina kabuğu verilerine sahip bir oda programı. Bu veri seti doğrudan yük hesaplama yazılımına beslenerek manuel transkripsiyon adımını tamamen ortadan kaldırır. Çıkarım doğruluğu çizim kalitesine göre değişir; iyi biçimlendirilmiş CAD kaynaklı PDF'ler neredeyse kusursuz sonuçlar verirken, elle çizilmiş çizimlerin düşük çözünürlüklü taramaları çıkarılan değerlerin %5-%15'inin manuel olarak düzeltilmesini gerektirebilir.

Güven skorları (confidence scores), alttaki bilgisayarlı görü modeli tarafından üretilir ve algılanan bir özelliğin (örn. oda sınırı, boyut dizgesi veya pencere) doğru bir şekilde sınıflandırılmış olma olasılığını temsil eder. Pratikte mühendisler, manuel doğrulama gerektiren çıkarılmış öğeleri işaretlemek için güven eşikleri (örn. %90'ın altı) uygulayabilir, böylece tam veri seti doğrulaması yerine hedefli inceleme yapılabilir.

Aşağı yönlü (downstream) fayda kümülatif olarak artar. Manuel transkripsiyonun, bir oda alanındaki yer değiştiren bir hanenin veya kaçırılan bir pencerenin neden olduğu hatalar, yük hesaplamaları ve ekipman boyutlandırması boyunca yayılır. Otomatik çıkarım bu hata sınıfını ortadan kaldırır. MEP mühendislik iş akışları üzerine yayınlanan bir analiz, yukarı yönlü veri hatalarının aşağı yönlü tasarım yeniden işleme payının orantısız bir kısmını oluşturduğunu bulmuştur; bunları kaynağında azaltmak, genel proje kalitesi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir.

Kabul Edilen ASHRAE Yöntemleri Kullanılarak Yapay Zeka Destekli Yük Hesaplamaları

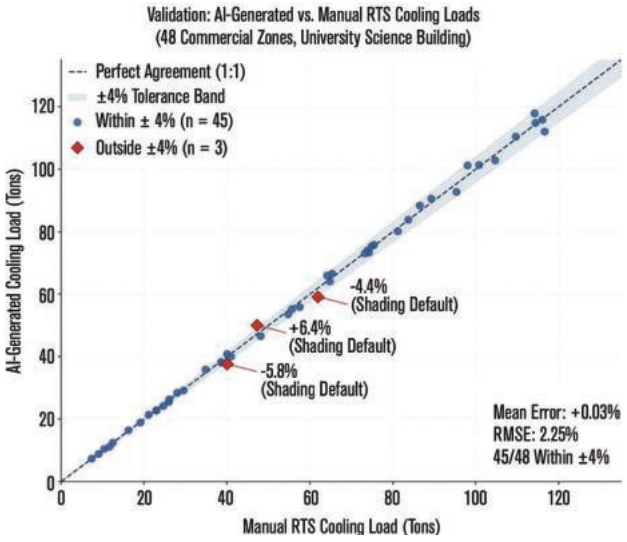
ASHRAE, ticari soğutma yükü hesaplamaları için iki titiz prosedür tanır: Isı Denge Metodu (HBM) ve Radyant Zaman Serisi (RTS) metodu. HBM, oda yüzeylerindeki enerji dengelerini aynı anda çözer; RTS metodu ise önceden hesaplanmış radyant zaman faktörleri (RTF) ve iletim zaman serisi (CTS) katsayılarını kullanarak bunu basitleştirir. Her ikisi de algoritmik uygulamaya çok uygundur ve yapay zeka platformları bunları giderek analitik çekirdekleri olarak benimsemektedir.

Hesaplama avantajı büyüktür: 150 termal zona sahip bir bina için bir zamanlar saatler süren binlerce aritmetik işlem bulut ortamında saniyeler içinde tamamlanır. Mühendisin zamanı aritmetik yapmak yerine çıktıları gözden geçirmek ve varsayımları ayarlamak kaymasıyla değişir.

Yapay zeka araçları ham hesaplamanın ötesine uzanır. Bazı platformlar, bina tipine, brüt alana, iklim bölgesine ve yapım yılına (vintage) bağlı olarak en yüksek yüklerin hızlı ilk tahminlerini sağlamak için büyük tamamlanmış yük hesaplaması veri setleri üzerinde eğitilmiş makine öğrenimi regresyon modellerini kullanır (Tablo 1). Bazen vekil modeller (surrogate models) olarak adlandırılan bu tahminler, bir dakikadan kısa sürede ön boyutlandırma çerçevesi üretebilir; bu da tasarım parametrelerinin hala akışkan olduğu erken şematik çalışmalar için yararlıdır. Nihai tasarım belgeleri için tam HBM veya RTS hesaplaması gereklidir, ancak vekil model, tasarım parametrelerinin akışkan olduğu erken aşama yinelemeli çalışmaları hızlandırır.

Tablo 1: Tahmini Mühendislik Süresi: Geleneksel ve Yapay Zeka Destekli Yük Hesaplama İş Akışı Karşılaştırması

GÖREV (TASK)	GELENEKSEL YÖNTEM	YAPAY ZEKA DESTEKLİ YÖNTEM	SÜRE AZALMASI
Kat planı geometri çıkarımı	6 - 8 saat	15 - 30 dk	%-90
Bina kabuğu verisi derlemesi	3 - 4 saat	20 - 40 dk	%-85
Zon yükü hesaplaması (150 zon)	8 - 12 saat	5 - 10 dk	%-97
Havalandırma uygunluk kontrolü (Standard 62.1)	2 - 4 saat	10 - 20 dk	%-90
Ekipman boyutlandırma ve seçimi	3 - 5 saat	1 - 2 saat	%-60
Rapor oluşturma	2 - 3 saat	15 - 30 dk	%-85
Mühendis incelemesi ve kararı	2 - 4 saat	2 - 4 saat	Yok (Gerekli)



Şekil 2: Doğrulama Çalışması Grafiği (Saçılım Grafiği / Scatter Plot)

48 ticari bölge için yapay zeka tarafından üretilen tepe soğutma yüklerinin manuel RTS hesaplamalarına karşı karşılaştırıldığı saçılım grafiği. Noktalar 1:1 çizgisinin (kesikli çizgi) ±%4'lük bandı içinde kümelenmekte olup, girdi varsayımları eşleştirildiğinde mükemmel bir uyum olduğunu göstermektedir.

- Ortalama Hata: %+0.03%
- RMSE (Kök Ortalama Kare Hata): %2.25
- Başarı Oranı: 48 bölgeden 45'i ±%4 tolerans bandı içindedir.

Yapay zeka tabanlı yük araçlarının kritik bir sınırlaması varsayım şeffaflığıdır. Erken nesil platformlar kara kutular (black box) olarak çalışıyordu: Çizimleri içselleştiriyor ve duvar birleşimi U-değerleri, sızma (infiltration) oranları veya iç kazanç yoğunlukları gibi ara varsayımları açığa çıkarmadan yükler üretiyorlardı. Bu tür araçları kullanan mühendisler, gerçek projeyi yansıtmayan varsayılan varsayımlar üzerine kurulmuş sonuçları kabul etme riski taşır. En iyi uygulama, yapay zeka tarafından üretilen herhangi bir yük hesaplama raporunun tüm girdi varsayımlarını açıkça listelemesini ve mühendisin her birini proje şartnamelerine göre doğrulamasını gerektirir (Şekil 2).

ASHRAE Standart 62.1-2022'ye Göre Havalandırma Uygunluk Doğrulaması

ASHRAE Standart 62.1-2022, dolu alanlar için minimum dış hava akış hızlarını tanımlar. Havalandırma Miktarı Prosedürü (VRP), solunum bölgesi dış havasını denklem (1) ile belirtir:

$$V_{bz}=R_pP_z+R_aA_z \quad (1)$$

burada

V_{bz} = Solunum bölgesi dış hava akışı (cfm / l/s)
R_p = Kişi başı dış hava miktarı (cfm/kişi veya l/s/kişi)
P_z = Mahaldeki kişi sayısı (kişi)
R_a = Alan dış hava miktarı (cfm/ft² veya l/s/m²)
A_z = Mahal taban alanı (ft² veya m²)

Birden fazla mahale hizmet eden sistemler için, bölge dış hava miktarı, sistem havalandırma verimliliği (E) ve minimum dış hava alış debisi (Vot) standardın 6.2 Bölümüne göre hesaplanmalıdır. Değişken debili (VAV) sistemler için bu durum, onlarca mahale sahip binalarda manuel olarak gerçekleştirildiğinde zaman alıcı bir süreç olan tüm tasarım koşullarında yinelemeli (iterative) hesaplamalar gerektirir.

Yapay zeka uyumluluk araçları (Şekil 3) bu süreci otomatikleştirerek Standart 62.1-2022 VRP denklemlerini her bir bölgeye uygular ve eksiklikleri işaretler. Daha gelişmiş uygulamalar ayrıca talep kontrollü havalandırma (DCV) dizilerinin değişen doluluk seviyelerinde uyumluluğu koruduğunu doğrular.

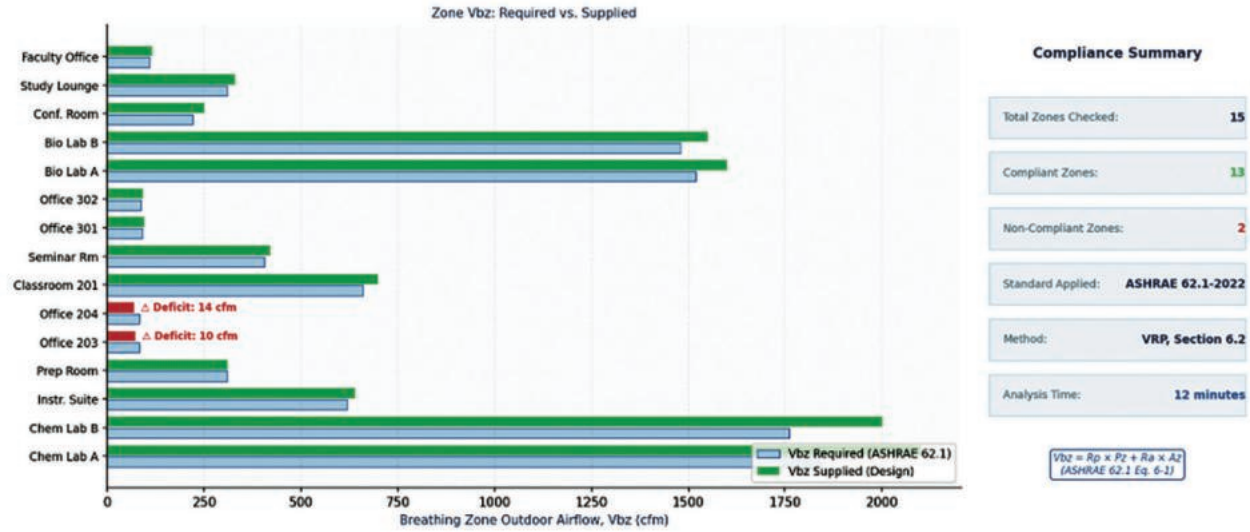
Verimlilik kazancı önemlidir: Manuel olarak üç ila dört saat süren 100 mahalli bir uyumluluk kontrolü, sonuçları girdi verilerine tam olarak izlenebilir şekilde yirmi dakikadan kısa sürede tamamlanabilir ve sistem düzenleri veya doluluk varsayımları değiştiğinde hızlı yineleme (iteration) olanağı sağlar.

Tasarım QA/QC ve BIM Entegrasyonu

Yapay zeka destekli kalite güvencesi/kalite kontrolü (QA/QC) iş akışlarının etkinliği, asgari düzeyde bir BIM model yapısına ve veri eksiksizliğine bağlıdır. En azından modeller; oda sınırlarına ve adlarına sahip açıkça tanımlanmış alan nesnelerini, ana performans parametreleriyle (örn. hava akışı, kapasite) doldurulmuş ekipman ailelerini ve mantıksal sistem gruplamalarına atanmış kanal ve boru sistemlerini içermelidir. Tutarlı adlandırma kuralları (naming conventions) kural tabanlı doğrulamayı daha da iyileştirir.

Yapılandırılmış alan tanımlarından yoksun olan veya sınıflandırılmamış geometri içeren modeller, otomatik kontrollerin etkinliğini önemli ölçüde azaltabilir ve yapay zeka destekli QA/QC uygulanabilmesi için manuel ön işleme (preprocessing) gerektirebilir.

BIM merkezli iş akışlarında, kural tabanlı yapay zeka motorları MEP model verilerini mühendislik standartlarına göre sürekli olarak değerlendirir ve ihlalleri gerçek zamanlı



Şekil 3: Yapay Zeka Tarafından Üretilen Havalandırma Uygunluk Gösterge Paneli (Dashboard)

Mahal mahal hesaplanan Vbz ile sağlanan dış havanın karşılaştırması; yetersiz bölgeler kırmızı ile işaretlenmiştir.

- Toplam Kontrol Edilen Mahal: 15
- Uyumlu Mahaller: 13 | Uyumsuz Mahaller: 2 (Ofis 204: 14 cfm açık, Ofis 203: 10 cfm açık)
- Uygulanan Standart & Metot: ASHRAE 62.1-2022 VRP, Bölüm 6.2
- Analiz Süresi: 12 dakika

olarak işaretleyerek otomatik bir tasarım inceleyicisi olarak işlev görür. Kural kontrolleri; kanal hızı sınırlarını, ekipman erişim açıklıklarını, kondens borusu eğimini, Standart 90.1'e göre yalıtım kalınlığını ve branşman kanal boyutlandırma hedeflerini kapsayabilir. Bunları yapay zeka kuralları olarak kodlamak, hangi ekip üyesinin yerleştirdiğine bakılmaksızın tüm model öğelerinde tutarlı uygulama sağlar.

Daha gelişmiş ML tabanlı QA araçları, geçmiş proje verilerinden kalıpları öğrenir. Tamamlanmış BIM modelleri külliyatı ya da önceki işleri tamamı (corpus) ve bunlarla ilişkili inceleme işaretlemeleri üzerinde eğitilerek bu tür sistemler yeni hata kalıplarını (kural kontrollerini geçen ancak geçmiş projelerde sorunlara neden olan düzenlemelere benzeyen konfigürasyonları) belirleyebilir. Bu durum QA'yı tamamen reaktif olmaktan (bilinen kurallara karşı kontrol etme) kısmen öngörücü olmaya (geçmiş sorunlara benzeyen düzenlemeleri işaretleme) taşır.

Vaka Çalışması: Bir Üniversite Bilim Binası İçin Yapay Zeka Destekli HVAC Tasarımı

Aşağıdaki vaka, gerçekçi bir projeye uygulanan yapay zeka destekli bir iş akışını göstermektedir. Bina 78.000 ft² (7.246 m²), genel amaçlı derslikler, fakülte ofisleri, kimya ve biyoloji öğretim laboratuvarları ve ortak bir enstrümantasyon paketi içeren dört katlı bir üniversite bilim ve laboratuvar kompleksidir. HVAC tasarımı, laboratuvar alanları için %100 dış havaya sahip iklimlendirme sistemlerini (ANSI/AIHA Z9.5 gereksinimlerine göre), ofis ve sınıf bölgeleri için VAV sistemlerini ve merkezi bir soğutulmuş su tesisini (çiller) içerir.

Tablo 2: Vaka Çalışması Süre Özeti: Yapay Zeka Destekli ve Tahmini Manuel İş Akışı

İŞ AKIŞI GÖREVİ (WORKFLOW TASK)	YAPAY ZEKA DESTEKLİ (GERÇEK)	MANUEL (TAHMİNİ)	TASARRUF
Geometri çıkarımı (214 oda)	30 dk	7 saat	6,5 saat
Varsayım konfigürasyonu	1,5 saat	1,5 saat	0 saat
Yük hesaplamaları (214 zon)	8 dk	10 - 12 saat	~11 saat
Havalandırma uygunluğu (Standard 62.1-2022)	12 dk	3 - 4 saat	~3,5 saat
Mühendis incelemesi ve düzeltmesi	2 saat	2 saat	0 saat
Toplam	~4,5 saat	~26 saat	~21,5 saat

Adım 1: Geometri Çıkarımı — Mühendis çizimlere karşı rastgele seçilen 15 odanın nokta kontrolünü (spot-check) gerçekleştirir; 13'ü tam olarak eşleşir ve ikisi küçük düzeltmeler gerektirir (bir pencerenin duvar segmenti olarak yanlış sınıflandırılması). Bu gözlemlenen tutarsızlık oranı (~%13), aşağı yönlü kullanımdan önce hedefli doğrulamanın gerekli olduğunu gösterir. Uygulamada firmalar, genişletilmiş doğrulamanın gerekip gerekmediğini belirlemek için kabul eşikleri (örn. nokta kontrollerinde ≥%95 uyum) belirleyebilir. Tutarsızlıklar bu eşiği aşarsa, ek örnekleme veya kritik bölgelerin tam incelemesi önerilir.

Adım 2: Varsayım Konfigürasyonu — Mühendis projeye özel parametreleri girer: Proje konumu için iklim verileri (ASHRAE Tasarım Koşulları), proje şartnamelerinden duvar

ve çatı birleşimi U-değerleri, cam programından pencere SHGC ve U-faktörü, elektrik mühendisinin ön tasarımından aydınlatma güç yoğunlukları (alan tipine göre W/ft^2), alan tipine göre doluluk yoğunluğu ve programı ve çeker ocak (fume hood) programından laboratuvar egzoz miktarları. Yapay zeka aracı, üç alan tipinin eşleşen bir varsayılan değere sahip olmadığını (bir enstrümantasyon odası ve iki özelleştirilmiş hazırlık odası) işaretleyerek mühendisi özel parametreler girmeye yönlendirir.

Adım 3: Yük Hesaplaması — Yapay zeka motoru, 214 mahalin tümü için RTS tabanlı soğutma yükü ve ısı kaybı hesaplamalarını yürütür. Toplam hesaplama süresi: 4 dakika. Bina için pik soğutma yükleri toplam 312 ton veya 3,74 milyon Btu/h (1097 kW) olup, yüksek egzoz ikame hava yükleri nedeniyle piki kimya laboratuvarı kanadı sürüklemektedir. Mühendis mahal mahal çıktıyı gözden geçirir ve yapay zekanın enstrümantasyon paketine standart bir ofis doluluk yoğunluğu atadığını fark eder; bu, laboratuvar planlayıcısının programına göre 120 ft^2 (11 m^2) başına 1 kişi olarak düzeltilir. Düzeltmeden sonra yeniden hesaplama: 4 dakika.

Adım 4: Havalandırma Uygunluğu — Yapay zeka uyumluluk modülü, 214 mahalin tümünde Standard 62.1-2022 VRP kontrollerini çalıştırır ve hesaplanan Vbz'nin önerilen hava terminal ünitesi (ATU) minimum hava akışı ayarını aştığı dört ofis bölgesini belirler. Mühendis, etkilenen bölgeler için ATU minimum konumlarını tasarım akışının %10'undan %15'ine ayarlayarak tüm eksiklikleri çözer. Bu kontrol, manuel olarak tahmini 3 ile 4 saate karşılık 12 dakika sürdü.

Adım 5: Doğrulama — Bir doğrulama egzersizi olarak mühendis, RTS çalışma kağıdı yöntemini kullanarak temsili bir 12 mahal örneği için yükleri manuel olarak yeniden hesaplar. Karşılaştırma, yapay zeka tarafından üretilen soğutma yüklerinin 12 mahalden 11'i için manuel sonuçların ±%3,2'si içinde olduğunu gösterir. Aykırı değer (karmaşık gölgeleme geometrisine sahip bir köşe ofis) %6,8'lik bir tutarsızlık gösterir; yapay zeka aracı gölgelendirilmemiş bir duruma varsayılan olarak ayarlanmıştır ve mühendis bunu komşu binanın engelleme açısını girerek düzeltir.

Sınırlamalar ve Mühendislik Yargısının Vazgeçilmez Rolü

En önemli sınırlama varsayım bağımlılığıdır: Yapay zeka tarafından üretilen hesaplamalar yalnızca girdileri kadar doğrudur. Standart dışı yapıya veya karmaşık gölgelemeye sahip binalar için varsayılanlar önemli hatalara yol açabilir. Mühendisler, aracın yaptığı her varsayımı gözden geçirerek 'güvenmeden önce doğrula' duruşunu benimsemelidir.

İkinci bir sınırlama model kapsamıdır. Mevcut yapay zeka yük araçları duyulur (sensible) ve gizli (latent) soğutma ve ısıtma yüklerini iyi bir şekilde ele alır, ancak özel analizler için sınırlı yeteneğe sahiptir: Radyant ısıtma sistemi tasarımı, müze veya temiz oda uygulamaları için hassas nem kontrolü veya büyük atriyum alanları için ayrıntılı hava akışı ağ modellemesi. Bu uygulamalar için amaca yönelik simülasyon araçları uygun seçenek olmaya devam etmektedir ve yapay zeka çekirdek simülasyon yerine veri hazırlığına yardımcı olabilir.

Üçüncüsü, bilgi güncelliği (knowledge currency) bir endişedir. Geçmiş proje verileri veya yönetmelik gereksinimleri üzerinde eğitilmiş yapay zeka araçları, ASHRAE standartlarındaki veya yerel enerji yönetmeliklerindeki en son değişiklikleri yansıtmayabilir. Mühendisler, kullanımda olan uyumluluk motorunun proje yargı alanı için Standart 62.1, 90.1 ve geçerli yerel değişikliklerin kabul edilen sürümüne atıfta bulunduğunu doğrulamalıdır.

Mesleki sorumluluk her şeyden önemlidir. HVAC çizimleri, içeriklerinden yasal olarak sorumlu olan lisanslı bir profesyonel mühendisin mührünü taşır. Yapay zeka araçları yasal olarak bir bina sistemi tasarlayamaz; çıktıları mühendislik yardımıdır, mühendislik kararı değildir. Sorumlu mühendis (engineer of record), mühürlü teslimattaki yapay zeka tarafından üretilen her sonucu gözden geçirmeli ve kabul etmeli ve açıklayamayacağı veya savunamayacağı herhangi bir çıktıyı geleneksel yollarla yeniden hesaplamalıdır.

Mühendislik Firmaları İçin Uygulama Hususları

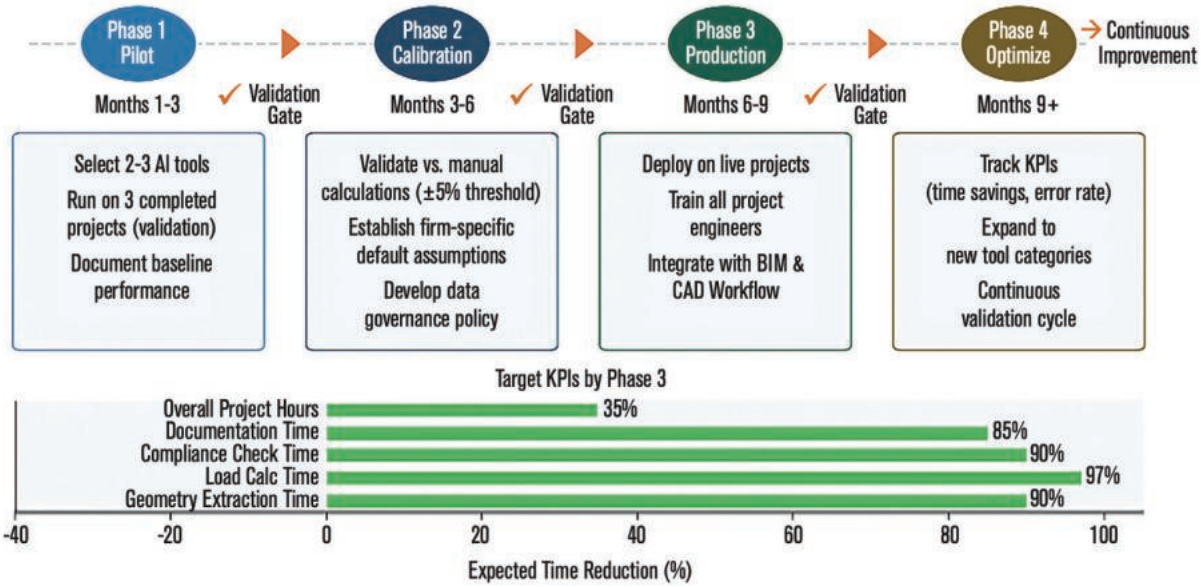
Kabul edilebilir bir tolerans içindeki belgelenmiş anlaşma, pik yükler için tipik olarak ±%5 mertebesinde, genellikle doğrulama için yeterlidir. Bu eşik resmi bir standart tarafından tanımlanmaz, ancak ortak mühendislik yargısını ve kabul edilen hesaplama yöntemleri arasındaki gözlemlenin varyasyonun yanı sıra girdi varsayımlarına duyarlılığı yansıtır.

Yapay zeka destekli iş akışlarında yeni olan mühendisler için pratik bir başlangıç noktası, özel model geliştirmeye çalışmak yerine mevcut tasarım ortamlarıyla entegre olan ticari olarak temin edilebilen araçlarla başlamaktır. İlk uygulamalar, çıktıların geleneksel yöntemlere göre kolayca doğrulanabileceği geometri çıkarımı veya havalandırma uyumluluk kontrolleri gibi yüksek emekli, düşük riskli görevlere odaklanmalıdır. Bu yaklaşım, firmaların yapay zeka kullanımını genişletmeden önce doğrulama protokolleri oluşturmasına olanak tanır.

Firmalar yapay zeka benimsemesine sistematik olarak yaklaşmalıdır: Tamamlanmış bir projede yapay zeka sonuçlarını manuel temel çizgiyle karşılaştırmak için bir pilot ile başlayın, ardından firmanın tipik proje karması için en yüksek emek yoğunluğuna sahip iki veya üç araç kategorisine öncelik verin.

Veri yönetişimi (Data governance) bir ön koşuldur. Yapay zeka belge işleme araçları proje çizimlerine erişim gerektirir; firmalar, özellikle gizli veya devlet projelerinde çalışırken hangi proje verilerinin bulut tabanlı yapay zeka hizmetlerine yüklenebileceğine dair net politikalar oluşturmalıdır. Firmalar, herhangi bir müşteri belgesini yüklemeden önce yapay zeka hizmet sağlayıcılarının veri işleme şartlarını incelemelidir.

Doğrulama protokolleri standart uygulama olarak kurulmalıdır. Canlı bir projede herhangi bir yapay zeka



Şekil 4: HVAC Tasarım Firmaları İçin Önerilen Yapay Zeka Benimseme Yol Haritası ve Zaman Tasarrufu Hedefleri

- Faz 1: Pilot (1-3. Aylar) — 2-3 yapay zeka aracı seçimi, temel performans dokümantasyonu.
- Faz 2: Kalibrasyon ve Doğrulama (3-6. Aylar) — Manuel hesaplamalarla doğrulama (±%5 eşiği), firmaya özel varsayımlar ve veri politikası.
- Faz 3: Üretim Dağıtımı (6-9. Aylar) — Canlı projelerde uygulama, tüm mühendislerin eğitimi, BIM & CAD entegrasyonu.
- Faz 4: Sürekli İyileştirme (9+ Aylar) — KPI takibi (süre tasarrufu, hata oranı), yeni kategorilere genişleme.

Beklenen Zaman Tasarrufu Hedefleri (KPIs):

- Geometri Çıkarım Süresi: %-90 | Yük Hesaplama Süresi: %-97 | Uygunluk Kontrol Süresi: %-90
- Dokümantasyon Süresi: %-85 | Genel Proje Saatleri Tasarrufu: %-35 ila %-40

yük hesaplama aracına güvenmeden önce firma, aracı farklı bina tiplerini ve iklim bölgelerini kapsayan en az üç tamamlanmış projede çalıştırmalı, yapay zeka çıktılarını orijinal manuel hesaplamalarla karşılaştırmalıdır. Kabul edilebilir bir tolerans içinde (pik yükler için tipik olarak ±%5) belgelenmiş anlaşma, aracı benzer proje türleri için üretim kullanımı için nitelendirir. Bu eşiğin ötesindeki sapmalar soruşturmayı tetikler ve girdi varsayımlarının veya araç konfigürasyonunun yeniden kalibre edilmesini gerektirebilir.

Personel eğitimi, hesaplama mekaniğinden ziyade varsayım incelemesine vurgu yapmalıdır. Mühendisler, aracın hangi varsayılanları uyguladığını ve atipik koşullar için hangi parametrelerin geçersiz kılınacağını (override) anlamalıdır. Genç mühendisler hala manuel hesaplama yeterliliği geliştirmelidir; büyüklük mertebesi (order-of-magnitude) kontrolü yapabilme yeteneği, yapay zekanın sağlamadığı temel bir mesleki yetkinlik olmaya devam etmektedir.

Yapay Zeka Kullanım Kısıtlamaları: ASHRAE IP Politikası ve Mesleki Yönerge

HVAC tasarım pratiğinde yapay zeka kullanan mühendisler, ASHRAE'nin fikri mülkiyetinin yapay zeka araçlarıyla kullanımını yöneten politikasının farkında olmalıdır. ASHRAE, standartlar, el kitapları (handbooks), kılavuzlar ve teknik makaleler dahil olmak üzere ASHRAE yayınlarındaki içeriğin büyük dil modeli sohbet botları (chatbots) gibi yapay zeka araçlarına girilmesini yasaklar ve açık yazılı izin olmaksızın yapay zeka kullanarak ASHRAE fikri mülkiyetinin türev eserlerinin (derivative works) oluşturulmasını yasaklar. Bu politikanın yapay zeka destekli HVAC tasarım iş akışları için doğrudan pratik sonuçları vardır.

Mühendisler ASHRAE standart metinlerini, tablolarını veya denklemlerini yapay zeka komut istemlerine (prompts) girmemeli veya ASHRAE yayınlarını yapay zeka belge analizi araçlarına yüklememelidir. ASHRAE yöntemlerini dahili olarak uygulayan yük hesaplama araçları bunu lisanslı yazılımlar aracılığıyla yapar; bu, doğrudan yapay zekayı ASHRAE yayınlarını işlemek için kullanmaktan farklıdır.

Bu kısıtlama, yapay zeka yardımının uygun sınırlarını pekiştirir. Yapay zeka araçları, tescilli standartları yorumlamak veya uygulamak için bir mekanizma olarak değil, firmaya ait proje verilerine, halka açık bina geometrisine, iklim veritabanlarına ve genel mühendislik bilgisine uygulandığında en değerlidir. Profesyonel mühendisin ASHRAE standartlarını okuma ve uygulama konusundaki uzmanlığı yeri doldurulamaz kalmaya devam etmektedir.

Sonuç

Yapay zeka, HVAC mühendislerine veri yoğun ve kural tabanlı görevlerdeki emeği azaltmak için pratik, yakın vadeli bir araç sunmaktadır. Mimari çizimlerden otomatik geometri çıkarımı, yapay zeka hızlandırmalı RTS ve ısı dengesi yük hesaplamaları ve otomatik Standart 62.1-2022 uyumluluk doğrulaması, hesaplama çalışmasında %80 veya daha fazla belgelenmiş zaman tasarrufu sağlarken mühendislik çıktılarının kalitesini korumakta ve bazı yönlerden artırmaktadır. Üniversite laboratuvarı vaka çalışması, manuel olarak tahmini 26 saat gerektiren bir ön yük analizinin, yapay zeka yardımıyla yaklaşık 4,5 saatte yüksek doğrulukla tamamlanabileceğini, kalan sürenin ise tamamen mühendislik incelemesi ve yargısına ayrıldığını göstermektedir.

Sınırlamalar gerçektir: Varsayım şeffaflığı ve mesleki sorumluluk, lisanslı mühendisin her sonucu anlayan, doğrulayan ve sahiplenen sorumlu profesyonel olarak aktif bir şekilde devrede kalmasını gerektirir. Yapay zeka HVAC mühendisine yardımcı olur; mühendislik uzmanlığının yerini alamaz. Pilot programlar, titiz doğrulama, net veri yönetişimi ve hesaplama mekaniğinden ziyade varsayım incelemesine odaklanan personel eğitimi yoluyla disiplinli yapay zeka benimsemesine yatırım yapan firmalar, proje teslim hızında ve kalitesinde kalıcı bir rekabet avantajı elde edecektir. Mühendislik uygulamalarında yapay zeka yeteneğinin yörüngesi, araçlar olgunlaştıkça bu avantajın katlanarak artacağını göstermektedir.

Kaynakça

1. 2025 ASHRAE Handbook-Fundamentals, Chap. 18.
2. ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2025, Energy Standard for Sites and Buildings Except Low-Rise Residential Buildings.
3. ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022, Ventilation and Acceptable Air Quality.
4. Sacks, R., M. Girolami, I. Brilakis. 2020. "Building Information Modelling, Artificial Intelligence and Construction Tech." Developments in the Built Environment 4:100011. https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100011
5. Sacks, R., et al. Artificial Intelligence and Machine Learning in Construction.
6. U.S. DOE. "EnergyPlus Engineering Reference." U.S. Department of Energy. https://energyplus.net/documentation
7. Zeng, Z., X. Li, Y.K. Yu, and C.W. Fu. 2019. "Deep Floor Plan Recognition Using a Multi-Task Network with Room-Boundary-Guided Attention." Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision, https://arxiv.org/abs/1908.11025

Tanpera®

Denge doğasında var,

Nova

Pompalı Genleşme ve Basınçlandırma Ünitesi

Isıtma ve soğutma sistemlerinde genleşmeyi kontrol eder, tesisat basıncını hassas ve sabit şekilde korur.

- Yerden Tasarruf
- Kontrollü İşletme
- Otomasyon İmkanları
- Enerji Tasarrufu
- Düşük Bakım Maliyeti



Daha fazla bilgi için;
QR kodu taratınız.

RÖPORTAJ | REHVA EUROPEAN HVAC JOURNAL (EKİM 2026)

İki REHVA Ülkesinde Okul Havalandırması Uygulamalarının Karşılaştırılması: Çek Cumhuriyeti ve Hollanda

Vladimír Zmrhal ve Froukje van Dijken ile Röportaj Yapan: Lada Hensen Centnerová

Vladimír Zmrhal

Prag'daki Çek Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Fakültesi'nde doçent doktor olarak görev yapmakta ve Çevre Mühendisliği Bölümü'ne başkanlık etmektedir. Mesleki uzmanlık alanı, binaların iç ortamına odaklanan havalandırma ve iklimlendirme sistemleridir. Çek Çevre Mühendisliği Derneği üyesidir ve derneğin 2014'ten bu yana Scopus veritabanında indekslenen VVI dergisinin başeditörlüğünü yürütmektedir. Çek Yetkili Mühendisler ve Teknikerler Odası'nda (ČKAIT) Havalandırma Ekipmanları Teknik Standartlaştırma Komitesi ile Bina Çevre Teknolojisi Sınav Komitesi'ne başkanlık etmektedir. Vladimír Zmrhal; makaleler, teknik kitaplar, ders kitapları, konferans bildirileri, patentli çalışmalar, endüstriyel yayınlar ve uygulanan projeler dahil olmak üzere 250'den fazla mesleki yayının yazarı veya eş yazarıdır. Çok sayıda araştırma projesinde yürütücüdür. Bina havalandırması alanındaki ulusal standartların ve uygulama kurallarının geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır. 'Havalandırma Konsepti' belgesini ve 'Okul Havalandırması Tasarımı Metodolojik Yönergeleri'ni kaleme almıştır. 2017 yılında, Çek Cumhuriyeti'ndeki okul havalandırmasının durumunu analiz ettiği 'Bağlamda Okul Havalandırması' (Çekçe) kitabını yazmıştır.

Froukje van Dijken

Hollanda'daki bba binnenmilieu şirketinde sağlıklı bina uzmanıdır. Eindhoven Teknoloji Üniversitesi Bina Fiziği alanında yüksek lisans derecesine sahiptir. Okullardaki iç ortam üzerine 20 yılı aşkın pratik araştırma deneyimiyle Hollanda'da bu alandaki başlıca uzmanlardan biridir. Froukje, yüzlerce okula İÇÖ (İç Çevre Kalitesi) şikayetlerini azaltma ve iç çevre kalitesini iyileştirme konusunda danışmanlık sağlamıştır. Ayrıca belediyeler, okul yönetimleri ve halk sağlığı kurumları tarafından okullarda sağlıklı bir iç ortam oluşturulması konusunda sıkça danışmanlık talep edilen bir uzmandır. Okullarda İÇÖ için Hollanda kılavuzlarının (PvE Frisse Scholen) ana yazarıdır ve iç ortamla ilgili birçok makalenin yazarı ve eş yazarıdır. Bunlardan ikisi REHVA Journal'da yayınlanmıştır.

LHC: Okullarda iyi havalandırma ve iç hava kalitesi sağlamanın en önemli üç nedenini belirtmeniz gerekseydi, bunlar neler olurdu?

VZ: Hepimizin bildiği gibi havalandırma; esenliği (well-being), sağlığı ve verimliliği etkiler ki bunlar havalandırmanın önemli olmasının ana nedenleridir. Tüm bu hususlar okullarda özellikle önemlidir çünkü çocuklar kötü iç çevre koşullarına karşı yetişkinlere kıyasla daha savunmasızdır. Çocuklarımız için sağlıklı bir iç hava sağlamak bir seçenek veya lüks olarak değil, her okul binasının temel bir gereksinimi olarak görülmelidir.

FvD: Tamamen katılıyorum. Üç temel neden; sağlık, öğrenme performansı ve çocukların konforu veya genel esenliğidir.

LHC: Ülkenizde okul binalarının havalandırılmasıyla ilgili yapısal sorunlar var mı?

FvD: Hollanda'da 1980'lere kadar inşa edilen okul binalarının çoğu açılabilir pencereler ve havalandırma şaftları aracılığıyla doğal havalandırmaya dayanıyordu. Ancak uygulamada soğuk veya rüzgarlı havalarda pencereler kapalı tutuluyordu. Zamanla yapılan bina tadilatları sıklıkla havalandırma performansını düşürdü.

1980'lerin sonlarından itibaren mekanik havalandırma sistemleri daha yaygın hale geldi. İlk olarak doğal besleme ile kombine edilmiş mekanik egzoz sistemleri kullanıldı. Bu sistemler bir adım ileriye işaret etse de havalandırma debileri birkaç nedenden dolayı sıklıkla yetersiz kalıyordu: 1) Sistemler yetersiz tasarlanmıştı; örneğin egzoz yalnızca koridorlarda ve tuvaletlerde sağlanıyor, sınıflar ile egzoz noktaları arasında yeterli hava transferi olmuyordu. 2) Bakım eksikliği vardı. 3) Kullanıcılar (burada öğretmenler), hissedilen hava akımını (hava cereyanını) ve ısı kayıplarını önlemek için hava girişlerini ve pencereleri kapatmaya devam ediyordu.

VZ: Eğitim sektöründe pek çok sorun var ve sınıflarda uygun havalandırmanın sağlanması sıklıkla göz ardı ediliyor. Geçmişte bina kabuğu nispeten sızdırmaz değildi, bu da en azından belirli miktarda doğal hava değişimine izin veriyordu. Ayrıca çocuklar teneffüslerini sınıf dışında, örneğin okul bahçesinde veya koridorda yürüyerek geçirir, böylece bir sonraki ders başlamadan önce sınıftaki havanın tazelenmesine imkan sağlanırdı. Günümüzde enerji verimliliği önlemleri, sınıfların çoğunun havalandırma imkanları sınırlı olan sızdırmaz pencerelerle donatıldığı çok daha sızdırmaz binalara yol açmıştır. Aynı zamanda çocuklar teneffüslerde genellikle sınıf içinde kalmakta ve güvenlik, gürültü veya termal konfor nedenleriyle pencereler kapalı tutulmaktadır. Bu durum, sorumlular arasındaki farkındalık eksikliğini gösterebileceği gibi finansal bir soruna da işaret edebilir; çünkü kalıcı olarak işlevsel bir havalandırma sistemi önemli miktarda yatırım gerektirir. Okul binaları genellikle belediyelere veya bölgesel yönetimlere ait olduğundan ve onlar tarafından yönetildiğinden, bu tür projeler sıklıkla özel kamu fonlarına bağımlıdır.

LHC: Ülkenizdeki ilkokullarda en yaygın olarak ne tür havalandırma sistemleri bulunur?

VZ: Çek Cumhuriyeti'nde pek çok okul binası tarihi öneme sahiptir ve 100 yıldan daha eskidir; bu nedenle havalandırma sistemlerinin yenilenmesi teknik olarak zorlu ve maliyetlidir. Birçok bina yenilenmiş olsa da bu yenilemeler havalandırmayı iyileştirmek yerine genellikle cephe yalıtımı ve pencere değişimine odaklanmıştır. Bu nedenle Çek Cumhuriyeti'ndeki okul binalarının büyük çoğunluğu -tahminimce yaklaşık %90'ı- hala doğal olarak havalandırılmakta ve havalandırmayı ders sırasında ve ders aralarında yönetme sorumluluğu öğretmenlerde bulunmaktadır (Şekil 1).

Yeni inşa edilen okul binalarında çoğunlukla ısı geri kazanımlı merkezi mekanik havalandırma sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler genellikle değişken hava debisi (VAV) kontrolörleri ve her sınıfta bulunan CO_2 sensörleri ile donatılmıştır. Dış hava debisi daha sonra doluluk oranına ve İHK (İç Hava Kalitesi) ihtiyaçlarına göre düzenlenir. Lokal havalandırma üniteleri genellikle istenmeyen gürültüye neden olur ve yalnızca merkezi bir sistem kurulamadığında kullanılır. Bununla birlikte, birçok okul yöneticisi filtre değişimi ve periyodik sistem denetimleri gibi düzenli bakımın önemini hafife almaktadır. Sonuç olarak, iyi tasarlanmış sistemler bile zamanla hedeflenen performansı sunmada başarısız olabilmektedir.

FvD: 2000 yılından sonra, Hollanda okullarında ısı geri kazanımlı dengeli mekanik havalandırma sistemleri (mekanik besleme ve egzoz) giderek yaygınlaşmıştır. Yenilemelerde ise hem merkezi hem de lokal olmak üzere mekanik sistemler kurulmaktadır.



Şekil 1: Uygulamada doğal havalandırma

LHC: Okul binalarının havalandırılması için özel standartlar veya kılavuzlar var mı? Varsa bunlar termal konfor, akustik ve aydınlatma gibi iç çevre kalitesinin diğer faktörlerini de içeriyor mu?

FvD: Hollanda'da okul binaları genellikle PvE Frisse Scholen [1] ('Taze Okullar Gereksinimler Programı', Şekil 2) kılavuzuna uygun olarak tasarlanır. Bu kılavuz yalnızca iç hava kalitesini ve havalandırmayı değil; enerji performansını, termal konforu, aydınlatmayı ve akustiği de kapsar. Diğer AB İÇÖ (İç Çevre Kalitesi) çerçevelerine benzer şekilde program üç performans seviyesi tanımlar: Sınıf C (yeterli), Sınıf B (iyi) ve Sınıf A (mükemmel). Bu sayede okul sahipleri ve tasarımcılar, sağlıklı bir öğrenme ortamı sağlarken kendi hedeflerine ve bütçelerine uygun bir istek seviyesi seçebilirler.

Kısa bir geçmiş: 2000'lerin başında okullarda enerjiden tasarruf etmenin iyi bir İÇÖ sağlamaktan, özellikle de havalandırmadan daha önemli görüldüğünü fark ettik. Sonunda 2007 yılında bir kamu kuruluşu bizden okullarda hem enerji verimliliğini hem de iç çevre kalitesini ele alacak kılavuzlar geliştirmemizi istedi. Bu girişim oldukça başarılı oldu. Günümüzde Hollanda'daki tüm okullar bu kılavuzlara göre inşa edilmektedir.

VZ: Çek Cumhuriyeti'nde okullar için havalandırma

gereksinimleri, sınıflarda öğrenci başına en az 20 m^3/h dış hava debisi belirten ve mekanik havalandırmanın yanı sıra pencereleri açarak doğal havalandırmaya da izin veren yasal olarak bağlayıcı bir belge olan Sağlık Bakanlığı'nın 160/2024 Coll. Sayılı Kararnamesi [2] ile tanımlanmıştır. Tipik bir ilkokul sınıfının genellikle yaklaşık 30 öğrenci kapasitesine sahip olduğu göz önüne alındığında, bu durum sınıf başına yaklaşık 600 m^3/h gerekli hava debisine karşılık gelir. Bu yönetmelik ayrıca sıhhi tesislerden ve diğer yardımcı odalardan atılan egzoz hava debilerini de belirler.

Yönetmelik, havalandırmaya ek olarak iç ortamın diğer birkaç hususunu da ele alır. Sınıflardaki operatif sıcaklık 28°C'yi aşmamalı, hava akış hızı 0,1 ile 0,2 m/s arasında olmalı ve iç havanın bağıntılı nemi %30 ile %65 arasında olmalıdır.

Ancak, sınıflar da dahil olmak üzere kullanılan odalardaki maksimum ortalama CO_2 konsantrasyonunun kullanım sırasında 1.200 ppm'i aşmaması gerektiğini belirten başka bir yasal düzenleme daha bulunmaktadır.

Ne yazık ki mevcut koşullarımız altında bağlayıcı yönetmeliğin sadece 'kağıt üzerinde kaldığını' ve devlet idari makamlarının bu değerleri izleyecek veya zorunlu kılacak araçlardan yoksun olduğunu belirtmek zorundayım.



Şekil 2: PvE Frisse Scholen yani 'Taze Okullar Gereksinimler Programı'

LHC: Froukje, Hollanda'da okullar için havalandırma gereksinimleri nasıl ele alınıyor? Kişi başına havalandırma debilerini mi, iç hava kalitesini mi yoksa her ikisini mi belirtiyorlar?

FvD: Hollanda Yapı Kanunu'nda kişi başına havalandırma gereksinimleri belirtilmiştir.

2012'den beri inşa edilen okul binaları için gerekli minimum havalandırma debisi kişi başına 8,5 dm^3/s (30,6 m^3/h) seviyesindedir. Bu, sınıf başına yaklaşık 950 m^3/h gerekli hava debisine karşılık gelir.

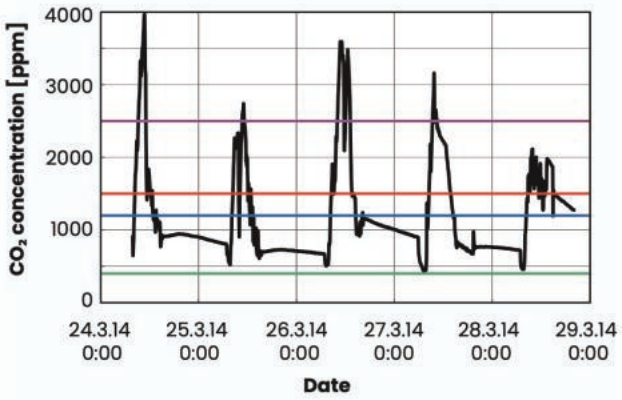
Mevcut binalar için minimum gereksinim kişi başına 3,44 dm^3/s (12,4 m^3/h) şeklindedir.

Ancak bu, 2012'den önce ve sonra tasarlanan binalar arasında büyük bir uçurum olduğu anlamına gelmez. 1995 ile 2012 yılları arasında yeni binalardaki minimum havalandırma debisi 3,5 dm^3/s/m^2 idi (bu da tipik sınıf doluluğu altında kişi başına yaklaşık 6 dm^3/s [21,6 m^3/h] seviyesine karşılık gelir). Bu binalar için bu minimum değer hala geçerlidir.

LHC: Ülkenizde okul binaları için İHK (İç Hava Kalitesi) izlemesi veya Kullanım Sonrası Değerlendirme (POE - Post Occupancy Evaluation) zorunlu mu? Zorunlu değilse bu uygulamalar ne sıklıkla kullanılıyor ve bunlarla ilgili deneyiminiz nedir?

VZ: Çek Cumhuriyeti'nde okul binaları için ne sürekli iç hava kalitesi izlemesi ne de Kullanım Sonrası Değerlendirme zorunludur. Sonuç olarak, okul ortamlarının gerçek performansına ilişkin sistematik geri bildirim sınırlıdır. Çoğu durumda, bir bina tamamlandıktan sonra, günlük çalışmada hedeflenen iç çevre koşullarına ulaşılıp ulaşılmadığını doğrulamak için çok az takip çalışması yapılır (Şekil 3).

FvD: Hollanda'da 2025 yılından bu yana sınıflarda CO_2 izlemesi zorunlu hale gelmiştir. POE-Kullanım Sonrası Değerlendirme, zorunlu değildir; ancak tasarımın ve teslimat anındaki durumun kontrol edilmesini zorunlu kılan belediyeler bulunmaktadır. Deneyimlerime göre POE son derece değerli olabilir.



Şekil 3: Doğal havalandırmalı bir sınıfta tipik CO_2 konsantrasyonu trendleri

LHC: COVID-19 pandemisi ülkenizde okul havalandırma yönetmeliklerinde veya havalandırma uygulamalarında değişikliklere yol açtı mı?

FvD: Pandemi, hükümeti mevcut okul binalarında havalandırmayı iyileştirmeyi amaçlayan teşvik programları başlatmaya yöneltti. Bu programlar özellikle yeni binalar için havalandırma gereksinimlerini karşılamayan okullara odaklandı. Sonuç olarak havalandırma; okul yönetimlerinden, belediyelerden ve politika yapıcılardan COVID-19 öncesine kıyasla çok daha fazla ilgi gördü. Temel gereksinimler ise değişmedi.

VZ: İlginç bir şekilde, COVID-19 pandemisinin kendisi Çek Cumhuriyeti'ndeki okul havalandırma yönetmeliklerinde büyük değişikliklerle sonuçlanmadı. Daha önemli düzenleme değişiklikleri daha sonra, Ukrayna'daki savaşın tetiklediği enerji krizi ve bunun sonucunda

kamu binalarındaki enerji tüketimine ilişkin ortaya çıkan endişelerin ardından geldi.

Bu değişikliklerden önce okullarda, mekana ve doluluğa bağlı olarak sınıflarda öğrenci başına 20 ila 30 m^3/h ve spor salonlarında öğrenci başına 90 m^3/h'ye varan daha yüksek havalandırma debileri gerekiyordu. Mevcut yönetmelik bu gereksinimleri basitleştirmiş ve öğrenci başına 20 m^3/h'ye düşürmüştür (Şekil 4).

LHC: Geleceğe baktığınızda önümüzdeki yıllarda okul binaları için HVAC ile ilgili başlıca zorluklar olarak neleri görüyorsunuz?

FvD: En önemli zorluklardan biri aşırı ısınmaya karşı dayanıklılığın (direncin) sağlanmasıdır.

Bu yaz Hollanda da dahil olmak üzere birçok Avrupa ülkesi rekor sıcaklıklar yaşadı. Ülkemizde pek çok okul, sınıflar etkili öğrenme için fazla sıcak hale geldiğinden okul gününü kısa kesti. Araştırmalar [3] yükselen sıcaklıkların okul performansında düşüşe yol açtığını göstermiştir.

Havalandırma, aşırı ısınmayı hafifletmede önemli bir rol oynayabilir; ancak okulları serin tutmak için daha fazlasına ihtiyacımız var. Güneş gölgeleme ve havalandırmalı soğutma gibi pasif önlemlerle başlamalıyız. Okullardaki tavan vantilatörleri gibi düşük enerjili çözümlerden şimdiden umut verici sonuçlar gördük. Ancak iklim değişikliği ve sıcaklıkların sürekli yükselmesi nedeniyle mekanik soğutma sistemleri Hollanda okullarında artık bir lüks olmayacak.

VZ: Çek Cumhuriyeti'nde en büyük zorluklardan biri mevcut okul binalarının yenilenmesi olacaktır. Birçok okul onlarca yıl önce inşa edilmiştir ve hiçbir zaman modern havalandırma sistemlerini barındıracak şekilde tasarlanmamıştır. Sağlıklı iç hava kalitesini korurken enerji performansını iyileştirmek, sıklıkla ısı geri kazanımlı mekanik havalandırmanın kurulmasını gerektirecektir. Ancak uygulamada bu tür yükseltmeler; ekipman ve kanal çalışma alanı darlığının yanı sıra yapısal değişiklik ihtiyacı nedeniyle teknik olarak zorlayıcı olabilir.

Eşit derecede önemli bir diğer zorluk ise farkındalık ve işletimdir. Havalandırma iyi çalıştığında büyük ölçüde görünmez kalır, bu da karar vericilerden ve bina kullanıcılarından genellikle az ilgi gördüğü anlamına gelir. Birçok okul sahibi, yöneticisi ve hatta kamu otoritesi iç hava kalitesinin önemini hala hafife almakta veya bunu başarmak için gereken teknik gereksinimlere yabancı kalmaktadır.

Geleceğe baktığımızda, sınıfların havalandırılması ısıtma veya aydınlatma kadar otomatik ve güvenilir hale gelmelidir. Öğretmenler ders sırasında pencereleri açarak veya havalandırma ekipmanını izleyerek iç hava kalitesini yönetmek zorunda kalmamalıdır. Onların görevi öğretmektir. Otomatik olarak sağlıklı iç ortam koşullarını koruyan bir bina sağlamak tasarımcıların, mühendislerin ve tesis yöneticilerinin sorumluluğudur. Önümüzdeki yıllarda bu tür sağlam, enerji verimli ve kullanıcı dostu sistemler oluşturmak eğitim sektörü için temel zorluklardan biri olacaktır.



Şekil 4: a) Modern bir okul örneği. b) Sınıflar, koridorda bulunan lokal ünitelerle havalandırılmaktadır.
(Kaynak: Líbeznice İlkokulu; tasarım: Projektil architekti)

Kaynakça

[1] "Programma van Eisen Frisse Scholen 2025", 2025. [Online]. https://www.rvo.nl/sites/default/files/2025-11/RVO-Frisse scholen 2025.pdf

[2] "VYHLÁŠKA 160/2024 Sb.", 2024. [Online]. https://archiv.msmt.gov.cz/uploads/legislativa/160 2024 1.1.2026.pdf

[3] P. Wargocki and D. Wyon, "The Effects of Moderately Raised Classroom Temperatures and Classroom Ventilation Rate on the Performance of Schoolwork by Children (RP-1257)", HVAC&R Res., vol. 13, pp. 193-220, 2011, https://www.doi.org/10.1080/10789669.2007.10390951

VRF Enerji Yönetimi En İyi Uygulamaları

ASHRAE Journal / HVAC Fundamentals

Yazarlar: Eric Yang, Rafael Pérez-Cortines, Zhihong Pang

Değişken debili soğutucu akışkan (VRF) sistemleri ticari binalarda, veri merkezlerinde, okullarda, otellerde ve ofislerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu binalarda farklı zon yükleri, değişen doluluk oranları ve farklı bina yönelimlerine bağlı güneş etkileri nedeniyle aynı anda hem ısıtma hem de soğutma talepleri ortaya çıkar.

Bu yüksek verimli sistemlerde enerji kullanımını optimize etmek, temel en iyi uygulamalar ile gelişmiş stratejilere seçici yatırımların bir kombinasyonunu gerektirir. Sistem tasarımını, ekipman seçimini, periyodik bakımı, temel kontrolleri ve operatör eğitimini kapsayan temel uygulamalar her kurulumda hayata geçirilmelidir. Bu temel önlemlerin ötesinde gelişmiş kontrolleri, ısı geri kazanım konfigürasyonlarını, performans analitiği platformlarını ve teknoloji yükseltmelerini içeren ek stratejiler daha fazla verimlilik kazancı sağlayabilir. Ancak bunlar, bina sahibinin yatırım getirisi (ROI) kriterlerine göre değerlendirilmesini gerektiren ek sermaye maliyetleri doğurur.

Uygun Sistem Tasarımı ve Boyutlandırma

- **Yük hesaplamasına dayalı uygun boyutlandırma:** Mühendisler, aşırı ya da yetersiz boyutlandırmadan kaçınmak için VRF sistemini bina-alan için uygun şekilde boyutlandırmalıdır. Aşırı boyutlandırılmış bir sistem, uzun süreler boyunca düşük kısmi yükte çalışmaya meyillidir bu da işletme verimliliğini düşürür, sermaye maliyetlerini artırır ve gömülü karbon emisyonlarını yükseltir. Uygulamada hem dış üniteler hem de iç üniteler dikkatli bir boyutlandırma gerektirir. Boru uzunluğu, yükseklik farkları, defrost (buz çözme) çalışması ve montaj rakımı için tüm geçerli düzeltme faktörleriyle birlikte üretici tarafından yayınlanan soğutma ve ısıtma kapasitesi tabloları veya grafikleri kullanılmalıdır.
- **Bölgeleme (Zoning) ve yük dengeleme:** Tasarımcılar, doluluk ve kullanım kalıplarıyla uyumlu hassas sıcaklık kontrolü sağlamak için VRF sistemlerini uygun şekilde bölgelemelidir. Bu yaklaşım, verimli bir çalışma sağlar ve kullanılmayan veya düşük talepli bölgelerde enerji israfını önler.

Enerji Verimli Komponentlerin Kullanımı

- **İnverter teknolojisi:** Sistemin, değişen yüklere tepki olarak soğutucu akışkan debisini modüle eden inverter kontrollü kompresörler kullandığından emin olun. Bu, kısmi yük koşullarında yüksek kompresör verimliliğini korur ve aç-kapa (on-off) çalışmayla ilişkili kayıpları azaltır.
- **Yüksek verimli üniteler:** VRF sistemlerini tam yük verimliliğine (EER) göre değil, mevsimsel performans metriklerine, özellikle de AHRI Standart 1230 tarafından tanımlanan entegre enerji verimliliği oranına (IEER) göre seçin. Çünkü IEER, birden fazla kısmi yük noktasındaki performansı ağırlıklandırarak gerçekçi

çalışma koşullarını daha doğru bir şekilde yansıtır. Daha yüksek IEER'ye sahip sistemler, daha verimli kompresörler, değişken hızlı fan motorları ve daha büyük veya yüzeyi iyileştirilmiş ısı eşanjörleri içerir. Bunların tümü iyileştirilmiş mevsimsel performansa katkıda bulunur.

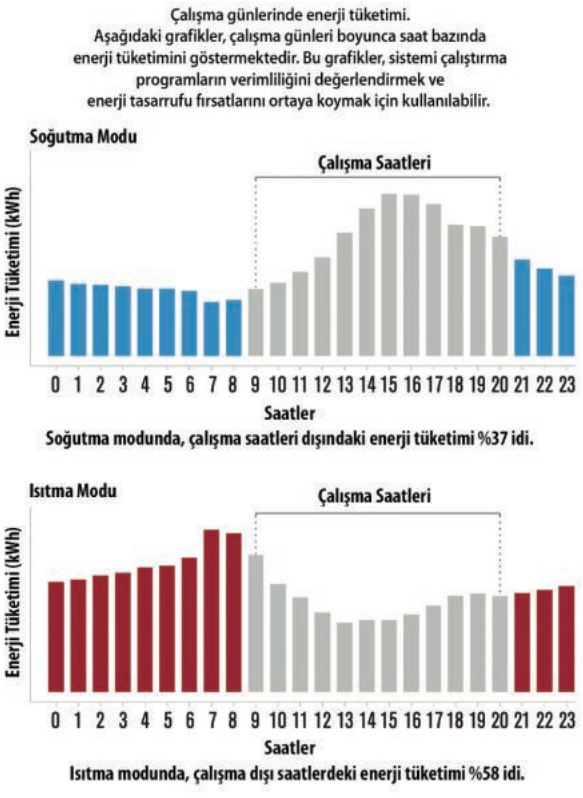
- **Su soğutmalı kondenserler:** Bir kondenser suyu döngüsüne veya soğutma kulesine erişimi olan uygulamalarda, daha düşük ve daha kararlı kondenzasyon (yoğuşma) sıcaklıkları sayesinde daha iyi enerji performansı elde etmek amacıyla tasarımcıların hava soğutmalı üniteler yerine su soğutmalı kondenserleri kullanmaları teşvik edilir. Bu konfigürasyon daha yüksek ilk yatırım maliyeti (soğutma kulesi, sirkülasyon pompası, su arıtma) ve ek bakım gereksinimleri getirir. Bu nedenle, bina sahipleri, bunu, beklenen çalışma süresi, iklim koşulları, su mevcudiyeti ve ROI kriterlerine göre değerlendirmelidir.

Düzenli Bakım ve Servis

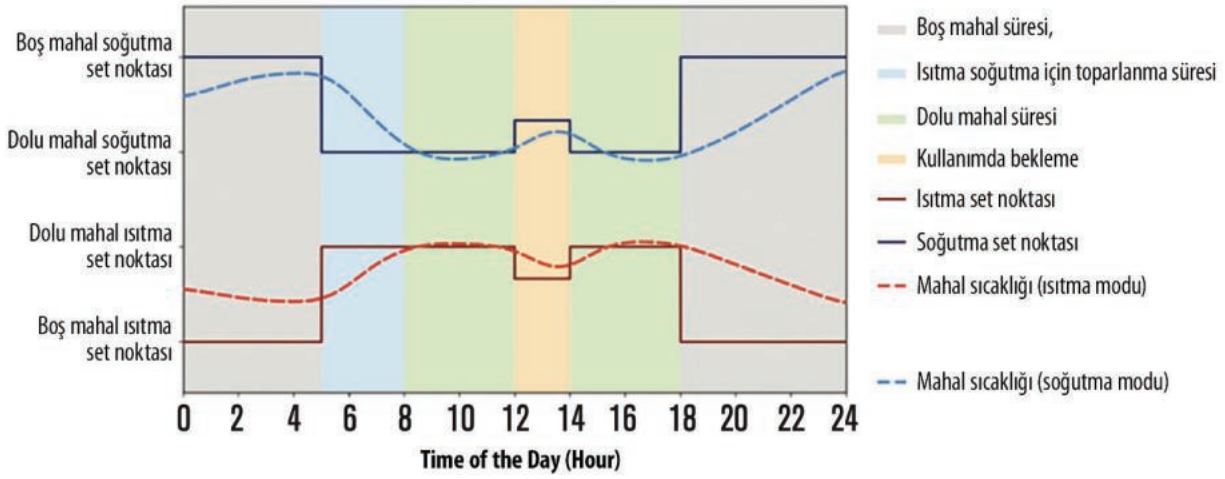
- **Planlı bakım:** Kıyı bölgeleri, endüstriyel alanlar veya toz oranı yüksek ortamlar için altı ayda bir yapılması tavsiye edilmek üzere, en az yılda bir kez kapsamlı bir bakım denetimi gerçekleştirilmelidir. Bu denetim soğutucu akışkan şarjı doğrulamasını, elektriksel bağlantıları, kompresör çalışma basınçlarını ve kontrol sistemi fonksiyonunu kapsamalıdır.
- **Kondenser serpantin temizliği:** Kirlenme (fouling) nedeniyle oluşabilecek verimlilik kaybını önlemek için kondenser serpantinleri en az yılda bir kez temizlenmelidir. Evaporatör serpantinleri normal iç ortam koşullarında tipik olarak daha az sıklıkta temizlik gerektirir, ancak operatörler bunları her planlı bakım ziyaretinde incelemelidir.
- **Hava filtresi yönetimi:** Rutin hava filtresi temizliği veya değişimi, filtre tipine ve iç hava kalitesine bağlı olarak genellikle ayda bir ila üç ayda bir olacak şekilde üretici tarafından önerilen aralıkları takip etmelidir. Bazı VRF iç üniteleri, tasarım hava akışı verimliliğini koruyan ve bakım yükünü azaltan otomatik filtre temizleme kiti sunar. Bu özellik, sahiplerinin beklenen tasarruflara ve ROI (return on investment-geri dönüş süresi) kriterlerine göre değerlendirmesi gereken ek ön maliyetler getirir.

Optimize Edilmiş Sıcaklık Ayarları ve Azaltmalar (Setbacks)

- **Ayar noktası (Setpoint) optimizasyonu:** Operatörler, ASHRAE Standart 55-2023 ısıl konfor kriterlerine uygun soğutma ve ısıtma ayar noktaları seçmelidir (soğutma için tipik olarak 24°C ila 26°C [75°F ila 79°F], ısıtma için 20°C ila 22°C [68°F ila 72°F]). Aynı anda ısıtma ve soğutmayı önlemek için aralarında 2°C ila 3°C (4°F ila 5°F) bir ölü bant (dead band) korunmalıdır. Simülasyon çalışmaları, genel olarak soğutma ayar noktasını yaklaşık 1°C (2°F) gevşetmenin yıllık soğutma enerjisini yaklaşık %5 ila %10 oranında azalttığını bildirmektedir[1]. Bildirilen değerler iklime, sistem tipine ve baz ayar noktasına göre değişiklik gösterir ve ölü bant genişledikçe marjinal tasarruflar azalır. Ekipmanın çalışma sınırlarına yakın agresif ayar noktaları, kısmi yük verimliliğini düşürür ve aşırı dış ortam koşullarında koruyucu duruşları tetikleyebilir.
- **Gece/kullanılmayan zaman azaltmaları (setbacks):** VRF sistemlerinde enerji tasarrufu sağlamak dikkatli bir konfigürasyon gerektirse de, operatörler mesai saatleri dışındakiler için sıcaklık azaltmalarını otomatikleştirmelidir. VRF kompresörleri değişken hızda çalıştığından ve tipik çalışma koşullarında %20 ile %60 kısmi yük aralığında en yüksek COP değerine ulaştığından[2], agresif geri çekmeler (azaltmalar), sistemi, geri çekme döneminde biriken tasarrufları kısmen sıfırlayan yüksek frekanslı bir toparlanma (recovery) çalışmasına zorlayabilir. Tasarımcılar ve operatörler, geri çekme (azaltma) parametrelerini üreticinin önerdiği sınırlar dahilinde yapılandırmalı ve kapalı saat tasarruflarını toparlanma dönemi verimlilik cezalarına karşı dengelemek için özel olarak tasarlanmış olan geri çekme (azaltma) sıcaklık limitleri, akıllı toparlanma başlangıcı ve değişken soğutucu akışkan sıcaklığı (VRT) kontrolü gibi yerleşik özelliklerden yararlanmalıdır.



Şekil 1. Orta Avrupa iklimindeki büyük bir ticari ofis binasında (10.000 m^2 - 15.000 m^2), soğutma ve ısıtma modlarında çalışılan temsili günlere ait saatlik elektrik tüketimi, binanın planlı kullanım saatleri dışındaki baz enerji tüketimini de göstermektedir.



Şekil 2. Bir VRF zonu için örnek günlük ayar değeri (setpoint) programı. Soğutma ve ısıtma ayar değerleri, kullanım dışı ve kullanımda-bekleme (occupied-standby) dönemlerinde genişletilir, planlı kullanım dönemlerinde ise daraltılır. Ayrıca, kullanıcılar gelmeden önce bölgeyi kullanım koşullarına döndürmek için bir ısıtma/soğutma toparlanma (recovery) süreci uygulanır.

Şekil 1[3], büyük bir ofis VRF kurulumunun saatlik elektrik profilini ve planlanan doluluk saatleri dışında çekilen baz enerjiyi göstermektedir. Bu da zamanlama fırsatlarının ve gece geri çekmelerinin yakalamayı amaçladığı durumu temsil eder.

- **Doluluk tabanlı kontroller:** Özel ofisler, konferans salonları, sınıflar ve otel misafir odaları gibi dinamik doluluk kalıplarına sahip alanlarda operatörler, planlanan dolu bölgelerin geçici olarak boş kaldığı durumlarda çalışmayı ayarlamak için VRF sistemlerini doluluk algılama sistemiyle entegre etmelidir. ASHRAE/IES Standart 90.1-2022 bu yaklaşımı, tek bölgeli sistemler için soğutma ayar noktasının en az 1°C (2°F) ve ısıtma ayar noktasının en az 1°C (2°F) gevşetilmesini zorunlu kılan 'dolu-beklemede' (occupied-standby) modu aracılığıyla yürürlüğe almıştır (çok bölgeli sistemler için daha küçük ayarlara izin verilir). Birçok VRF iç ünitesi, yapılandırılabilir bir yokluk aralığından sonra ayar noktasını gevşeten pasif kızılötesi sensörler aracılığıyla benzer yerleşik işlevsellik sağlar (Şekil 2).

Seçilen geri çekme büyüklüğü, toparlanma süresi boyunca enerji tasarrufu ile iç mekanın termal konforu arasında bir denge sağlamalıdır ve çok bölgeli sistemlerdeki kontrol mantığı, kompresörün sık sık devreye girip çıkmasını önlemek için tek odalı boşluk durumunu sistem genelindeki dış ünite çalışmasıyla koordine etmelidir.

VRF saha çalışmalarından elde edilen ampirik kanıtlar

Çeşitli VRF çalışmaları, yukarıda ele alınan sıcaklık ve doluluk durumuna dayalı kontrol stratejileriyle sağlanabilecek enerji tasarruflarını nicel olarak ortaya koymuştur. Şanghay'daki bir ofis binasında, 16 iç üniteli bir VRF sistemi üzerinde gerçekleştirilen dört aylık bir saha araştırmasında Zhang ve diğerleri[4], sürekli çalışma senaryosundaki simüle edilmiş enerji tüketiminin, kullanıcıların varlığına göre şekillenen gerçek çalışma senaryosundakinin yaklaşık 1,8 katı olduğunu bildirmişlerdir. Bu durum, sistemin çalışması gerçek doluluk durumundan bağımsız olduğunda ciddi miktarda enerji israfı yaşandığını göstermektedir.

Kim ve diğerleri[5], Kore'deki bir üniversite sınıfında hem saha ölçümlerini hem de modellemeyi içeren bir çalışmada, VRF sisteminde "ayar noktası ölü bandının" (set-point dead band), "tahmini ortalama oy" (PMV) değerine veya ASHRAE konfor aralığı kriterlerine göre genişletilmesinin, geleneksel sabit ayar noktası uygulamasına kıyasla soğutma enerjisi tüketimini sırasıyla %25,4 ve %27,0 oranında azalttığını göstermiştir. Bu süreçte, kullanıcıların termal konforu da PMV ±0,5 şeklindeki kabul edilebilir aralıkta tutulmuştur.

Suzuki ve diğerleri[6] tarafından 25.000 m^2'lik (269.098 ft^2) bir üniversite binasında (100 dış ünite ve 650 iç ünite ile donatılmış) yürütülen bir yıllık saha çalışması, otomatik gece kapatma işleminin ve ayar noktası kısıtlamalarının, yıllık VRF enerji tüketimini %12,9 oranında düşürdüğünü, sadece gece saatlerindeki enerji kullanımının ise yaklaşık %60 azaldığını ortaya koymuştur.

Suzuki ve diğerleri tarafından gerçekleştirilen bir başka uygulamalı deneyde[2] ise, kablosuz sensör ağlarıyla entegre edilmiş bir VRF sistemi kullanılmıştır. Bu çalışmada, modele dayalı öngörücü başlatma kontrolü sayesinde yazın ön soğutma aşamasında %18, kışın ise ön ısıtma aşamasında %21 oranında tasarruf sağlanmıştır. Ayrıca, gerçek zamanlı doluluk algılama kontrolü ile toplam HVAC (ısıtma, havalandırma ve klima) ve havalandırma enerjisi tüketiminde yaklaşık %35'lik bir tasarruf elde edilmiştir.

Özetle bu çalışmalar, uygun ayar noktalarının seçilmesi, çalışma saatleri dışında sistemin kapatılması ve doluluk durumuna duyarlı kontrollerin bir arada kullanılmasının, farklı bina türlerinde VRF enerji tüketiminde önemli ölçüde azalma sağlayabileceğini göstermektedir.

Uyarlanabilir Soğutucu Akışkan Sıcaklığı / Değişken Evaporasyon ve Yoğuşma Sıcaklığı Kontrolü

Geleneksel VRF kapasite kontrolü, hedef evaporasyon ve yoğuşma sıcaklıklarını kabaca sabit tutarken kompresör hızını değiştirir. Uyarlanabilir soğutma akışkanı sıcaklığı kontrolü, dinamik bina ısıl yüküne yanıt olarak, soğutma sırasında hedef evaporasyon sıcaklığını yükselterek ve ısıtma sırasında hedef yoğuşma sıcaklığını düşürerek sistem verimliliğini artırır. Geleneksel yaklaşımla kıyaslandığında bu uyarlanabilir teknoloji, termodinamik koşulların daha hassas bir şekilde optimize edilmesini sağlayarak kısmi yük performansını ve genel mevsimsel verimliliği iyileştirir. Çünkü, kompresör gücü büyük ölçüde evaporasyon ve yoğuşma koşulları arasındaki basınç farkı (lift) tarafından yönetilir. Verimlilik kazancı, en çok ılıman iklim bölgelerinde ve/veya birçok ticari binada yıllık çalışmaya hakim olan uzun süreli kısmi yük saatlerinde belirgindir.

Kontrol Entegrasyonu ve Talep Yanıtı (Demand Response)

Merkezi izleme ve kontroller: VRF sistemini bir bina yönetim sistemine (BMS) veya özel bir enerji yönetim sistemine (EMS) entegre etmek, operatörlerin tek bir kontrol noktasından zonlar genelinde ayar noktaları uygulamasına ve ayarlamasına, doluluk programlarını zorunlu kılmasına ve VRF çalışmasını havalandırma ve aydınlatma gibi diğer bina sistemleriyle koordine etmesine olanak tanır. Bu tür bir entegrasyon yoluyla konsolide edilen zengin çalışma verileri, erken arıza tespiti ve sürdürülebilir sistem verimliliği sağlayan izleme ve analiz için temel oluşturur.

Entegrasyon maliyeti ve birlikte çalışabilirlik: Entegrasyon maliyeti ve birlikte çalışabilirlik, merkezi izleme ve kontrollerin daha geniş çapta benimsenmesinin önündeki başlıca kısıtlamalar olmaya devam etmektedir. BACnet gibi açık bir protokol aracılığıyla tam BMS entegrasyonu en yüksek esnekliği sağlar, ancak genellikle en pahalı yoldur. Satıcı tarafından sağlanan VRF kontrol platformları daha ekonomiktir ve üreticinin tam özellik setini sunar. Ancak, birçoğu tescillidir (proprietary) ve BACnet üzerinden yerel olarak iletişim kurmaz. Açık protokol entegrasyonunun gerekli olduğu durumlarda üreticiler genellikle BACnet ağ geçitleri (gateways) sunar ve bina sahipleri bir kontrol mimarisine karar vermeden önce ağ geçidinin mevcudiyetini ve sunulan spesifik noktaları onaylamalıdır.

Talep yanıtı (Demand Response): VRF sistemlerinin talep yanıtı (DR) yeteneği, enerji maliyetlerini düşürmek için pik dönemlerde yükü azaltarak, interaktif şebeke katılımına olanak tanır. VRF sistemleri DR için çok uygundur çünkü, birçok mahalde ayar noktalarının küçük ve koordine bir şekilde gevşetilmesi anlamlı bir yük düşüşü sağlarken, binanın termal kütlesi (termal kapasitesi) kısa kesinti aralıkları boyunca konfor etkisini sınırlandırır.

Isı Geri Kazanım Modu (Heat Recovery Mode)

VRF sistemlerinde ısı geri kazanımı, aynı dış üniteye bağlı farklı iç ünitelerde eş zamanlı ısıtma ve soğutma çalışmasını ifade eder. Enerji tasarrufu, soğutma zonları tarafından atılan ısının ısıtma talebi olan zonlara aktarılması sayesinde ortaya çıkar ve böylece kompresör yalnızca iki yük arasındaki net farkı sağlar. Bu durum iki borulu konfigürasyonlardan biriyle elde edilir. İki borulu bir düzen soğutucu akışkanı bir branşman devresi (branch-circuit) kontrolörü üzerinden dağıtırken, üç borulu bir düzen soğutucu akışkan durumlarını dış ünitede ayırır ve bunları her iç ünitedeki bir branşman seçici kutusu (branch-selector box) üzerinden yönlendirir. Eş zamanlı ısıtma ve soğutmanın sıklıkla gerçekleştiği, ılıman bir Kaliforniya iklimindeki modellenen orta ölçekli bir ofis binasında, ısı geri kazanımı ısıtma talebinin neredeyse tamamını karşılamıştır. Geri kazanılan ısı, tüm ısıtma bölgesi alanını kapsamış ve ek ısıtma için ısıtma yükünün yalnızca yaklaşık %1'ini bırakmıştır[5].

İç Ünite Fan Kontrolü ve Çalışması

Her VRF iç ünitesindeki fan, oda havasını soğutucu akışkan serpantini üzerinden sirküle eder ve fanın hızı hava akış hızını ve ısı değişimi verimliliğini belirler. Fan çalışmasının dinamik bölgesel ısıl koşullara göre modüle edilmesi, bu nedenle enerji verimliliğinin, ısıl konforun ve hatta akustik konforun önemli bir parçasıdır.

Çalışmada hava akışı kontrolü: Hava akışını her zondaki gerçek yükle eşleştirmek için iç ünitenin değişken hızda çalışan fanını ve zon tabanlı kontrolünü kullanın. Bu, kısmi yükte konforu korur ve alanın gerektirdiğinden daha fazla hava hareket ettirmenin enerji yükünü önler.

Devreye alma ve doğrulama: Kanallı iç üniteler için fan çalışmasını devreye alma sırasında filtreler, difüzörler ve dengeleme damperleri için paylar dahil olmak üzere gerekli hava akışına ve dış statik basınca (ESP) göre ayarlayın ve doğrulayın. Ölçülen hava akışını/ESP'yi belgeleyin ve çalışma modları boyunca iç ünitenin nominal fan eğrisi içinde kaldığını onaylayın. Çok düşük ayarlanan hava akışı serpantini olumsuz etkileyerek, kapasiteyi ve verimliliği düşürür, çok yüksek ayarlanan hava akışı ise fan enerjisini artırır ve rahatsız edici gürültü üretebilir.

Uygun Kurulum

Boru ve kanal izolasyonu: Dağıtım yolu boyunca termal iletim kayıplarını en aza indirmek için soğutucu akışkan borularını ve kanallarını yalıtın. Soğutucu akışkan soğuk hatlarındaki yeterli yalıtım aynı zamanda soğutma modunda yüzey yoğuşmasını önleyerek dolu alanlarda nem hasarına ve damlama problemlerine karşı koruma sağlar.

Rüzgar deflektörü ve kar siperi: Şiddetli rüzgara veya yoğun kara maruz kalan yerlerde, dış üniteleri saha koşullarına ve üretici rehberliğine uygun olarak rüzgar

deflektörleri ve kar başlıkları veya siperleri ile koruyun. Rüzgar deflektörleri, üniteyi fan kanatlarını ters yöne döndürebilen ve defrost çalışmasını bozabilecek rüzgardan korurken, kar başlıkları ve yükseltilmiş, açık tabanlı montaj, biriken karın serpantin ve hava akışı yolundan uzak tutulmasını sağlar.

Performans İzleme ve Arıza Tespiti

Bir VRF sistemi kompresör frekansı, soğutucu akışkan basınçları ve sıcaklıkları, elektronik genleşme vanası konumları ve ünite başına çalışma süresi dahil olmak üzere zengin bir çalışma verisi akışı bildirir. Performans izleme, zaman içinde enerji kullanımını ve verimliliği takip etmek ve beklenen davranıştan sapmaları işaretlemek için bu verileri kullanır. Aynı veriler üzerine inşa edilmiş otomatik arıza tespiti ve teşhisi (FDD), gelişmekte olan arızaları, bir sakin şikayetine veya kalıcı bir arızaya dönüşmeden önce belirleyebilir.

Uygulamada izleme ve teşhis: Sistemin entegre dijital araçları genellikle enerji kullanımını, çalışma süresini ve kilit performans metriklerini takip edebilir. Sürekli izleme, ortaya çıkan çalışma anormalliklerini tespit eder ve FDD'nin soğutucu akışkan, serpantin, vana ve sensör arızalarını otomatik olarak tanımlamasını sağlarken biriken çalışma süresi ve enerji geçmişi, bakım planlaması ve ekipman yükseltmelerine öncelik verilmesi gibi daha uzun vadeli operasyonel ve sermaye planlamasını besler. Gerçek zamanlı verilere erişim, enerji sıçramalarına ve gelişmekte olan arızalara karşı proaktif bir müdahaleyi daha da destekler ve böylece operatörler bir sapma henüz küçükken harekete geçebilir.

Bulut analitiği platformları: Birçok üretici, sistemin yerleşik izlemesini çeşitli şekillerde genişleten, tipik olarak abonelik bazlı bulut tabanlı platformlar sunar. Siteler arası enerji kıyaslaması (benchmarking), performansı birden fazla bina veya ünite arasında karşılaştırarak operatörlerin akranlarından daha fazla tüketen sapma gösterenleri fark etmesini sağlar. Sapma tabanlı kestirimci bakım, normal çalışma imzasından uzaklaşan ekipmanı işaret eder ve bu da bir arıza kazaya dönüşmeden önce servisin planlanmasına olanak tanır. Uzaktan teşhis, bir servis sağlayıcısının sorunu uzaktan değerlendirmesini ve ilk ziyaretinde doğru parçalarla gelmesini sağlayarak, tekrarlayan servis aracı seferlerini (truck rolls) azaltır. Konsolide panolar, tüm sistem için çalışma süresi, enerji ve arıza bilgilerini tek bir yerde sunarak tesis personelinin günlük yönetim yükünü azaltır. Bu platformlar, bina sahiplerinin ROI kriterlerine uygun olarak daha erken arıza tespiti, daha az servis ziyareti ve sürdürülebilir verimlilik değerine karşı tartmaları gereken yinelenen bir maliyet getirir.

Etkinleştirici Teknolojiler ve Sürekli İyileştirme

Ekipman değişimi ve yükseltmeleri: Ekipmanın hizmet ömrünün sonunda veya büyük bir yenileme döngüsü sırasında değiştirilmesi, etkinleştirici teknolojiler aracılığıyla verimlilik kazançlarını elde etme fırsatı sunar. Modern VRF ekipmanı, eski modellere kıyasla genellikle daha yüksek mevsimsel verimlilik, iyileştirilmiş kısmi yük ve düşük dış ortam (low-ambient) performansı ve daha düşük küresel ısınma potansiyeli (GWP) olan soğutucu akışkanlar sunar. Enerjiyi, bakımı, soğutucu akışkan uyumluluğunu ve duruş süresi riskini hesaba katan bir yaşam döngüsü maliyet analizi, erken değiştirmenin haklı olup olmadığına karar vermek için temel sağlar.

Yapay zeka ve makine öğrenimi (AI/ML): Yapay zeka ve makine öğrenimi yöntemleri, VRF çalışmasına giderek artan bir şekilde üç ana alanda uygulanmaktadır. Yük ve enerji tahmini, geçmiş verilerden gelecekteki ısıtma ve soğutma talebini öngörerek sistemin kapasiteyi önceden konumlandırmasına ve yükü pik dönemlerden uzaklaştırmasına olanak tanır. FDD, çalışma verilerinden gelişen soğutucu akışkan, serpantin, vana ve sensör arızlarını tanımlar. Model tabanlı kestirimci kontrol (MPC), konforu korurken talep gelmeden önce ayar noktalarını ve kademelendirmeyi optimize eder. Bunların her biri tipik olarak bulut platformları aracılığıyla sağlanır ve aynı yinelenen maliyet temelinde değerlendirilir.

Personel Eğitimi ve Farkındalık

VRF sistem verimliliği yalnızca doğru bir şekilde işletildiğinde ve bakımı yapıldığında gerçekleşir. Saha deneyimi[7], gerçek dünyadaki performans eksikliklerini tutarlı bir şekilde operasyonel bilgi boşluklarına bağlamaktadır.

Eğitim: Tesis personelinin, burada açıklanan kontrol özellikleri ve teşhis araçları dahil olmak üzere VRF sistemlerini doğru bir şekilde izlemek, işletmek ve sorun gidermek için eğitildiğinden emin olun. Üreticiler genellikle operatörlerin bunlardan tam olarak yararlanmasına yardımcı olan bu tür eğitimler sağlar.

Bina sakinlerinin katılımı: Bina sakinlerini termostat ayar noktalarını ayarlamak ve kullanılmayan alanlardaki ekipmanları kapatmak gibi kendi davranışlarının genel enerji tüketimini nasıl etkilediği konusunda eğitin.

VRF enerji yönetimi için bu en iyi uygulamaları benimseyerek tesisler enerji tüketimini önemli ölçüde azaltabilir, ekipman ömrünü uzatabilir, optimum bina sakini konforunu koruyabilir ve aynı zamanda işletme maliyetlerini ile çevresel etkiyi düşürebilir. Temel önlemler her VRF kurulumu için önerilirken, gelişmiş stratejiler her bina sahibinin ROI kriterlerine göre vaka bazında değerlendirmeyi hak etmektedir.

Kaynakça

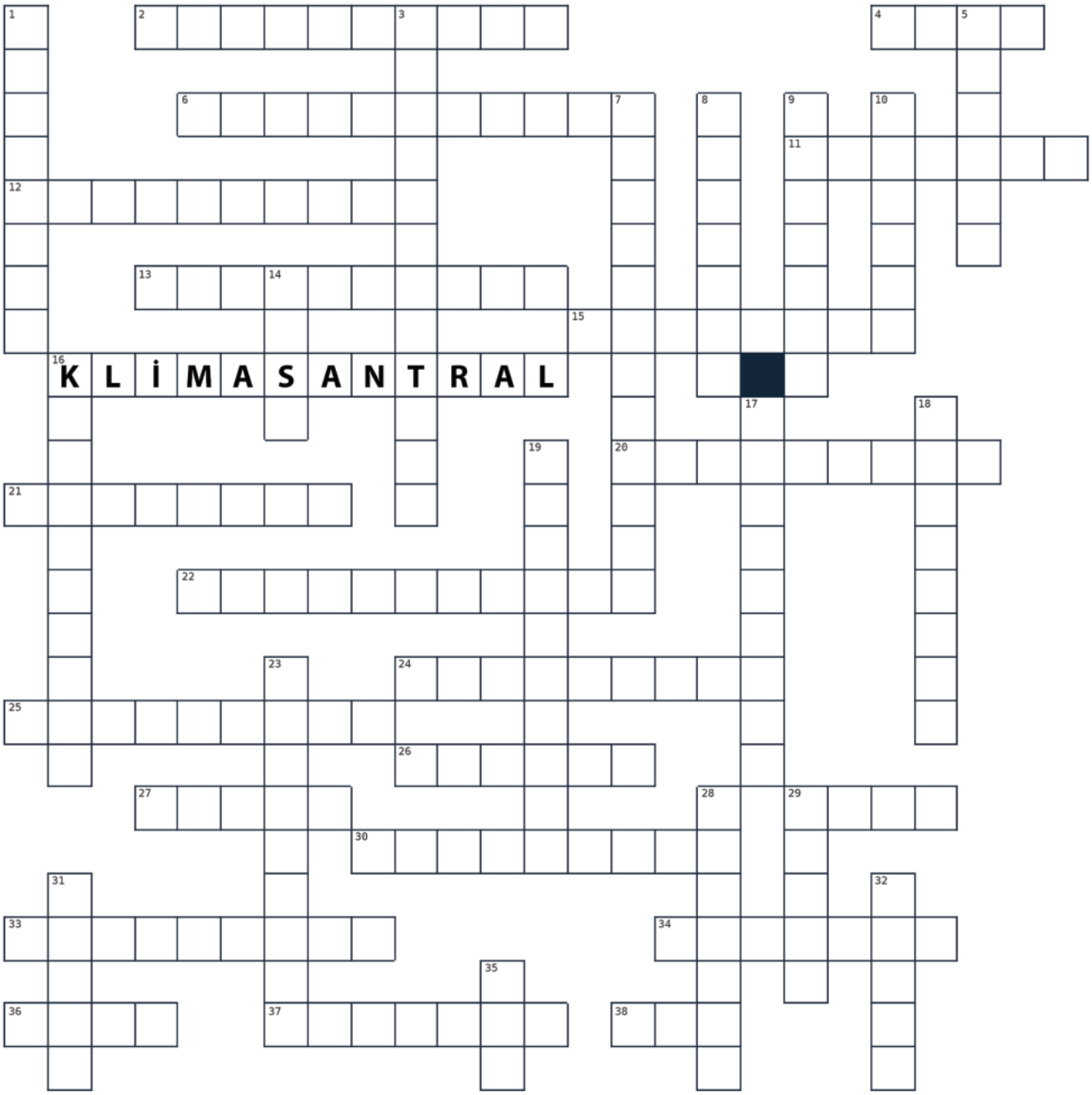
1. Hoyt, T., E. Arens, H. Zhang. 2015. "Extending air temperature setpoints: Simulated energy savings and design considerations for new and retrofit buildings." Building and Environment 88:89-96.
2. Suzuki, T., et al. 2025. "Automatic operation method using wireless sensor networks for variable refrigerant flow system: Switchless control variable refrigerant flow system." Energy and Buildings 331:115379.
3. Durian, M. 2021. "Anonymized VRV System Energy Audit." Unpublished Report.
4. Zhang, G., et al. 2019. "Influence of occupant behavior on the energy performance of variable refrigerant flow systems for office buildings: A case study." Journal of Building Engineering 22:327-334.
5. Kim, J., et al. 2020. "Energy-saving potential of extending temperature set-points in a VRF air-conditioned building." Energies 13(9):2160.
6. Suzuki, T., et al. 2026. "Improving variable refrigerant flow system operation and energy efficiency: A study of the urban Minoh campus, Osaka, Japan." Applied Thermal Engineering 289(2):129738.
7. Kim, J., C. CaraDonna, A. Parker. 2023. "End-Use Savings Shapes Measure Documentation: Variable Refrigerant Flow With Heat Recovery and Dedicated Outdoor Air System." No. NREL/TP-5500-86103. National Renewable Energy Laboratory.

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ BULMACASI

MEKANİK TESİSAT • 40 TERİM

AD SOYAD:

TARİH:



PROJE	PAFTA	DISIPLIN	TERIM
Tesisat Bulmacası	25 × 25	Mekanik	40

Kelime aralarında boşluk yoktur; birden fazla kelimeden oluşan terimler bitişik yazılır.
Parantez içindeki sayı harf sayısını gösterir.

İPUÇLARI

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ BULMACASI

Soldan sağa

2 Düşük sıcaklıktaki kaynaktan ısıyı yükseğe taşıyan cihaz (bitişik) HVAC (10)

4 Yangın tesisatı tasarımında referans alınan ABD standart kuruluşunun kısaltması YANGIN (4)

6 Oda sıcaklığına göre debiyi ayarlayan radyatör vanası türü HVAC (11)

11 İki akışkan arasında, birbirine karışmadan ısı aktaran cihaz HVAC (7)

12 Ani vana kapanmasıyla oluşan basınç dalgası (bitişik) HIDROLIK (10)

13 Nemli havada yoğuşmanın başladığı sıcaklık (bitişik) HVAC (10)

15 Akışın laminer mi türbülanslı mı olduğunu belirleyen boyutsuz sayı HIDROLIK (8)

16 Havayı merkezi olarak şartlandıran ünite HVAC (12)

20 Sıcaklıkla açılan otomatik söndürme başlığı YANGIN (9)

21 Yetersiz şebeke basıncını yükselten paket pompa sistemi TESISAT (8)

22 Musluğa anında sıcak su gelmesini sağlayan dönüş hattı pompası TESISAT (11)

24 Akım çizgisi boyunca enerji korunumunu ifade eden denklem HIDROLIK (9)

25 Baca gazındaki gizli ısıyı geri kazanan kazan tipi HVAC (9)

26 Sıcak su depolama tankı HVAC (6)

27 Durma ve statik basınç farkından hız ölçen tüp HIDROLIK (5)

29 Birim zamanda bir kesitten geçen akışkan hacmi HIDROLIK (4)

30 İçinden akışkan geçen ısı transfer bobini HVAC (9)

33 Akışı birden çok devreye dağıtan toplayıcı TESISAT (9)

34 Fan ve serpantinden oluşan terminal ünite HVAC (7)

36 Altyapı ve içme suyu hatlarında kullanılan yüksek yoğunluklu polietilen TESISAT (4)

37 Aşırı basınçta açılan ventil (... ventili) TESISAT (7)

38 Isı pompasında verilen ısının harcanan işe oranı HVAC (3)

Yukarıdan aşağı

1 Dişli kutulu vana TESISAT (8)

3 Pompa ve vanaları partiküllerden koruyan süzgeç (bitişik) TESISAT (12)

5 Hatta biriken havayı dışarı atan eleman TESISAT (6)

7 Elektrik ve ısının birlikte üretimi HVAC (12)

8 Dış mekânda itfaiyenin bağlandığı yangın suyu çıkışı YANGIN (7)

9 Akışa yalnızca tek yönde izin veren vana TESISAT (7)

10 Devreler arasında hidrolik dengelemeyi sağlayan vana tipi TESISAT (6)

14 Pompada kavitasyonu önlemek için gereken net pozitif emme yükünün kısaltması HIDROLIK (4)

16 Yerel basınç buhar basıncının altına düşünce oluşan kabarcıkların çökmesi HIDROLIK (10)

17 Akışkanın iç sürtünmesi HIDROLIK (9)

18 Kapalı sistemde ısıl hacim artışını karşılayan tank (... tankı) TESISAT (8)

19 Sıcak su sistemlerinde yüksek sıcaklıkla önlenmeye çalışılan bakteri HVAC (10)

23 Basınç ölçer TESISAT (9)

28 Psikrometrik diyagramda birim kütle başına toplam ısı içeriği HVAC (7)

29 Boru sürtünme kaybı: ...-Weisbach denklemi HIDROLIK (5)

31 Sürtünme katsayısının Re ve bağıl pürüzlülüğe göre okunduğu diyagram HIDROLIK (5)

32 Su hapsiyle kanalizasyon gazını engelleyen parça TESISAT (5)

35 Çapraz bağlı polietilen borunun kısaltması TESISAT (3)



TTMD

Türk Tesisat Mühendisleri Derneği

Türk Tesisat Mühendisliğine Dair
En Güncel Gelişmeler için

Bizi Sosyal Medya Hesaplarımızdan Takip Edin!

www.linkedin.com/company/ttmd/

www.facebook.com/ttmdTR/

www.X.com/ttmdTR

www.instagram.com/ttmdtr/

https://www.youtube.com/@TTMD